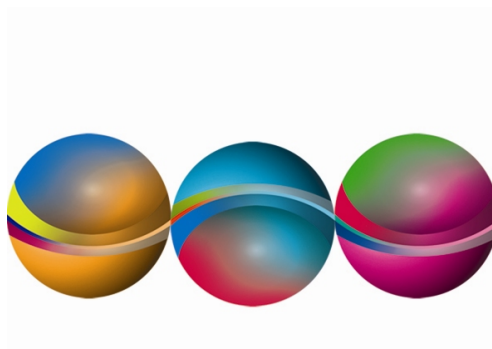


**ЗБОРНИК РАДОВА**  
**15. КОНГРЕСА ГЕОЛОГА СРБИЈЕ**  
**СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ**

**PROCEEDINGS**  
**OF THE 15TH CONGRESS OF GEOLOGISTS OF**  
**SERBIA WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION**



**Београд / Belgrade 2010**

ЗБОРНИК РАДОВА 15. КОНГРЕСА ГЕОЛОГА СРБИЈЕ  
СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

PROCEEDINGS OF THE 15TH CONGRESS OF GEOLOGISTS OF  
SERBIA WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

Београд / Belgrade, 26-29. 05. 2010

**Издавач / Publisher**

Српско геолошко друштво, Каменичка 6., п.фах 227, Београд  
Serbian Geological Society, Kamenicka 6, P.O.B. 227, Belgrade

**Техничка припрема / Technical preparation**

Ненад Малешевић

**Тираж / Copies**

500

**Штампа / Printed by**

JOVŠIĆ PRINTING CENTAR

ISBN 978-86-86053-08-4



**ЗБОРНИК РАДОВА  
15. КОНГРЕСА ГЕОЛОГА СРБИЈЕ  
СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ**

**PROCEEDINGS  
OF THE 15TH CONGRESS OF GEOLOGISTS OF  
SERBIA WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION**

**Главни уредник / Editor-in-Chief**  
Ненад Бањац

**Уредници / Editors**  
Александра Маран, Љубинко Савић,  
Милена Цукавац, Мери Ганић

**Београд / Belgrade 2010**

**15. КОНГРЕС ГЕОЛОГА СРБИЈЕ  
СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ, БЕОГРАД 26-29 МАЈ 2010**

**15th CONGRESS OF GEOLOGISTS OF SERBIA  
WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION,  
BELGRADE 26-29 MAY 2010**

**ОРГАНИЗАТОРИ / ORGANIZERS**

Српско геолошко друштво, Савез геолошких инжењера и техничара Србије,  
Геолошки Институт Србије, Рударско геолошки факултет Универзитета у  
Београду

**ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР  
ORGANIZING COMMITTEE**

Ненад Бањац  
Адам Дангић.  
Миодраг Бањешевић  
Александра Маран  
Љубинко Савић  
Дане Радаковић  
Ирис Вуковић  
Дејан Марковић  
Милена Цукавац  
Зоран Никић  
Мери Ганић  
Зоран Поповић  
Марко Бабовић  
Наташа Ђокић  
Родољуб Гајић  
Гордана Хаци-Нинковић  
Владимир Симић  
Радмила Павловић  
Петар Докмановић  
Ивана Васиљевић

**Секретар / Secretary**

Бошко Јевтовић

**Сарадници / Collaborators**

Урош Ђурић, Драгана Петровић,  
Ана Младеновић, Иванка Митровић

**НАУЧНИ ОДБОР  
SCIENTIFIC COMMITTEE**

Душко Сунарић  
Милун Маровић  
Михаило Миливојевић  
Радмила Павловић  
Милан Судар  
Драган Миловановић  
Слободан Ђорић  
Зоран Стевановић  
Александар Ђорђевић  
Раде Јеленковић  
Небојша Васић  
Бранислав Тривић  
Љупко Рундић  
Видојко Јовић  
Дивна Јовановић  
Иван Дулић  
Душан Мијовић  
Сузана Ерић  
Александар Костић  
Веселин Драгишић  
Драгана Животић  
Ивана Васиљевић  
Мирко Лазић

До 2010, геолози Србије учествовали су у раду 14 геолошких конгреса и 13 симпозијума о хидрогеологији и инжењерској геологији, као и на бројним стручним и научним скуповима чије су програмске активности обухватиле различите геолошке научне области. Претходни, 14. Конгрес геолога Србије и Црне Горе одржан је у Новом Саду октобра месеца 2005 године. 15. Конгрес геолога Србије са међународним учешћем, наставља традицију окупљања геолошких стручњака из Србије и земаља у региону.

Организатори Конгреса су Српско геолошко друштво, Савез геолошких инжењера и техничара Србије, Геолошки институт Србије и Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду. Циљ Конгреса је упознавање научне јавности са најновијим достигнућима и резултатима геолошких истраживања у Србији. Одржавање Конгреса уједно је и прилика да се скрене пажња шире друштвене заједнице на изузетно значајну улогу геологије у решавању крупних глобалних проблема: геохазарда, климатских промена, оптималног коришћења и проналажења нових природних ресурса и заштите животне средине. Мото 15. Конгреса геолога Србије је: Традиција и нови изазови

Основне теме Конгреса су: 1) Минералологија, кристалографија, петрологија, геохемија; 2) Регионална геологија и палеонтологија; 3) Истраживање и коришћење минералних сировина, економска геологија; 4) Геологија и разрада лежишта нафте и гаса; 5) Геофизика; 6) Инжењерска геологија и геотехника; 7) Хидрогеологија и геотермална енергија; 8) Геоекологија и просторно планирање; 9) Геолошки информациони системи и даљинска детекција. Програм Конгреса обухвата пленарна и усмена саопштења, постер презентације, панел дискусије, специјалне сесије и студентске радове. У Зборнику је публиковано 113 радова и 62 апстракта, у складу са конгресним темама.

Панел дискусије послужиће стручњацима да размене мишљења о неким основним питањима везаним за стратегију геолошких истраживања у Србији, реорганизацију геолошке струке, трансформацију великих геолошких компанија, едукацију геолошког подмлатка, примену интернационалних искустава и прописа и сарадњу са сродним наукама.

Надамо се да ће 15. Конгрес геолога Србије бити подстицај садашњој генерацији геолога за даљу афирмацију струке и будућој за нове изазове и нова достигнућа.

Уредници

*Prior to 2010, the geologists of Serbia have participated in 14 Geological Congresses and 13 Symposiums on hydrogeology and engineering geology, as well as in numerous professional and scientific conferences with different geological topics. The previous (14<sup>th</sup>) Congress of geologists of Serbia and Montenegro took place at Novi Sad in October 2005. The 15<sup>th</sup> Congress of geologists of Serbia with international participation continues the tradition of reunion of geology experts from Serbia and neighboring counties.*

*The Congress is organized by the Serbian Geological Society, Society of geological engineers and technicians of Serbia, Serbian Geological Institute and the University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology. The aim of the Congress is to introduce the scientific community to the achievements and new results of geological research in Serbia. This Congress is an additional opportunity to coach the general public to pay attention to the key role of geology in solving the global Issues: geohazards, climate changes, optimal usage and development of new natural resources, as well as the environment conservation. The slogan of the 15<sup>th</sup> Congress of geologists of Serbia is: Tradition and New Challenges.*

*The main topics of the Congress entail: 1) Mineralogy, Crystallography, Petrology and Geochemistry; 2) Regional Geology and Paleontology; 3) Investigation and Exploitation of Mineral Deposits and Economic Geology; 4) Geology and Processing of Oil and Gas Deposits; 5) Geophysics; 6) Engineering Geology and Geotechnics; 7) Hydrogeology and Geothermal Energy; 8) Geoecology and Urban Geology and 9) Geological Information Systems and Remote Sensing. The Program of the Congress includes plenary and oral presentations, posters, panel discussions, special sessions and student papers. In accordance with the main topics, 113 papers and 62 abstracts are published in the Proceedings.*

*Through panel discussions, the experts will take an opportunity to exchange the ideas on the main issues related to the strategy of geological researches in Serbia, reorganization of geological sector, transform of main geological companies and geological education of new generations, as well as the implementation of international experiences and standards and collaboration with related sciences.*

*We hope that the 15<sup>th</sup> Congress of geologists of Serbia will drive forward the present generation of geologists to continue affirmation of geology and the new generation to new challenges and new achievements.*

*Editors*

## Садржај Contents

### Минералогија, кристалографија, петрологија, геохемија Mineralogy, Crystallography, Petrology and Geochemistry

<b>Вулканолошке карактеристике горњокредних стена Тимочког магматског комплекса.</b> Vulcanological Characteristics of the Upper Cretaceous Rocks of the Timok Magmatic Complex. МИОДРАГ БАЊЕШЕВИЋ .....	1
<b>Геолошко-петролошке и геохемијске карактеристике лигнита Костолачког басена (Србија).</b> The Geological-Petrological and Geochemical Characteristics of Lignite, Kostolac Basin (Serbia). АДАМ ДАНГИЋ, БРАНИСЛАВ СИМОНОВИЋ, ДИМИТРИЈЕ ДИМИТРИЈЕВИЋ, МАРКО БАБОВИЋ, ЈЕЛЕНА МИЛОШЕВИЋ, ВЕЛИБОР ПОПОВИЋ .....	7
<b>Метасоматизам у ултрамафитским системима динарида: родингитизација, амфиболизација, серпентинизација.</b> Metasomatism in Ultramafic Systems of the Dinarides: Rodingitization, Amphibolitization, Serpentinization. АДАМ ДАНГИЋ И ДРАГОСЛАВ ЂОРЂЕВИЋ .....	15
<b>Mysterious Silver Microparticles of the Cretaceous-Paleogene Boundary Fish Clay (Stevns Klint, Denmark).</b> Zagonetne mikročestice srebra graničnog sloja kreda-paleogen, riblje gline (Stevns Klint, Danska) PAVLE I. PREMOVIĆ, NATAŠA R. ĐORĐEVIĆ I DRAGAN M. ĐORĐEVIĆ .....	21
<b>Реликти океанске коре на Фрушкој Гори - габрови и базалти Јаска.</b> Relics of the Ocean Crust at the Fruška Gora Mountain – Gabbros and Basalts in the Jazak Locality ДАНИЦА СРЕЂКОВИЋ-БАТОЂАНИН, НАДА ВАСКОВИЋ, ВЕСНА МАТОВИЋ И СУЗАНА ЕРИЋ .....	25
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS</b>	
<b>Distribution of Chemical Elements in Zenica, an Old Metallurgic Area (Bosnia and Herzegovina)</b> JASMINKA ALJAGIĆ, ROBERT ŠAJN .....	37
<b>Effect of the Deformation on the Mineralogical Composition of Edough Massif Micashists (Annaba, Northeast Algeria)</b> SORAYA HADJZOBIR .....	38
<b>Rare earth elements in the karstic bauxites of Zagrad (Niksicka Zupa, Montenegro).</b> VIDOJKO JOVIĆ, SLOBODAN RADUSINOVIĆ .....	39
<b>Petrological Characteristics Rock on Tunnel for Relocation Krivelj's River.</b> SLAĐANA KRSTIĆ, MILENKO LJUBOJEV, VESNA LJUBOJEV .....	40
<b>Geochemical Approach to the Understanding of Genesis of Karstic Bauxite Deposits.</b> ZORAN J. MAKSIMOVIĆ .....	41
<b>Regression Analyses of Engineering Properties of Latites (Mt. Fruška Gora, Serbia).</b> MAŠA RADIVOJEVIĆ, VESNA MATOVIĆ .....	42
<b>Петрогенеза интраофиолитских калкоалкалних и толеитских гранитоида источног обода Вардарске зоне у Србији.</b> КРИСТИНА ШАРИЋ, ВЛАДИЦА ЦВЕТКОВИЋ, ROLF L. ROMER, IRENA PEYTCHEVA, ALBRECHT VON QUADT .....	43
<b>Crystal-Chemical Characteristics of Barite from Zlatar (Serbia).</b> PAVLE TANČIĆ, JOVAN KOVAČEVIĆ & IVANA JOVANIĆ .....	44
<b>New Occurrence of Wulfenite at the Stari Trg–Trepča Ore Deposit.</b> PAVLE TANČIĆ AND ZORICA TOMIĆ .....	45

## Регионална геологија и палеонтологија Regional Geology and Paleontology

<b>Албско-ценоманска трансгресија у Србији. Albanian–Cenomanian Transgression in Serbia.</b> ИВАН АНТОНИЈЕВИЋ .....	47
<b>Сарматски Паратетис северозападне Србије: Нова разматрања и корелације на основу података са листа Владимира, ОГК 1: 100.000. Sarmatian Paratethys Sea of Northwestern Serbia: New Considerations and Comparison Based on data of BGM 1: 100.000, Sheet Vladimirci.</b> НАДЕЖДА ГАГИЋ, ЉУПКО РУНДИЋ .....	51
<b>Усаглашавање стратиграфске терминологије и номенклатуре квартара. Standardization of the Quaternary Stratigraphical Terminology and Nomenclature.</b> ТИВАДАР ГАУДЕЊИ И МЛАЂЕН ЈОВАНОВИЋ .....	57
<b>Систем палеоделте Велике Мораве. System of the Velika Morava Paleodelta.</b> АЛЕКСАНДАР ГРУБИЋ, ИЛИЈА ЂОКОВИЋ, ПЕТАР СТЕЈИЋ И НЕБОЈША ВАСИЋ .....	63
<b>Foraminifere roda <i>frondicularia</i> iz beogradskog dunavskog ključa.</b> Foraminifers of the Genus <i>Fronidularia</i> from Belgrade area Danubian Meander. ЉИЉЈАНА ГРУЈИЋИЋ .....	69
<b>Тимочка група формација. Timok group of the formations</b> ДАРИВОЈКА ЉУБОВИЋ ОБРАДОВИЋ .....	73
<b>Мекушци и остракоди средњемiocенског Српског Језера. Molluscs and Ostracods of the Middle Miocene Serbian Lake</b> ГОРДАНА ЈОВАНОВИЋ И НАДЕЖДА КРСТИЋ .....	77
<b>Badenian Gastropods of Trnjane near Negotin (Eastern Serbia).</b> Badenski gastropodi Trnjana kod Negotina (Istočna Srbija) ГОРДАНА ЈОВАНОВИЋ .....	83
<b>CARNOTAURUS SASTREI Bonaparte, 1985. (DINOSAURIA, ABELISAURIDAE) амфибијски стрвинар. CARNOTAURUS SASTREI Bonaparte, 1985. (DINOSAURIA, ABELISAURIDAE) Amphibian Scavenger.</b> МИОДРАГ ЈОВАНОВИЋ, НИКОЛА ПЕТКОВИЋ, ДРАГОСЛАВ РАДОСАВЉЕВИЋ .....	87
<b>Stratigrafija lesno-paleozemljišnih sekvenci Vojvodine.</b> Stratigraphy of the Loess-Paleosol Sequences (LPSS) of Vojvodina. МЛАЂЕН ЈОВАНОВИЋ, УРЛИХ НАМБАХ, ТИВАДАР ГАУДЕЊИ, СЛОБОДАН В. МАРКОВИЋ .....	93
<b>Синседиментациони развој тектонске активности угљоносне серије Колубарско-тамнавског басена. Synsedimentation Development of Tectonic Activity Coalbearing Series Kolubara-Tamnava Basen.</b> МИОДРАГ КЕЗОВИЋ .....	99
<b>Геолошке карактеристике структуре Вишеград – Пећ. Geological Characteristics of the Višegrad-Peć Structure.</b> ЈОВАН КОВАЧЕВИЋ, ЗОРАН НИКИЋ, СВЕТАНА КОВАЧЕВИЋ .....	103
<b>Jurassic of the Austroalpine. Jura austroalpskog domena.</b> HANS-JÜRGEN GAWLICK, SIGRID MISSONI, FELIX SCHLAGINTWEIT, HISASHI SUZUKI, WOLFGANG FRISCH, LEOPOLD KRYSSTYN & RICHARD LEIN .....	109
<b>Значај <i>Charophyta</i> за тумачење тектонске структуре Динарида – стратиграфија и палеогеографија. Importance of the <i>Charophyta</i> for the Dinarides Tectonic Structure Explanation – Stratigraphy and Paleogeography.</b> НАДЕЖДА КРСТИЋ, ЈУГОСЛАВ ЖИЦ, ЉУБИНКО САВИЋ И INGBORG SOULIÉ-MÄRSCHER .....	115
<b>The Danube Gorge Genesis From the Perspective of the Recent Paleogeographical Reconstitution of the Relict Pannonian Lake in the Late Pleistocene.</b> Генеа Ђердапске клисуре у светлу најновијих палеогеографских реконструкција реликата Панонског језера у касном плеистоцену. TICLEANU MIRCEA, NICOLESCU RADU, CIUREAN ROXANA, GHEUCA ION, ION ADRIANA .....	121
<b>Geodinamika južne Evrope i Male Azije.</b> Geodynamics of Southern Europe and Asia Minor MILAN MLADENIĆ .....	127
<b>Примена метода раздвојених елемената у испитивању геолошких феномена. Using distinct element method in simulation of geological phenomena.</b> НЕДЕЉКО СТОЈНИЋ .....	133

### III

<b>Формација плитководних карбоната и карактер емерзија на горњокредној платформи Јужнојадранске зоне (Црна Гора). The Upper Cretaceous Shallow Water Carbonates and Unconformities in the Southern Adriatic Carbonate Platform (Montenegro)</b> ДАМЈАН ЧАЂЕНОВИЋ, ЈЕЛЕНА МИЛУТИН, ЗОРАН КИЛИБАРДА и НОВО РАДУЛОВИЋ .....	137
<b>Палеоген Јужнојадранске зоне (Црна Гора). Paleogene in Southern Adriatic Zone (Montenegro).</b> ДАМЈАН ЧАЂЕНОВИЋ, ЈЕЛЕНА МИЛУТИН, ЗОРАН КИЛИБАРДА и НОВО РАДУЛОВИЋ .....	143
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS</b>	
<b>Реконструкција типа станишта на основу остатака фосилних сисара (примери са плеистоценских локалитета Србије).</b> КАТАРИНА БОГИЋЕВИЋ, ДРАЖЕНКО НЕНАДИЋ, ЗОРАН МАРКОВИЋ, ЗОРИЦА ЛАЗАРЕВИЋ & ЈЕЛЕНА МИЛИВОЈЕВИЋ .....	149
<b>New Data on the Age of the Limestones at Rakova Bara Stream Near Turija (NE Serbia).</b> IVANA CAREVIĆ, DARIVOJKA LJUBOVIĆ-OBRAĐOVIĆ, MONIKA BOŽINOVIĆ & VELIMIR JOVANOVIĆ .....	150
<b>Neotektonska aktivnost u jugozapadnom Banatu</b> IVAN DULIĆ, VLADISLAV GAJIĆ, MILAN RAŠKOVIĆ, BORIŠA VUČKOVIĆ .....	151
<b>Jurassic Radiolarians From the Grocka Borehole (Belgrade Area).</b> NEVENKA ĐERIĆ, ŠPELA GORIČAN, NATAŠA GERZINA, OLIVERA KRUNIĆ .....	152
<b>Mesozoic Radiolarians from the Dinarides (Bosnia and Serbia).</b> NEVENKA ĐERIĆ, VALENTINA S. VISHNEVSKAYA, STEFAN M. SCHMID, NATAŠA GERZINA .....	154
<b>Overview of Paleozoic and Mesozoic Sites With Macroflora in Serbia.</b> DESA ĐORĐEVIĆ-MILUTINOVIĆ .....	155
<b>Proterozojske i starijepaleozojske planktonske palinomorfe zapadne Srbije.</b> SLAVICA DZAJIĆ .....	156
<b>A new Late Bathonian terebratulide brachiopod from Gebel Engabashi, northern Sinai</b> HOWARD R. FELDMAN, BARBARA V. RADULOVIĆ, ADEL A. A. HEGAB & VLADAN J. RADULOVIĆ .....	157
<b>Potential Recovery of Microvertebrates in Serbia Using “Blind Washing” Techniques.</b> JEFFREY G. EATON .....	158
<b>Генеза офиолитског меланжа северозападне Србије.</b> ИВИЦА ФИЛИПОВИЋ, ДАРИВОЈКА ЉУБОВИЋ-ОБРАДОВИЋ, МАРКО КРСТИЋ & НЕНАД ПРОТИЋ .....	159
<b>Jurassic radiolarians from the radiolaritic-ophiolitic mélange of the Zlatibor area (Dinaridic Ophiolite Belt, SW Serbia).</b> HANS-JÜRGEN GAWLICK, MILAN N. SUDAR, SIGRID MISSONI, HISASHI SUZUKI, DIVNA JOVANOVIĆ & RICHARD LEIN .....	161
<b>Cenomanian Vasiljevići Limestone.</b> BOJAN GLAVAŠ – TRBIĆ .....	162
<b>Geological Map of the Northern Part of the Trieste-Komen Plateau (Slovenia) 1:25 000.</b> BOGDAN JURKOVŠEK .....	163
<b>Permian-Triassic Boundary Interval of NW Serbia: New Micropaleontological Data From the Komirić Section.</b> MILAN SUDAR, TEA KOLAR-JURKOVŠEK, DIVNA JOVANOVIĆ, GALINA P. NESTELL AND SYLVIE CRASQUIN .....	164
<b>The palaeogeographic position of the Jadar Block in the context of Early Carboniferous plate distribution.</b> DIETER KORN, MILAN N. SUDAR .....	165
<b>Evolution of the Wetterstein Carbonate Platform in the Zlatibor Mountain (Sirogojno, SW Serbia)</b> SIGRID MISSONI, MILAN N. SUDAR, HANS-JÜRGEN GAWLICK, DIVNA JOVANOVIĆ & RICHARD LEIN .....	167
<b>Профил квартарних творевина приобаља Саве код Београда.</b> ДРАЖЕНКО НЕНАДИЋ, КАТАРИНА БОГИЋЕВИЋ, МЕРИ ГАНИЋ, ЈЕЛЕНА МИЛИВОЈЕВИЋ, ЗОРИЦА ЛАЗАРЕВИЋ .....	168
<b>Sarmatian Limestones of the Vicinity of Negotine.</b> SREBRENKA PETROVIĆ, LJILJANA TANASKOVIĆ .....	169
<b>Meteoritic Component in the Cretaceous-Paleogene Boundary Fish Clay at Højerup (Stevns Klint, Denmark): the Ir Abundance.</b> PAVLE I. PREMOVIĆ, BUDIMIR S. ILIĆ i NIKOLA D. NIKOLIĆ .....	171

**Heterogeneous Distribution of the Displacement Gradient Along Normal Fault System and Possibilities of a Model Prediction, an Example From Eastern Austria (Burgenland).**

DARKO SPANIĆ, ULRIKE EXNER, MICHAEL BEHM, BERNHARD GRASEMANN, ALEXANDER HARING, HERBERT PRETSCH ..... 173

**« EARTH BEFORE DINOSAURS » IMPACT OF THE BOOK ON EARTH SCIENCE DIFFUSION.**

JEAN S. STEYER ..... 175

**Истраживање и коришћење минералних сировина, Економска геологија**  
**Investigation and Exploitation of Mineral Deposits, Economic Geology**

**Формациона основа лежишта бакра Бор. Formational Base of the Bor Copper Deposit**

ИВАН АНТОНИЈЕВИЋ ..... 177

**Геолошке карактеристике лежишта угља „Поље Звиздар“ у Колубарском басену**

Geological Characteristics of Coal Bearings of the „Polje Zvizdar“ in the Kolubara Basin

МИЛАН БАБИЋ, ВЛАДАНА АРСЕНИЈЕВИЋ ..... 181

**Geološka istraživanja u Stanarskom ugljenom basenu. Geological Exploration of the Stanari Coal Basin.**

TATJANA BLAGOJEVIĆ, ALEKSANDRA MITROVIĆ, RADA ČEREK ..... 185

**Могућности и услови експлоатације минералних сировина на лежишту угља ”Поље Е”. Possibilities and Conditions of Mineral Resources Exploitation on Designed Open Pit ”Ore-Field E”**

БОГОЉУБ ВУЧКОВИЋ, ВЕСНА БОГДАНОВИЋ ..... 189

**Могућности максималног искоришћења минерално-сировинског потенцијала, лежишта угља Велики Црљени, Колубарски угљоносни басен. Mineral Resources Maximum Recovery of Coal Deposit Velki Crljeni, Kolubara Coal Basin**

ЗОРАН ДРАШКО, БОГОЉУБ ВУЧКОВИЋ, БИЉАНА РАДОВАНОВИЋ, ДРАГАН ТРОБОЗИЋ ..... 195

**Место и улога неметаличних минералних сировина Србије у развоју органске пољопривредне производње. The Role of Non-Metallic Mineral Resources in Agricultural Production.**

ЦВЕТКО ЖИВКОВИЋ, МИЛОВАН МИЛАНОВИЋ, ЈЕЛЕНА КОКОТ ..... 199

**Резултати новијих проучавања јувелирских минералних сировина околине Београда. Results of Recent Study of Gem Raw Materials in the Vicinity of Belgrade.**

М. ИЛИЋ, З. МИЛАДИНОВИЋ, Г. ЗЛАТАНОВИЋ ..... 203

**Металогенетска рејонизација металичних минералних ресурса Србије. Metallogenic Rezonization of Metallic Mineral Resources of the Serbia.**

РАДЕ ЈЕЛЕНКОВИЋ ..... 207

**Предлог класификације рудоносних и рудних формација металичних минералних ресурса Србије. Proposal of Classification of Ore-Bearing Formations and Ore Formations of Metallic Mineral Resources of the Serbia.**

РАДЕ ЈЕЛЕНКОВИЋ ..... 215

**Израда блок модела лежишта и управљање квалитетом минералне сировине на пројектованом површинском копу кречњака Сува Врела. Block Modeling and Mineral Resource Quality Conduction on Limestone Designed Open Pit Suva Vrela.**

ГОРАН КЛЕМЧИЋ, БОГОЉУБ ВУЧКОВИЋ ..... 223

**Битне геолошке карактеристике и моделирање рудних тела Е и Е-1 рудника „Рудник“. Significant Geological Characteristic and Modeling of Ore Bodies E & E-1 of the “Rudnik” Mine.**

БРАНИСЛАВ ПАШАЉИЋ, НИКОЛА ПАШАЉИЋ ..... 229

**Нови подаци о геохемијским и минералолошким карактеристикама опалитисаног туфа у лежишту Стрмош код Пробиштипа, СИ Македонија. New Data on Geochemistry and Mineralogy of Opalized Tuff in the Strmos Deposit Near Probistip, NE Macedonia.**

ОРЦЕ СПАСОВСКИ, ВЛАДИМИР СИМИЋ ..... 235

**Маркетинг менаџмент у актуелним условима у минералном сектору. Marketing Management in Current Conditions in Mineral Sector.**

РАДУЛЕ ТОШОВИЋ ..... 241

**ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS**

**Примењене геофизичке методе при истраживању лежишта угља у угљоносним басенима Електропривреде Србије.**

МАРКО БАБОВИЋ, ..... 249



<b>Интерпретација и израда блок модела при прорачуну резерви лежишта бакра „Краку Бугареску-цементација“ програмским пакетом GEMCOM</b> МИРОСЛАВА МАКСИМОВИЋ, ВЛАДАН МАРИНКОВИЋ, МИЛЕНКО ЈОВАНОВИЋ, СНЕЖАНА ИГЊАТОВИЋ .....	250
<b>Израда геомодела и прорачун резерви лежишта кварцне сировине „Каона“ код Кучева програмом за моделовање лежишта и пројектовање површинских копова MINEX 5.2.3</b> МИРОСЛАВА МАКСИМОВИЋ, ВЛАДАН МАРИНКОВИЋ, МИЛЕНКО ЈОВАНОВИЋ И СНЕЖАНА ИГЊАТОВИЋ .....	251
<b>Геолошке карактеристике и 3d модел лежишта угља Соко (Сокобањски басен).</b> ДРАГОСЛАВ МАРСЕНИЋ, ДРАГАНА ЖИВОТИЋ, ДРАГАН ЈОКОВИЋ .....	252
<b>The Gold Valorization : A Promising Solution for the Economic Development of Algeria.</b> МОНАМЕД КЕСИР, М'НАМЕД ЗИБУСНЕ and ЈИРИ БОТУЛА .....	254
<b>Геолошка интерпретација и унос података при прорачуну резерви лежишта бакра “Краку Бугареску - цементација” програмским пакетом GEMCOM.</b> ГОРАН ПАЧКОВСКИ, КРСТА НИКОЛИЋ, БОЈАН ПАЧКОВСКИ И МАРИЈАНА МИЛЕТИЋ-ФИЛИПОВСКИ .....	255
<b>Обрада геолошких података при прорачуну резерви лежишта бакра “Краку Бугареску - цементација” програмским пакетом GEMCOM.</b> ГОРАН ПАЧКОВСКИ, КРСТА НИКОЛИЋ, БОЈАН ПАЧКОВСКИ И МАРИЈАНА МИЛЕТИЋ-ФИЛИПОВСКИ .....	256
<b>Презентација пројекта SARMA - одрживо управљање каменним агрегатима.</b> ВЛАДИМИР СИМИЋ .....	257

## Геологија и разрада лежишта нафте и гаса Geology and Processing of Oil and Gas Deposits

<b>Структурно-литолошки анализ као метод совершенствования системы ппд.</b> Структурна и литолошка анализа као метода за унапређивање система одржавања притиска. АЛЕКСЕЈ АРТАМОНОВ, РОМАН ВАСИЉЕВ, ИЉШАТ ТАЛИПОВ.....	259
<b>Особенности разработки месторождений с трещино-поровыми коллекторами.</b> Разрада нафтних поља са фрактурираним резервоарима. ВЛАДИСЛАВ БАХУРСКИЈ, РОМАН ВАСИЉЕВ, МАРС АЉМУХАМЕТОВ .....	263
<b>An Insight into Petroleum Geological Characteristics of the Kisač Depression.</b> Нафтно-геолошке карактеристике депресије Кисач. IRIS VUKOVIĆ, DANICA AŠANIN, JELENA ĐERMANOVIĆ.....	269
<b>Циљ и програм регионалних нафтно-геолошких истраживања у Србији.</b> Objective and Program of Regional Petroleum-Geological Explorations in Serbia. ИВАН ДУЛИЋ, МИХАИЛ ДАНИЛИН, МИЛАН РАШКОВИЋ .....	275
<b>Геолошки модел нафтног лежишта М+Тg поља Кикинда Варош.</b> Geological Model of the Oil Reservoir M+Tg Field Kikinda Varoš. ЈЕЛЕНА ЖИВКОВ, РАДОМИР СТОЈАНОВИЋ, СТАНИША МАРТИНОВИЋ, ДЕЈАН РАКИЋ .....	281
<b>Геолошки модел нафтног лежишта V1 поља Кикинда Варош.</b> Geological Model of the Oil and Gas Reservoir V1 Field Kikinda Varoš. ЈЕЛЕНА ЖИВКОВ, МИЛУТИН БЕЈАТОВИЋ, АЛЕКСАНДАР РИСТОВИЋ.....	289
<b>Необходимость развития ресурсной базы компании Оао «Газпром Нефть»</b> Потреба за развојем ресурсне базе компаније «Газпром Нефть» Б.С.ЗИЛЬБЕРМИНЦ, В.А.САВЕЉЕВ, С.И.ТИПИКИН.....	297
<b>Оценка возможности открытия залежей углеводородов в пределах западного погружения Большого Кавказа.</b> Процена потенцијалности открића угљоводоника на западним падинама Великог Кавказа. ДМИТРИЈ ЗОЛОТАРЕВ, МАРИНА ДУДУЕВА, СВЕТЛАНА РАССКАЗОВА .....	303
<b>Мессояхский проект - новое направление развития Западной Сибири.</b> Месојахски пројекат, нови правци развоја у Западној Сибири. С. КАЛИКОВ, М. ЧЕРВЕНКО.....	309
<b>Нетрадиционалне замке нафте и гаса у војводини тренутно стање и перспектива.</b> Non-conventional Traps for Oil and Gas in the Vojvodina Current Status and Perspective. АЛЕКСАНДР КУЛАГИН, МИЛАН ЛОНЧАРЕВИЋ.....	315

<b>Увођење нове технологије пројектовања и праћења производње на нафтним и гасним пољима Србије.</b> Introducing of the New Project Technology and Tracking of the Production at the Oil and Gas Fields in the Serbia. АЛЕКСАНДАР КУЛАГИН, АЛЕКСАНДАР МЕЉНИКОВ; ЗОРАН ЂОГО .....	323
<b>Восточная Сибирь: новый регион, новые технологии.</b> Источни Сибир: нови регион, нове технологије. СВЕТЛАНА МАЉШЕВА, ЈУРИЈ ЕРЕМИН, ИЉЈА УЉЈАНОВ .....	331
<b>Анализа стања разраде нафто-гасног поља велебит.</b> Analyses of the Development Status of Oil and Gas Field Velebit. АЛЕКСАНДАР МЕЉНИКОВ, ЗОРАН ЂОГО, ДЕЈАН РАКИЋ & ДРАГОЉУБ ЖИВАНОВ <sup>4</sup> .....	335
<b>Процена потенцијалних неконвенционалних гасних лежишта Војводине.</b> Estimation of the Latent Unconventional Gas Reservoirs of the Vojvodina. АЛЕКСАНДАР МЕЉНИКОВ, СТАНИША МАРТИНОВИЋ, ДЕЈАН РАКИЋ .....	341
<b>Анализа нафтно-геолошког модела Дрмљанске депресије.</b> Analysis of Petroleum-Geological Model of Drmno Depression. ИВАНА МИЛОВАНОВИЋ, ИВАНА БАНОВИЋ ПОПИЋ, ДЕЈАН МАРКОВИЋ .....	349
<b>Нефтегазоносность приедвиговых зон Ноябрьского региона Западной Сибири.</b> Нафтни потенцијал пре-стрике-слип зона Нојабрског региона, Западни Сибир. СВЕТЛАНА МИХАЙЛОВА, ИРИНА ДИДЕНКО, МАРС АЉМУХАМЕТОВ, АЛЕКСАНДР РОЖКОВ .....	355
<b>Reservoir characterization of the underground gas storage Banatski Dvor.</b> Karakterizacija rezervoara podzemnog skladišta Banatski Dvor. VIOLETA NINIĆ JOROVIĆ, IVAN NAJĐANOV, VLADIMIR RUSIĆ, DJORDJE CIRIĆ, VICKO ŽITKO .....	363
<b>Оптимизација разраде сложних месторождений.</b> Развојна оптимизација комплексних нафтних поља. МАРАТ Ф. НУРИЕВ, ШАМИЉ М. ВАЛИТОВ, ФАРИТ Ф. ХАЛУЛИН .....	369
<b>Современная тектоническая модель Восточно-Черноморского региона.</b> Нови тектонски модел региона Источног Црног Мора. АЛЕКСАНДР ОБУХОВ И ИРИНА ИСТОМИНА .....	375
<b>Сейсмогеологическое моделирование сложнопостроенных объектов Южно-приобского месторождения.</b> Сеизмичко и геолошко моделирање комплексних перспективних подручја Јужно-приобског лежишта. ВИКТОРИЈА ОВЕЧКИНА, ПАВЕЛ ГЕРАСИМЕНКО, АНДРЕЈ БАРИШНИКОВ .....	381
<b>Геолошки модел нафтно-гасног поља Кикинда Исток.</b> Geological Model of the Hydrocarbon Reservoir Kikinda Istok. БРАНИСЛАВ РАДИШИЋ, ЂУРА КНЕЖЕВИЋ, МИЛУН МИХАЛОВИЋ И КРУНИСЛАВ ИЛИЋ .....	391
<b>Геологоразведочные работы в пределах Новороссийской и Дообской площадей, опыт и проблемы.</b> Геолошка истраживања у подручјима Новоросијског и Дообског блока, стечена знања и нерешена питања. СВЕТЛАНА РАССКАЗОВА, ИРИНА ИСТОМИНА, ЭДУАРД КОШКАРОВ .....	395
<b>Управљање крупним геолошко-истраживачким пројектима, као основа реализације стратешких циљева НИС-Нафтагаса.</b> Management of Major Geological Research Projects, as the Basis of Realization of Strategic Goals of the NIS Naftagas. ДЕНИС СУГАИПОВ, М. ДАНИЛИН, АЛЕКСАНДАР КУЛАГИН .....	403
<b>Трансрегиональные мегасдвиги и региональная нефтегазоносность Западной Сибири.</b> Трансрегионални мегараседи и појаве гаса у Западном Сибиру. ЈУРИЈ ФИЛИППОВИЧ, СЕРГЕЈ ХАФИЗОВ .....	407
<b>Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами на основе микро и макро структурного анализа. Оптимизација разраде поља са неконвенционалним ресурсима на основу макро- и микроструктурних анализа.</b> ИЉШАТ ТАЛИПОВ, МАРАТ АЗАМАТОВ, РУСТЭМ УСМАНОВ .....	413
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS</b>	
<b>Results of multihorizon wells long-term monitoring equipped with Simultaneous-Separate Production (SSP) system on Priobskoe oil field.</b> ANDREI BARYSHNIKOV, VLADIMIR SIDORENKO, MIHAIL KREMENETSKIY .....	419
<b>Geološki model i geneza sedimentacionog basena na području gasnog polja Martonoš-Zapad.</b> MILUTIN BEJATOVIĆ, RADOMIR STOJANOVIC, PETAR TRIFUNOVIC .....	420
<b>Hydrodynamic Modeling for Designing Infill Drilling - Field Kikinda Varoš M+Tg.</b> TATJANA INJAC, SLOBODAN ANĐUŠIĆ .....	421

## VII

<b>Sedimentology of the Reservoir Rocks of Underground Gas Storage Banatski Dvor.</b> RADMILO JOVANOVIĆ.....	422
<b>Hydrocarbon Prospectivity in the Stratigraphic Traps - Češko Selo (Southern Banat).</b> DUŠAN KARAS & DEJAN RADIVOJEVIĆ.....	423
<b>Continuied Quest for Hydrocarbons in Dinarides.</b> DARKO TUFEKČIĆ .....	424
<b>Tehničko-tehnološke mogućnosti centralne laboratorije, NTC NIS-Naftagas.</b> DRAGAN OPRIJAN, MIRJANA BAROŠ, VALERIJA CINGELI, JELENA AĆIMOVIĆ.....	425
<b>Petroleum System Modeling of the Pannonian Basin: Insight From the Post Triassic Northern Banat Basin, Serbia.</b> JOHN D. PIGOTT, ANDREA MAGOON, HULYA YILMAZ, KULWADEE L. PIGOTT, DEJAN RADIVOJEVIC, & IVANA MILOVANOVIC .....	426

## Геофизика Geophysics

<b>Кратак преглед најзначајнијих резултата аеромагнетских испитивања републике Србије.</b> A Short Review of the Most Significant Results of Aeromagnetic Survey in the Republic of Serbia. СЛОБОДАН ВУКАШИНОВИЋ.....	427
<b>Analiza geomagnetskih merenja na sekularnim stanicama u Srbiji i na referentnoj stanici u Sloveniji u 2008. godini.</b> Analyses of Geomagnetic Measurements at Secular Stations in Serbia and on the Reference Station in Slovenia in 2008. SPOMENKO J. MIHAJLOVIĆ, ALEKSANDAR ĐORĐEVIĆ, RUDI ČOP.....	433
<b>Геомагнетски премер секуларних станица Србије 2008.</b> Geomagnetic Field Measurement at Repeat Stations on the Territory of Serbia During the 2008. ДРАГАН ПОПЕСКОВ .....	439
<b>Одређивање апсолутних вредности гравитационог убрзања у Србији.</b> Determination of Absolute Gravity Values in Serbia. МИРОСЛАВ СТАРЧЕВИЋ .....	443
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS</b>	
<b>The Magnetic Fabric of Tertiary Magmatic Rocks From the Vardar Zone.</b> VESNA LESIĆ, EMÓ MÁRTON, VESNA CVETKOV, DRAGANA TOMIĆ.....	447
<b>3D model žagubičkog basena.</b> DRAGANA PETROVIĆ, IVANA VASILJEVIĆ .....	448

## Инжењерска геологија и Геотехника Engineering Geology and Geotechnics

<b>Хидрогеолошка и инжењерско-геолошка истраживања на брани Слано.</b> Hydrogeological and Engineering-Geological Researches on Damp Slano. МИЛАН ВЛАХОВИЋ, ДРАГАН ШУРБАТОВИЋ, ВАСО МРВАЉЕВИЋ, ЗОРАН МЕЂЕДОВИЋ, СВАТОСЛАВ КЉУЈЕВ .....	451
<b>Приказ геомеханичких параметара репрезентата "Шарене серије" на траси тунела Вишњица.</b> Presentation of Geomechanical Parameters of the "Vertigated Series" at the "Višnjica" Tunnel Route. ИСИДОРА ВУКАДИНОВИЋ, ЈЕЛЕНА МАЈСТОРОВИЋ .....	457
<b>Инжењерскогеолошка истраживања за потребе изградње регионалне депоније Змајевац у Краљеву.</b> Engineering Geological Investigations for Construction Regional Landfill Zmajevac in Kraljevo. СОЊА ЂОКАНОВИЋ .....	463
<b>Inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja karakterističnih klizišta na području opštine Bijeljina.</b> Engineering Geological and Geotechnical Investigations of the Characteristic Landslide in Bijeljina. НЕЂО ĐURIĆ, SNEŽANA TADIĆ, ANĐA ĐUJIĆ, ANGELINA ĐURIĆ .....	467
<b>Геотехнички услови изградње аутопута Е-763 Београд – јужни Јадран преко клизишта Умка – Дубоко.</b> Geotechnical Conditions of Construction the Motorway E-763 Belgrade to South Adriatic across the Umka-Duboko Landslide. БРАНКО ЈЕЛИСАВАЦ, ПЕТАР МИТРОВИЋ, ВЛАДЕТА ВУЈАНИЋ, СВЕТОЗАР МИЛЕНКОВИЋ .....	473

## VIII

<b>О процени стабилизације stijenskih pokosa. Approach to Rock Slope Stability.</b> BOŽO SOLDI, MATIJA OREŠKOVIĆ .....	483
<b>Карактеристике клизишта и одрона на долинским странама Лима у његовом току кроз Србију.</b> Characteristics of the Landslides and Rock-Falls at the Lim Valley at the Territory of the Serbia ДУШКО СУНАРИЋ, ДРАГУТИН ЈЕВРЕМОВИЋ .....	489
<b>Интелектуална својина и процес геолошких истраживања. Intellectual Property and the Process of Geological Research</b> АЦА УДИЦКИ, ВЕСНА ШИЈАКОВИЋ .....	497
<b>Тродимензионални приступ у анализи стабилности падина и косина.</b> Three-Dimensional Approach in Slope Stability Analysis СЛОБОДАН ЋОРИЋ, ЛАСЛО ЧАКИ И ДРАГОСЛАВ РАКИЋ .....	503
<b>Стабилизација клизишта применом теорије неутралне линије.</b> Stabilization of a Landslide by the Application of a Neutral Line Theory. СЛОБОДАН ЋОРИЋ, ДРАГОСЛАВ РАКИЋ И ГОРДАНА ХАЦИ-НИКОВИЋ .....	509
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТ – EXTENDED ABSTRACT</b>	
<b>Stabilnost terasnih sedimenata u uslovima formiranja akumulacija na rijeci Morači.</b> NIKOLA ČAĐENIĆ .....	513

## Хидрогеологија и геотермална енергија Hydrogeology and Geothermal Energy

<b>Хидрогеолошки услови и ограничења као основ за израду просторних планова на примјеру просторног плана општине Прњавор у Републици Српској. Hydrogeological Conditions and Limitations as a Basis for Spatial Planning in the Case of the Spatial Plan of the Municipality Prnjavor in the Republic of Srpska.</b> ПЕТАР БЕГОВИЋ & БРАНКО ИВАНКОВИЋ .....	515
<b>Хидрогеолошке карактеристике међуслојне издани лежишта угља поље "Е", колубарски угљоносни басен, Србија.</b> Hydrogeological Features of Midlevel Aquifer in Coal Deposit "Field E", Kolubara Coal Basin, Serbia. БРАНИСЛАВА БУКВИЋ, ДРАГАН БУХАЧ, НАДА БЕЉИЋ-ПОПИЋ, МАРИЈА ЕЛЕЗОВИЋ .....	521
<b>Проблем процједних вода из акумулације ХЕ Требиње II.</b> Water Penetration Problem at Reservoir of the Hydroelectric Power Plant Trebinje II. ЖЕЉКО ЗУБАЦ .....	525
<b>Појава високоминерализоване воде на територији Брзе Паланке (локалност Грабовца).</b> The Occurance of Mineral Grounwater with High Mineralization in the Area of Brza Palanka. ЦВЕТКО ЖИВКОВИЋ, МАЈА ПОЗНАНОВИЋ .....	533
<b>Појаве угљокиселе воде у Недакусима код Бјелог Поља.</b> Occurrences of Carbonated Waters in Nedakusi (Bijelo Polje, Montenegro). ЖЕЉКО КЉАЈИЋ, МИЛОЈКО ЛАЗИЋ, ДАНИЕЛА МАКСИМОВИЋ .....	537
<b>3D Groundwater-Model for defining a concept of dewatering coal mine "Tamnava West", Lazarevac, Serbia.</b> 3D Модел за дефинисање концепта одводњавања угљеног копа "Тамнава Запад", Лазаревац, Србија. CHRISTOPH M. KÖNIG, DEJAN FILIPOVIĆ .....	541
<b>Класификација важнијих појава и лежишта минералних, термалних и термоминералних вода Србије на основу генетске класификације в. в. Иванов-а. Classification of Main Occurences and Deposites of Mineral, Thermal and Thermomineral Water of Serbia by Classification V. V. Ivanov</b> ОЛИВЕРА КРУНИЋ, БУДИМИР ФИЛИПОВИЋ, СРЂАН ПАРЛИЋ, МАРИНА ЈОВАНОВИЋ .....	549
<b>Хидрогеолошки услови неогених наслага и могућности флаширања вода у Витојевачком пољу – Врњачка Бања. Hydrogeological Conditions of Neogene Deposits and Possibility of Water Exploitation at Vitojevačko Polje – Vrnjačka Banja.</b> БРАНИМИР ЛАЗИЋ, ВЛАДИМИР ЛАЗИЋ, ЈОВАН НИКОЛИЋ .....	557
<b>Хидрогеолошки услови повећања капацитета изворишта кајнак за водоснабдевање Бара.</b> Hydrogeological Conditions of Increasing the "Kajnak" Spring Capacity for City of Bar Water Supplying. БРАНИМИР ЛАЗИЋ, СЛАВКО ШПАДИЈЕР И ВЛАДИМИР ЛАЗИЋ .....	563
<b>Прилог познавању хидрогеолошких карактеристика јужних падина Фрушке Горе. Hydrogeology of Southern Foothill of Fruska Gora.</b> ВЛАДИМИР ЛАЗИЋ, ДАНИЕЛА МАКСИМОВИЋ, ЈОВАН НИКОЛИЋ И ВЛАДАН ЂОКИЋ .....	569

<b>Нови приступ тумачењу генезе термоминералних вода Бање Ковиљаче</b> New Approach to the Evaluation of Genesis of Thermomineral Waters of Banja Koviljača МИЛОЈКО ЛАЗИЋ, ЖЕЉКО КЉАЈИЋ И ВЛАДАН ЂОКИЋ .....	573
<b>Хидрогеолошке карактеристике калцијум-карбонатних литолошких јединица на листу ОХГК Нови Пазар.</b> Hydrogeological Characteristics of the Calcium-Carbonate Lithological Units at the BHGM Sheet Novi Pazar. ГОРАН МАРИНКОВИЋ, НАДА СТАНИЋ, МИЛАН ТОМИЋ И ТАЊА ПЕТРОВИЋ .....	579
<b>Регионални приступ изради карте угрожености подземних вода Србије – нова метода “Издан”.</b> Regional Approach in Creating Groundwater Vulnerability Map of Serbia – a new „I z d a n“ Method. САША МИЛАНОВИЋ, ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ, ДУШАН ЂУРИЋ, ТАЊА ПЕТРОВИЋ, МИЛИЦА МИЛОВАНОВИЋ .....	585
<b>Фактори формирања хемијског састава термоминералних вода Матарушке Бање.</b> Factors of the Hemical Composition Forming of the Mataruška Banja Spa Thermomineral Water. ДЕЈАН МИЛЕНИЋ, НЕВЕНА САВИЋ, НЕНАД ДОРОСЛОВАЦ .....	591
<b>Прелиминарни биланс подземних вода карстног мини платоа Шушуре.</b> Preliminary groundwater budget for the Susure Karst Mini Plateau. ЗОРАН НИКИЋ, ЈУГОСЛАВ НИКОЛИЋ, ИВИЦА РИСТОВИЋ И ПЕТАР ПАПИЋ .....	597
<b>Потенцијалност геотермалног ресурса Војводине као геотермалне провинције.</b> Potentiality of the Geothermal Resource of Vojvodina as Geothermal Province. ЗОРАН РАКИЋ .....	603
<b>Актуелно стање и перспективе хидрогеолошке делатности у Србији.</b> State and Perspectives of Hydrogeology in Serbia. ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ, ПЕТАР ДОКМАНОВИЋ .....	609
<b>Субгеотермални ресурси Србије и перспективе њихове шире апликације у енергетици.</b> Subgeothermal Resources of Serbia and Their Prospects for Wider Application in Energetic Sector ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ, ДЕЈАН МИЛЕНИЋ, ПЕТАР ДОКМАНОВИЋ, МИЋА МАРТИНОВИЋ, АЛЕКСАНДАР САЉНИКОВ, МИРКО КОМАТИНА, ДРАГИ АНТОНИЈЕВИЋ, АНА ВРАЂЕШ, САВА МАГАЗИНОВИЋ .....	615
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS</b>	
<b>Хемизам минералних вода Смедеревске Паланке.</b> МАРКО БЕЛОТИЋ, ЈАНА СТОЈКОВИЋ И ПЕТАР ПАПИЋ .....	619
<b>Резултати симултаних хидрометријских мерења протицаја реке Ресавице на карсту планинског масива Кучаја у источној Србији.</b> БРАНКО МИЛАДИНОВИЋ .....	620
<b>Trasiranje podzemne vode na području Dinarida.</b> NATALIJA MATIĆ i NIKOLA ČAĐENović .....	621
<b>Расподела садржаја тешких метала у седиментима и потенцијални ризик загађивања подземних вода на територији Београда.</b> МАЈА ПОЗНАНОВИЋ, ДОБРИЦА ДАМЊАНОВИЋ, ЂОРЂЕ ТРБОЛЕВИЋ, ИСИДОРА ВУКАДИНОВИЋ .....	622
<b>Теренска хидрогеолошка и инжењерскогеолошка истраживања и испитивања за потребе израде главног пројекта санације и рекултивације КДЧО “Танцош” за потребе града Беочина.</b> МИЛОВАН РАКИЉАШ, МАРИЈА ЂЕДОВИЋ, РАДОМИР КНЕЖЕВИЋ, СИНИША ВУЈАНИЋ, ВИТОМИР ВАСИЋ .....	625
<b>Утицај чишћења чукаричког рукавца на београдско извориште за потребе изградње марине “Ада Циганлија”.</b> СТАНКО СОРАЛИЋ, ИВАН МАТИЋ, СЛОБОДАН ВУЈАСИНОВИЋ, ГОРАН МИНИЋ .....	626
<b>Хидрогеолошке карактеристике шире околине врела “Белосавац” и могућност флаширања подземних вода.</b> СТАНКО СОРАЛИЋ, ИВАН МАТИЋ, ГРОЗДАНА БЕЛАЂЕВИЋ, СЛОБОДАН ВУЈАСИНОВИЋ, ГОРАН МИНИЋ, ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ, САША МИЛАНОВИЋ .....	627

## Геоекологија и просторно планирање Geocology and Urban Geology

<b>Респираторне честице у спољашњој средини у Бору.</b> Respiratory Particles in an External Environment in Bor. СЛАЂАНА КРСТИЋ .....	639
---	-----

<b>Стање животне средине на подручју хидроенергетског система ХЕ "Перућина".</b> Environment Conditions in the Area of Hydroenergetic System "Peručica". BASO MRVAJEVIĆ, MILAN VLAHOVIĆ .....	633
<b>Неки од примера загађивања подземних вода и геосредине из несанитарних комуналних депонија чврстог отпада. Some Examples Pollution Groundwater and Geological Enviroment From Unsanitary Solid Waste Municipal Landfill</b> MILOVAN RAKIJAŠ .....	639
<b>Geološka podloga i radioaktivnost terena u Crnoj Gori.</b> Geological Base and Radioactivity if the Terrain in Montenegro. RANKO SVRKOTA, TOMISLAV ANĐELIĆ, RANKO ZEKIĆ, NEVENKA ANTOVIĆ I PERKO VUKOTIĆ.....	645
<b>Геохемијско радиационо оптерећење у подручју Вршачких брда.</b> Geochemical radiation burden in the area Vrsac hills. VESNA SPASIĆ-JOKIĆ, VOJIN GORDANIĆ .....	651
<b>Heavy Metals in Sediments of Artificial Hydro Accumulation Mavrovica and Orelska Reka, Eastern Macedonia.</b> Тешки метали у седиментима вештачке акумулације Мавровица и Орелска река, источна Македонија. ORCE SPASOVSKI, JULIJA RISTOVA, TRAJCE MITEV .....	657
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS</b>	
<b>Environmental Geochemical Investigation in Slovenia - an Overview.</b> ROBERT ŠAJN .....	661
<b>EU 7<sup>th</sup> Framework Program Presentation (RESTCA-TERCE-NIMPSS) – Slovenian Activities and Cooperation of GeoZS in Geochemical Investigation in Former Yugoslavia.</b> ROBERT ŠAJN, JASMINKA ALIAGIĆ .....	662
<b>Геолошки информациони системи и Даљинска детекција</b> Geological Information System and Remote Sensing	
<b>Значај формирања база података у циљу праћења хидрогеолошких услова на подручју НП Фрушка Гора. The Importance of Forming a Database in a Purpose of Monitoring Hydrogeological Conditions in the Area of National Park Fruška Gora</b> TAĐA PETROVIĆ, NAĐA STANIĆ И РЕЉА ПАНТИЋ .....	663
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТ – EXTENDED ABSTRACT</b>	
<b>Onegeology – A Project That Makes Geology Visible</b> MARKO KOMAC, IAN JACKSON KRISTINE ASCH AGNES TELLZ-ARENAS & LUCA DEMICHELLI.....	667
<b>Студентски радови</b> Student Papers	
<b>Геофизички модел геолошке грађе чачанско-краљевачког терцијарног басена.</b> Geophysical Model of the Tertiary Basin between Čačak and Kraljevo. ANA MLADENOVIĆ .....	669
<b>Квантификација инжењерскогеолошких чинилаца за избор најповољније трасе саобраћајнице применом гис технологије. Quantification of Engineering Geological Factors for the Purpose of Optimal Road Route Selection.</b> UROŠ BURIĆ .....	675
<b>Study of Morphology of Calcium Carbonate Precipitates and Determination of Phases.</b> Studija morfologije sintetičkog kalcijum karbonata i kvantifikovanje faza. STEFAN MARKOVIĆ .....	681
<b>Геологија терена у околини Лазаревог кањона код Злота (Источна Србија).</b> Geology of the Lazar's Canyon Vicinity of Zlot - Eastern Serbia. IVANKA MITROVIĆ .....	687
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТИ – EXTENDED ABSTRACTS</b>	
<b>Хидрогеолошки услови формирања подземних вода у сливу Петничког врела.</b> DEJAN NEŠKOVIĆ.....	691
<b>Regression Analyses of Engineering Properties of Latites (Mt. Fruška Gora, Serbia).</b> MAŠA RADIVOJEVIĆ, VESNA MATOVIĆ .....	693

## Геолошка едукација и популаризација геологије Geological Education and Popularization

<b>Утицај руских емиграната на развој геологије у Србији.</b> Влияние русских иммигрантов в развитие геологии в Сербии. НЕНАД БАЊАЦ и ИВАН ДУЛИЋ .....	695
<b>Geoscience education at primary, low and high secondary schools in Slovakia.</b> Образовање у области геонаука у основним, нижим и вишим средњим школама. ĽUBICA LUKIANENKO, TURANOVÁ LÍDIA .....	699
<b>Further Education of Teachers of Geoscience of Primary and Secondary Schools.</b> Образовање наставника геонаука у основним и средњим школама. LÍDIA TURANOVÁ, ĽUBICA LUKIANENKO .....	703
<b>Geoparks: European Experience and Perspectives.</b> Геопаркови: evropska iskustva i perspektive ALEKSANDRA MARAN .....	707
<b>Геолошки објекти и појаве као интегрални део природне и културне баштине града Београда.</b> Geological Objects and Phenomena as an Integral Part of the Natural and Cultural Heritage of the City of Belgrade. ЉУПКО РУНДИЋ, СЛОБОДАН КНЕЖЕВИЋ, НЕНАД БАЊАЦ, МЕРИ ГАНИЋ, ДРАГАН МИЛОВАНОВИЋ и ДРАГОМАН РАБРЕНОВИЋ .....	711
<b>ПРОШИРЕНИ АПСТРАКТ – EXTENDED ABSTRACT</b>	
<b>Kako su velikani popularizovali nauku - Milutin Milanković</b> КАТАРИНА БОГИЋЕВИЋ, ДРАЗЕНКО НЕНАДИЋ .....	719

## Стање и перспективе геолошке струке Geology: Current State and Perspectives.

<b>Стање и перспективе основних геолошких истраживања у Србији</b> МИОДРАГ БАЊЕШЕВИЋ .....	721
<b>Global Megatrends and the Role of Geology in Modern Society.</b> Глобални мегатрендови и улога геологије у савременом друштву. МАРКО КОМАС .....	723
<b>Геолошка истраживања и законска регулатива.</b> ВЛАДИМИР СИМИЋ .....	727





## Вулканолошке карактеристике горњокредних стена Тимочког магматског комплекса

### Vulcanological Characteristics of the Upper Cretaceous Rocks of the Timok Magmatic Complex

МИОДРАГ БАЊЕШЕВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** На основу синтезе података вишегодишњих истраживања Тимочког магматског комплекса (ТМК) комбинованих са новим прецизним радиометријским подацима старости и вулканолошким истраживањима, може се закључити да вулканска активност континуирано траје десет милиона година уз миграње вулканског фронта од истока према западу. По престанку вулканизма у ТМК вулканска активност се премешта даље на западу, у Риданско-крепољинску зону (РКЗ). Почетни андезитски вулканизам траје од 89 до 82,7 Ма, андезитбазалтски око 85 до 82 Ма. Плутонске стене су датиране на 78,6 Ма, док је вулканизам у РКЗ стар око 68,5 Ма. Вулканизам у ТМК карактеришу стене андезитског и андезитбазалтског карактера, изразита доминација екструзивних вулканских фација у односу на интрузивне и експлозивне, дебеле насlage син- и постеруптивно реседиментованих вулканокластита. Вулканизам прате хидротермалне промене и економски значајна лежишта бакра и пратеће минерализације.

**Кључне речи:** Карпато-балканиди, источна Србија, горња креда, вулканизам, андезити и андезитбазалти, вулканске фације.

**Abstract.** This study summarizes perennial investigations results of the Timok Magmatic Complex (TMC), along with new radiometric and volcanological data. Combination of various geological data explicitly led to the conclusion that volcanic activity of the TMC continuously lasted for 10 million years. During that period volcanic front migrated and rejuvenated from east to west. The age of andesitic rocks from eastern parts of the TMC is ranging from 89 to 82,7 Ma, basaltic andesites and andesites from the central parts 85 to 82 Ma, plutonic rocks on the western parts 78,6 Ma, while the volcanic rocks from the Ridanj–Krepoljin zone are 68,5 Ma. Field and laboratory examinations showed that extrusive volcanites are predominant, regarding to intrusive and explosive facies, and thick deposits of sin- and post-eruptive resedimented volcanoclastites.

**Key words:** Carpatho-balkanides, Eastern Serbia, Upper Cretaceous, volcanism, andesite and basaltic andesite, volcanic facies.

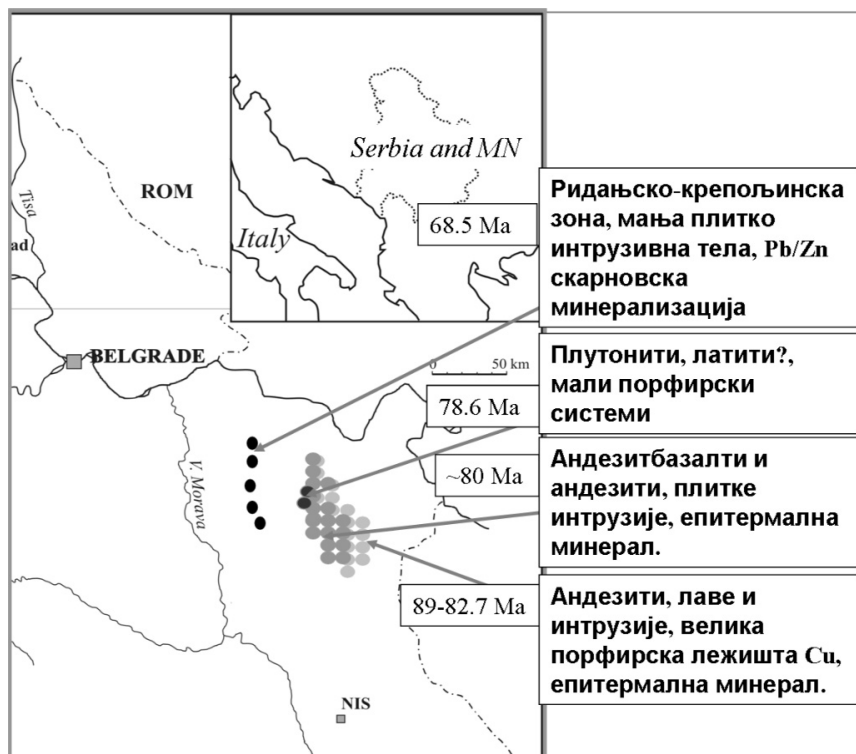
## Увод

Тимочки магматски комплекс (ТМК) је део Карпато-балканида, који се простиру од северних делова Апусена и Баната у Румунији, преко Тимочке крајине у источној Србији, до Средњегорја и Црног мора у Бугарској, у дужини од око 1500 km и ширини и до 70 km. Магматски појас се прати и даље преко Понтида у Турској све до северног Ирана. Ово подручје је најпознатије и најзначајније активно рударско и експлоатационо подручје у Европи које припада тетијском евроазијском металогенетском појасу (ЈАНКОВИЋ 1977). У новијој литератури

ово подручје се помиње као Банатски магматски и металогенетски појас (eng. Banatitic Magmatic and Metallogenic Belt, BERZA *et al.* 1998), или Apuseni–Banat–Timok–Srednogorie Magmatic and Metallogenic Belt (ABTS), РОРОВ *et al.* (2002). У последњих 20 година публиковани су и нови геодинамички и тектонски модели овог подручја, а постоје и бројни геохемијски подаци и радиометријски подаци старости магмата и минерализације добијени методама U/Pb, <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar, Re/Os (ДАВОВСКИ *et al.* 1991; СЈОВАНУ *et al.* 2002; VON QUADT *et al.* 2002, 2004, 2005; CLARK & ULLRICH 2004; БАНЈЕШЕВИЋ *et al.* 2006; ZIMMERMAN *et al.* 2008).

<sup>1</sup> СЕЕ д.о.о., Пожешка 83А, 11000 Београд, Србија. E-mail: miodrag.ba@sbb.rs

У Карпато-балканидима источне Србије, горњокредна магматска активност развија се дуж два суб-паралелна магматска појаса која припадају: Тимочком магматском комплексу на истоку и Ридањско-крепољинској зони на западу (сл. 1). Тимочки магматски комплекс континуирано се простире на дужини од око 85 km, од Мајданпека на северу, до села Бучја на југу. Вулканогено-седиментне стене, које га изграђују, настављају се спорадично и према северу до северних делова Апусена и Баната у Румунији, а према југу се сужавају у дисконтинуирани ров, и тек од Средњогорја у Бугарској, поново покривају велику површину.



Сл. 1. Прегледна скица развоја вулканизма у ТМК и РКЗ.  
Fig. 1. Schetch of the TMC and RKZ evolution.

ТМК лежи на континенталној кори (ANTONJEVIĆ *et al.* 1974) изграђеној од различитих стена протерозојске до доњокредне старости. Геотектонски припадаја Гетикуму (GRUBIĆ 1983; KRÄUTNER & KRSTIĆ 2003), односно кучајском терану као делу сложеног карпатско-балканског терана источне Србије (KARAMATA & KRSTIĆ 1996). Повлату горњокредних наслага ТМК чине палеогене, неогене и квартарне насlage. Геолошке јединица ТМК су: (1) алб-ценомански седименти, (2) седименти и епикластити турон-сенона, (3) андезитске стене турон-сантона, (4) андезитбазалти и андезити сенона, (5) плутонити, (6) латити и (7) седименти кампан-мастрихта (ЂОРЂЕВИЋ И БАЊЕШЕВИЋ 1997; БАЊЕШЕВИЋ 2006).

Овај рад би требао да пружи савремени вулканолошки приступ изучавања вулканских фација

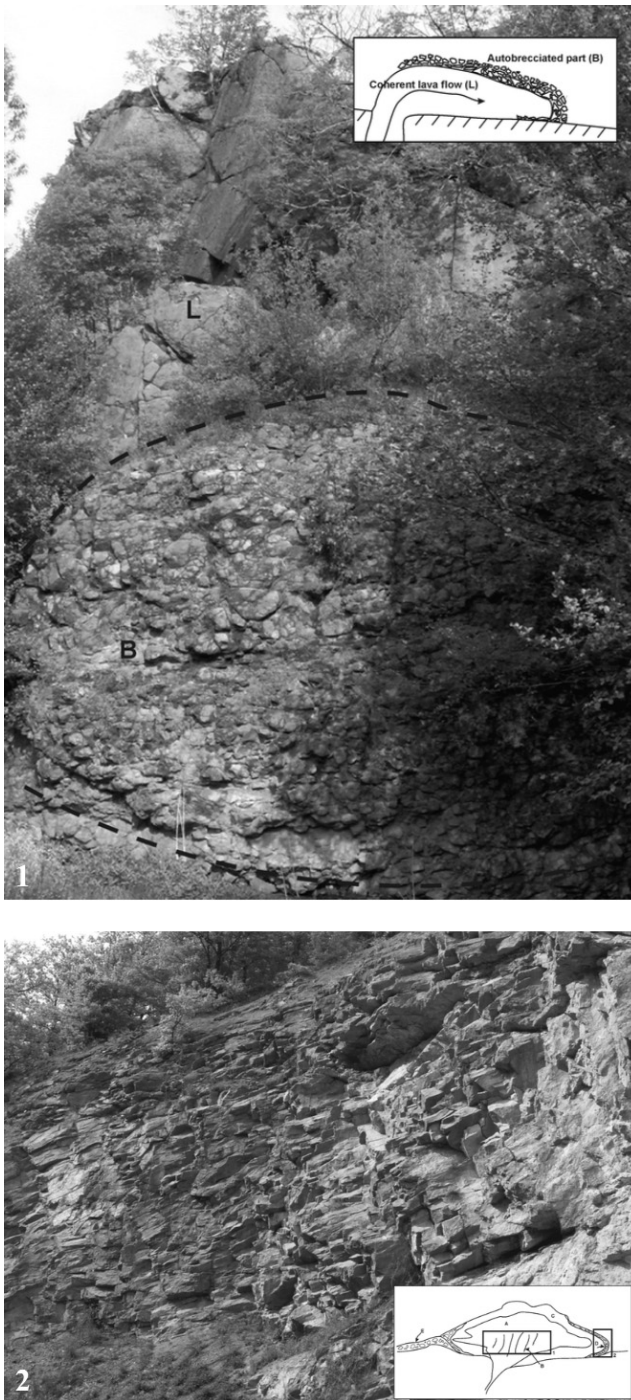
укључујући имплементацију модерне вулканолошке терминологије (према CAS & WRIGHT 1987; MCPHIE *et al.* 1993; SCHMINCKE 2004).

## Вулканизам у ТМК

Вулканизам ТМК карактерише (сл. 1): (а) континуирана активност од најмање десет милиона година, (б) мигрирање вулканског фронта од истока према западу, (в) вулканити су млађи идући од истока према западу, (г) изразита доминација екструзивних вулканских фација у односу на интрузивне и експлозивне, (д) огромне количине емитованог вулканског материјала, (ђ) промене средина депоновања наслага у току вулканске активности, (е) чести и општри фацијални прелази, (ж) дебеле насlage син- и постеруптивно реседиментованих вулканокластита и (з) интензивне поствулканске и постмагматске промене праћене бакровим оруђењем и пратећом минерализацијом. Вулканизам је турон-кампански, претежно андезитског састава и сенонски, до андезитског састава, а завршава се хипоабисалним плутонитима горњокампанске старости.

## Турон-сантонски вулканизам

Првобитни вулканизам, претежно андезитског карактера, развијен је у данас источним деловима ТМК (сл. 1). Вулканска активност је највећим делом била копнена, доминантно ефузивна и плиткоинтрузивна. Доминантне вулканске фације су лавични изливи, аутобрече (сл. 2.1), лавичне доме или криптодоме (сл. 2.2) и плитке интрузије – дајкови и некови. Фације експлозивних вулканита – падавински пирокластити и пирокластични токови, нигде нису потпуно поуздано доказане. Велике количине син- до постеруптивно реседиментиованог и епикластичног материја (сл. 3.1) вероватно једним делом потичу и од еродованих пирокластита. Лаве су углавном биле доста вискозне, у великом степену искристалисале и веома сиромашне стаклом. Зато су лавични изливи углавном били кратки и дебели. Изливање је текло споро уз готово редовно аутобречицање и то у доњим, горњим и чеоним партијама лавичних излива (сл. 2.1). Често је магма утиснута и



Сл. 2. (1) Кохерентни андезитски лавични ток (L) са аутобречираним чеоним делом (B). У горњем десном углу шематски је приказан изглед целог лавичног тока. Испрекидана линија наглашава границу ове две фације. (2) Стубасто лучење централних делова андезитске лавичне доме. Цртеж у десном доњем углу фотографије шематски приказује изглед вулканске доме и вулканских фација издвојених и на терену. На цртежу се препознају: Å - централни део доме, В – стубасто лучени део доме приказан на фотографији, С – периферни делови доме који на бочним странама прелазе у лавичне токове који су углавном аутобречирани (D) и приказани на слици 1 и Å – редепоновани вулканокластити.

Fig. 2. (1) Coherent andesitic lava flow (L) with autobrecciated frontal part (B). (2) Columnar jointed of central part of the andesitic lava dome.

ULLRICH 2004; BANJEŠEVIĆ *et al.* 2006), вулканизам почиње на граници горњег турона и конијака и то бројним емисијама лаве. Након екструзивних ерупција следи образовање вулканских дома и криптодома. Активни доводни канали бивају запуњени финалним растопима и на тај начин настају изоловани или системи субвертикалних дајкова. Старост плиткоинтрузивних стена је горњосантонска. Интрузивни вулкани су највероватније и доносиоци минерализационих флуида који су образовали економски веома значајна порфирска лежишта бакра у Мајданшеку, Бору, Кривељу и тд.

### Сенонски вулканизам

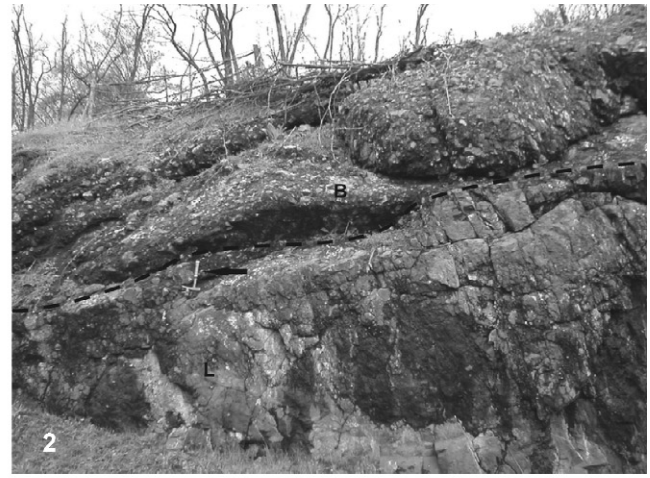
Вулкански фронт се у сенону премешта према западу (сл. 1). Екстензиони услови довели су до стварања структура налик рифту (BANJEŠEVIĆ *et al.* 2002, сл. 4), па је вулканизам углавном подморски, односно субакватичног карактера. Првобитну, сенонску вулканску активност карактеришу мирне ефузивне ерупције углавном линеарног, пукотинског типа, без јасних центара активности. Овако тих, екструзивни вулканизам је једним делом и последица скоро потпуне елиминација лакоиспарљивих компоненти из система, као и слабе вискозности и искристалисалоности лавичне масе. Доминирају вулкани андезитбазалтског до андезитског састава, а чине их фације лавичних излива – кохерентних или у различитој мери претворених у хијалокластите, док су плитке интрузије сасвим ретке. Ови изливи су танки и дуги, често, уколико су били заштићени од ерозије, са мандоластим до шљакастим горњим површинама. Вулканске наслаге показују низ карактеристика типичних за одлагање у воденој средини. Хијалокластичне текстуре су веома честе, а вулкани су у смени са седиментима који садрже морску микрофауну и са синеруптивно редепонованим вулканокластитима (сл. 3.4)

искристалисала као вулканска дома чији су бочни делови могли прелазити у кратке лавичне изливе (сл. 2.1 и 2.2). Овако густе, искристалисале лаве често нису биле у могућности ни да стигну на површину, већ су кристалисале субповршински формирајући криптодоме. Вулканске наслаге на свим истраженим профилима леже преко ценоманских или туронских седимената, док су им повлата седименти или седиментно-епикластичне наслаге сенонске старости (ЂОРЂЕВИЋ И БАЊЕШЕВИЋ 1997). Према радиометријским подацима старости методама U/Pb,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  (VON QUADT *et al.* 2002; CLARK &

који често показују текстуре карактеристичне за депоновање у воденој средини, као што је нпр. хоризонтална ламинација.

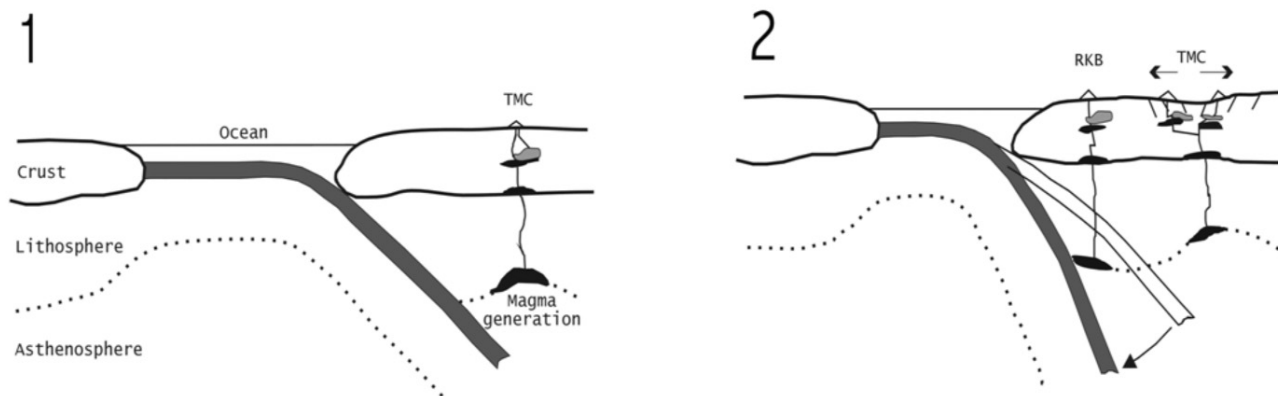
Даљи развој вулканизма у сенону карактеришу ефузивно-експлозивне ерупције. Тада се одлажу велике количине разнородног вулканског материјала који највероватније почиње да формира вулканска острва. Вулканизам се почиње вршити у копненим и морским условима. Доминирају процеси којима се образују кохерентни лавични изливи, али и формирају различите аутокластичне наслаге – аутобрече (сл. 3.2) и хијалокластити (сл. 3.3). Учесталије су појаве падавинских пирокластита и плитких интрузија (сл. 3.3).

Микропалеонтолошки документована старост подине и повлате андезитбазалтских и андезитских вулканита говори да су вулканити млађи од сантона а старији од доњег мастрихта. На бројним профилима седименти у подини садрже микрофауну турон-сантонске старости, док повлату чине редепоновани вулканокластити, кластични или карбонатни, спрудни седименти кампан/мастрихта (ЂОРЂЕВИЋ И БАЊЕШЕВИЋ 1997). За разлику од економски значајне минерализације која је везана по старости и положају за андезите турон-кампа, андезитбазалти и андезити сенона су углавном хидротермално промењени на широком простору, али до сада без утврђене значајније бакрове минерализације и већих лежишта.



Сл. 3. (1) Слојевити и ламинирани епикластити. (2) Кохерентни андезитбазалтски лавични ток (L) са аутобречираним горњим делом (B). (3) Плитка интрузија – трахитски дајк (D) утиснут у хијалокластичне наслаге андезитбазалтског састава (H). Испрекидана линија наглашава границу ове две вулканске фације. (4) Две доминантне литофације редепонованих вулканокластичних наслага андезитбазалтског састава, финозрне „mass-flow” наслаге изграђују доњи слој и грубозрне „grain-flow” наслаге на врху.

Fig. 3. (1) Stratified and laminated epiclastic rock. (2) Coherent basaltic andesite lava flow (L) with auto-brecciated upper part (B). (3) Shallow intrusion – trahitic dyke (D), basaltic andesite hyaloclastite (H). Испрекидана линија наглашава границу ове две вулканске фације. (4) Resedimented basaltic andesite volcanoclastic deposits, mass-flow deposit in the lower part and grain-flow deposit in the upper part.



Сл. 4. Шематски приказ субдукционог профила током креде. 1- Прво формиран и андезити најдаље су од зоне субдукције, а субдуктована плоча је под блажим углом. 2. У даљем развоју субдукције и вулканизма, субдуктована плоча понире под већим углом, ротира и транслаторно се помера према субдукционој зони (енгл. roll-back или slab break off), стварајући екстензионе услове и формирање рифтне зоне у сенону, а касније и вулканизам у РКЗ.

Fig. 4. Schematic cross section of the subduction occurrences during the Upper Cretaceous.

У завршној фази вулканизма у ТМК, следи интрузивна фаза када се утискују плутонске стене углавном диоритског и монционитског састава (сл. 1). Радиометријски утврђена старост интрузије Ваља Стрж, методом U/Pb, је горњокампанска. Оваква старост посредно потврђује закључак да су андезитбазалти и андезити, у које се плутонит утискује и делом метаморфише, свакако старији од горњег кампана. У току ове интрузивне фазе и касније отвара се нови вулкански фронт даље на западу у подручју Риданско-крепољинске зоне. Уз западни обод ТМК јављају се и мања лавична тела, дајкови, некови или жице латитског састава. Ове стене се утискују у андезитбазалте, али им прецизна старост није одређена.

## Закључак

Вулканизам у ТМК траје око 10 милиона година, а вулканске стене су млађе од истока према западу. Најстарије стене припадају горњем турону и јављају се у источном делу ТМК, док су плутонити на западном ободу горњокампанске старости. Вулкански фронт мигрира и даље према западу у тзв. РКЗ где вулкански процеси трају и до границе креда-терцијар. Првобитни вулканици су претежно андезитског састава, док се у сенону јављају углавном андезитбазалти до андезити. Бројни аутори геодинамику овог подручја везују за субдукционе кредне процесе Тетијског океана и субдукцију која је оријентисана од југа према северу. Мигрирање вулканског фронта може се повезати са претпоставком да је понирућа океанска кора током субдукције мењала – повећавала угао понирања, тзв. roll-back ефекат (BANJEŠEVIĆ *et al.* 2002, сл. 4), а самим тим и изазивала екстензију и стварала рифтну зону у којој се јавља сенонски, андезитбазалтски вулканизам. У

новијој литератури детаљније се обрађује ова теорија и чињеница да у целом горњокредном вулканском луку, од Румуније до Бугарске, вулкански фронт мигрира према зони субдукције. Тектонски и геодинамички модел АВТС магматског и металогенетског појаса повезује се са ротирањем и транслаторним померањем Вардарске океанске плоче у току субдукције (ZIMMERMAN *et al.* 2008). Наравно, овакве теорије отварају цео низ нових питања и изазов за нова истраживања.

## Захвалност

Захваљујем се многобројним колегама који су заједно самном учествовали у геолошким истраживањима у ТМК, а посебно Миодрагу Ђорђевићу, проф. др Владици Цветковићу, Душану Јелићу, мр Маријани Радовић и Милитину Јањићу.

## Литература

- ANTONIJEVIĆ, I., GRUBIĆ, A., ĐORĐEVIĆ, M. 1974. The Upper Cretaceous paleorift in Eastern Serbia. In: KARAMATA, S. (ed.), *Metallogeny and Concept of the Geotectonic Development of Yugoslavia*. 315–339, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
- BANJEŠEVIĆ, M., CVETKOVIĆ, V., KOŽELJ, D., PEYTCHEVA I., VON QUADT, A. 2002. The Timoc Magmatic Complex and Ridan Krepoljin Zone: Geodynamical Evolution. International Symposium, Geology and metallogeny of copper and gold deposits in the Bor metallogenic zone – Bor 100 years, Special issue, Bor lake, 199–202.
- БАЊЕШЕВИЋ, М., 2006. Горњокредни магматизам Тимочког Магматског Комплекса. Докторска дисертација - непубликовано. Рударско-геолошки факултет, Београд, 184.
- BANJEŠEVIĆ, M., CVETKOVIĆ, V., VON QUADT, A., PEYTCHEVA, I. COČIĆ, S. 2006. Geodynamic reconstructions based on the magmatism in the Timok Magmatic Complex (East Serbia) –

- part of the Carpathian-Balkan belt. *18<sup>th</sup> Congress of Carpathian-Balkan Geological Association*, 27–29, Beograd.
- BERZA, T., CONSTANTINESCU, E., VLAD, S.-N. 1998. Upper Cretaceous Magmatic Series and Associated Mineralization in the Carpathian-Balkan Orogen. *Resource Geology*, 48 (4): 291–306.
- СЮБАНУ, С., КООК, Н., СТЕЙН, Н. 2002. Regional setting and geochronology of the Late Cretaceous Banatitic Magmatic and Metallogenic Belt. *Mineralium Deposita*, 37: 341–567.
- CLARK, H.A. & URLICH, D.T. 2004.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age data for andesitic magmatism and hydrothermal activity in the Timok Massif, eastern Serbia: implications for metallogenic relationships in the Bor copper-gold subprovince. *Mineralium Deposita*, 39: 256–262.
- CAS, R.A.F. & WRIGHT, J.V. 1987. Volcanic successions, modern and ancient. A geological approach to processes products and succession. In: ALLEN ANWIN (ed.), 528 pp., London.
- ДАВОВСКИ, С., НАРКОВСКА, А., КАМЕНОВ., МАВРУДЧИЕВ, В., СТАНИЧЕВА-ВАСИЛЕВА, Г., ЯНЕВ, Y. 1991. A geodynamic model of the Alpine magmatism in Bulgaria. *Geologica Balcanica*, 21: 3–15.
- БОРЂЕВИЋ, М. И БАЊЕШЕВИЋ, М. 1997. Геолошка карта и тумач јужног дела Тимочке еруптивне области 1:50000, Савезно Министарство за привреду, Београд, 171 .
- GRUBIĆ, A. 1983. Tectonic feature and Mesozoic-Cenozoic history of East Serbia (Yugoslavia). *12<sup>th</sup> Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association*, Bucharest, 57–64.
- JANKOVIĆ, S. 1977. The Copper Deposits and Geotectonic Setting of the Thethyan Eurasian Metallogenic Belt. *Mineralium Deposita*, 12.
- КАРАМАТА, С. & KRSTIĆ, B. 1996. Terranes of Serbia and neighboring areas. In: КНЕЏЕВИЋ, V., ЂОРЂЕВИЋ, P., KRSTIĆ, B. (eds.), *Terranes of Serbia*, 25–40, Univerzitet u Beogradu and Srpska Akademija nauke i umetnosti, Beograd.
- KRÄUTNER, H.G. & KRSTIĆ, B. 2003. Geological map of the Carpatho-Balkanides between Mehadita, Oravita, Niš and Sofia. Geoinstitut, Beograd.
- MC PHIE, J., DOYLE, M., ALLEN, R. 1993. Volcanic Textures. A guide to the interpretation of textures in Volcanic Rocks. Centre for Ore Deposit and Exploration Studies University of Tasmania, 198 pp.
- ПОПОВ, P., BERZA, T., GRUBIĆ, A., IOANE, D. 2002. Late Cretaceous Apuseni-Banat-Timok- Srednogorie (ABTS) Magmatic and Metallogenic belt in the Carpathian-Balkan orogen. *Geologica Balcanica*, 32 (2–4): 145–163.
- SCHMINCKE, H.-U. 2004. Volcanism. Springer-Verlag, 324 pp.
- VON QUADT, A., PEYTCHIEVA, I., CVETKOVIĆ, V., BANJEŠEVIĆ, M., KOŽELJ, D. 2002. Geochronology, geochemistry and isotope tracing of the Cretaceous magmatism of East-Serbia as part of the Apuseni-Timok-Srednogorie metallogenic belt. 17<sup>th</sup> Congress of Carpathian-Balkan Geological Association, *Geologica Carpathica*, Special issue, 175–177, Bratislava.
- VON QUADT, A., DRIESNER, T., HEINRICH, C.A. 2004. Geodynamic and ore deposit evolution of the Alpine-Carpathian-Balkan-Dinaride orogenic system. *Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen*, 84: 1–2.
- VON QUADT, A., MORITZ, R., PEYTCHIEVA, I., HEINRICH, C.A. 2005. Geochronology and geodynamic of Late Cretaceous magmatism and Cu-Au mineralization in the Panagyurishte Region of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie Belt, Bulgaria. *Ore Geological Review*, 27: 95–126.
- ZIMMERMAN, A., STEIN, H., HANNAN, J., KOŽELJ, D., BOGDANOV, K., BERZA, T. 2008. Tectonic configuration of the Apuseni-Banat-Timok-Srednogorie belt, Balkans-South Carpathians, constrained by high precision Re-Os molybdenite ages. *Mineralium Deposita*, 43: 1–21.

## Геолошко-петролошке и геохемијске карактеристике лигнита Костолачког басена (Србија)

### The Geological-Petrological and Geochemical Characteristics of Lignite, Kostolac Basin (Serbia)

АДАМ ДАНГИЋ<sup>1</sup>, БРАНИСЛАВ СИМОНОВИЋ<sup>2</sup>, ДИМИТРИЈЕ ДИМИТРИЈЕВИЋ<sup>1</sup>,  
МАРКО БАБОВИЋ<sup>3</sup>, ЈЕЛЕНА МИЛОШЕВИЋ<sup>3</sup> и ВЕЛИБОР ПОПОВИЋ<sup>4</sup>

**Апстракт.** Костолачки неогени басен, са три дебела слоја лигнита понтске старости представља важан енергетски ресурс Србије и базу за рад две термоелектране (Костолац А и Б). Источни део басена је детаљно геолошки истражен и у њему се налази једини активан рударски капацитет – површински коп Дрмно, а започињу истраживања и западног дела басена. Угаљ у сва три угљена слоја је типичан лигнит, који изграђују комади угљене материје веома разнолике структуре. Приказане су варијације петрографског састава угља (литотипови, микролитотипови, мацерали), минералних примеса/прослојака (глина, алеврит, лапорац), локално заступљених епигенетских минерализација, као и физичко-хемијских и геохемијских карактеристика угља (техничке и силикатне анализе, садржаји микроелемената As, B, Ba, Be, Cl, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, Th, U, V, W, Zn и Zr).

**Кључне речи:** Лигнит, геологија, литотипови, угљена материја, минерална материја, геохемија, микроелементи, Костолачки басен, Србија.

**Abstract.** The Kostolac Neogene Basin, containing three thick lignite beds of Pontian age is one of important energetic resources of Serbia and is the bases for operating two lignite-firing electric power stations (Kostolac A and B). The eastern part of the basin is well geologically explored and there is the only one lignite producer in the basin – the open pit Drmno, but the western part of the basin has an important lignite potential. Coal of all three coal beds is typical lignite, built up by pieces of coal matter of diverse structures. There are presented variations of petrographic composition of coal matter (lithotypes, microlithotypes, macerals), mineral admixtures (clay, aleurite, marl), locally occurring epigenetic mineralizations, as well as physico-chemical and geochemical features of coal (proximate, ultimate and chemical analyses, contents of trace elements As, B, Ba, Be, Cl, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, Th, U, V, W, Zn и Zr).

**Key words:** Lignite, geology, lithotypes, coal matter, mineral mater, geochemistry, trace elements, Kostolac Basin, Serbia.

## Увод

Лигнит Костолачког басен је један од важних енергетских ресурса Србије и ЈП “Електропривреда Србије”. Масовна површинска експлоатација лигнита обезбеђује рад две термоелектране, ТЕ Костолац А и ТЕ Костолац Б, укупног инсталисаног капацитета MW. Лигнит се у басену експлоати-

ше од 1870. године, јамским радовима до у периоду 1878–1974. године, а површинским коповима од 1942. године до данас. До сада је лигнит експлоатисан само у источном делу басена а и геолошка истраживања угља су углавном извођена у том делу басена. Последњих деценија лигнит је експлоатисан са три површинска копа (ПК) – ПК Ђириковац, ПК Кленовник и ПК Дрмно, а од 2009. године једино је

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд.

<sup>2</sup> Институт за општу и физичку хемију, Студентски трг 12, 11000 Београд.

<sup>3</sup> Електропривреда Србије, Кумодрашка 412, 11000 Београд.

<sup>4</sup> ПД “ТЕ-КО Костолац”, Николе Тесле 5-7, Костолац

активан ПК Дрмно. Експлоатабилне резерве лигнита у лежишту Дрмно обезбеђују рад постојећих термоелектрана наредне три деценије. У 2009. години започета су нова геолошка истраживања и западног дела басена.

Масовним сагоревањем лигнита у термоелектранама настају велике количине гасовитих и чврстих отпадних продуката који угрожавају животну средину. Савремена истраживања у свету (VASSILEV & VASSILEVA 1996; WARD 2002; MARDON & HOWER 2004) и код нас (DANGIĆ & ĐIMIĆ 2001; DANGIĆ *et al.* 2007, 2008) показала су да је познавање геохемијских, петролошких и минералošких карактеристика угља веома значајно за његово боље искоришћење у ТЕ као и за поузданију заштиту животне средине од продуката сагоревања.

## Материјали и методе истраживања

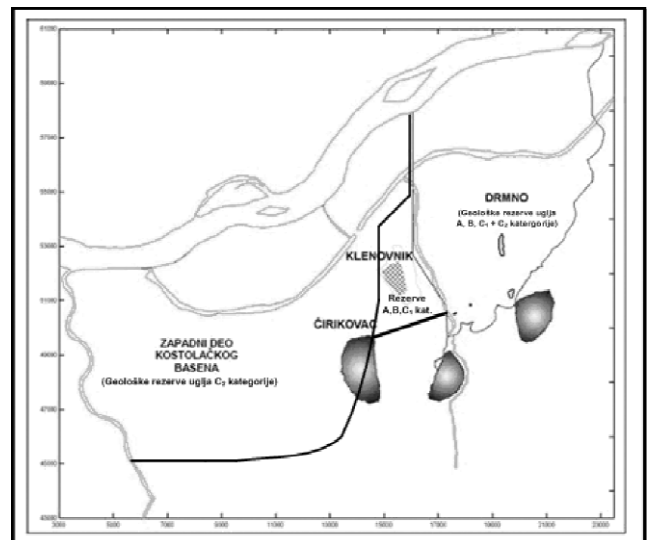
У оквиру теренских и лабораторијски истраживања проучени су слојеви лигнита и пратеће минералне материје. Примењене су различите методе петрографских и минералošких проучавања (макроскопска, микроскопија у пропуштеној и одбијеној светлости, анализа рендгенске дифракције) као и различите методе геохемијских и физичко-хемијских анализа (анализе рендгенска флуоресценције, атомске апсорпционе спектрометрије, класичне хемијске анализе, техничке анализе). Анализирани су садржаји главних хемијских елемената и следећих микроелемената: As, B, Ba, Be, Cl, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, Th, U, V, W, Zn и Zr.

## Геологија басена и угљоносна серија

Костолачки лигнитски басен се налази око 80 km источно од Београда, смештен између Дунава, на северу, Велике Мораве, на западу, и Пека, на истоку, и заправо представља јужни део јединственог угљоносног басена Костолац–Ковин, који је речним током Дунава одвојен од северног дела, Ковинског басена (сл. 1). Морфолошким гредом Костолац–Пожаревац, правца пружања С–Ј, басен је подељен на западни и источни део. Лигнит се појављује у виду дебелих слојева у седиментима понта.

Шире подручје Костолачког басена изграђују палеозојске творевине и седименти неогена и квартара (МАЛЕШЕВИЋ и др. 1978а, 1978б; РАКИЋ, 1980а, 1980б). Палеозојске творевине изграђују терен уз источне обод басена а представљене су фацијом зелених шкриљаца. Неоген је представљен миоценом и плиоценом. У оквиру миоцена заступљене су седименти сармата, панона и понта. Сармат ( $M_2^2$ ) је представљен серијом пескова, глина и кречњака, укупне дебљине до 320 m. Панон ( $M_3^1$ ) се појављује уз источни обод басена и на морфолошкој греди у централном

делу басена, укупне је дебљине 350 m, одговара “доњеконгеријским слојевима”; представљен је фацијом дубљих вода (глине, лапори, пескови, пепчари) и плитководном (пескови, алеврити, шљункови са угљем). Понт ( $M_3^2$ , раније на геолошким картама издвајан као доњи плиоцен- $P_1$ ), лежи конкордантно преко седимената панона, дебљине је до 300 m. СТЕВАНОВИЋ (1951) развој понта у басену издваја као “костолачку фацију”, коју одликују смењивање алувијалних седимената са слатководном фауном и касибракичних седимената и присуство дебелих слојева угља. У источном делу басена преовлађују песковито-алевритски а у подручју морфолошке греде и западног дела басена глиновито-песковити седименти. У басену, у оквиру понтске серије издвојени су доњи понт, представљен серијом зелено-плавих глина и пескова, дебљине до 150 m, и горњи понт, представљен глиновито-песковитом серијом дебљине до 150 m, са три слоја лигнита. Преко понта и панона леже дискордантно горњеплиоценски (роман-  $P_2$ ) слатководни глиновито-песковити седименти. Квартар је представљен творевинама плеистоцена (лес, лесоидни песак, делувијано-пролувијални седименти) и холоцена (алувијални седименти, живи песак).



Сл. 1. Костолачки угљоносни басен

Fig. 1. The Kostolac Lignite Basin

Угљени слојеви горњепонтске старости, названи III, II и I слој, су различито развијени. Најстарији и најдубљи, III угљени слој, се простире кроз цео басен, дебљине је до 20 m; II угљени слој је развијен на мањем простору, од изданаčke зоне у централним деловима лежишта Дрмно, на истоку, до крајњих западних граница басена, дебљине је до 9 m; I угљени слој само у централним и западним деловима басена, дебљине је до 15 m. Неогени седименти у басену су углавном тектонски непо ремећени - благо падају ка северу, односно СЗ под углом од око 5°.



локално и стрмије, услед диференцијалних кретања блокова, нарочито уз морфолошку греду Пожаревац–Костолац. У лежишту Дрмно локално су заступљене и зоне дефицита угља, вероватно проузроковане постдепозиционом речном ерозијом.

Источни део басена је знатно боље истражен и само у њему се до сада одвијала експлоатација угља. Највећи његов део, од његовог источног обода до реке Млаве на западу, чини лежиште Дрмно, у коме се откопава III угљени слој површинским копом. (ПК) који је сада једини рударски капацитет у басену. Западно од лежишта Дрмно налазе се лежишта (од севера ка југу) Костолац, Кленовник и Ћириковац, која обухватају просторе уз морфолошку греду Пожаревац–Костолац. У њима је експлоатација угља завршена, а одвијала се јамским и површинским коповима. У Костолацу и Кленовнику експлоатисан је I слој, укупно је откопано  $42,7 \times 10^6$  t; у Ћириковцу су експлоатисани II и III слој, укупно је откопано  $45,12 \times 10^6$  t угља. ПК Дрмно ради од 1987. године, садашњи капацитет му је  $6,5 \times 10^6$  t угља/год. а планира се повећање на  $9,5 \times 10^6$  t угља/год. Из лежишта је до 2007. године откопано укупно  $82,2 \times 10^6$  t угља, а резерве угља Б+Ц<sub>1</sub> категорије 31.12.2007. године су биле (у  $4 \times 10^6$  t): III угљени слој 577,3 (билансне 381,3, ванбилансне 196), II угљени слој 41,5 (бил. 22,1, ванбил. 19,4), а резерве Ц<sub>2</sub> категорије за I–III угљени слој 236,3 (МАТИЋ и ГЛАМОЧАНИН, 2008). Ванбилансне резерве се налазе у зонама заштите села Дрмно, ТЕ Костолац Б и археолошког налазишта Виминацијум.

Западни део басена је мало истражен те су познате само (процењене) резерве угља Ц<sub>2</sub> категорије, и то (у  $10^6$  t): I угљени слој 494,5, II угљени слој 265,3, III угљени слој 591,4, односно укупно 1.351,2.

## Петрографија и минералогја

Угаљ сва три угљена слоја у Костолачком басену је сличних минералогско-петрографских карактеристика: представља типичне лигните код којих процес угљенизације није интензиван и које изграђују комади угљене материје веома разнолике структуре (очувана биљна структура, дрвенасто ткиво, отисци лишаја, гелифицирано ткиво и сл.). У лигнитским слојевима уз угљену (фосилну органску) материју заступљена је и минерална материја, у виду примеса или прослојака. Како су заступљене значајне промене и типова угљене материје и минералне материје и у вертикалним профилима угљених слојева и латерално, петрографски састав угља у лежиштима и басену је варијабилан. Петрографске и минералогске карактеристике угља и минералних примеса (неорганске материје) у лигниту детаљније су проучене у лежишту Дрмно, углавном за III угљени слој. У угљу лежишта Дрмно су откривене и епигенетске минерализације.

## Угљена материја

Доминантни литотип угљене материје у угљеним слојевима је барски угаљ, а веома значајног удела има и дрвенасто-ксилитски угаљ. Дрвенасто-ксилитска компонента се појављује у угљеном слоју у виду прослојака, сочива или слојева дебљине до неколико десетина сантиметара, наизменично се смењујући са барским угљем. Барски угаљ, у којем је местимично повећан садржај глиновите материје, представља земљаст тип угља. Барски угаљ је неправилног прелома, мрко-црне боје и мале механичке стабилности. Ксилитски угаљ је светлије мрке боје, поседује јасно изражену вегеталну структуру и најчешће је иверастог или неправилног прелома. Ксилитски тип угља у лежишту Дрмно је представљен тзв. структурним ксилитом, светлих и тамних нијанси мрке боје. Води порекло од мочварно шумске и жбунолике вегетације. Осим барског и ксилитског литотипа угљене материје, угљене слојеве ових лежишта карактерише и појава танких прослојака, испод 0,20 m, црно-сјајног доплерита, који представља гелифицирано биљно ткиво без трагова биљне структуре, односно хомогену масу у тресету или лигниту, а ствара се у тресетиштима из наслага органских материја под дејством хуминских киселина.

У испитиваним узорцима угља микроскопским испитивањима су идентификовани следећи микролитотипови: детрит (хумусни детритус), текстит (ксилит), гелит (аморфна органска материја) и специфичан фузит. Варијације садржаја микролитотипова у 39 узорка III угљеног слоја као и садржаји у узорку II угљеног слоја приказани су у табели 2. *Дејирит* (хумусни *дејиритус*) је хетерогеног састава, потиче од биљних делови који су процесима разлагања иситњени и разложени толико да се више не запажа структура ћелијских ткива (сл. 2). Од мацерала може да садржи *џексџирит* (*ксилит*), *гелинит*, *егзинит* и *инертинит* који се појављују као уклопљени у гелифицирану дрвенасту материју. *Тексџит* (*ксилит*) од мацерала може садржати *џексџинит*, *ксилит* и *лиџинит* (*резинит* и *склероџинит*), а може бити захваћен процесима гелификације, услед чега губи анизотропију. Различити мацерали потичу од различитих биљака: *ксилит* од дрвенастог ткива, *филит* од паремхимског ткива листа, *радијасинит* од корена а *склероџинит* од склеротинског ткива коре дрвета. *Гелит* је или аморфан, и то је прави гелит, или садржи и мацерале: текстинит, егзинит, споринит, кутилит, *резинит* и *инертинит*; у мањој мери може да буде сачувана и структура. У гелифицираној основној маси могу да буду присутне и микропрелине, настале услед просушивања пихтијастог гела. *Фузит* као микролитотип се назива због својих особина инертинит, у оквиру њега као мацерали појављују се *семифузинит*, *фузинит* и

Табела 1. Петрографија угља лежишта Дрмно.<sup>1</sup>  
Table 1. Petrography of the Drmno deposit coal.

Микролитотип Microlithotype	III угљени слој/coal bed (n=39) <sup>2</sup>		II угљ. слој/ coal bed (n=1)
	Опсег/Range	Средње/Average	
Детрит/Detrite	11,92–83,00	36,91±17,53	24,65
Текстит/Textite	8,98–82,85	37,07±17,31	66,89
Гелит/Gelite	0–43,48	13,90±10,70	7,04
Фузит/Fusite	0–21,26	5,51±4,86	0
Смолe/Resin	0–3,50	0,29±0,86	1,42
Пирит/Pyrite	0–8,09	1,13±2,40	0
Глина/Clay	0–45,28	4,97±8,77	0

<sup>1</sup>- По/After: DANGIĆ *et al.* (2008). <sup>2</sup>-n= број узорака/number of samples.

*склероиднији*. Фузен представља лигниноцелулозну материју захваћену потпуним процесима фузенизације, подсећа на дрвени ђумур. Ђелијски отвори су му различитог облика, могу да буду празни или испуњени неорганским материјалом, најчешће глином или пиритом. Ђелијска структура је често услед деловања притисака у угљеном слоју раздробљена и деформисана. Смолa се појављује спорадично у угљеној материји, детектована је само у мањем броју анализираних узорака угља. Заступљена је у садржајима до 3,50 %, а просечан садржај за све узорке је 0,29±0,86 %.

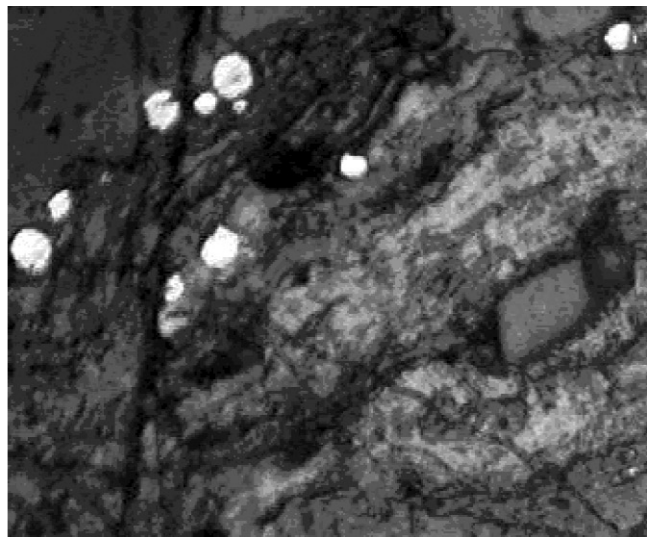
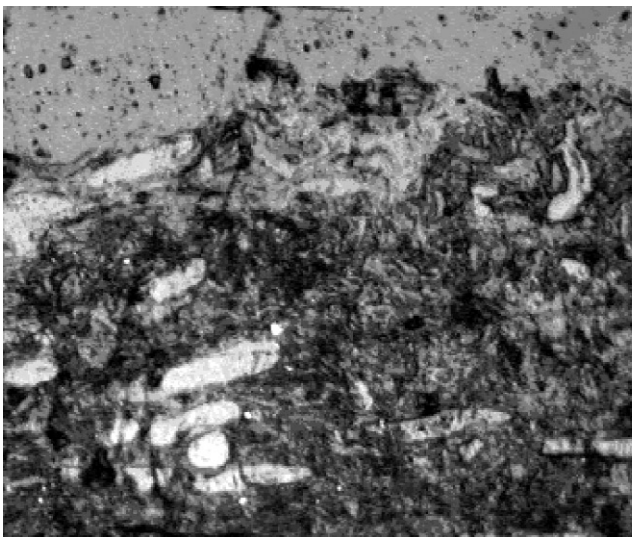
*Пирит* је детектован у већем броју анализираних узорака угља, одликује се значајним варијацијама садржаја (0–8,09 %, средњи садржај 1,13±2,40 %). Појављује се у виду изолованих зрна (величине углавном до 0,1 mm) и минералних агрегата. *Глина* (у угље-

ној материји) је заступљена у садржајима до 0–45,48 % а средњи садржај је 4,97 %. На прави садржај глине у угљеном слоју указује садржај пепела, јер су минерали глине главне минералне примесе у угљу.

### Минералне примесе/прослојци у угљу

Макроскопским проучавањем профила угљеног слоја на површинском копу и у бушотинама издвојене су: глиновите, лапоровите и алевритске примесе/прослојци у угљу. *Глиновије примесе* (4 узорка) су проучене рендгенско-дифракционим анализама (орјентисани препарати, орјентисани препарати третирани етилен-гликолом и термички). Утврђено је да их изграђују минерали глине каолинитске и смектитске групе и кварц а да се спорадично појављују у малим количинама и хематит и гипс.

Лапоровите и песковито-алевритске примесе су проучене седиментолошким анализама. *Лапоровије примесе* (2 узорка) су детерминисане као лапорци. Одликују се следећим минералним саставом: CaCO<sub>3</sub> (калцит) 34–46 %, пелитска компонента (алеврит и глина) 45–54 %, угљевита материја 9–12 %, а алевритски део чини углавном кварц (величина зрна, 0,05–0,005 mm, садржај 8–12%).



Сл. 2. Микрофотографије угља, лежишта Дрмно, III угљени слој. Лево: контакт и прелаз ксилита (тамносиво, са светлим тракама и добро израженима ђелијским структурама) у гелитску масу (сиво, хомогено); величина слике 5×3,8 mm. Десно: гелификована ксилитска основна маса са мацералима (гелинит, кутинит, микроспоре), импрегнацијама глиновите материје и диспергованим пиритом (светла зрна); величина слике 2×1,5 mm.

Fig. 2. Microphotographs of coal, Drmno deposit, the coal bed III. Left: contact and transition of xilithe (dark gray with bright bands, cell structures expressed) into gellite mass (gray, homogenous); size of picture 5×3,8 mm. Right: gelled xylitic ground mass with macerals (gellinite, cutinite, macrospores), impregnations of clayey matter and dispersed pyrite (bright grains); size of picture 2×1,5 mm.

Песковијо-алевријке њрмесе (3 узорка) су де-терминисане као алеврити са мање или више песковите и глиновите компоненте. Одликују их следећим параметри: садржаји (у %) песка 11,83–29,50, алеврита 41,94–73,63, глина 14,53–28,56; средња величина зрна 0,027–0,039 mm и сортираност слаба до средња. Састав фракције >0,063 mm ових узорака је (у %): комадићи угља 3–50, кварц 32–72, фелдспати 4–8, одломци стена 6–15, лискуни 1–3, карбонати 2–7, тешки минерали у траговима.

### Епигенетске минерализације

У појединим деловима III угљеног слоја на површинском копу и у профилима бушотина откривени су и дефинисани следећи типови епигенетске минерализације: (1) калцит, (2) гипс, (3) опал (силификација) и (4) пирит. Калцит се појављује у виду ситних индивидуалних кристала (величине 0,1–n mm) и агрегата, по површинама прелина у угљу. Гипс је мање обилан од калцита, појављује се у виду танких влакнастих и игличастих до агрегата (дужине и до n mm), прозачних или белих. Силификација угља је представљена танким импрегнацијама и жилицама (mm-величине) на два профила. Епигенетски пирит је откривен на једном профилу, појављује се у виду импрегнација и танких жичица (дебљине до 1 mm).

Табела 2. слојева Квалитет угља различитих угљених слојева у басену.

Table 2. Coal quality of diverse coal beds in the Basin.

	Дрмно, III сл./bed <sup>1</sup>		Ћириковац <sup>2</sup> II/III слој/bed	Костолац <sup>2</sup> I слој/bed
	Ср/Aver <sup>3</sup>	V(%) <sup>4</sup>		
Влага/Moister, %	39,73	12,03	43,00–48,00	34,34–43,18
Пепео/Ash, %	17,82	33,75	13,00–18,00	15,33–23,53
S <sub>укупни</sub> /S <sub>total</sub> , %	1,15	26,22	0,58–2,79	1,02–1,15
S <sub>сагорљив</sub> /S <sub>combust</sub>	0,58	41,95	0,14–2,16	0,39–0,55
S <sub>у пепелу</sub> /S <sub>in ash</sub> , %	0,56	25,24	0,44–0,53	0,60–0,62
Кокс/Coke, %	34,99	13,12	29,94–38,89	32,33–38,39
C <sub>фикс</sub> , %	18,09	16,07	12,83–20,45	14,86–15,97
Испарљ./	25,55	12,78	17,99–25,85	25,26–26,65
Сагорљ./Comb., %	42,74	14,08	30,82–46,30	40,22–42,02
ГТЕ/GCV, kJ/kg <sup>5</sup>	11.310	16,17	9.623–10.042	10.250–10.880
ДТЕ/NCV, kJ/kg <sup>6</sup>	9.870	18,35	8.160–8.577	8.308–9.205

<sup>1,2</sup>Према/After: <sup>1</sup>МАТИЋ и ГЛАМОЧАНИН (2008). <sup>2</sup>НИКОЛИЋ и ДИМИТРИЈЕВИЋ (1996). <sup>3</sup>Средње/Average. <sup>4</sup>Coefficient of variation. <sup>5</sup>Горња топлотна енергије/Gross calorific value. <sup>6</sup>Доња топлотна енергија/Net calorific value.

### Геохемија

Лигнитски слојеви Костолачког басена су сличних карактеристика и у погледу основних параметара техничких и хемијских анализа (табела 2). У лежишту Дрмно, за III угљени нарочито значајно варирају садржаји пепела и сумпора. Просечни садржаји су (%): влаге 39,7, пепела 17,82, S-укупног

1,15, S-сагорљивог 0,58 и S-у пепелу 0,56, кокса 35,0, C<sub>фикс</sub> 18,1, испарљиве материје 25,6, сагорљиве материје 42,7. Просечне вредности гоње и доње топлотне енергије су 11.310 и 9.870 kJ/kg. Сличних карактеристика су и угаљ II и III угљеног слоја у лежишту Ћириковац као и угаљ I угљеног слоја у лежишту Костолац.

У лежишту Дрмно у новије време урађене су техничке, елементарне и хемијске (силикатне) анализе и анализе садржаја микроелемената у угљу III угљеног слоја, из профила угљеног слоја на површинском копу и из више профила бушотина из различитих делова лежишта Дрмно. Резултати техничких и елементарних анализа су (садржаји у сувом угљу, %): пепео 12,34–53,77 (средње 32,12), S-укупан 1,35–2,65 (1,96), S-сагорљив 1,01–2,06 (1,43), S-у пепелу 0,34–0,72 (0,53), N 24,23–57,48 (42,02), I 3,04–5,09 (4,09), N 0,53–0,96 (0,71) и I 15,25–25,58 (20,53). Резултати хемијских (силикатних) анализа угља и садржаја микроелемената приказани су у табелама 3 и 4. Од петрогених оксида доминантно заступљени SiO<sub>2</sub> и Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а одликују се и значајним опсезима варијабилности (у %): SiO<sub>2</sub> 11,11–28,78, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 9,38–12,49. У значајним садржајима заступљени су (у %): CaO (1,73–3,69), гвожђе (као Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,73–3,69) и сумпор (као SO<sub>3</sub> 3,37–6,52, средње 4,88), а у ниским и веома ниским MgO (0,13–1,42), K<sub>2</sub>O (0,02–0,46), Na<sub>2</sub>O 0,01–0,20), TiO<sub>2</sub> (0,04–0,30) и P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,02–0,04).

Анализирани су садржаји следећих микроелемената у угљу: As, B, Ba, Be, Cl, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mn, Ni, Pb, Se, Sr, Th, U, V, W, Zn и Zr. У свим анализираним узорцима испод границе детекције приоменутих аналитичких метода били су Be, Se, Th, U и W, и то: Be, Se и Th <1 mg/kg, U и W <10 mg/kg. Код детектованих елемената већина показује значајне варијације садржаја. Најобилније су заступљени бор, хлор, манган, баријум и стронцијум и цирконијум (у mg/kg): V 390–1130 (средње 727), Cl 270–590 (368), Mn 80–430 (190), Va 280–320 (297), Sr 80–230 (107), Zr 9–140 (97). У нижим и међусобно сличним садржајима заступљени су

арсен, хром, никал, ванадијум и флуор (у mg/kg): As 16–70 (41), Cr 50–60 (53), Ni 10–40 (19), V 20–50 (37), F 10–40 (26). У још нижим садржајима појављују се олово, бакар, цинк и кобалт а у изразито ниским жива (у mg/kg): Pb 3–32 (10), Cu 10–20 (11), Zn 10–30 (12), Co 2–6 (4), Hg 0,11–0,40 (0,27).

Утврђено је да постоји веома добра негативна корелација топлотне енергије сагоревања угља са са-

Табела 3. Хемијске (силикатне) анализе угља лежишта Дрмно, III угљени слој (сув угаљ, 15 анализа) (у %).  
Table 3. Chemical (silicate) analyses of coal, the Drmno deposit, the coal bed III (dry coal, 15 analyses) (in wt. %).

%	Опсег/Range <sup>1</sup>	Ср/Аве <sup>1,2</sup>
SiO <sub>2</sub>	11,11–28,78	14,91
TiO <sub>2</sub>	0,04–0,30	0,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,38–12,49	6,05
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73–3,69	1,90
MgO	0,13–1,42	0,66
CaO	1,73–3,69	2,71
Na <sub>2</sub> O	0,01–0,20	0,09
K <sub>2</sub> O	0,02–0,46	0,23
SO <sub>3</sub> <sup>3</sup>	3,37–6,52	4,88
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02–0,04	0,03

<sup>1</sup>По/After: DANGIĆ *et al.* (2009). <sup>2</sup>Средње/Average.  
<sup>3</sup> Укупан сумпор дат као SO<sub>3</sub>/Total S expressed as SO<sub>3</sub>.

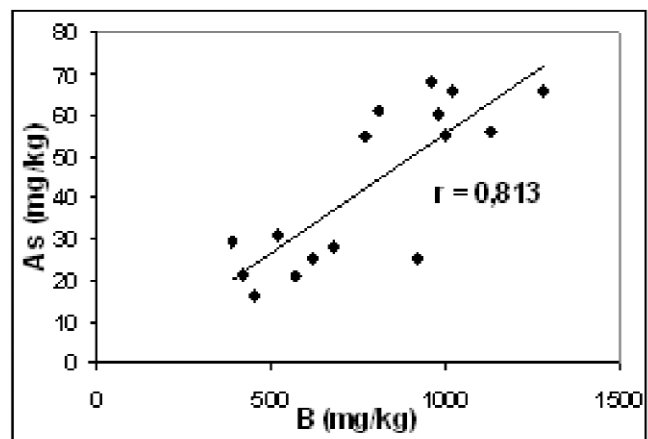
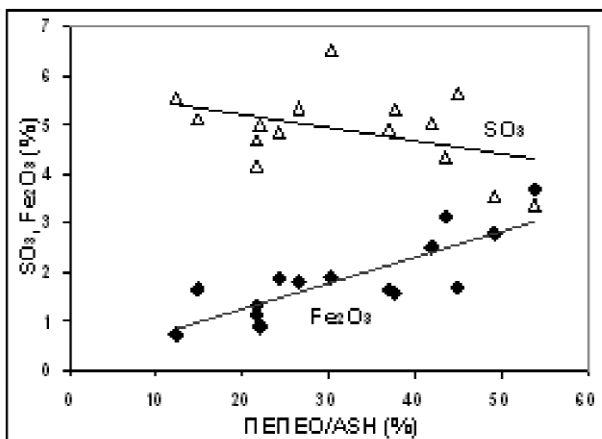
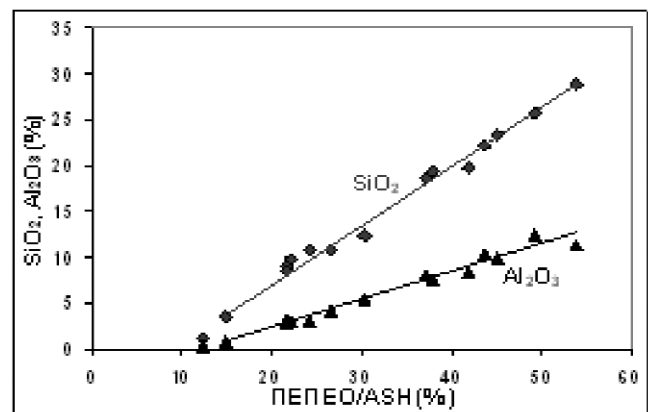
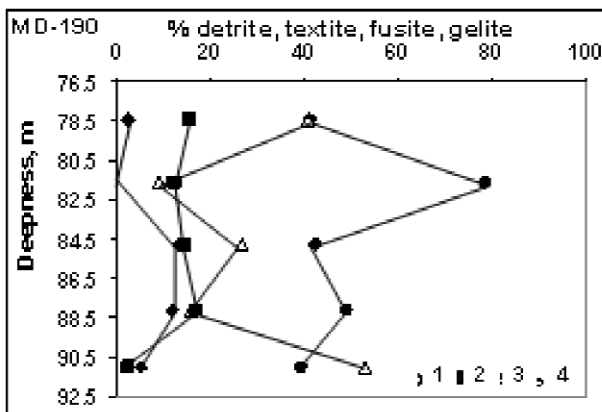
држајем пепела (неорганске материје) у угљу. Заступљене су веома добре позитивне корелације садржаја SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и слабија негативна корелаци-

Табела 4. Садржаји микроелемената у угљу, лежиште Дрмно, III угљени слој (сув угаљ, 15 анализа) (mg/kg).<sup>1</sup>  
Table 4. Trace element abundance in coal, Drmno deposit, the coal bed III, (dry coal, 15 analyses) (in mg/kg).

	Опсег Range	Сред. Aver.		Опсег Range	Сред. Aver.
As	16–70	41	Ni	10–40	19
B	390–1130	727	Pb	3–32	10
Ba	280–320	297	Se	<1	<1
Be	<1	<1	Sr	80–230	107
Cl	270–590	368	Th	<1	<1
Co	2–6	4	U	<10	<10
Cr	50–60	53	V	20–50	37
Cu	10–20	11	W	<10	<10
F	10–40	26	Zn	10–30	12
Hg	0,11–0,40	0,27	Zr	9–140	97
Mn	80–430				

<sup>1</sup>По/After: DANGIĆ *et al.* (2009). <sup>2</sup> Средње/Average.

ја сумпора (као SO<sub>3</sub>) са садржајем пепела; а код микроелемената заступљена је веома добра позитивна корелација ( $r = 0,813$ ) садржаја бора и арсена (сл. 3)



Сл. 3. Лежиште Дрмно: Варијације петрографског састава угља у профилу бушотине (лево горе: 1-детрит, 2-текстит, 3-гелит, 4-фузит) и корелације садржаја SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и сумпора (као SO<sub>3</sub>) са садржајем пепела и бор-арсен у лежишту  
Fig. 3. Drmno deposit: Variations of petrographic composition of coal in a borehole profile, (left, upper: 1-detritite, 2-textite, 3-gelite, 4-fusite) and correlation of SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and sulfur (as SO<sub>3</sub>) content with ash content and boron-arsenic in the deposit

Варијације петрографског састава угља, односно присуства/одсуства и квантитативних односа појединих микролитотипова и мацерала у профилима угљеног слоја резултат су промена услова у којима је образован лигнит. Угљени слојеви су настајали у паралско-мочварној средини у којој су се смењивали оксидациони и редукциони процеси, у зависности од динамике водене средине и пратећих биохемијских и физичко-хемијских процеса. Динамику тих процеса је такође убрзавало и локално струјање воде која је транспортовала органске материјале у разне делове тресетишта и вршила њихово разлагање. Стога су често и на кратким растојањима у басену заступљене осетне разлике у петрографском саставу угљене материје и минералних (неорганских) примеса, као и садржаја микроелемената. Присуство епигенетских минерализација у угљу указује да су угљени слојеви накнадно, у епигенетском стадијуму, били локално изложени специфичним геохемијским процесима, везаним за редукционе (пирит) или оксидационе (гипс) услове.

## Закључак

Лигнит Костолачког басена представља вредну енергетску сировину и у следећим деценијама ће се масовно експлоатисати и сагоревати у термоелектранама. Варијације у петрографском саставу и садржајима микролитотипова и мацерала као и минералне материје (глина, алврит, лапорац, количник пирит/гипс) могу значајно да утичу на процес и ефекте сагоревања угља у термоелектрани, важне како за потпуније искоришћење угља тако и за заштиту животне средине. За процене утицаја на животну средину посебно су значајни добијени подаци о садржајима микроелемената (нарочито As и тешких метала). Све ово указује да су у савременим приступима истраживању лежишта лигнита велики значај, и научни и практичан, имају детаљна петрографска, минералозна и геохемијска испитивања угља, како угљевите тако и пратеће минералне (неорганске) материје.

## Литература

- DANGIĆ, A. & DIMITRIJEVIĆ, D. 2001. Trace elements in lignites of the Kreka Basin (BiH) as possible contaminants of the environment. *Third International Symposium Mining and Envir. Protection, Belgrade, Proceedings*, 387–391.
- DANGIĆ, A., SIMONOVIĆ, DIMITRIJEVIĆ, D. & BABOVIĆ, M. 2007. Kolubara lignite basin (Serbia): Importance of petrographic and geochemical studies to rational coal exploitation. *Balkanmine 2007 - 2<sup>nd</sup> Balkan Mining Congress, Belgrade, Book of Proceedings*, 9–14.
- DANGIĆ, A., SIMONOVIĆ, B., DIMITRIJEVIĆ, D., CVETKOVIĆ, LJ. & GAJINOV, S. 2008. Phase transformations of iron minerals in process of coal firing at electric power stations. *Physical Chemistry 2008, 9<sup>th</sup> International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry*, Beograd, Proceedings, Volume II, 541–543.
- MARDON, S.M. & HOWER, J.C. 2004. Impact of coal properties on coal combustion by-product quality: examples from a Kentucky power plant. *International Journal of Coal Geology*, 59, 169–214
- МАЛЕШЕВИЋ, М., КАЛЕНИЋ, М. и КАРАЈЧИЋ, Љ. 1978а. Лист Пожаревац Л-34-127. Основна геолошка карта Југославије 1:100.000. Савезни геолошки завод, Београд.
- МАЛЕШЕВИЋ, М., КАЛЕНИЋ, М., КАРАЈЧИЋ, Љ. и СЕРДАР, Р. 1978б. Тумач за лист Пожаревац Л-34-127. Основна геолошка карта Југославије 1:100.000. Савезни геолошки завод, Београд, 45 с.
- МАТИЋ, В. и ГЛАМОЧАНИН, Ј. 2008. Елаборат о резервама угља у лежишту Дрмно. текстуални део. Георад д.о.о Дрмно, 138 стр.
- НИКОЛИЋ, П. и ДИМИТРИЈЕВИЋ, Д. 1996. Међусобна исловљеност развоја енергетике и потенцијалности мрког угља у Србији. Рударско-геолошки факултет, Институт за регионалну геологију и палеонтологију, Београд, 232 стр.
- РАКИЋ, М. 1980а. Лист Бела Црква Л-34-115. Основна геолошка карта Југославије 1:100.000. Савезни геолошки завод, Београд.
- РАКИЋ, М. 1980б. Тумач за лист Бела Црква Л-34-115. Основна геолошка карта Југославије 1:100.000. Савезни геолошки завод, Београд, 48 с.
- СТЕВАНОВИЋ, П. 1949. Истраживања у околини В. Градишта, Пожареваца, Костолаца и у Великом Дунавском Кључу. *Гласник САН*, Београд, књ. 1, св. 1-2, с. 86–87.
- VASSILEV, S.V. & VASSILEVA C.G. 1996. Mineralogy of combustion wastes from coal-fired power stations. *Fuel Processing Technology*, 47: 261–280.
- WARD, C.R., 2002. Analysis and significance of mineral matter in coal seams. *International Journal of Coal Geology*, 50, 135–168.



## Метасоматизам у ултрамафитским системима Динарида: родингитизација, амфиболизација, серпентинизација

### Metasomatism in Ultramafic Systems of the Dinarides: Rodingitization, Amphibolitization, Serpentinization

АДАМ ДАНГИЋ<sup>1</sup> и ДРАГОСЛАВ ЂОРЂЕВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** У Динаридима, на Западном Балкану, у две велике офиолитске зоне: *централној* (ЦОЗ) (Банија–Босна–З. Србија) и *унутрашњој* (УОЗ) (Србија–Македонија) у ободним деловима ултрабазитских масива/маса, који су значајно серпентинисани, заступљене су жице базита и ређе и пироксенита. У делу ЦОЗ у Босни на низу локалитета (10) у серпентинитима се налазе и жице родингита а на једном локалитету и амфиболског азбеста (у уралитисаном пироксениту). У УОЗ родингити се појављују на једном локалитету (у Македонији). Родингити су образовани  $\text{Na}$ -метасоматозом жица базита, као ко-продукт серпентинизације ( $\text{I}^+$ -метасоматоза), у условима регионалног метаморфизма на океанском дну. Амфиболизација пироксенита ( $\text{I}^+$ -метасоматоза) је продукт контактнoг метаморфизма, везаног за дејство хидротермалног раствора.

**Кључне речи:** родингитизација, амфиболизација, ултрамафити, геохемијски системи, Динариди.

**Abstract.** In the Dinarides, the orogenic belt of Western Balkan, ultramafite systems are widely distributed, forming two ophiolite zones (OZ.): Central (COZ), and Inner (IOZ) (Fig.1). In COZ lherzolites and in IOZ harzburgites predominate. In rim parts of ultrabasite massifs/masses which are significantly serpentinized there are veins of basite rocks and more rarely pyroxenites. In COZ in Bosnia (BOZ) in serpentinites there are veins of rodingites at several (10) localities. And amphibole asbestos at one locality (in an uraltized pyroxenite). In IOZ, rodingites occurs at one locality (in Macedonia). Rodingites have been formed by a Ca-metasomatism of basite (gabbro, gabbro-pegmatite) veins., in which grossular/hyphshite replaced plagioclase. The rodingitization appeared to be a co-product of the serpentinizations of ultrabasites ( $\text{H}^+$ -metasomatism), during a regional metamorphism of the ophiolites at the oceanic floor. The amphibolization of pyroxenite ( $\text{H}^+$ -metasomatism) appeared as a contact metamorphic process related to a later hydrothermal activity.

**Key words:** rodingitization, amphibolization, ultramafites, geochemical systems, Dinarides.

## Увод

У Динаридима ултрамафитски системи су широко заступљени у две велике офиолитске зоне (ОЗ): (i) *централној* (ЦОЗ), чији су западни и централни делови налазе у Босни и познати су као Босанска ОЗ (БОЗ), и (ii) *унутрашњој* (УОЗ), која се протеже кроз Србију и Македонију. У ЦОЗ, и то углавном у БОЗ, су откривене жице родингита и појава амфиболског азбеста у серпентиниту (ЂОРЂЕВИЋ 1969, 1974, 1982; ЂОРЂЕВИЋ & ДАНГИЋ 2001), бројне

појаве гранитоидних стена (ЂОРЂЕВИЋ & STOJANOVIĆ 1964; ДАНГИЋ & ЂОРЂЕВИЋ 2000) као и различите метасоматске промене базита и жичне минерализације у базитима (ДАНГИЋ & ЂОРЂЕВИЋ 2005, 2006; ДАНГИЋ *et al.* 2003; ЂОРЂЕВИЋ 2006). У УОЗ родингити су откривени на једном локалитету, у јужном делу УОЗ (CRNČEVIĆ *et al.* 1962).

Рад приказује појаве родингитизације и амфиболизације у ултрамафитским системима Динарида и разматра њихову генезу, одговарајуће геохемијске процесе и однос према серпентинизацији.

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Бушина 7, 11000 Београд, Србија.

<sup>2</sup> Геолошки завод, Сарајево, БИХ.

## Основни геолошки подаци

У офиолитским зонама Динарида, односно Западног Балкана, заступљене су ултрабазичне стене, серпентинити, амфиболити, габрови, дијабази, спилити и седименти офиолитског меланжа. Ултрамафити се појављују у виду великих масива и мањих маса. У ЦОЗ ултрамафити су доминантно лерзолитског а у УОЗ харцбургитског састава.

ЦОЗ се протеже правцем СЗ–ЈИ, од Баније, у Хрватској, преко Босне до Западне Србије (сл. 1). УОЗ се протеже правцем С–Ј, кроз Србију и Македонију, од севера преко Шумадије и централне и јужне Србије даље ка југу у Македонију. У обе ОЗ заступљени су велики ултрабазитски масиви као и бројни мањи масиви и масе ултрамафита. Мање ултрабазитске масе и ободни делови већих маса су знатно серпентинисани. У ободним деловима ултрамафитских маса заступљене су жице базита (габро-пегматит, долерит) а ређе и жице пироксенита и амфиболита.

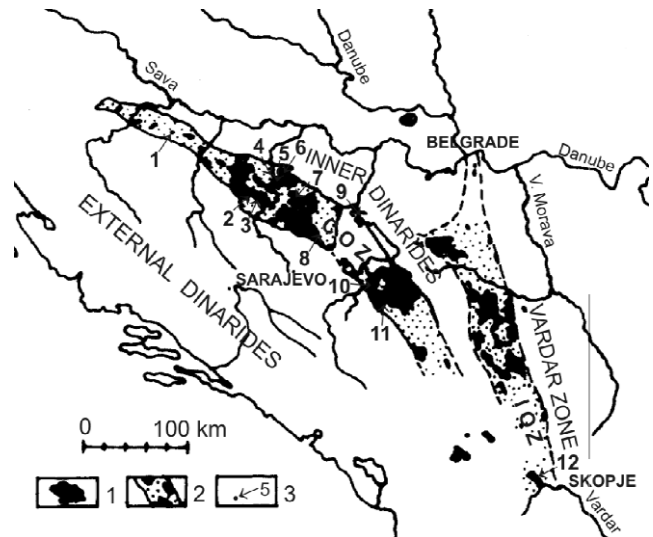
У ЦОЗ, и то углавном у БОЗ, су на низу локалитета откривене жице родингита и појава амфиболског азбеста у серпентиниту (ЂОРЂЕВИЋ 1969, 1974, 1982; ЂОРЂЕВИЋ & ДАНГИЋ 2001) као и бројне појаве гранитоидних стена (ЂОРЂЕВИЋ & STOJANOVIĆ 1964; ДАНГИЋ & ЂОРЂЕВИЋ 2000). Такође су откривене и различите метасоматске промене базита и жичне минерализације у базитима (ДАНГИЋ & ЂОРЂЕВИЋ 2005, 2006; ДАНГИЋ *et al.* 2003; ЂОРЂЕВИЋ 2006). У подручју масива Борја откривене је и родингинитисана метаморфна стена са гранатом (DŽERINA 1971).

У УОЗ родингити су откривени на једном локалитету, у јужном делу УОЗ, у ултрабазитском масиву Радуше у Македонији (CRNČEVIĆ *et al.* 1962).

## Родингити и амфиболски азбест у ултрамафитима

У ултрамафитским системима у ЦОЗ, односно БОЗ, родингит је откривен на низу локалитета а амфиболски азбест је откривен на једном локалитету. У УОЗ родингити су откривени на једном локалитету, у јужном делу УОЗ.

**Родингити:** У ободним деловима ултрамафитских маса у БОЗ-у појављују се често жице габроидних стена – габра, габро-пегматита, долерита, а ређе и жице пироксенита и амфиболита. Такође у ободним деловима ултрамафитских масива откривени су на низу локалитета и жице родингита, обично у подручјима у којима се појављују и жице габроидних стена (ЂОРЂЕВИЋ 1979; 1980; RISTIĆ & ЂОРЂЕВИЋ 1976). На сваком од локалитета откривен је већи број родингитских жица, дебљине најчешће до око 1 m, локализованих у серпентинитима. Родингити су густе стене, зрнасте су структуре, сиве до скоро беле а ређе и зеченкасте боје. Настали су



Сл. 1. Прегледна геолошка карта Динарида са појавама родингита и амфиболског азбеста у офиолитским зонама. 1- Ултрабазитски масиви/маса; 2- Офиолитске зоне: ЊЏ= централна, ИОЗ= унутрашња; 3- Појаве амфиболског азбеста и родингита: 1- Брнача, 2- Прибинић, 3- Блатница, 4- Пакленица, 5- Ошве, 6- Парска Коса, 7- Вијака, 8- Жеравица, 9- Каракај, 10- Вишеградска Бања, 11- Ријека, 12- Радуша.

Fig. 1. Geological sketch map of the Dinarides with occurrences of rodingites and amphibole asbestos in the ophiolite zones. 1- Ultrabazite massifs/masses; 2- Ophiolite zones: COZ= Central, IOZ= Inner; 3- Occurrences of amphibole asbestos and rodingites: 1- Brnaca, 2- Pribinić, 3- Blatnica, 4- Paklenica, 5- Ošve, 6- Parska Kosa, 7- Vijaka, 8- Žeravica, 9- Karakaj, 10- Višegradaska Banja, 11- Rijeka, 12- Raduša.

метасоматским изменама жица габрова а на једном локалитету и габро-пегматита. Изграђују их гранати – гросулар, хибшит, андрадит, затим клинопироксен, илменит, леукпксен и апатит а заступљени су и везувијан, пренит, ксонолит и хлорит. Контакт родингит-серпентинит је по правилу оштар. Важнији локалитети појављивања родингита (са знаком ширег подручја) и геолошко-петролошке карактеристике појава су (од СЗ ка ЈИ):

(1) **Теслић, Прибинић:** у Марковићкој Реци у серпентинитима се појављују жице гросуларског родингита, дебљине до 1 m. Главне d-вредности гросулара у рендгенском дијаграму праха су: 2,66; 1,92; 1,58 Å.

(2) **Теслић, Блатница:** у серпентинитима се појављују жице гросуларског родингита, дебљине до 1 m (гл. d-вредности гросулара: 2,66; 1,92; 1,58 Å).

(3) **Маглај, Пакленица Поток:** у серпентинитима се појављују жице родингита, дебљине до 0,5 m. Изграђује их гросулар. Контакт родингита са серпентинитом је оштар али је местимично на овом контакту формирано и нешто хлорита - кочубејита (Cr-хлорит).



Табела 1. Хемијски састав родингита у ултрамафитима БОЗ.  
Table 1. Chemical composition of rodingites in BOZ ultramafites.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO <sub>2</sub>	35.47	30.03	35.64	41.32	40.50	39.22	36.44	35.96	35.29
TiO <sub>2</sub>	1.75	1.66	0.92	1.51	1.74	0.32	0.95	0.15	0.95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	19.20	17.39	17.30	9.81	20.38	20.14	12.64	17.49	21.04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.02	3.79	3.31	2.56	1.77	1.59	9.60	1.72	2.15
FeO	1.52	4.85	2.94	6.76	2.54	0.95	0.24	1.03	-
MnO	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03	0.00	0.20	0.11	-
MgO	1.80	7.41	5.13	7.29	3.70	1.00	4.84	6.15	4.39
CaO	31.00	25.17	27.17	19.34	22.50	30.02	31.67	31.20	29.15
Na <sub>2</sub> O	0.44	0.81	0.81	0.65	0.38	0.67	0.07	0.97	1.10
K <sub>2</sub> O	1.27	0.18	0.18	0.36	0.24	0.06	0.28	0.40	0.08
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.05	0.50	0.18	0.17	0.14	0.25	0.07	0.08	-
H <sub>2</sub> O	4.93	8.15	6.36	7.60	5.62	4.52	2.64	4.97	6.63
H <sub>2</sub> O	0.11	0.40	0.48	1.99	0.17	1.36	0.10	0.00	0.49
Sum	100.56	100.34	100.42	99.42	99.71	100.10	99.74	100.23	100.27

1- Теслић/Teslić, 2- Блатница/Blatnica, 3- Маглај/Maglaj, 4- Ошве/Ošve, 5- Озрен/Ozren, 6- Хан Пијесак/Han Pijesak, 7- Зворник/Zvornik, 8- Вишеград/Višegrad, 9- Рудо/Rudo (Извори/Sources: ĐORĐEVIĆ 1979, 1980; RISTIĆ & ĐORĐEVIĆ 1976)

Табела 2. Хемијски састав родингита, амфиболског азбеста, габрова и пироксенита.  
Table 2. Chemical composition of rodingites, amphibole asbestos, gabbros and pyroxenites.

No.	1	2	3	4	5	6
SiO <sub>2</sub>	36.65	32,61-38,47	34,81	56,81	45,84	42,38
TiO <sub>2</sub>	1.11	0,48-1,25	0,79	0,00	0,62	0,41
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.27	13,57-16,36	14,50	1,10	6,02	11,92
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.28	1,43-8,10	5,57	4,61	3,91	4,40
FeO	2.60	0,93-6,81	3,22	0,43	2,37	4,28
MnO	0.05	0,02-0,20	0,16	0,00	0,00	0,00
MgO	4.63	5,97-10,42	7,56	20,43	22,57	21,48
CaO	27.47	24,75-30,85	28,20	15,12	12,94	9,55
Na <sub>2</sub> O	0.66	0,03-0,05	0,04	0,48	0,67	2,93
K <sub>2</sub> O	0.34	0,00	0,00	0,06	0,13	0,18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.18	0,00-0,61	0,14	0,10	0,31	0,18
H <sub>2</sub> O	5.71	1,92-5,82	4,24	1,19	4,83	2,02
H <sub>2</sub> O	0.57	0,10-0,46	0,34	0,16	0,27	0,53
Sum	100.07	100,23-100,48	100,31	100,49	100,84	100,26

1- Средњи родингит у БОЗ, за 9 локалитета из табеле 1/Average BOZ rodingite, for 9 localities in Table 1; 2-3 Родингити Радуже (УОЗ)/Raduša rodingites (IOZ); 2- опсег/range, 3- средње/average; 4-6 БОЗ, Брнача/BOZ, Врнача; 4- амфиболски азбест/amphibole asbestos, 5- пироксенит/pyroxenite, 6- габро/gabbro.

(4) Маглај, Ошве: у Мисурићима жице grosularског родингита се појављују у шкриљавим серпентинитима (гл. d–вредности grosulara: 2,66; 1,92; 1,58 Å).

(5) Озрен, Парска Коса: у широј околини лежишта хризотил-азбеста и бившег рудника азбеста Петрова у серпентинитима се појављују жице родингита дебљине до 1 m. Родингит је grosularски а у њему се појављују и мономинералне grosularске жичице, дебљине до неколико mm (гл. d–вредности grosulara: 2,66; 1,92; 1,58 Å).

6) Вареш, Вијака: у Дубоком Потоку се у серпентинитима појављују жице андрадитског родингита дебљине до 0,5 m (гл. d–вредности grosulara: 2,66; 1,92; 1,58 Å). У родингиту су заступљене мономинералне жичице (дебљине до неколико mm) ксонотлига (гл. d–вредности: 3,61; 3,25; 1,93 Å).

(7) Хан Пијесак, Жеравица: на Камиш Брду, у серпентинитима се појављују родингитске жице дебљине до око 1 m. Изграђује их хибшит а уз њега је заступљен и пренит.

(8) Зворник, Каракај: жице grosularског родингита, дебљине до око 1 m, налазе се у шкриљавим серпентинитима. У родингитским жицама местимично су заступљене полиминералне жичице (дебљине до неколико mm), које изграђују grosular, везувијан и пренит (гл. d–вредности grosulara - 2,66; 1,92; 1,58 Å; пренита - 3,06; 2,55; 3,28 Å).

(9) Вишеград, Вишеградска Бања: у шкриљавим серпентинитима појављују се родингитске жице дебљине до око 1 m. Изграђују их grosular и везувијан.

(10) Рудо, Ријека: у Ступаљском Потоку у серпентинитима се појављују родингитске жице дебљине до око 1 m. Изграђује их хибшит у асоцијацији са тремолитом и хлоритом. У близини родингита у серпентинитима су заступљене и жице габра сличне дебљине и у њима се местимично појављују мономинералне жичице (дебљине до неколико mm) хибшита. Гл. d–вредности хибшита у р.д. праха су: 3,00; 2,69; 1,95 Å).

Хемијски састав родингита БОЗ-а је приказан у табелама 1 и 2. Родингити су у УОЗ откривени у СЗ ободном делу љуботенског серпентинског масива (масив Радуже), у зони у којој су заступљене и жице габра и пироксенита. Родингити се појављују у серпентиниту као жице, дебљине најчешће до 50 cm, и сочива и тела неправилног облика, величине до 1x1 m (CRNČEVIĆ *et al.* 1962). Сиве су до скоро беле а ређе и зеленкасте боје. Изграђују их хибшит, везувијанит,

диопсид, пренит, цоизит и хлорит а спорадично су заступљени и акцесорни леукоксен, хромит и Fe-оксици. У модалном саставу 5 анализираних узорака подингита садржај хибшита варира од 50–90 %, диопсида од 10–50 % и везувијана до 10 %. Контакт родингитских тела према серпентинитима је оштар. Хемијски састав родингита је приказан у табели 2.

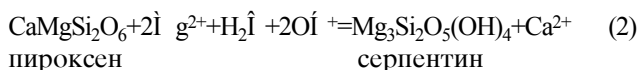
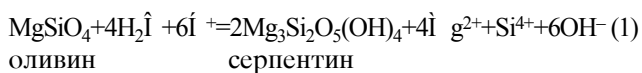
У близини појава родингита у неким жицама габра и пироксенита око неких пукотина су образоване уске зоне богате хибшитом.

**Амфиболски (тремолитски) азбест.** Откривен је у СИ делу БОЗ, у Брначи (Бањалучка Козара), у серпентинисаном перидотиту. Заправо, појављује се у вишим деловима профила пироксенитске жице (дебљине 40 см) локализоване у серпентиниту. Образује сочива слип-фибер влакана у уралиту, дужине до око 15 см. Утврђено је да азбест по саставу тремолит. У азбесту се уз тремолит појављује и нешто талка и магнетита.

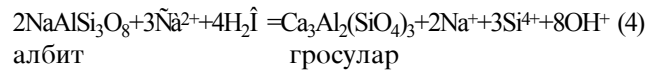
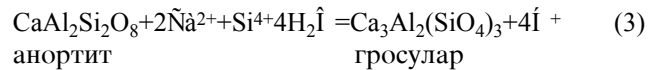
## Дискусија и закључак

Серпентинити и родингити се појављују у ултрабазитским системима и на континентима и у океанима (COLEMAN 1977). Експериментална истраживања и термодинамички прорачуни указују да се серпентинизација перидотита одвија на различитим температурама под дејством слатке или морске воде (PUGA ET AL., 1999). Уколико је при серпентинизацији количник маса вода/стена низак, настаје  $\tilde{\text{N}}\text{a}$ -богат раствор, алакални и редукциони, који у систему са малим масама (жицама) габроидних стена врши снажну  $\tilde{\text{N}}\text{a}$ -метасоматозу тих стена. У зависности од температуре система, количника раствор/стена и састава стене настају различите алтерационе асоцијације. На температурама око 300 °C, високим притисцима (око 100 бара) и при ниском количнику раствор/стена образују се родингити.

При серпентинизацији лерзолита, из оливина у раствор прелазе вишак Mg и Si (реакција 1) а из пироксена  $\tilde{\text{N}}\text{a}$  (2), уз пораст  $\delta$   $\tilde{\text{I}}$  раствора:

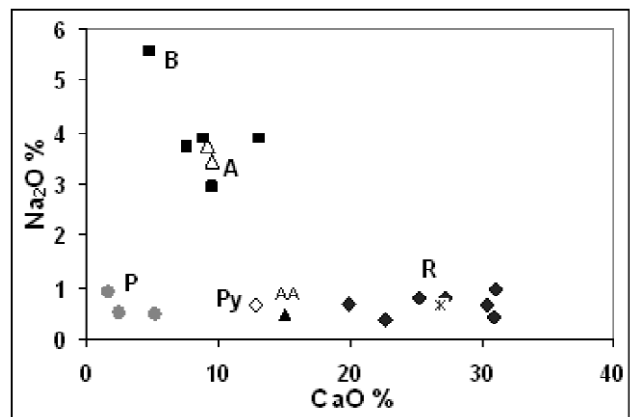


Раствор богат са  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Si}^{4+}$  и високим рН када наиђе на жицу габроидне стене у лерзолиту врши  $\tilde{\text{N}}\text{a}$ -метасоматозу плагиокласа и других примарних састојака габроидне стене образујући гранат (гросулар, хидрогросулар). Притом, у интеракцији раствора са анортитском компонентом плагиокласа троше се из раствора  $\tilde{\text{N}}\text{a}^{2+}$  и  $\text{Si}^{4+}$  (3) док се у реакцији са албитском компонентом троши  $\tilde{\text{N}}\text{a}^{2+}$  а у раствор прелазе  $\text{Na}^+$  и  $\text{Si}^{4+}$  (4):



Геохемијске промене у родингитизацији размотрили смо преко прорачуна Барт-ових ћелије на бази 1600 атома кисеоника родингита и габра, за хемијске анализе бр. 1 у табели 1 и бр. 6 у табели 2. Резултати показују (табела 3) да је родингитизација метасоматски процес у коме је у стену донето 182 атома  $\tilde{\text{N}}\text{a}$ , 55 атома  $\tilde{\text{Al}}$ , 228,9  $\tilde{\text{I}}^+$  и нешто  $\tilde{\text{Ti}}$  и  $\tilde{\text{E}}$  а из стене однето 240 атома Mg, 43 атома Na и 20,4 атома Fe.

Родингити у офиолитским зонама Западног Балкана су образовани као метасоматски ко-продукти серпентинизације ултрабазита на океанском дну. Процеси серпентинизације и родингитизације су се одвијали у специфичним геохемијским системима, под  $\tilde{\text{D}}\tilde{\text{O}}$  условима гранулитске/амфиболитске фазије регионалног метаморфизма. Серпентинизација која је захватила ободне делове ултрамафитских масива/маса одвијала се као  $\tilde{\text{I}}^+$ -метасоматоза и у системима са ниским количником маса вода/стена продуковала је растворе богате са  $\tilde{\text{N}}\text{a}^{2+}$  и  $\text{Si}^{4+}$  и са високим  $\delta$   $\tilde{\text{I}}$ . Ови пост-серпентинизациони раствори су у ултрабазитским системима са жицама габрова и габроидних стена вршили снажну  $\tilde{\text{N}}\text{a}^{2+}$ -метасоматозу тих стена образујући родингити (сл. 2).



Сл. 2.  $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{CaO}$  дијаграм ултрамафитских система БОЗ-а: тренд родингитизације базита је B-A-R а амфиболизације пироксена Py-AA. P-перидотити; B-базити; Py-пироксенити; A-амфиболити; AA-амфиболски азбест; P-родингити (\*=средњи родингити)

Fig. 2.  $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{CaO}$  diagram of ultramafite systems in BOZ: trend of basite rodingitization is B-A-R and of pyroxene amphibolization Py-AA. P- peridotites; A- basites; B- pyroxenite; A- amphibolite; AA- amphibole asbestos; R- rodingites (\*= average rodingite)

Услед локалних варијације P-T услова и састава раствора образовани су различити типови

Табела 3. Барт-ове ћелије родингита и габро и геохемијски ефекти родингитизације.  
Table 3. Barth's oxigen cells of rodingite and gabbro and geochemical effects of rodingitization.

Метасоматоза/Metasomatism: габро/gabbro ⇒ родингит/rodingite ( <i>Pod/Rod</i> )	
<i>Габро/Gabbro:</i>	$K_{2,2} Na_{34,5} Ca_{98,1} Mg_{306,7} Fe^{2+}_{34,3} Fe^{3+}_{31,7} Al_{134,6} Ti_{2,9} P^{5+}_{1,5} O_{1470,6} (OH)_{129,4}$
<i>Pod/Rod:</i>	$K_{4,5} Na_{11,1} Sa_{280,1} Mg_{66,7} Fe^{2+}_{20,9} Fe^{3+}_{24,7} Al_{189,8} Ti_{8,1} P^{5+}_{1,5} O_{1241,7} (OH)_{358,3}$
Донето:	$K_{2,3} Sa_{182,0} Al_{55,2} Ti_{5,2} (OH)_{228,9}$ Однето: $Na_{43,4} Mg_{240,0} Fe^{2+}_{13,4} Fe^{3+}_{7,0}$
Added	Removed: $(\Sigma Fe_{20,4})$

родингита: просуларски, просуларско-везувијански, андрадитски, хибшитски и хибшитско-везувијански. На неким локалитетима у родингитима су накнадно у условима сличног или нижег метаморфизма образоване жичице, мономинералне (просулар, ксонотлит) или полиминералне (просулар, везувијан, пренит). Појава кочубејита на једном локалитету, на контакту родингит-серпентинит, је везана за накнадну локалну хидротермално-метасоматску акцију.

Амфиболизација пироксенита са појавом амфиболског азбеста у Брначи је продукт контактнoг метаморфизма, везаног за дејство хидротермалног раствора који је циркулисао кроз пироксенитску жицу. Пироксенитска жица је била пермеабилнија за хидротермални раствор од околног серпентинита и у интеракцији раствор-пироксенит одвијала се  $H^+$ -метасоматоза, процес геохемијски сличан серпентинизацији лерзолита. Процес се одвијао у условима амфиболитске фазије. Под дејством  $H^+$ -метасоматозе захваћени делови пироксенитске жице су претпели уралитизацију, а у пукотинским зонама депонован је амфиболски (тремолитски) азбест.

## Литература

- COLEMAN, R.G. 1977. Ophiolites. Springer-Verlag, New York.
- CRNČEVIĆ, S., GRČEV, K., KARAMATA, S., SIMIĆ, J. 1962. Pojave rodingita u ljubotenskom serpentinskom masivu. Referati V savetovanja geologa Jugoslavije
- DANGIĆ, A., ĐORĐEVIĆ, D. 2000. Granitoids in the Central Ophiolite Zone of the Dinarides and adjacent parts of the Dinarides and the Vardar Zone: petrology, geochemistry and metallogeny. *Proc. Int. Symp. Geology and metallogeny of the Dinarides and the Vardar Zone, Acad. Sci. Arts Republik of Srpska, Collections and Monographs*, v. I, Banja Luka-Srpsko Sarajevo, 121–130.
- DANGIĆ, A., ĐORĐEVIĆ, D., STJANIVIĆ, D., RADUKIĆ, G. 2003. Retki i redi žični minerali Na-Ca silikati i borati u bazitima Bosanske ofiolitske zone Dinarida (Bosna i Hercegovina). *Geol. glasnik*, Sarajevo, 35, 225–259.
- DŽEPINA, D. 1971. Rezultati mineraloško-petrografskih ispitivanja regiona metamorfisanih bazičnih stena južnog dela planine Borje u Bosni. *Glasnik*.
- ĐORĐEVIĆ, D. 1974. The finding of amphibole asbestos in serpentinites at the Brnjača locality near Banja Luka (Banjalučka Kozara). *Arhiv za rudarstvo i tehnologiju*, Tuzla, XII, 3–4, 41–42.
- ĐORĐEVIĆ, D. 1978. Retki žični minerali – pektolit i grosular iz ofiolitske zone Bosne. IX kongres geologa Jugoslavije.
- ĐORĐEVIĆ, D. 1979. Rodingiti sa žičnim grosularom i vezuvijanom iz područja Zvornika. *Glasnik prirodnačkog muzeja, Serija A*, 34, 37–43, Beograd.
- ĐORĐEVIĆ, D. 1980. Analcimizirani i granatizirani bazični magmati Bosne i Hercegovine. Simpozijum "Alteracija stena i minerala", 100 godina geološke škole i nauke u Srbiji Beograd, 261–268.
- ĐORĐEVIĆ, D. 1982. New discovered occurrences of rodingites, granites and schelite in the ophiolite zone of Bosnia. X Jub. Yugosl. Geol. Congress, Budva, Prociding, 239–251.
- ĐORĐEVIĆ, D., DANGIĆ, A., 2001. Occurrences of amphibole asbestos in ultrabasite, basite and acid magmatic rocks and metmorphites in Bosnia and Herzegovina. *Annual of Yugosl. Assoc. Mineralogy*, Belgrade, 3, 127–134. (in Serbian)
- MİYASHIRO, A. 1972. Metamorphism and related magmatism in plate tectonics. *Am. J. Sci.*, 272, 629–656.
- PUGA, E., NIETO, J.M., DIAZ DE FREDERICO, A., BODINIER, J.L., MORTEN, L. 1999. *Lithos* 49, 23–56.
- RISTIĆ, P., ĐORĐEVIĆ, D. 1976. Pojave rodingita i osvrt na žilne minerale hibšit i ksonotlit iz okoline Rudog. *Proceedings of Faculty of Mining-Geological Faculty*, Tuzla.
- RISTIĆ, P., ĐORĐEVIĆ, D. 1983. Petrological characteristics of magmatic rocks from the ophiolitic complex of the broader area of Banjalučka Kozara with the remark on rarer vein minerals. *Archives for Mining & Technology*, Tuzla, 25–42.



## Mysterious Silver Microparticles of the Cretaceous–Paleogene Boundary Fish Clay (Stevns Klint, Denmark)

Загонетне микрочестице сребра граничног слоја креда–палеоген, рибље глине (Стевнс Клинт, Данска)

PAVLE I. PREMOVIĆ<sup>1</sup>, NATAŠA R. ĐORĐEVIĆ<sup>1</sup> & DRAGAN M. ĐORĐEVIĆ<sup>1</sup>

**Abstract.** We report here a new discovery of the occurrence of micrometer-sized Ag particles in the red (impact) layer of the Fish Clay, a classic Cretaceous-Paleogene boundary clay near a village Højerup (Stevns Klint, Denmark, Fig. 1). It is suggested that these microparticles are related to the late Cretaceous asteroidal impact at Chicxulub (Yucatan Peninsula, Mexico, Fig. 1). During this impact event, molten Ag microparticles originating from the asteroid or target rocks were probably dispersed globally in the impact plume. Preliminary consideration, however, makes the asteroidal source less plausible.

**Key-words:** Silver, Microparticles, Fish Clay, Cretaceous-Paleogene.

**Апстракт.** Извештавамо о новом открићу - присуству микрометарских честица сребра у црвеном (ударном) слоју Рибље Глине, класичном граничном слоју креде-палеогена у близини села Нøјеруп (Stevns Klint, Данска, сл. 1). Предложено је да су ове микрочестице повезане са ударом астероида у Chicxulub-у (полуострво Јукатан, Мексико, сл. 1) у току касне креде. Током овог удара, истољене честице Аg, настале од астероидног материјала или од стена на месту удара, су вероватно глобално распршене ударним облаком. Прелиминарна разматрања, међутим, указују да је могућност астероида као извора микрочестица мање вероватна.

**Кључне речи:** сребро, микрочестице, Рибља Глина, Креда–Палеоген.

### Introduction

ALVAREZ *et al.* (1980) explained the presence of anomalous iridium (Ir) in prominent marine Cretaceous–Paleogene (КРВ) clays at three localities Gubbio (Italy), Woodside Creek (New Zealand) and at Stevns Klint by proposing a late Cretaceous asteroid impact. This suggestion was followed by reports of the Ir anomaly in many other marine/continental boundary clays worldwide. These clays mark one of the most significant impact events in the Phanerozoic, one that appears responsible for one of the greatest extinctions in Earth history.

Many researchers think that an extraterrestrial impactor (ca. 10 km in diameter) formed the ca. 180-km crater at Chicxulub (Yucatan Peninsula, Mexico) at the КРВ one of the largest impact structures on Earth. The impactor is postulated to have been a carbonaceous chondrite-type body,



Fig. 1. Geographic location of Stevns Klint and the Chicxulub impact crater

Сл. 1. Географски положај Стевнс Клинта и Чиксулуб ударног кратера

<sup>1</sup> Laboratory for Geochemistry, Cosmochemistry and Astrochemistry, University of Niš, P.O. Box 224, 18 000 Niš, Serbia. E-mail: pavle.premovic@yahoo.com

KYTE (1998); SHUKOLYUKOV & LUGMAIR (1998); FREI & FREI (2002); QUITTÉ *et al.* (2003); TRINQUIER *et al.* (2006).

Detailed lithology of the Fish Clay constituent of the Rødvig Formation at Stevns Klint (near the village of Højerup) was described by SURLYK *et al.* (2006). The basal layer is red and 2–4 mm thick. The basal layer is overlain by a black-to-brown marl, which is commonly 2–5 cm thick, (Fig. 2). It is enriched in the bottom of the marl, SCHMITZ (1988).

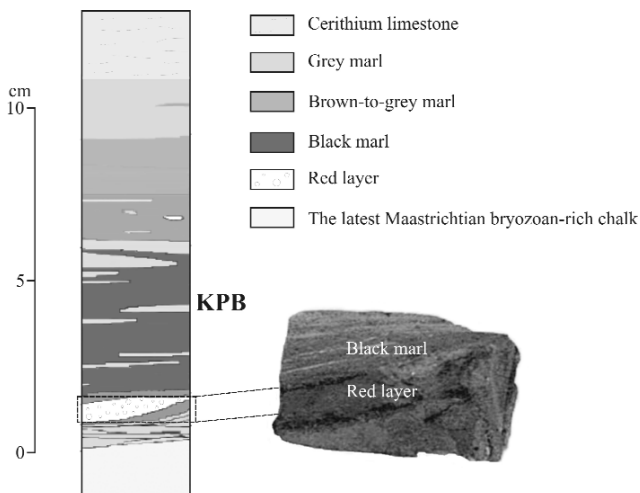


Fig. 2: (a) Expanded lithological log of the Fish Clay at Højerup. These logs are based on SURLYK *et al.* (2006) and (b) the red layer specimen studied enriched with silver microparticles

Сл. 2. (а) Стратиграфски стуб Рибе Глине у Нøјеруп-у према подацима SURLYK *et al.* (2006) и (b) проучаван црвени слој обогаћен сребрним микрочестицама

The red layer contains well-preserved impact-related goethite-rich microspherules, altered nano-size glasses and goethite grains (altered meteorite fragments), GRAUP *et al.* (1992); BAULUZ *et al.* (2000), and a very few shocked quartz grains, SCHMITZ (1992). This layer also contains geochemical markers, including some siderophile elements, compatible with the KPB impact event, PREMOVIĆ (2009). It appears that deposition of the red layer occurred over several decades, and at most a century, PREMOVIĆ (2009). Most researchers consider that the red layer is directly related to the KPB impact and represents the original ejecta fallout based on its stratigraphic position.

## Sample and methodology

Dr. Helle Schummel collected bulk rock sample of the Fish Clay from an outcrop 200 m south of the old church of Højerup. The red layer sample was demineralized with 6 M HCl at room temperature for about 5 minutes. This treatment also removes most carbonates. Individual Ag microparticles (AgMPs) in the demineralized fraction were handpicked under a binocular stereomicroscope. Selection criteria were their distinctive color and smooth surface.

All Scanning Electron Microscopy/Energy Dispersive Spectrometry works were carried out using a Jeol JSM-35 electron microscope equipped with a Tracor TN-2000 energy dispersive X-ray spectrometer. Operating conditions for energy-dispersive analyses were at 25 keV accelerating voltage, 0.1 mA beam current and a beam spot diameter of approximately 3 mm.

## Results and discussion

We report here a new find of the occurrence of micrometer-sized silver (Ag) particles in the red layer that appear to have been embedded into the biogenic calcite matrix. These microparticles were hand-picked under a binocular stereomicroscope and we recovered about 20 microparticles for analysis. Energy dispersive X-ray analysis (EDS) analysis (Fig. 3A) indicates that these microparticles are composed of pure silver (>99 % of the total weight).

The number of AgMPs in the specimen studied exceeds the number of impact-related goethite spherules by a factor 10. A rough estimate of the Ag content of this specimen, based on weight of all these microparticles, is on the order of a tenth of one percent. However, no AgMPs have been found below or above the red layer.

Stereomicroscopy shows that the AgMPs are shiny black or light brown. SEM images show that their shapes are irregular and predominantly rounded with rugged surfaces that often contain a few pits and voids (Fig. 3B). Aggregates of irregular microparticles are also observed (Fig. 3C). Numerous AgMPs are spherical (Fig. 3D), and some of them exhibits dendritic textures (Fig. 3E). They may have already been in their present shape when dendritic crystallization began.

The AgMPs of irregular shape have an approximate length of about 30–270 microns, an approximate width between about 20–200 microns and an approximate thickness between about 5–50 microns. The diameter of spherical microparticles ranges from approximately 20–100 microns.

These AgMPs are unknown among modern or ancient sedimentary rocks of marine or continental origins, including more than 140 KPB beds worldwide. Moreover, AgMPs of these sizes and shapes have not been reported in any other natural or artificial system until now.

Although the presence of the AgMPs in great number may be largely fortuitous, their occurrence is scientifically important because of their intimate association with the impact-derived markers in the red layer, implying that they may have an impact-related origin. Whatever their form or size, these microparticles all bear indication that they were formed from a molten state by rapid cooling. The spherical shape and dendritic surface texture of some spherical AgMPs supports this view. During the KPB impact event, molten AgMPs originating from the extraterrestrial impactor or target rocks were probably dispersed globally by the impact plume. Preliminary consideration, however, makes the extraterrestrial source less tenable.

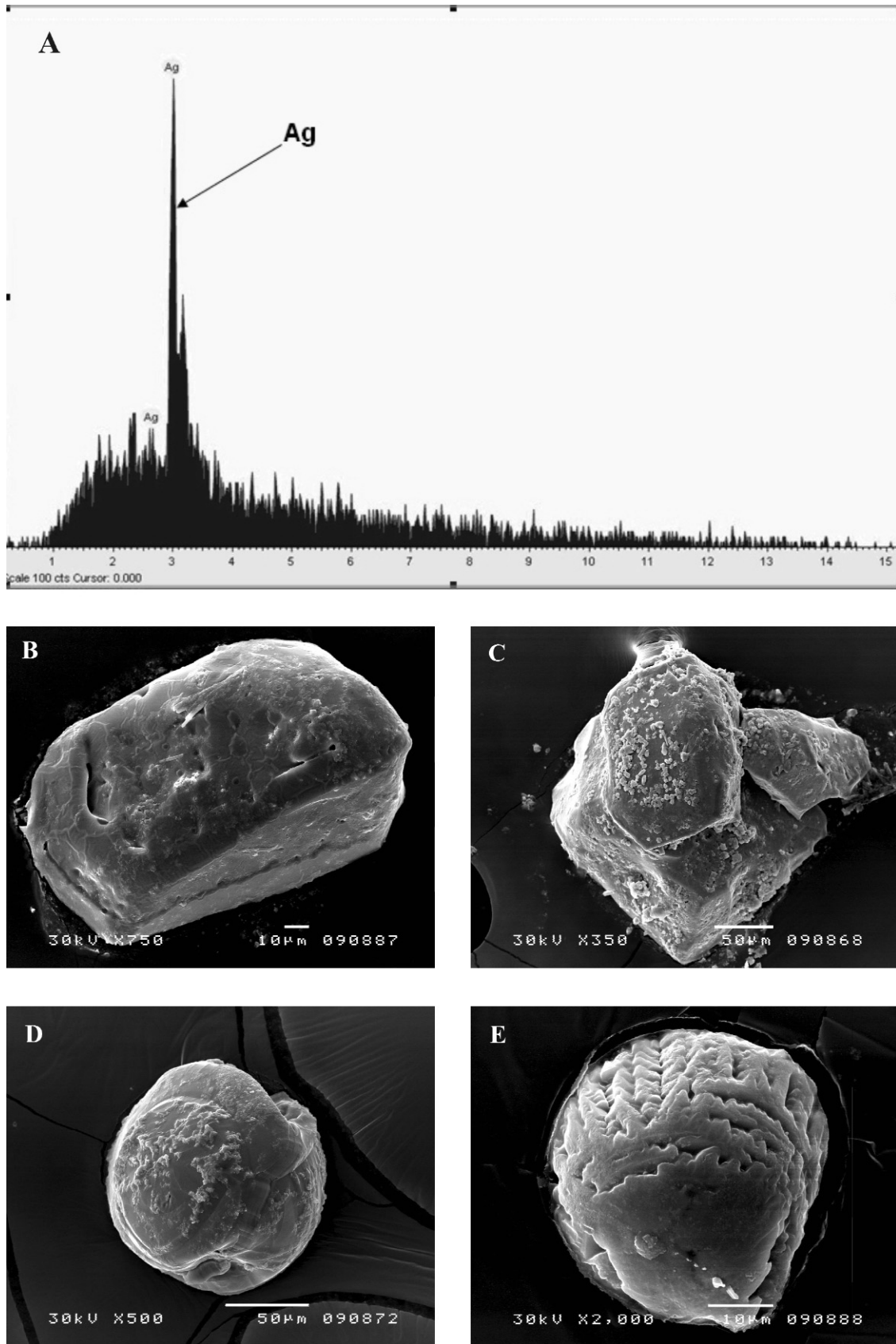


Fig. 3. AgMP from the red layer of the Fish Clay: (A) EDS spectrum; and SEM micrographs of samples: (B) rounded; (C) aggregate; (D) common spherical; and, (E) spherical with dendritic surface texture

Сл. 3. Сребрна микрочестица у црвеном слоју Рибље Глине: (А) EDS спектар; и SEM слике узорака: (В) заобљена микрочестица; (С) агрегати; (Д) уобичајена сферна микрочестица; и (Е) сферна микрочестица са дендритичном текстуром

The AgMPs could have been deposited in the Fish Clay direct airborne dispersal followed by settling through the seawater column. Alternatively, they could have been transported from nearby soils by surface water runoff.

## Conclusions

The red layer of the Fish Clay contains numerous silver microparticles with irregular (mostly rounded) and spherical shapes. These microparticles originated from liquid silver droplets that were probably formed from target rocks in the Chicxulub impact structure.

## Acknowledgements

We are grateful to Dr Helle Schummel for collecting the Fish Clay sample at Højerup used in this work. The Ministry of Science and Environmental Protection of Serbia financially supported in part this work.

## References

- ALVAREZ, L.W., ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H.V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208, 1095–1108.
- BAULUZ, B., PEACOR, D.R., ELLIOTT, W.C. 2000. Coexisting altered glass and Fe-Ni oxides at the Cretaceous-Tertiary boundary, Stevns Klint (Denmark): Direct evidence of meteorite impact. *Earth and Planetary Science Letters*, 182, 127–136.
- FREI, R., FREI, K.M. 2002. A multi-isotopic and trace element investigation of the Cretaceous–Tertiary boundary layer at Stevns Klint, Denmark - inferences for the origin and nature of siderophile and lithophile element geochemical anomalies. *Earth and Planetary Science Letters*, 203, 691–708.
- GRAUP, G., PALME, H., SPETTLE, B. 1992. Trace element stratification in the Stevns Klint Cretaceous/Tertiary boundary layers. *Proceedings of Lunar and Planetary Science Conference*, 23, 1221.
- KYTE, F.T. 1998. A meteorite from the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*, 396, 237–239.
- PREMOVIĆ, P.I. 2009. The conspicuous red “impact” layer of the Fish Clay at Højerup (Stevns Klint, Denmark). *Geochemistry International*, 47, 513–521.
- QUITTÉ, G., ROBIN, E., CAPMAS, F., LEVASSEUR, S., ROCCHIA, R., BIRCK, J.L., ALLÈGRE, C.J. 2003. Carbonaceous or ordinary chondrite as the impactor at the K/T boundary? Clues from Os, W and Cr isotopes. *Proceedings of Lunar and Planetary Science Conference*, 34, 1615.
- SCHMITZ, B. 1992. Chalcophile elements and Ir in continental Cretaceous-Tertiary boundary clays from the western interior of the USA. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56, 1695–1703.
- SHUKOLYUKOV, A., LUGMAIR, G.W. 1998. Isotopic evidence for the Cretaceous-Tertiary impactor and its type. *Science*, 282, 927–930.
- SURLYK, F., DAMHOLT, T., BJERAGER, M. 2006. Stevns Klint, Denmark: Uppermost Maastrichtian chalk, Cretaceous–Tertiary boundary, and lower Danian bryozoan mound complex. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 54, 1–48.
- TRINQUIER, A., BIRCK, J. L., ALEGRET, C. J. 2006. The nature of the KT impactor. A  $^{54}\text{Cr}$  reappraisal. *Earth and Planetary Science Letters*, 241, 780–788.



## Реликти океанске коре на Фрушкој Гори габрови и базалти Јаска

### Relics of the Ocean Crust at the Fruška Gora Mountain Gabbros and Basalts in the Jazak Locality

ДАНИЦА СРЕЋКОВИЋ-БАТОЋАНИН<sup>1</sup>, НАДА ВАСКОВИЋ<sup>1</sup>,  
ВЕСНА МАТОВИЋ<sup>1</sup> и СУЗАНА ЕРИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Појаве габра и базалта у подручју Јаска део су офиолитске секвенце Фрушке Горе. Ове стене су претрпеле метаморфизам ниског степена који је довео до промене примарних минерала у асоцијације хлорита, амфибола, епидота и албита. Петрографске карактеристике и релативно високе концентрације компатибилних елемената ( $Ni > 200$  ppm;  $Cr > 400$  ppm) указују да су проучавани габрови кумулатног порекла. С друге стране, базалтне стене показују јасне E-MORB карактеристике (нпр.  $Ti/Y = 306-364$ ,  $Zr/Y = 4.4-5$ , итд.). Базалти са E-MORB афинитетом до сада нису констатовани у западном појасу Вардарске Зоне, што представља нову информацију која помаже бољем разумевању овог офиолитског појаса.

**Кључне речи:** Јазак, Фрушка Гора, океанска кора, габрови, базалти, E-MORB.

**Abstract.** Gabbro and basalt occurrences near Jazak are the part of the ophiolitic sequence of the Fruška Gora Mt. As these rocks were subjected to low-grade metamorphism their primary minerals were replaced with chlorite, amphibole, epidote and albite association. Petrographic characteristics and relatively high concentration of compatible elements ( $Ni > 200$  ppm;  $Cr > 400$  ppm) suggest on cumulate origin of gabbros. On the other side, basalts display clear E-MORB characteristics (eg.  $Ti/Y = 306-364$ ,  $Zr/Y = 4.4-5$ , etc.). Basalts with E-MORB affinity were not found in the Western Belt of the Vardar Zone up to now, what represents the new data that additionally contribute to better understanding of this ophiolite belt.

**Key words:** Jazak, Fruška Gora, Oceanic Crust, Gabbro, Basalt, E-MORB.

## Увод

Фрушка Гора се одликује сложенем геолошком грађом која је последица њеног положаја на крајњем северу Вардарске зоне – геолошки најсложеније области балканског полуострва. Фрушка Гора је подељена раседима пружања запад – исток у блокове различитог геолошког састава, а од посебног значаја су сремска и фрушкогорска (неколико километара јужније) дислокација, које су “означене” телима серпентинисаних ултрамафита (Димитријевић 1995).

Појаве серпентинисаних ултрабазичних стена састава од дунита преко, харцбургита до лерзолита, често накнадно хидротермално промењених (лиственитизација, силификација), и базичних магматита (габрови, базалти), асоцираних са тријаским сјај-

ним шкриљцима (“аргилитно-филитоидна серија”) на Фрушкој Гори део су горњојурске океанске коре (Петковић и др. 1976; Грубић и др. 1998). Базични вулканити су констатовани на јужној страни Фрушке горе (атар Врдника, село Јазак и потез Бешеново–Прњавор), где леже у доњотријаским седиментима са којима су увек у тектонском контакту (Чучулић-Трифунковић и др. 1971; Димитријевић 1995). У профилима испод Петроварадинске тврђаве дијабази се смењују са зеленим шкриљцима (Јовановић 1985). Габрови су, међутим, на површини откривени само у ужој околини манастира Јазак. Појаве ових стена, као и серпентинисаних ултрабазита, дијабаза и базалтних магматита сплитског састава, констатоване су и у дубоким бушотинама у источном и североисточном делу „Сремског блока“ (Димитријевић 2000), у Банату и

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: danicabat@yahoo.com

на југу Бачке испод дебелог неогеног покривача (ПАНЦИЋ 1986; ČANOVIĆ *et al.* 1988), али још увек нису детаљно проучене.

Габрови југозападно од Фрушке Горе тј. Западног појаса Вардарске зоне се јављају као мања тела или олистолити и фрагменти у горњојурском меланжу или као делови кумулатних секвенци у офиолитским масивима Повлена, Букова и Малена. Габрови овог дела, као и базалти, углавном показују MORB карактеристике. (КАРАМАТА и КРСТИЋ 1996; LUGOVIĆ 1986; СРЕЉКОВИЋ-БАТОЋАНИН 2001).

Циљ овог рада је да прикаже резултате петролошких, минералогско-хемијских и геохемијских испитивања габрова и базалта околине Јаска са јужних падина Фрушке Горе и да на основу геохемијских карактеристика приближније одреди њихово порекло и тектонски смештај.

## Геотектонски положај Фрушке Горе

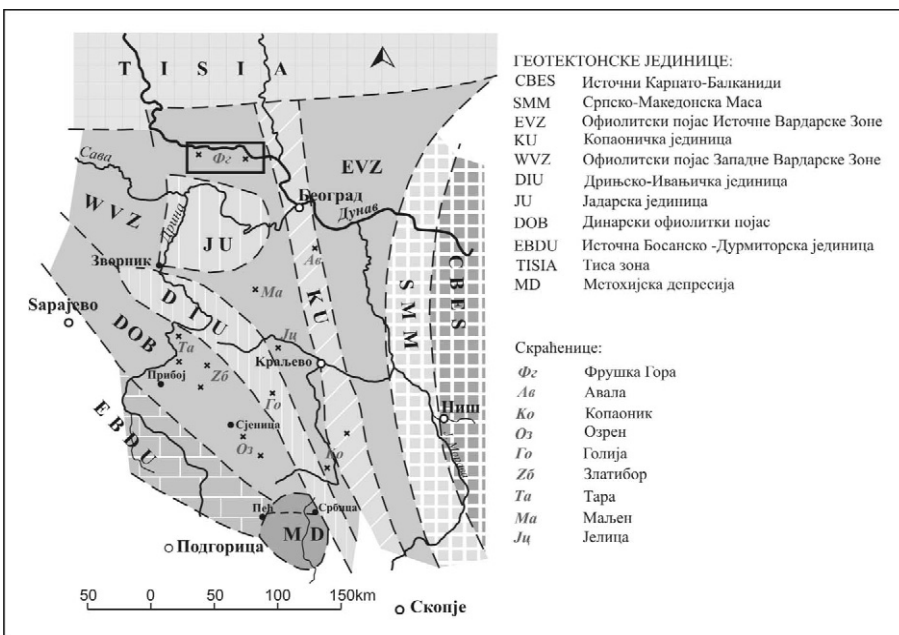
Офиолитски појасеви северног Балканског полуострва који се простиру од Грчке и Албаније преко Србије и даље ка северозападу у Босну и југозападну Хрватску интерпретирани су као остаци једног (SCHMID *et al.* 2008) или три океанска басена (КАРАМАТА *и др.* 1996; КАРАМАТА *et al.* 2000a, b; КАРАМАТА 2006; ROBERTSON *et al.* 2009). Први тј. Динаридски офиолитски појас (Албанија, западна Грчка, југозападна Србија, северозападна Босна и југозападна Хрватска) сматра се остатком тзв. „Ди-

нариди–Мирдита–Пиндос“ океана. Други тј. офиолитски појас Вардарске зоне, који се пружа кроз северну Грчку и Македонију, интерпретиран је као део „Вардар–Аксиос“ океана (ROBERTSON 2002), а трећи тј. источна грана Вардарског офиолитског појаса као остатак старог Паратетиског океана (КАРАМАТА *et al.* 2005, RESIMIĆ-ŠARIĆ *et al.* 2000). Западни офиолитски појас Вардарске Зоне представља остатак некадашњег Вардарског океана који је постојао од старијег палеозоика до доње јуре (источна страна) односно до горње креде (западна страна). ширење у овом западном вардарском појасу иницирано је у касном тријасу (средњи-касни Нориан) и потом обновљено вероватно у време касног кампана до раног мастрихта (КАРАМАТА *et al.* 2000c). Иницијално овај басен је, пре почетка субдукције, имао „back-arc“ карактеристике, а ширење у њему наставило се и након затварања Вардарског океана (КАРАМАТА *et al.* 2005). Затварање праћено обдукцијом ултрамафита ка североистоку је започето у средњој-касној јури и завршено, по истим ауторима, највероватније тек почетком палеогена (КАРАМАТА *et al.* 2005).

Фрушка Гора се налази се на крајњем северу западне гране офиолитског појаса Вардарске Зоне (WVZ) тј. непосредно изнад периадријатске сутуре (сл. 1). У овом делу WVZ затварање Вардарског океана почело је у доњој креди (123±5 Ђ) субдукцијом океанске коре ка североистоку (МИЛОВАНОВИЋ *et al.* 1995). Тријаска “аргилитно-филитоидна серија”, титон-беријаски флиш и офиолити представљају пакет обдукционих навлака са северном вергенцом (ГРУБИЋ *и др.* 1998). Тај пакет је, према истим ауторима, научен преко неоткривене старије подлоге и тријаских седимената, а настао је истискивањем стенског материјала из палеоокеанског трога по периадријатском шаву који се данас налази јужно од Фрушке горе и види се западно од манастира Јазак.

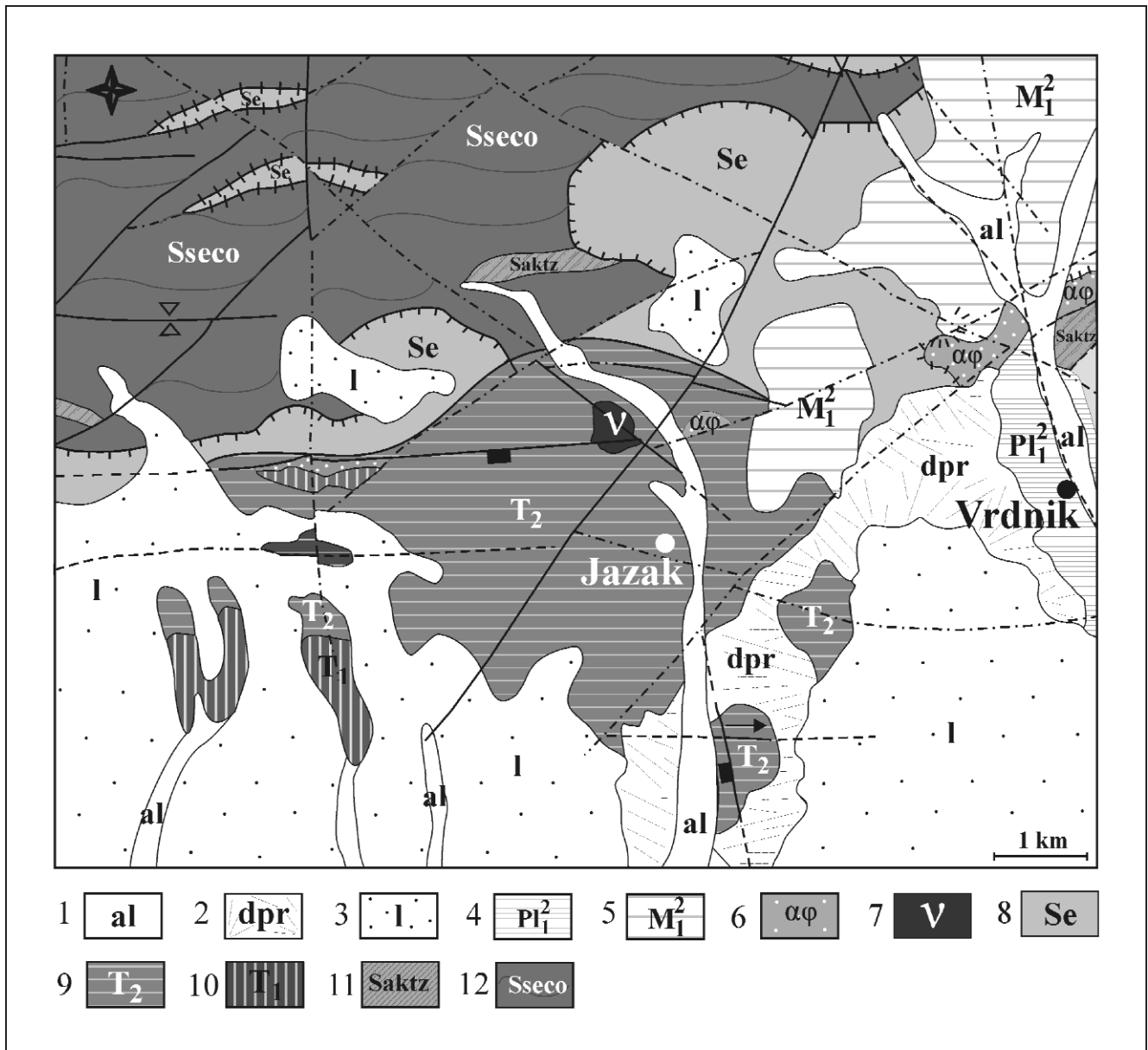
## Геолошка грађа шире околине Јаска

Истраживано подручје (сл. 2) граде тријаски седименти (конгломерати, пешчари, кречњаци, рожнаци, глинци и доломити) и “аргилитно-филитоидна серија” тзв. сјајни шкриљци (кампил-ладин) са којима су асоцирани јурски базични магматити и



Сл. 1. Главне геотектонске јединице Србије са положајем Фрушке горе (према КАРАМАТА 2006; ROBERTSON *et al.* 2009).

Fig. 1. Major geotectonic units of Serbia with the location of Fruška Gora Mt. (after KARAMATA 2006; ROBERTSON *et al.* 2009)



Сл. 2. Геолошка карта шире локалности Јаска (према Чупковић 1997). Легенда: 1. Серицитски и албит-хлоритски шкриљци, серицитски кварцити, филити, калкшисти и мермерасти кречњаци; 2. Албит-цоиситски шкриљци и карбонат-епидот-актинолитски шкриљци; 3. Пешчари, конгломерати, глинци и глиновити лапорци; 4. Глинци, кречњаци, доломити, рожњаци и пешчари; 5. Серпентинити лерзолитског, ређе харцбургитског типа; 6. Габрови; 7. Дацити и андезити; 8. Базални конгломерати, пешчари, глине и глинци; 9. Пескови, песковите глине и лапорци; 10. Лес – песковити алеврити и алевритични пескови, крупнозрни пескови и шљункови; 11. Шљункови, пескови и глине; 12. Шљункови и пескови; 13. Утврђени расед; 14. Претпостављен расед.

Fig. 2. Geological Map of Jazak area (ČUPKOVIĆ 1997). Legend: 1. Sericite and albite-chlorite schists, sericite quartzite, phyllite, calc-schists and metamorphosed limestone; 2. albite-coisite schists and calcite-epidote-actinolite schists; 3. Sandstone, conglomerate, claystone and clayey marlstone; 4. Claystone, limestone, dolomite, chert and sandstone; 5. Serpentinized lherzolites, rarely harzburgites; 6. Gabbros; 7. Dacites and andesites; 8. Basal conglomerates, sandstone, clays and claystone; 9. Sands, sandy clays and marlstone; 10. Loess- sandy siltstone and silty sands, coarse-grained sands and gravel; 11. Gravel, sand and clays; 12. Gravels and sands; 13. Observed fault; 14. Supposed fault.

серпентинити (ПЕТКОВИЋ *и др.* 1976). У периоду еоцен-миоцен у ове творевине екструдовани су вулканити латитског и дацитско-андезитског карактере-

ра (КНЕЖЕВИЋ *et al.* 1991). Миоценски седименти карактеришу се појавама угљева (доњи миоцен) и цементних лапораца (горњи миоцен), а слабо веза-

ни и неvezани седименти плиоцена прослојцима лигнита.

## Методe испитивања

Хемизам минерала одређен је на Аристотел Универзитету у Солуну коришћењем SEM-EDS JEOL 740 при следећим условима: време – 10 секунди, напон 20 kV, јачина струје – 15 nA, на површини пречника 2 i m. Као стандарди су коришћени природни силикати и оксиди. Резултати испитивања приказани су у Табели 1.

Хемијска испитивања стена обављена су рендгенско-флуоресцентном методом (XRF) у Лабораторији Одељења за науке о Земљи, Универзитета у Перуђи (Италија). Анализе су вршене на рендгенско-флуоресцентном спектрометру, уз употребу рендгенских цеви са Rn и W анодом, са режимима рада од 45 kV и 35 mA или 40 kV и 30 mA. Раздвајање зрачења извршено је помоћу кристалног анализатора LiF-200, чији интензитет је мерен синтилаторним детектором у режиму рада без вакуума. Резултати испитивања приказани су у Табели 2.

Табела 1. Садржај главних оксида и елемената у траговима у базитима Фрушке горе.

Table 1. Content of major and trace elements in basic rocks of Fruška Gora Mt.

Узорак:	wt. %						CIPW-norm				
	J-2	J-4	J-5	J-6	J-7		J-2	J-4	J-5	J-6	J-7
SiO <sub>2</sub>	44.2	46.19	43.04	45.19	40.43	q	-	-	-	-	-
TiO <sub>2</sub>	0.04	0.06	1.44	1.55	1.40	or	0.06	0.13	0.19	1.50	1.22
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.6	16.29	14.00	15.14	14.17	ab	1.54	1.53	3.70	25.60	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.47	2.17	3.52	5.25	5.46	an	44.85	46.37	38.72	18.57	26.10
FeO	3.51	3.62	6.24	2.72	3.21	ne	-	-	-	12.94	15.63
MnO	0.11	0.13	0.16	0.15	0.17	di	24.99	20.11	16.66	29.90	47.97
MgO	12.9	11.72	13.26	4.88	5.07	hy	14.75	30.03	23.51	-	-
CaO	14.4	13.65	11.45	10.32	15.40	wo	-	-	-	-	-
Na <sub>2</sub> O	0.17	0.17	0.41	5.30	3.03	ol	12.07	0.09	11.08	5.40	0.70
K <sub>2</sub> O	0.01	0.02	0.03	0.23	0.63	mt	1.49	1.45	2.76	2.36	2.55
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.07	0.08	0.19	0.20	0.20	il	0.08	0.12	2.92	3.25	3.00
LOI	6.25	5.90	6.26	9.07	10.82	lc	-	-	-	-	2.33
Σ	99.9	100.00	100.00	100.00	99.99	ap	0.16	0.19	0.44	0.48	0.46
	ppm					Нормативни плагиоклас %:  Ап 96.68 96.80 91.28 42.05 95.53 Аб 3.32 3.20 8.72 57.95 4.47  Легенда: J-2, J-4 и J-5 – габрови; J-6 и J-7 – базалти Legend: J-2, J-4 J-5 – gabbros J-6 & J-7 - basalts					
V	45	59	206	254	257						
Cr	407	498	467	283	256						
Co	44	34	36	35	44						
Ni	232	229	273	125	126						
Cu	39	31	72	62	63						
Zn	44	41	62	67	68						
Ga	14	15	19	22	23						
Rb	2	2	2	3	7						
Sr	26	25	26	322	129						
Zr	11	11	108	135	128						
Nb	3	2	9	11	11						
Ba	-	-	34	84	74						
La	5	1	9	9	14						
Pb	1	4	3	7	7						
Ce	-	-	-	21	19						
Th	6	-	3	7	-						

Табела 2. Хемијски састав минерала

Бр.анал	Клинопироксени															
	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	2/3	3/1	3/2	3/3	4/1	4/2	4/3	5/1	5/2	5/3	
SiO <sub>2</sub>	51.77	48.92	53.17	52.58	52.66	52.46	52.57	52.68	52.58	51.62	52.67	52.96	50.83	52.55	51.41	
TiO <sub>2</sub>	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.00	0.00	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.22	5.48	2.30	2.16	3.16	2.05	2.51	2.58	3.03	4.99	2.09	2.42	3.39	2.87	3.08	
FeO	6.24	7.04	5.71	5.77	6.00	5.42	4.68	6.00	4.61	5.25	4.97	4.71	6.06	8.01	5.99	
MnO	0.00	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
MgO	17.61	17.44	15.66	15.82	16.85	15.25	16.32	16.49	16.25	16.39	16.19	16.94	15.80	15.50	17.17	
CaO	20.56	20.04	23.55	22.81	21.61	25.15	23.62	21.21	23.02	21.01	23.78	22.93	22.82	20.99	22.22	
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	1.26	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.00	0.71	0.00	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Σ	99.79	100.09	100.39	100.14	100.28	100.32	99.69	99.77	100.16	100.52	99.71	99.97	100.15	99.92	99.88	
Прерачун на бази б(О)																
Si	1.894	1.784	1.947	1.924	1.921	1.924	1.928	1.922	1.922	1.856	1.934	1.933	1.856	1.941	1.879	
Al <sup>IV</sup>	0.106	0.216	0.053	0.076	0.079	0.076	0.072	0.078	0.078	0.144	0.066	0.067	0.144	0.059	0.121	
T	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	
Al <sup>VI</sup>	0.032	0.020	0.046	0.017	0.056	0.012	0.036	0.033	0.052	0.067	0.025	0.037	0.001	0.066	0.012	
Fe <sup>3+</sup>	0.052	0.176	0.007	0.078	0.023	0.064	0.000	0.000	0.000	0.158	0.041	0.029	0.152	0.000	0.110	
Ti	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.000	0.000	0.000	0.018	0.000	0.000	
Cr	0.000	0.020	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Mg	0.905	0.784	0.855	0.863	0.916	0.834	0.892	0.865	0.885	0.775	0.886	0.922	0.829	0.853	0.879	
Fe <sup>2+</sup>	0.000	0.000	0.092	0.027	0.005	0.090	0.036	0.000	0.037	0.000	0.048	0.011	0.000	0.081	0.000	
M1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
Mg	0.055	0.164	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.103	0.000	0.000	0.031	0.000	0.057	
Fe <sup>2+</sup>	0.139	0.039	0.076	0.072	0.155	0.012	0.072	0.082	0.098	0.000	0.064	0.103	0.033	0.166	0.073	
Mn	0.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ca	0.806	0.783	0.924	0.894	0.845	0.988	0.928	0.829	0.902	0.809	0.936	0.897	0.892	0.831	0.870	
Na	0.000	0.000	0.000	0.034	0.000	0.000	0.000	0.057	0.000	0.088	0.000	0.000	0.044	0.000	0.000	
M2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	
En	49.1	48.4	43.8	44.6	47.1	41.9	45.4	47.0	45.9	47.6	44.9	47.0	44.4	44.2	47.0	
Fs	9.7	11.7	8.9	9.1	9.4	8.4	7.3	9.6	7.3	8.6	7.7	7.3	9.5	12.8	9.2	
Wo	41.2	39.9	47.3	46.2	43.5	49.7	47.3	43.4	46.8	43.8	47.4	45.7	46.1	43.0	43.8	

Табела 2. Хемијски састав минерала (наставак)

Амфибол												
Бр.анал	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	2/3	3/1	3/2	4/1	4/2	4/3	
SiO <sub>2</sub>	53.11	56.73	56.62	52.69	50.41	55.90	51.30	54.05	55.06	55.81	55.81	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.11	0.99	1.57	5.01	5.84	1.94	5.81	2.41	2.89	2.17	5.87	
FeO	7.66	6.23	5.35	7.98	8.63	4.57	8.36	7.73	5.55	5.32	8.37	
MnO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	
MgO	19.57	20.24	22.06	18.35	18.08	21.95	18.09	19.46	20.42	21.61	17.86	
CaO	13.37	13.38	12.86	13.24	13.12	13.33	13.17	13.27	13.40	13.44	12.90	
Na <sub>2</sub> O	0.81	0.00	0.00	1.19	1.29	0.00	1.45	0.62	0.79	0.00	1.63	
Σ	98.63	97.58	98.46	98.46	97.36	97.69	98.18	97.54	98.10	98.35	98.26	
Прерачун по методи 13 CNK												
Si	7.384	7.907	7.748	7.397	7.166	7.691	7.243	7.607	7.653	7.650	7.189	
Al <sup>IV</sup>	0.616	0.093	0.252	0.603	0.834	0.309	0.757	0.393	0.347	0.350	0.811	
T	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	8.000	
Al <sup>VI</sup>	0.057	0.070	0.002	0.226	0.144	0.006	0.209	0.007	0.126	0.000	0.167	
Fe <sup>3+</sup>	0.349	0.023	0.250	0.062	0.337	0.303	0.160	0.217	0.013	0.350	0.245	
Mg	4.056	4.206	4.500	3.840	3.831	4.502	3.807	4.083	4.231	4.415	3.766	
Fe <sup>2+</sup>	0.539	0.701	0.248	0.872	0.688	0.189	0.824	0.693	0.630	0.235	0.745	
C	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	
Fe <sup>2+</sup>	0.004	0.002	0.114	0.004	0.001	0.034	0.004	0.000	0.002	0.026	0.000	
Mn	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Ca	1.992	1.998	1.886	1.992	1.998	1.966	1.992	2.000	1.996	1.974	1.956	
Na	0.004	0.000	0.000	0.004	0.001	0.000	0.004	0.000	0.002	0.000	0.024	
B	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	2.000	
Na	0.215	0.000	0.000	0.319	0.354	0.000	0.393	0.168	0.210	0.000	0.422	
A	0.215	0.000	0.000	0.319	0.354	0.000	0.393	0.168	0.210	0.000	0.422	
Хлорит							Плагноклас					
Бр.анал.	1/1	2/1	2/2	2/3	3/1	3/2	3/3	Бр.анал.	1/1	1/2	1/3	1/4
SiO <sub>2</sub>	26.36	29.06	26.22	27.67	29.77	29.39	29.40	SiO <sub>2</sub>	43.30	45.79	43.23	42.95
TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	TiO <sub>2</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.21	16.42	16.85	17.48	20.19	19.12	20.37	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	36.44	34.80	36.70	36.49
FeO	30.14	28.68	30.70	29.78	13.05	12.83	11.55	CaO	20.10	18.04	20.19	20.05
MnO	0.00	0.00	0.77	0.00	0.00	0.00	0.00	Σ				
MgO	13.52	13.79	12.80	13.48	25.86	26.06	26.43					
		Прерачун на бази 28 (O)							Прерачун на бази 8 (O)			
Si	5.666	6.180	5.751	5.904	5.760	5.788	5.721	Si	2.007	2.110	1.999	1.999
Al <sup>IV</sup>	2.334	1.820	2.249	2.096	2.240	2.212	2.279	Al	1.991	1.890	2.001	2.002
Al <sup>VI</sup>	2.278	2.293	2.107	2.298	2.364	2.227	2.394	Ti	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	Z	3.999	4.000	4.000	4.000
Mg	4.333	4.372	4.187	4.288	7.461	7.653	7.669	Ca	0.998	0.891	1.000	1.000
								Na	0.000	0.109	0.000	0.000
								X	0.998	1.000	1.000	1.000
								Ab	0.0	10.9	0.0	0.0
								An	100.0	89.1	100.0	100.0

### Петролошке карактеристике габрова и базалта Јаска

Изданак габра, дужине 30 m и висине 2–3 m у близини манастира Јазак, на јужним падинама Фрушке

Горе налази се као пробој у анизјским кречњацима који су под његовим утицајем на самом контакту слабо мермерисани. Габрови су испресећани пукотинама ширине 5–20 cm запуњеним калцитом и површински алтерисани. Садрже уклонке тријас-

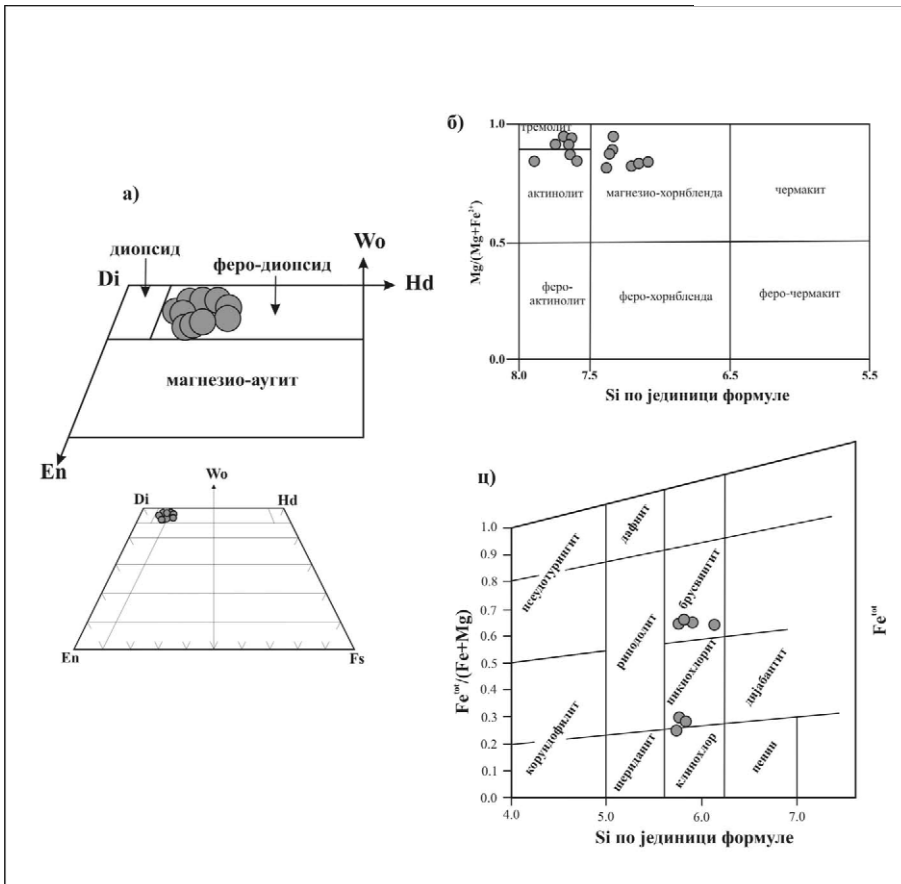
ких кречњака. Око 30 m даље, на исток, налази се изданак базалта (дужине око 10 m) са ретким калцитским мандолама и жилицама калцита и кварца. Због јаке покривености терена односи са околним стенама нису утврђени.

Габрови су масивни, зелене боје и ситнозрне кумулатне структуре са елементима појкилитске. Изграђени су од клинопироксена, плагиокласа, секундарног амфибола, хлорита, сосирита, епидот/цоисита, пренита и калцита и ретко металичних минерала. Клинопироксен је идиоморфан до хипидиоморфан, димензија 0.4–0.8 mm, гвожђевито-диопсидског састава ( $\text{An}_{43-49}\text{Fs}_{7-13}\text{Wo}_{40-47}$ ) - Сл. 3а. Клинопироксени углавном садрже 2–3 wt. %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0.25–0.4 wt. %  $\text{TiO}_2$  и 0.62–1.26 wt. %  $\text{Na}_2\text{O}$ . Поједина зрна су обogaћена  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (4.99–5.48 wt. %) и екстремно осиромашена са  $\text{TiO}_2$  и  $\text{Na}_2\text{O}$  (0 wt.%) што указује да су метасоматски измењени. Већина пироксенских зрна је делом, некад и потпуно, трансформирана у амфибол или/и хлорит (Сл. 4а, б). Амфиболи [(Ca + Na)<sub>B</sub> ≥ 1.00 и Na<sub>B</sub> < 0.50] по саставу одговарају магнезио-хорнбленди до актинолиту/тремолиту, а хлорит брусвингиту и пикнохлориту (Сл. 3 б, ц). Плагиоклас је битовнит-анортитског састава (89.1–100 % an) и често сосиритисан. Поједина зрна садрже уклопке клинопироксена.

1972). Изграђени су од приткастих и игличастих плагиокласа у облику радијално зракастих и лепезастих агрегата у стакластој основној маси и ретких ситних приткастих фенокристала клинопироксена (Сл. 4ц). Секундарни су епидот/цоисит, хлорит и калцит.

### Геохемијске карактеристике

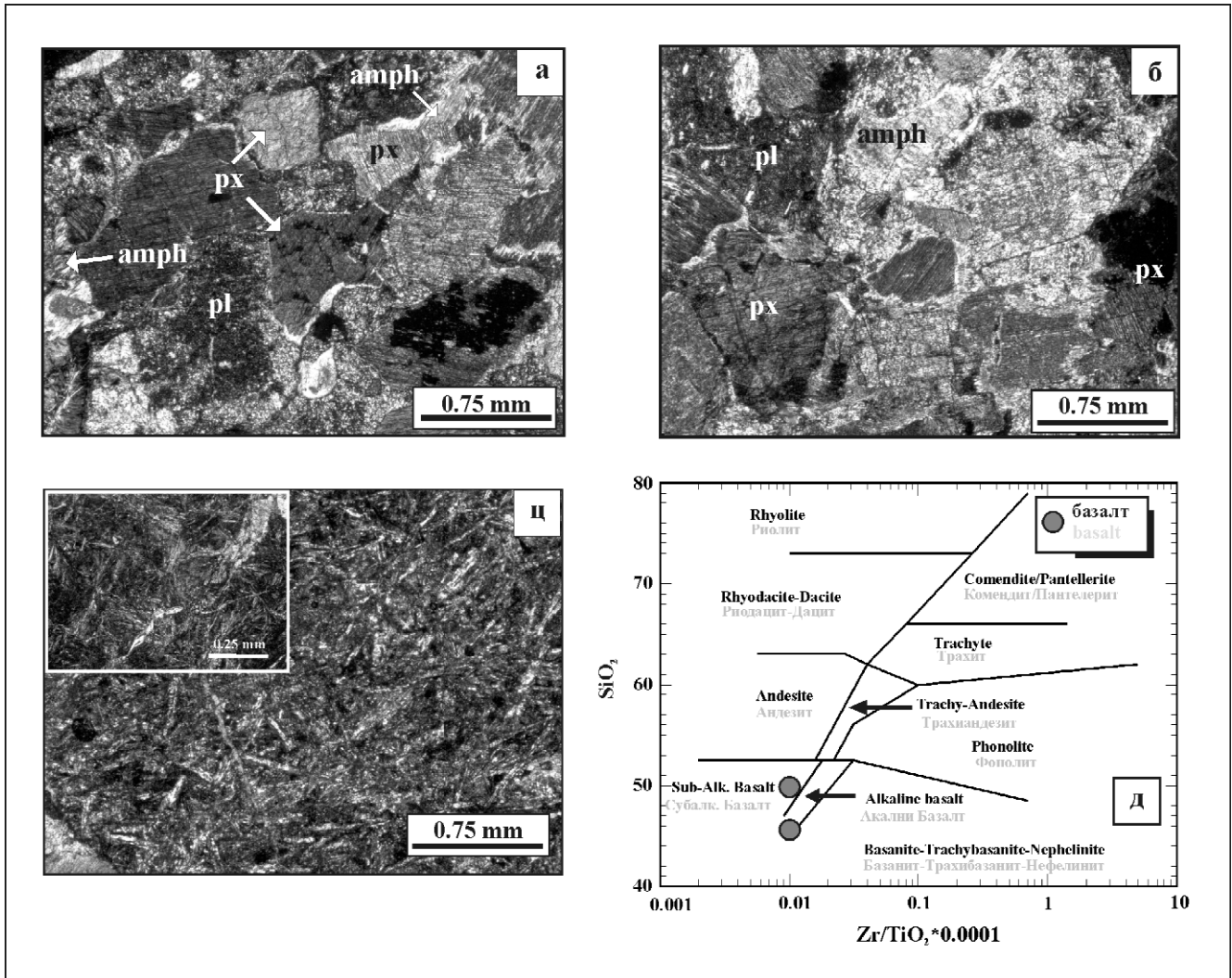
Високе вредности губитка жарењем (5.90–10.82 wt. %) у габровима и базалтима Јаска су последица секундарних промена и присуства калцита у жилицама или као алтерационог продукта примарних минерала. Према садржају  $\text{SiO}_2$ , а узимајући у обзир високе вредности губитка жарењем (40.43–46.19 wt. %) испитиване стене припадају групи базичних. Због алтерационих промена за класификацију и геохемијску карактеризацију ових магматских стена употребљени су имобилни елементи високог јонског наелектрисања тзв. HFS-елементи (енгл. high field strength elements) (нпр. Ti, Zr, Y, Nb), за које се сматра да су стабилни у условима хидротермалних процеса и метаморфизма ниског до средњег степена (ROLLINSON 1993).



Сл. 3. Номенклатура минерала из габрова Јаска: а) клинопироксени у En-Fs-Wo дијаграму (MORIMOTO & KITAMURA 1983); б) амфиболи у Si vs Mg/(Mg+Fe) – (LEAKE *et al.* 1997); ц) хлорита  $\delta$  Si vs Mg/(Mg+Fe) према HAY (1953) Fig. 3. Nomenclature of minerals in gabbros of Jazak: a) clinopyroxenes in En-Fs-Wo (MORIMOTO & KITAMURA, 1983); b) amphiboles in Si vs Mg/(Mg+Fe) – (LEAKE *et al.* 1997); c) chlorites in Si vs Mg/(Mg+Fe) after HAY (1953).

Базалти су интерсерталне структуре са елементима „quench“ структура (MUIR & TILLEY 1966; BRYAN

Габрови се одликују високим садржајем MgO (11.72–13.26 wt. %) и CaO (14.45 wt. %), ниским  $\text{K}_2\text{O}$ ,



Сл. 4. Микроскопске фотографије габрова и базалта Јаска: (а) ситнозрни кумулатни габро са пироксенима делом по маргинама трансформисаним у игличасти актинолит/тремолит и сосиритисаним плагнокласима (б) ситнозрни кумулатни габро са амфиболизираним пироксенима и сосиритисаним плагнокласима; (ц) базалт са интерсерталном и „quench“ структуром (д) номенклатура испитиваних базалта у класификационом дијаграму  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$  (према WINCHESTER & FLOYD, 1977).

Fig. 4. Photomicrographs of gabbros and basalts from Jazak: (a) fine-grained cumulate gabbros with partly altered clinopyroxenes along margins into actinolite/tremolite needles and saussuritized plagioclases; (b) fine-grained cumulate gabbros with amphibolized clinopyroxenes and saussuritized plagioclases; (c) basalt of intersertal and quench texture (rectangle); (d) nomenclature of investigated basalts in  $\text{SiO}_2$  vs  $\text{Zr}/\text{TiO}_2 \cdot 0.0001$  classification diagram for volcanic rocks (after WINCHESTER & FLOYD 1977).

(0.01–0.03 wt. %) и  $\text{Na}_2\text{O}$  (0.17–0.41 wt. %),  $\text{TiO}_2$  (0.04–0.06 wt. %), као и имобилних елемената Zr (11–108 ppm), Nb (2–9) и Y (3–20 ppm). Присутне алтерационе промене указују да су ове стене биле под утицајем „low grade“ метаморфизма, па су за дефинисање средине њиховог формирања коришћени дискриминациони дијаграми за базалтне стене (PEARCE & CANN 1973; WINCHESTER & FLOYD 1977; PEARCE 1996; MESCHÉDE 1986; BECCALUVA *et al.* 1983; SHERVAIS 1982).

Базалти су, за разлику од габрова, знатно сиромашнији магнезијом (4.88–5.07 wt. %) и богатији  $\text{TiO}_2$  (1.40–1.55 wt. %),  $\text{Na}_2\text{O}$  (3.03–5.30 wt. %)

и  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0.20 wt. %). Ове стене, такође, садрже више количине имобилних HFS-елемената (Ti, Zr, Y, Nb), затим Sr, Ba и La, као и Cu, док остали прелазни метали показују ниже садржаје у односу на габрове, на пример V, Cr, Ni и други.

Низак однос  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  (види KEMPTON & HARMON 1992) и ниске концентрације инкомпатибилних елемената (на пр.  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Zr) у габровима указују на кумулатно порекло.

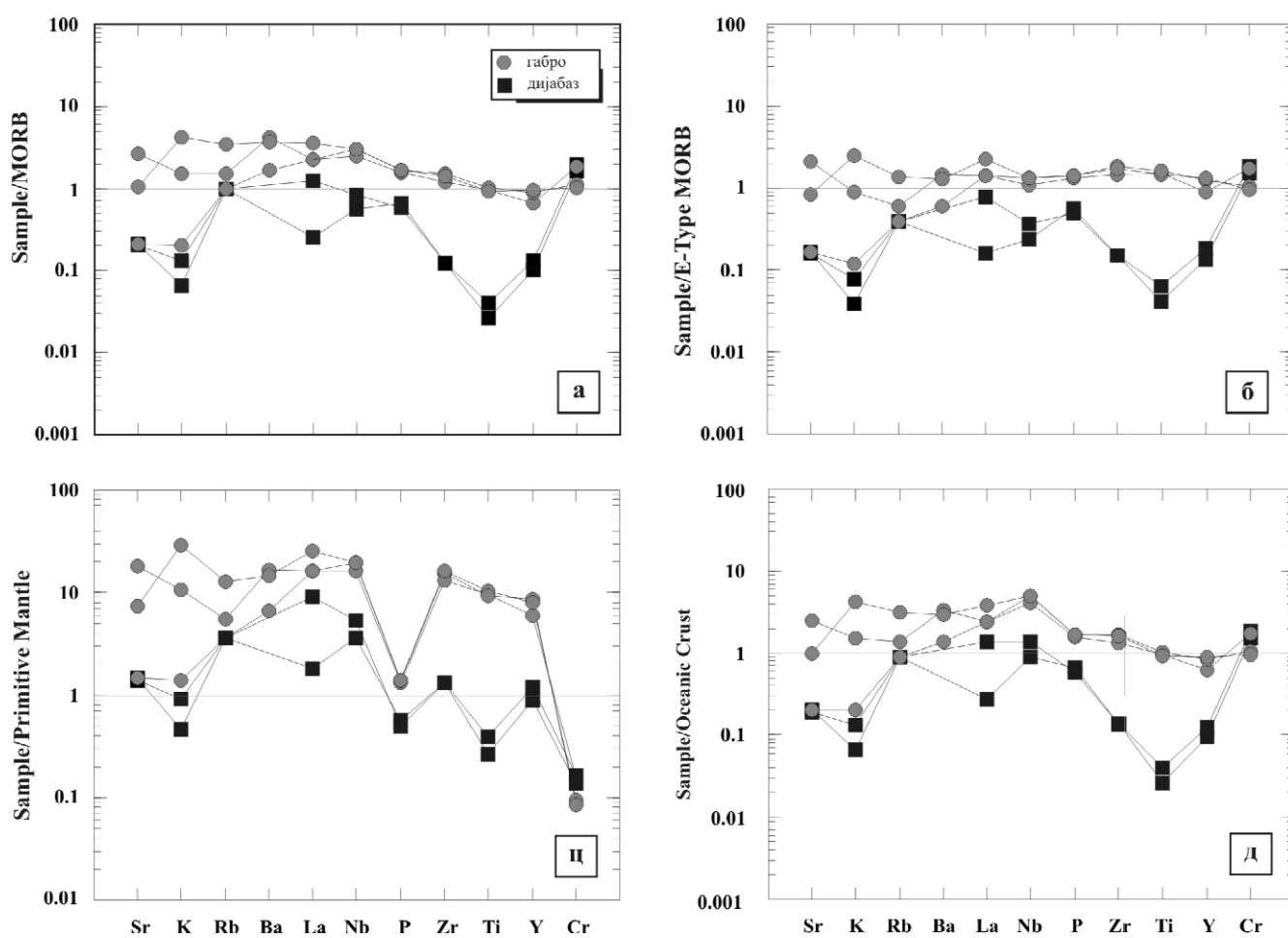
Силицијом незасићени базалти (са нормативним оливином и нефелином) показују субалкални базалтни хемизам (Сл. 4д). Ниски садржаји Ti у габровима јасно указују на њихово кумулатно порекло.



У спајдер дијаграму нормализованом на примитивни омотач базалти у односу на габрове показују обогаћење свим HFS- елементима (3 до 20 пута) (сл. 5а). Испитивани базалти имају карактеристике обогаћеног MORB (Сл. 5б) на шта указују и високи односи Ti/Y (306–364), Zr/Y (4.4–5), Zr/Nb (11–12) Ti/Zr (69–70). У односу на вредности Å-MORB-а габрови су осиромашени свим HFS елементима - изузетак је узорак J-5 са дистрибуцијом HFS елемената као код базалта (Сл. 5б). Осим тога, кумулатни габрови имају ниске вредности Ti/Y (84.6–95.2), Zr/Y (2.7–3.6), Zr/Nb (3.6–5.5) Ti/Zr (23–35) и показују карактеристике ниско-Ti офиолита ( $Oi/V < 20$ ), (Сл. 6а). У обе групе стена однос Y/Nb је низак (1–2.6) што је типично за обогаћени MORB.

Вардарске зоне (још увек непотпуно проучене) одликује MORB- и IAB-афинитет (RESIMIĆ-ŠARIĆ *et al.* 2000), а такође и оне из западног појаса – ултрабазити су ту везани за центре ширења иза лука („back-arc spreading center“), односно супрасубдукционе зоне – („SSZ-type“) (ROBERTSON & KARAMATA 1994; ZAKARIADZE *et al.* 2006, BAZYLEV *et al.* 2009).

Испитивани габрови Јаска су кумулатног порекла на шта указују њихове петрографске карактеристике, као и повишени садржаји компатибилних и снижени садржаји инкомпатибилних елемената у траговима у односу на базалте. Као и базалти, и кумулатни габрови представљају реликте океанске коре, али се њихов хемизам не може користити за ближе детерминисање геотектонског афинитета.

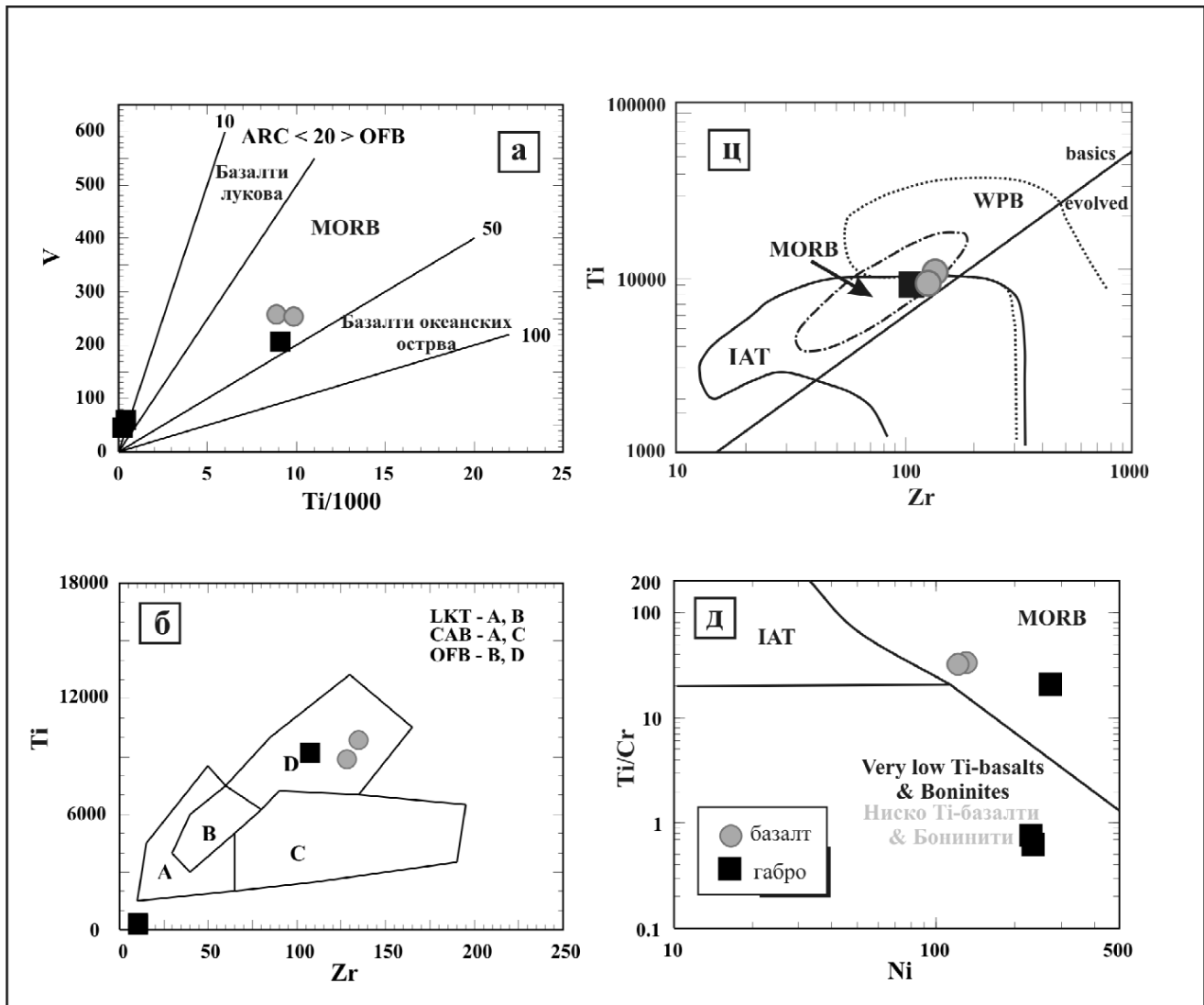


Сл. 5. Спајдер дијаграми габрова и базалта Јаска (нормализационе вредности према SUN & McDONOUGH 1989)  
Fig. 5. Spider diagrams of gabbros and basalts of Jazak (normalised values are from SUN & McDONOUGH, 1989)

## Закључак

При разматрању средина образовања јурских магматита у офиолитском појасу Вардарске зоне треба имати у виду чињеницу да се тај процес одвијао у различитим геолошким приликама. Тако, на пример, офиолитске секвенце из источног појаса

Базалти Јаска показују углавном одлике Å-MORB-а. Треба нагласити да стене горњојурске старости са Å-MORB карактеристикама до сада нису констатоване у Западном појасу Вардарске зоне. Само су у Овчарско-кабларском подручју откривени горњотријаски базалти са прелазима ка E-MORB-у (ZAKARIADZE *et al.* 2006). Једине за сада по-



Сл. 6. Положај испитиваних габрова и базалта Јаска у тектонским дискриминационим дијаграмима за базалтне стене: (а) V vs Ti/1000 (SHERVAIS 1982), (б) Ti vs Zr (према PEARCE & CANN 1973); (в) Ti vs. Zr (према PEARCE 1980); (д) Ni vs Ti/Cr дијаграм (према BECCALUVA *et al.* 1983). Легенда: ARC – базалти вулканских лукова; OFB – базалти океанског дна; LKT – нискокалијски толеити; CAB – калкоалкални базалти; IAT – толеити острвских лукова; MORB – базалти средњоокеанских гребена.

Fig. 6. Position of gabbros and basalts from Jazak in tectonic discrimination diagrams for basaltic rocks: (a) V vs Ti/1000 plot (SHERVAIS 1982) (b) Zr vs Ti plot (after PEARCE & CANN 1973); (c) Ti vs. Zr (PEARCE 1980); (d) Ni vs Ti/Cr diagram (after BECCALUVA *et al.* 1983). Key: ARC – volcanic arc; OFB – Ocean Floor Basalts; LKT – Low K-tholeiites; CAB – Calc-alkaline Basalts, MORB – Middle Ocean Ridge Basalts IAT – Island Arc Tholeiites.

знате појаве базалтних стена E-MORB карактеристика у Динаридском офиолитском појасу у Србији налазе се у зони Бистрица–Прибој (VISHNEVSKAYA *et al.* 2009; BAZYLEV *et al.* 2006, 2009).

Резултати приказани у овом раду отворили су нове проблеме везане за дефинисање средина формирања базичних чланова офиолитске секвенце Фрушке Горе, а самим тим и секвенци које се налазе испод дебелог неогеног покривача у подручју Панонског Басена (Војводине). Даља проучавања омогућиће боље сагледавање еволуције океанског

простора који је егзистовао током Мезозоику у овом делу Западног појаса Вардарске Зоне.

## Литература

BAZYLEV, B., POPEVIĆ, A., KARAMATA, S., KONONKOVA, N.N., SIMAKIN, S.G., OLUJIĆ, J., VUJNOVIĆ, L., MEMOVIĆ, E. 2009. Mantle peridotites from the Dinaridic ophiolite belt and the Vardar zone western belt, central Balkan: a petrological comparison. *Lithos*. 108, 37–71.

- BECCALUVA, L., DI GIROLAMO, P., MACCIOTTA, G., MORRA, V., 1983. Magma affinities and fractionation trends in ophiolites. *Ophioliti* 8, 307–324.
- BRYAN, W.B., 1972. Morphology of quench crystals in submarine basalts. *Journal of Geophysics, Research.*, 77, 5812–5819.
- ГРУБИЋ, А., ЂОКОВИЋ, И., МАРОВИЋ, М., 1998. Прилог познавању старије тектонике Фрушке горе. *Зборник радова 13 Конгрес Геолога Југославије*, 2, 15–20, Херцег Нови
- ДИМИТРИЈЕВИЋ, М. Д. 1995. Екстерна Вардарска субзона. *Геолоџија Југославије*, 87, Београд. Геоинститут, Варех, ISBN : 86-901279-3-3, 205 pp.
- HEY, M. H., 1954. A new review of chlorites. *Mineral. Mag.*, 30, 277–292.
- ЈОВАНОВИЋ, В. 1985. Базичне магматске стене Фрушке горе. *Магистарски рад*. Рударско-геолошки факултет, Београд.
- KARAMATA, S., KRSTIĆ, B. 1996. Terranes of Serbia and neighbouring areas. In: KNEŽEVIĆ, V., KRSTIĆ, B. (Eds.), *Terranes of Serbia*. Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 25–40.
- KARAMATA, S., DIMITRIJEVIĆ, M.D., DIMITRIJEVIĆ, M.N. 2000a. A correlation of ophiolitic belts and oceanic realms of the Vardar Zone and the Dinarides. In: KARAMATA, S., JANKOVIĆ, S. (Eds.), *Geology and Metallogeny of the Dinarides and the Vardar zone*. Academy of Science and Arts of the Republic of Srpska, *Collections and monographs*, Banja Luka – Serbian Sarajevo, 1, 191–194.
- KARAMATA, S., KNEŽEVIĆ, V., CVETKOVIĆ, V. 2000b. Petrology of the Triassic basaltoid rocks of Vareš (Central Bosnia). *Acta Geologica Hungarica*, Budapest 43/1, 1–14.
- KARAMATA, S., OLUJIĆ, J., PROTIĆ, L.J., MILOVANOVIĆ, D., VUJNOVIĆ, L., POPEVIĆ, A., MEMOVIĆ, E., RADOVANOVIĆ, Z., RESIMIĆ-ŠARIĆ, K. 2000c. The western belt of the Vardar zone - the remnant of a marginal sea. In: KARAMATA, S., JANKOVIĆ, S. (Eds.), *Geology and Metallogeny of the Dinarides and the Vardar zone*. Academy of Science and Arts of the Republic of Srpska, *Collections and monographs*, Banja Luka - Serbian Sarajevo, 1, 131–135.
- KARAMATA, S. 2006. The geodynamical framework of the Balkan Peninsula: its origin due to the approach, collision and compression of Gondwanian and Eurasian units. In: ROBERTSON, A.H.F. & MOUNTRAKIS, D. (Eds.), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region*. Geological Society, London, Special Publication 260, 155–178.
- KARAMATA, S., SLADIĆ-TRIFUNOVIĆ, M., CVETKOVIĆ, V., MILOVANOVIĆ, D., ŠARIĆ, K., OLUJIĆ, J., VUJNOVIĆ, L. 2005. The Western Belt of the Vardar Zone with special emphasis to the ophiolites of Podkozarje — the youngest ophiolitic rocks of the Balkan Peninsula. *Bulletin de l'Académie Serbe des sciences et des arts*, CXXXIX, Classe des sciences mathématiques et naturelles — Sciences naturelles 43, 85–96.
- KEMPTON, P.D., HARMON, R.S. 1992. Oxygen isotope evidence of large-scale hybridization of the lower crust during magmatic underplating. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 54, 3401–3426.
- LEAKE, B.E., WOOLLEY, A.R., ARPS, C.E.S., BIRCH, W.D., GILBERT, M.C., GRICE, J.D., HAWTHORNE, F.C., KATO, A., KISCH, H.J., KRIVOVICHEV, V.G., LINTHOUT, K., LAIRD, J., 890 K. KOČAK ET AL. , MANDARINO, J.A., MARESCH, W.V., NICKEL, E.H., ROCK, N.M.S., SCHUMACHER, J.C., SMITH, D.C., STEPHENSON, N.C.N., UNGARETTI, L., WHITTAKER, E.J.W., YOUZHI, G. 1997. Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the international mineralogical association, Commission on new minerals and mineral names. *American Mineralogist*, 82, 1019–1037.
- LUGOVIĆ, B. 1986. Gabro-peridotitska asocijacija stijena sjeverozapadnog oboda ofiolitnog masiva Maljena (uz osnovne usporedbe s nekim sličnim pojavama u ofiolitnom pojasu Dinarida). Disertacija, Rudarsko-geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
- MESCHÉDE, M. 1986. A method of discriminating between different types of mid-ocean ridge basalts and continental tholeiites with the Nb–Zr–Y diagram. *Chem. Geol.*, 56, 207–218.
- MILOVANOVIĆ, D., MARCHIG, V., KARAMATA, S. 1995. Petrology of the crossite schists from Fruška Gora Mts (Yugoslavia), relic of a subducted slab of the Tethyan oceanic crust. *Journal of Geodynamics*, 20 (3), 289–304.
- MORIMOTO, N. & KITAMURA, M. 1983. Q-J diagram for classification of pyroxenes. *Journal of Japanese Association of Mineralogists, Petrologists and Economic Geologist*, 78, 141.
- MUIR, I.D. & TILLEY, C.E. 1966. Basalts from the northern part of the Mid-Atlantic Ridge, The Atlantic collection near 30 N., *J. Petrol.*, 7, 193–201.
- PEARCE, J.A., CANN, J.R. 1973. Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 19, 290–300.
- PEARCE, J.A. 1996. A user's guide to basalt discrimination diagrams, In: WYMAN, D.A. (Ed.), *Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration*. *Geological Association of Canada Short Course Notes*, 12, 79–113.
- ПЕТКОВИЋ, К., ЧУЧУЛИЋ-ТРИФУНОВИЋ, М., ПАШИЋ, М., РАКИЋ, М. 1976. Фрушка гора – монографски приказ геолошке грађе и тектонског склопа. *Монографије Фрушке горе II*, Матица Српска, Нови Сад.
- RESIMIĆ-ŠARIĆ, K., KARAMATA, S., POPEVIĆ, A., BALOGH, K. 2000. The eastern branch of the Vardar zone — the scar of the Main Vardar ocean. In: KARAMATA, S. & JANKOVIĆ, S. (Eds.), *Geology and metallogeny of the Dinarides and the Vardar Zone*. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, *Collectèons and monographs, 1, Department of natural, mathematical and technical sciences*. Banja Luka, Serbian Sarajevo, 81–85.
- SHERVAIS, J.W. 1982. Ti–V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth Planet. Scè. Lett.* 59, 101–118.
- СТЕПАНОВИЋ, Б. 1939: Извештај о геолошком картирању листа Сремски Карловци 1:50.000. *Геолошки анали Балканског полуострва*, књ. XVI, Београд.
- SUN, S.S., MCDONOUGH, W.F. 1989. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. In: SAUNDERS, A.D. & NORRIS, M.J. (Eds.), *Magmatism in the Oceanic Basin*. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, vol. 42, 313–345.
- ROLLINSON, H.R. 1993. *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*. Longman Scient. Techn., John Wiley and Sons, New York, 352 pp.
- ROBERTSON, A.H.F., KARAMATA, S. 1994. The role of subduction–accretion processes in the tectonic evolution of the Mesozoic Tethys in Serbia. *Tectonophysics*, 234, 73–94

- ROBERTSON, A.H.F. 2002. Overview of the genesis and emplacement of Mesozoic ophiolites in the Eastern Mediterranean Tethyan region. *Lithos*, 65, 1–67.
- ROBERTSON A, KARAMATA S., ŠARIĆ, K. 2009. Overview of ophiolites and related units in the Late Palaeozoic–Early Cenozoic magmatic and tectonic development of Tethys in the northern part of the Balkan region. *Lithos*, 108, 1–36.
- СРЕЋКОВИЋ-БАТОЋАНИН, Д. 2001. Петрологија офиолита Тејића. Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд, 167.
- ЧУПКОВИЋ, Т. 1997. Геолошке карактеристике и геоморфолошка еволуција Фрушке Горе. Магистарска теза, Рударско-геолошки факултет, 133, Београд.
- ЧУЧУЛИЋ-ТРИФУНОВИЋ, М., РАКИЋ, М. 1971. Тумач за ОГК 1.100.000, лист Нови Сад. *Завод за геолошка и геофизичка истраживања*, Београд.
- VISHNEVSKAYA, V.S., DJERIC, N., ZAKARIADZE, G.S. 2009. New data on Mesozoic Radiolaria of Serbia and Bosnia, and implications for the age and evolution of oceanic volcanic rocks in the Central and Northern Balkanides. *Lithos*, 108: 72–105.
- WINCHESTER, J.A., FLOYD, P.A. 1977. Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chem. Geol.*, 20, 325–343.
- ZAKARIADZE, G., KARAMATA, S., OLUJIĆ, J., MEMOVIĆ, E., SOLOV'eva, N. 2006. Comparative geochemical features of oceanic volcanic series of Dinaric and Western Vardar ophiolite zones (Balkan Peninsula). In: *Mesozoic Ophiolite Belts of northern part of the Balkan Peninsula*, International Symposium, Belgrade–Banja Luka, May 21–June 6, 2006. Abstract, 145–147.

## Distribution of Chemical Elements in Zenica, an Old Metallurgic Area (Bosnia and Herzegovina)

JASMINKA ALIJAGIĆ<sup>1</sup> & ROBERT ŠAJN<sup>1</sup>

On the territory of present day Bosnia and Herzegovina, mining and metallurgy are counted among the oldest forms of industry. The earliest recorded evidence of this dates back to the Neolithic Age, but major mineral exploration and mine development are began during Medieval times. Zenica is located in the valley of the river Bosna, about 70 km north from the capital Sarajevo, for many of its characteristics and features, is a specific urban and economic area. Construction of the iron and steel works in Zenica began in 1892; upon completion the operation produced about 3700 tons of rolled products. Through the years new facilities were built and production dramatically expanded so that by 1986, the operation produced a record of 1.72 million tons of pig iron and 1.91 million tons of crude steel. After the end of the Bosnian War (1992–1995), plant operations continued, although at a lower capacity.

The objective of this work is to study the distribution of chemical elements in topsoil and subsoil, focusing on the identification of anthropogenic (man-made) and geogenic (natural) element sources in a former metallurgical industrial area. Samples of attic dust, topsoil (0–5 cm depth) and subsoil (20–30 cm depth) were collected from 62 different sites in a 52 km<sup>2</sup> area around the town of Zenica, Bosnia and Herzegovina. The study was based on comparisons of statistical parameters, spatial distribution of particular elements, and the results of cluster and factor analysis. The study resulted in the identification of two natural geochemical associations and one anthropogenic association. The natural geochemical association (Al, Ca, Ce, K, La, Li, Nb, Rb, Sc, Ta, Ti Th, V and Y) and (Co, Cr, Na, Ni and Mg) are influenced mainly by lithological factors. The anthropogenic association (Ag, Bi, Cd, Cu, Hg, Mo, Pb, Sb and Zn) is the result of past iron metallurgy in the area.

Comparison concentrations of As, Cd, Cu, Hg, Mo, Pb and Zn in pilot samples of topsoil and attic dust, collected close to ironworks in Slovenia and also in Bosnia and Herzegovina have found relatively low pollution with heavy metals in Zenica basin, regardless that this ironwork has been the biggest one in former Yugoslavia. Similarly is considered that anthropogenically critical polluted soils c. 2 km<sup>2</sup> near to ironworks Zenica is unimportant compare to critical polluted area around ironworks Jesenice (13 km<sup>2</sup>), which has been second largest ironworks in former Yugoslavia.

---

<sup>1</sup> Geological Survey of Slovenija, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenia. E-mail: jasminka.alijagic@geo-zs.si, robert.sajn@geo-zs.si

## Effect of the Deformation on the Mineralogical Composition of Edough Massif Micaschists (Annaba, Northeast Algeria)

SORAYA HADJZOBIR<sup>1</sup>

The aim of this work is to point out the factors controlling the mineralogical and chemical variation in a micaschist outcrop in the Edough Massif. For this purpose, the behaviour of the chemical elements and their implication in the matter transfer process have been studied. Characterization and quantification of matter transfer by fluids starts by investigations on mineralogical and chemical witnesses. The presence of metastable minerals indicates an incomplete re-equilibration at new geological conditions (modification of the temperature, pressure or both). Deformation and P–T conditions are very important factors of re-equilibration process because they have the power to accelerate or to slow down chemical processes and can influence the redistribution of fluids in the rocks.

The Edough massif is the easternmost crystalline massif of the Maghrebides which represent the south-eastern part of the west Mediterranean orogen. It is an asymmetric “core complex” oriented NE–SW that occurs below the greenschist – facies Tellian units. The latter represent the thrustured Mesozoic to Eocene passive paleomargin of northern Africa deposited on thinned continental crust. The Edough metamorphic rocks consist of two tectonically superposed units composed of gneiss (lower unit) and micaschists (upper unit). The cristallophyllian rocks underwent a polycyclic metamorphism, from HP-HT condition to medium P–T conditions and finally to LP-HT conditions. The Edough massif was affected by a strong synmetamorphic ductile deformation. The entire units show a strong foliation with developed NW-SE mineral stretching lineation.

The whole-rock samples have been systematically collected across the micaschists that show variable deformations and change in mineral composition. The sampling was done on a distance of 10 meters along an outcrop according to the geographic profile E-W. The micaschist from the east zone are garnet-bearing and andalusite free, whereas those from the west part are garnet free and contain andalusite nodules. From the weakest to the most deformed micaschists we note the successive apparition of new specific mineral corresponding to metamorphic gradient variations (garnet, staurolite and andalusite). Thermo-barometric studies indicate that garnet-rich as well andalusite-rich micaschists have undergone similar P-T conditions (P ~1.5 Kb, T ~ 550°C). The estimated chemical index of alteration from Nesbitt, CIA=0.74–0.79, reveals that pre or post-metamorphic alteration is insignificant. Isocon-diagrams show that Si, Fe, Al and K were mobile during deformation. This transition results in a loss of Fe and a gain of Al, K and Si. The mobility of elements is due to deformation-controlled fluid-flow that enables fluid circulation and redistribution of these elements. The results lead us to consider that the transition from garnet micaschists to andalusite-bearing micaschists in the Edough massif is neither due to changes of metamorphic conditions nor to weathering processes but can be assigned to fluid circulation during deformation.

**Key words:** Isocons, Metamorphism, matter transfer, Edough Massif, Algeria.

---

<sup>1</sup> Badji Mokhtar University, Faculty of Earth Sciences, Laboratory of Geology, B.P. 12, 23000 Annaba / Algeria. E-mail: shadjzobir@yahoo.fr

## Rare earth elements in the karstic bauxites of Zagrad (Niksicka Zupa, Montenegro)

VIDOJKO JOVIĆ<sup>1</sup> & SLOBODAN RADUSINOVIĆ<sup>2</sup>

The karstic bauxite deposit of Zagrad (Niksicka Zupa, Montenegro) of Jurassic age is known after occurrence of rare earth elements in the basal part of deposit. New mineral hydroxylbastnaesite-(Nd) is found in this deposit [1]. Mineral composition of bauxites is the following: boehmite, hematite, kaolinite, anatase, rutile, calcite, hydroxylbastnaesite.

The rare earth elements and some other trace elements in bauxites (Ba, Be, Co, Cs, Ga, Hf, Nb, Rb, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Zr, Y) were analyzed – 94 samples of bauxites for 31 element. Analytical method was ICP-MS (Canada). Samples from drilling cores from the northern part of the deposit showed higher contents of lanthanides (2086 ppm), especially light ones (1763 ppm) in relation to the southern part of the deposit (total 975 ppm, light lanthanides 867 ppm). It was established that lanthanides gradually enriched toward to lower part of the deposit.

Four samples of bauxites from lower part of the deposit were treated by boiling in 10 % HCl (15 times) and loss of mass in the range of 37.20 to 44.00 % were established. After extraction content of U and Y did not change, but Th, Sn, Co, V, Sr in significant proportion moved to solution. Light lanthanides (La, Ce, Pr, Nd) in a great measure (about 80%) moved to solution, confirming the suitability of used method for extraction of lanthanides from bauxites. Some heavy lanthanides (Sm, Eu, Gd, Tb, Dy) were also extracted, but in less extent, while other lanthanides (Ho, Er, Tm, Yb, Lu) showed similar contents as in original samples. It means that they did not or in very small quantities move to solution. Samples before and after extraction were analyzed by X-ray powder diffraction.

### References

[1] MAKSIMOVIC & PANTO (1985) *Min. Mag.* **49**, 717–720.

---

<sup>1</sup> Faculty of Mining and Geology, 11000 Belgrade, Đušina 7, Serbia. E-mail: jvidojko@eunet.rs

<sup>2</sup> Geološki zavod, Podgorica, Krusevac bb, Montenegro.

## Petrological Characteristics Rock on Tunnel for Relocation Krivelj`s River

SLAĐANA KRSTIĆ<sup>1</sup>, MILENKO LJUBOJEV<sup>1</sup> & VESNA LJUBOJEV<sup>1</sup>

Details presents in the paper realize at collaboration the Ministry of Science and Technological Development on project N<sup>o</sup> 17004 R. Serbia. Presented characteristics clivage in aspect on massif rock research in drillholes B-1k, B-2k, B-3k, B-4k and B-5k. Investigations are: structural characteristics of a rock massif, degree of disintegration, alteration degree, fracture degree and physico-mechanical characteristics. The mapping of core drilling investigation special attention was paid to determining the lithological types rock mass, degree of disintegration, and textural - structural characteristics and physical properties. Along the new route of the tunnel for the relocation of the Krivelj`s river investigative drilling carried out in order to obtain continuous core lithological types members represented in depth: gravel-sandy embankment; sandstone in fault plaster cracks and calcite; stamped gray sandstone and dark gray marlon, gray-blue demoted sandstone; multi-layered dismissal structure of sandstone and marlon.

**Key words:** drillholes, massif rock, sandstone, gravel-sandy embankment, demoted sandstone.

### References

- ЕЛИСЕЕВ, Н.А. 1967. Основы структурной петрологии, Академия Наук СССР (Институт геологии и геохронологии докембрия). 259 стр. Издательства Наука, Ленинград, СССР.
- KRSTIĆ, S. LJUBOJEV, V. LJUBOJEV, M. 2008. Nivo podzemnih voda na delu projektovane trase tunela, Rudarski radovi 2/2008 Bor, 19–25.
- LJUBOJEV, M. BUGARIN, M. 2007. Proškat geoloških i fizičko-mehaničkih istraživanja stenà trase tunelà za izmeštanje Kriveljske reke”, Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru, Bor.
- POPOVIĆ, R. LJUBOJEV, M., BUGARIN, M. 2006. Elaborat o izvršenim fizičko-mehaničkim i deformacionim ispitivanjima materijala flotacijske brane 2-A, Krivelj, Institut za bakar Bor.
- SAVIĆ, D. ŽIVKOVIĆ, D. 2008. Tehnički izveštaj istražnih geoloških bušotina trase tunela za izmeštanje Kriveljske reke. GEOING, Beograd.

---

<sup>1</sup> Institut za rudarstvo i metalurgiju, Zeleni bulevar 35, 19210 Bor, Srbija. E-mail: sladjana.krstic@irmbor.co.rs



## Geochemical Approach to the Understanding of Genesis of Karstic Bauxite Deposits

ZORAN J. MAKSIMOVIĆ<sup>1</sup>

Geochemical study of more than 150 Mediterranean karstic bauxite deposits, including the bauxites of Jamaica, has shown that the most important process during the formation of bauxites was the removal of silica from argillaceous material accumulated in the karstic depressions. This process was the most effective in the evolution of a deposit and affected not only silica, but all the elements which were susceptible to migration. Therefore, when removal of silica started there was also a migration „per descensum“ of all mobile trace elements, and before the hanging wall was deposited the primary distribution pattern was formed *in situ*.

The enrichment of „mobile“ trace elements in the lowermost part of bauxite deposits is essentially attributed to the role that carbonate footwall played as pH-barrier for the solution (rain water) that percolated downwards during the bauxitization process. Concurrent with Si, Mg, Ca, Na and K, mobile trace elements (Ni, Co, Cu, REE, Be, Li, Mo, Zn, Mn, Sr, Pb and Ba) were partially leached by the weathering solution from the upper and central part of material that was being transformed to bauxite in the karstic depression. Unlike Si, Mg, Ca and alkalis, which were largely lost from the clayey source material during the bauxite genesis, most mobile trace elements were in varying degrees precipitated in the basal part, where solution became more alkaline due to interaction with the carbonate footwall.

Enrichment of the mobile trace elements towards the base of the deposit was observed in many karstic deposits in Greece, former Yugoslavia, and southern France. Identical trace elements pattern was found in the Miocene-Pliocene bauxites of Jamaica, which are not covered by sediments and probably are still in the stage of formation. Distribution of trace elements in two bauxite layers in the Les Codouls deposit in southern France, show a well marked „upward“ enrichment and inverse distribution pattern, which is compatible with the inverse position of bauxite layers.

Primary distribution of trace elements was discovered in karstic bauxites formed „*in situ*“ irrespective of their mineralogical and chemical composition and stratigraphic and structural position. It was observed in horizontal deposits, and in steeply inclined, vertical and even overturned bauxite beds; in deposits exposed on the surface and in those deeply buried under a thick cover of sediments; in deposits without traces of secondary phenomena, as well as in those in which deferrization or pyritization occurred.

The geochemical study of the metabauxites from Naxos Island, Greece, has shown that primary distribution of trace elements has remained as an indelible print, even in metabauxites which have undergone a strong metamorphism in the amphibolite facies, up to 650°C.

Due to this enrichment „per descensum“ several authigenic new minerals have been discovered at the base of the deposit, especially of nickel and the rare earth elements (REE). The association of these elements has never been found in the world except in the karstic bauxite deposits.

Erosion, transport and redeposition of karstic bauxites may result in the degradation and finally, in the total destruction of the primary trace elements distribution pattern. That is the case with some deposits in the Transdanubian Central Range in Hungary.

The genesis of karstic nickel deposits in Serbia and Greece is the same as of karstic bauxites and many transitional deposits between these two types are well known, especially in Greece.

---

<sup>1</sup> Serbian Academy of Sciences and Arts, Knez Mihailova 35, Belgrade.

## Regression Analyses of Engineering Properties of Latites (Mt. Fruška Gora, Serbia)

MAŠA RADIVOJEVIĆ<sup>1</sup> & VESNA MATOVIĆ<sup>1</sup>

Engineering properties of rock are controlled strongly by their internal structures (fabric, mineral composition and postdepositional processes). The rock mechanical property of greatest interest are strength under uniaxial compression (UCS) and abrasive resistance. They are crucial parameters and widely used in designing civil and mining structures. The testing procedure of UCS is relatively simple (method has been standardized by SRPS EN 1926:2005) but it is time consuming and expensive and requires well-prepared rock sample. On the contrary, physical properties are defined by tests which are very easy to carry out, simpler, faster and more economical. They necessitate less or no sample preparation and the testing equipment is less sophisticated. For this reasons, the authors proposed predictive models developed to quantify the influence of physical properties on mechanical properties, applicable to volcanic rocks.

This paper presents study concerning relationships between technical properties of latites sampled in quarries Kisnjeva Glava and Srebro (Mt. Fruška Gora). These latites are the most important raw-material used in the production of the aggregate in Vojvodina because of deficiency of volcanic rocks, requirements and trends increased use of eruptives stones for roadbeds and railway track ballast. The examined latites are mostly altered, rarely fresh, holochrySTALLINE porphyritic in texture and comprise sanidine, plagioclase, clinopyroxene and hornblende as main constituents. According to engineering properties they are heavy, with low porosity and very low water absorption, hard and with high values of compressive strength.

In this paper the authors propose a general relationships developed to define the UCS of latites a function of density, water absorption and abrasive resistance. The relationships are defined by tools of powerful modelling technique - regression analyses. In order to compare all reasonable regression models (developed by bivariate and multivariate methods), a backward elimination procedure was used as the screening procedure. For this purpose, the results of the UCS on 106 sample of the Fruška Gora latite were correlated with the results of physical properties. The equation of the best-fit line (method of least-squares) and the correlation coefficient were determined for each regression model. The determination coefficients of models were verified by the t-test and F-test and the result are compared with a tabulated values using null hypothesis. To check the estimate capability of the derived equations, the UCS estimated values were plotted against the actual values for each equations.

The results indicate that linear function gave the highest correlation coefficient, and that the UCS, among all rock properties, is the best correlated with the abrasive resistance values. However, it is also emphasized that the water absorption and density are also dominant rock properties affecting UCS of latite. Prediction performances of constructed models, the „variance account for“ and the „root mean square error“ reveal that the prediction capacity of the equation is extremely high. Cross-checks between estimated versus observed UCS production (the data compared with 1:1 line) represent perfect estimation.

It was concluded that the UCS of latite can reliably be estimated by using of developed models. The models which include density and water absorption have practical and economical advantages for the stone industry.

**Key words:** latite, correlation, regression, backward, uniaxial strength, density.

---

<sup>1</sup> Faculty of Mining and Geology, Djusina 7, Belgrade. E-mail masa9us@yahoo.com

## Петрогенеза интраофиолитских калкоалкалних и толеитских гранитоида источног обода Вардарске зоне у Србији

КРИСТИНА ШАРИЋ<sup>1</sup>, ВЛАДИЦА ЦВЕТКОВИЋ<sup>1</sup>, ROLF L. ROMER<sup>2</sup>,  
IRENA PEYTICHEVA<sup>3, 4</sup> и ALBRECHT VON QUADT<sup>3</sup>

Источни обод Вардарске зоне у Србији одликује се појавама офиолита у подручју Крагујевца (Ждралница) и Куршумлије који представљају реликте океанске литосфере Вардарског океана обдуковане у јури. Ови офиолитски комплекси су изграђени махом од габро-дијабазне асоцијације стена, уз подређено појављивање базалта и кумулатних перидотита. Унутар ових стена налазе се пробоји киселих, подређено и интермедијарних стена које су према волумену мале али имају велики петрогенетски значај. Све киселе и интермедијарне стене се могу поделити на: (1) толеитске плагиограните и кварциорите и (2) калкоалкалну серију гранитоида са којима су удружене ретке појаве диорита, кварциорита и кварцмонцодиорита.

Толеитске стене изграђене су од плагиокласа и кварца као битних минерала. Карактеришу се ниским до врло ниским вредностима садржаја  $K_2O$ , Rb и Ba, уз осиромашене садржаје елемената лаких ретких земаља. Ове стене показују висок степен изведености, односно диференцираности, што се одражава кроз њихов леукократни карактер ( $SiO_2$  до 75 wt%). У односу на калкоалкалну свиту стена, толеитске стене показују најниже  $^{87}Sr/^{86}Sr_i$  и највише  $\epsilon_{Nd}(T)$  вредности показују два узорка ( $^{87}Sr/^{86}Sr_i = 0.70404$  и  $0.70510$  и  $\epsilon_{Nd}(T) = 6.6$  и  $4.7$ ). На дијаграму Sr-Nd изотопских вредности они одговарају пољу деплетираниг омотача. Sr-Nd изотопска систематика ових стена указује да су оне деривирани из примарних магми које воде порекло из омотача. Све то указује да је ова група стена генетски везана за базичне магматске чланове офиолите у којима се и налазе.

Калкоалкална група стена се одликује хетерогенијим саставом. Унутар ње се могу издвојити (1) интермедијарне стене изграђене од плагиокласа, кварца, подређено ортокласа и амфибола и биотита као бојених састојака, као и (2) ниско- $Sr_i$  гранитоиди и (3) високо- $Sr_i$  гранити, који показују веома сличне петрографске одлике и изграђени су од кварца, ортокласа, плагиокласа и подређено биотита као бојеног састојка. Радиометријске одредбе старости измерене на цирконима из диорита и ниско- $Sr_i$  гранита износи  $170.16 \pm 0.44$  Ма. Интермедијарне стене имају  $^{87}Sr/^{86}Sr_i = 0.70556$  до  $0.70743$  и  $\epsilon_{Nd}(T) = -4.4$  до  $-0.7$ . Ниско- $Sr_i$  гранитоиди садрже  $0.70243-0.70761$   $^{87}Sr/^{86}Sr_i$  и  $-5.0$  до  $1.6$   $\epsilon_{Nd}(T)$ , док високо- $Sr_i$  граните карактерише највећи опсег у Sr-Nd изотопским односима:  $^{87}Sr/^{86}Sr_i = 0.70820-0.71525$  и  $\epsilon_{Nd}(T) = -5.9$  до  $-5.0$ . На основу петролошких и геохемијских карактеристика може се закључити да су ниско- $Sr_i$  гранитоиди могли да буду формирани стапањем вулканокластичних седимената у условима обдукције. Наведени вулканокластични протолит би могао да представља мафитски/интермедијарни вулканокластични материјал који је депонован у средини острвских лукова. Неколико узорака ниско- $Sr_i$  гранитоида показује чак и одлике адакитских растопа ( $Al_2O_3 > 15$  wt%,  $Sr/Y > 20$ ,  $Y < 15$  ppm,  $Yb < 1.5$  ppm и Sr-Nd изотопски састав карактеристичан за омотач. Високо- $Sr_i$  гранити се одликују и ниским La/Yb односима, који су праћени значајно негативним еуропијумовим аномалијама, што указује да је, уколико су ове стене настале из магми образованих стапањем граувака, резидуум заостао после парцијалног стапања садржавао плагиоклас, али не и гранат.

**Кључне речи:** плагиогранити, калкоалкални гранити, офиолити, колизија, Тетис, Вардарски океан

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд, Србија. E-mail: kristinas@rgf.bg.ac.rs, cvladica@rgf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Deutsches GeoForschungsZentrum (GZF), Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany. E-mail: romer@gfz-potsdam.de

<sup>3</sup> Institute of Isotope Geochemistry and Mineral Resources, ETH-Zurich; 8092-Zurich, Switzerland. E-mail: quadt@erdw.ethz.ch

<sup>4</sup> Central laboratory for mineralogy and crystallography, BAS, 1113-Sofia, Bulgaria. E-mail: peytcheva@erdw.ethz.ch

## Crystal–Chemical Characteristics of Barite from Zlatar (Serbia)

PAVLE TANČIĆ<sup>1</sup>, JOVAN KOVAČEVIĆ<sup>1</sup> & IVANA JOVANIĆ<sup>1</sup>

Rocks of the Diabase-hornfels formation built great part of Zlatar and its surrounding area. Into the composition of this formation enters: sandstones, siltstones, claystones, hornfels, and fewer limestones, as representatives of the sedimentary rocks; whereas magmatic rocks consist from diabases, spilites, gabbros, and less serpentine. It is very interesting occurrence of barite in this formation, whose outcrop was discovered at the area of about 100 m<sup>2</sup>. In this paper barite was crystallographically and chemically characterized. Observed values of the inter-planar spacings ( $d$ ), as well as calculated unit cell dimensions of:  $a = 7.146(1) \text{ \AA}$ ;  $b = 8.869(1) \text{ \AA}$ ;  $c = 5.446(1) \text{ \AA}$ ; and  $V = 345.14(8) \text{ \AA}^3$ ; are something smaller regard to the literature data which are adequate to “pure” barite. Such is consequence of partially (about 2 %) isomorphic substitution of Ba<sup>2+</sup> with Sr<sup>2+</sup> and Ca<sup>2+</sup> cations which have smaller ionic ratio. Presence of Pb<sup>2+</sup> cations in the structure is neglected, so the crystal-chemical formula of the investigated barite could be presented as:  $(\text{Ba}_{0.99}\text{Ca}_{0.01}\text{Sr}_{0.01})_{1.01}\text{S}_{1.00}\text{O}_4$ .

**Key words:** Zlatar, barite, X-ray investigations, chemical investigations.

---

<sup>1</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, Belgrade. E-mail: pavletan@infosky.net

## New Occurrence of Wulfenite at the Stari Trg–Trepča Ore Deposit

PAVLE TANČIĆ<sup>1</sup> & ZORICA TOMIĆ<sup>2</sup>

Wulfenite ( $\text{PbMoO}_4$ ) is a rather rare mineral, and according to that, every new occurrence deserves considerable attention. This mineral was discovered at the Stari Trg–Trepča ore deposit in the paragenesis with galena, sphalerite, pyrite, calcite and rhodochrosite. It appears together with calcite at the calcite crust formed over pyrite zone, as honey-yellow crystals of pyramidal shapes, with size of 5–25 mm. The X-ray powder diffraction pattern, as well as calculated crystallographic parameters in the adequate tetragonal  $I4_1/a$  space group of:  $a = 5,428(2) \text{ \AA}$ ;  $c = 12,111(4) \text{ \AA}$ ; and  $V = 356,8(2) \text{ \AA}^3$ ; are in very good agreement with the literature data. Wulfenite most probably originated as secondary mineral from cerussite at the oxidation zone.

**Key words:** Stari Trg–Trepča, wulfenite, new occurrence, X-ray investigations.

---

<sup>1</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, Belgrade. E-mail: pavletan@infosky.net

<sup>2</sup> Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Zemun. E-mail: ztomic@agrif.bg.ac.rs



## Албско-ценоманска трансгресија у Србији<sup>1)</sup> Albian-Cenomanian Transgression in Serbia

ИВАН АНТОНИЈЕВИЋ<sup>2)</sup>

**Апстракт.** Истраживања граничних хоризоната алб-ценомана Србије показују да је трансгресија голтског мора наступила у вракониену, а не у доњем голту (албу), као одраз једне од највећих трансгресија у геолошкој историји земље (ценоманска трансгресија). Трагови трансгресије у Србији потврђују да доњи и средњи голт (алб) нису развијени, а горњи, највећим делом, припада прелазним трансгресивним слојевима враконског потката са индексним амонитским зонама *Mortoniceras rostratum*, *Mariella bergeri* и др. У надирању од запада према истоку, захватила је терене унутрашњих Динарида Србије са офиолитима, карбонатне ургонске спрудове Шумадије (Београд), офиолитска острва централне и јужне Србије (Авала) и терене карбонатне параплатформе источне Србије. Трансгресија се даље наставља у ценоман и турон. Главна литолошка обележја трансгресије, у почетној фази, су теригени гвожђевити седименти латеритске коре распадања са оолитским рудама гвожђа, а у вишим деловима глауконитски пешчари и алевролити са богатом фауном.

**Кључне речи:** алб-ценоман, трансгресија, вракониен, Србија, подлога трансгресије.

**Abstract.** Research of the Albian–Cenomanian bordering horizons in Serbia indicate that the Albian (Goltian) Sea transgression in the Serbian terrains occurred in the Vraconian, and not in the Lower Albian, as a reflection of one of the largest transgressions in the Earth’s geological history (Cenomanian Transgression, GIGNOUX, 1950). At the same time, the transgression time relations necessitate a stratigraphic analysis and revision of the Albian in Serbia, particularly the Lower and Middle one and, of course, prioritize the issue of the Lower Cenomanian. Numerous transgression traces in Serbia point to the fact that the Lower and Middle Albian are not developed, and that the best part of the Upper Albian falls within the framework of the transitional transgression strata of the Vraconian substage together with the amonite zones *Mortoniceras Rostratum*, *Turrilites Bergeri* and some others. In the process of its attack from the West to the East, the Albian-Cenomanian transgression engulfed the terrains of the Inner Dinarides in Serbia, carbonate urogonian reefs in the Sumadija, ophillite islands of the Central and Southern Serbia and the terrains of the carbonate para platform of the Eastern Serbia, extending into the Cenomanian and Turonian.

**Key words:** Albian–Cenomanian, transgression, Vraconian, biostratigraphy, Uppermost Albian–Lowermost Cenomanian, geological foundation of the transgressoin, Serbia.

### Увод

У средњој креди Србије, на граници „креда–креда“, проучавани су последњих година сложени биостратиграфски односи и низ других литолошких и палеогеографских проблема. Један од тих проблема односи се на почетак, обим и трајање албско-ценоманске трансгресије у Србији и карактер геолошке подлоге.

Временски односи трансгресије, према нашим истраживањима, указивали су на потребу хроностратиграфске анализе и ревизију алба у Србији, нарочито доњег и средњег, и наравно ценомана. Трагови албско-ценоманске трансгресије потврђују да ови одељци албског ката у Србији (Тупижница, на пример) нису развијени, а да горњи алб припада трансгресивним прелазним слојевима враконског потката.

<sup>1</sup> Алб-ценоман или албско-ценоманск(и)а, као временски одељак, обухвата прелазне слојеве средње Креде Србије схваћене у овом тексту као најгорњи Алб и најдоњи Ценоман (Вракониен)

<sup>2</sup> Београд, Вјекослава Ковача 14 (пензионер Геозавода)

Од значаја су биостратиграфски, палеогеографски и други резултати истраживања средње креде (алб–ценоман) у западној и југозападној Србији и на Косову.

## Палеогеографски односи

Трагове албско-ценоманске трансгресије налазимо практично у целој Србији, затим у Македонији (Ржаново), Грчкој (Локрис) и Албанији (Кукес). Да је трансгресија албско-ценоманског мора на Балканском полуострву била интензивна и пространа имамо доказе и са обе стране јужних Карпата, код нас у источној Србији и у Румунији.

У надирању од запада према истоку трансгресија је захватила терене унутрашњих Динарида Србије (западна и југозападна Србија, Косово и Метохија), са офиолитима (Златибор и др.), ургонске спрудове централне Србије (Београд–Топола), офиолитска острва Шумадије (Авала, на пример) и терене карбонатне параплатформе Источне Србије.

У свим овим областима, у кластичном делу серије, карактеристични су базални конгломерати и гвожђевити пешчари, често глауконитски, а у појединим регионима, продукти латеритске коре распадања са оолитско-пизолитским рудама гвожђа (Мокра Гора у Србији, Ржаново у Македонији и др.).

Трансгресија је наступила у горњем албу, познатим враконским слојевима *Ranvieri*, у Румунији (СОДАРСЕА, 1961), југоисточној Француској, северној Африци и др. (GIGNOUX, 1950).

## Биостратиграфски проблеми трансгресије

У студији „Туписжница и њено подножје“ ПЕТКОВИЋ је 1907. издвојио доњи, средњи и горњи голт (алб) мада није искључио постојање најнижег нивоа ценомана. Ту претпоставку је, међутим, касније потпуно одбацио. „Ценоман није заступљен ни у Србији ни у Румунији, ни најнижим својим хоризонтом. Трансгресија голтског мора почела је у доњем голту, а завршена крајем голта“ (ПЕТКОВИЋ, 1913, стр. 126).

И поред оваквих закључака биостратиграфски проблеми ценомана и алб-ценомана у Србији и временски односи трансгресије, дуго су били отворени и дискутабилни, иако је ЖУЛОВИЋ (1893), још пре 120 година, указивао на постојање ценомана у источној Србији (Књажевац) и околини Београда, а МИЛОВАНОВИЋ (1937), знатно касније, у западној Србији. У јужним Карпатима Румуније, међутим, враконски слојеви и доњи ценоман били су познати још пре ЖУЛОВИЋА. О тим слојевима у Румунији ПЕТКОВИЋ је исцрпно полемисао (1913, стр. 125–126), наравно негативно, да би касније, мишљење о ценоману у Србији још једном одбацио. „ценоман у Србији не постоји, Емерзија!“ (ПЕТКОВИЋ, 1936).

## Околина Београда и Шумадија

На профилу подвожњака, у Кошутњаку (Београд), јасно се види да модри, гвожђевити, пешчари леже трансгресивно преко ургонских кречњака и да навише прелазе у фосилоносне наслаге алб-ценомана. Из тих слојева ЖУЛОВИЋ је (1893) одредио више десетина фосила, различитих родова и врста, претежно цефалопода, међу којима доминирају облици доњег ценомана (*Guadryceras*, *Turrilites*, *Phylloceras*, *Latidorsela* и др.).

На Рисовачи, код Аранђеловца, утврђени су прелазни враконски слојеви са *Turrilites* и *Ostlingoceras* амонитским зонама. Нема доказа о доњем и средњем албу (АНЂЕЛКОВИЋ, 1955).

## Источна Србија

Слична је ситуација у Источној Србији, на Туписжници и код Књажевца (АНТОНИЈЕВИЋ, 1984). Ревизија целокупне албске фауне Туписжнице на терену и у лабораторији показала је:

1) Кластични седименти тзв. доњег алба Горње Беле Реке садрже преталожену брахиоподску и др. фауну, и представљају трансгресивне делове алб-ценомана;

2) Алевролитски, глауконитски, седименти у повласти, са богатом и разноврсном фауном, у којој 30% врста, нарочито цефалопода (*Mortoniceras inflatum*, *Turrilets bergeri* и др.), одговара доњем ценоману, део су прелазних враконских слојева, тј. најгорњег алба и најдоњег ценомана.

На основу карактеристичних цефалопода код Књажевца (*Anisoceras*, *Guadryceras*, *Mortoniceras rostratum* и др.), које помиње и ЖУЛОВИЋ (1893), такође су утврђене биостратиграфске зоне најгорњег алба и доњег ценомана, као на Туписжници и Великом Кршу.

## Западна и југозападна Србија и Космет

Алб-ценоман и доњи ценоман утврђени су последњих година на више места у западној Србији и на Космету (ВАНЈАС, 1994, cum. lit., РАДОИЧИЋ, 1975, и др.).

То су, претежно, најнижи трансгресивни делови горње креде са конгломератима и пешчарима или гвожђевитим глауконитским седиментима и латеритске коре распадања. У тим наслагама фауна је оскудна (Мокра Гора, на пример) обзиром на токсичну абиотску средину седиментације и кору распадања са повећаним садржајима хрома, никла, кобалта и других неповољних елемената за развој органског света (АНТОНИЈЕВИЋ, 1983).

Седименти коре распадања, у вишим деловима серије, са пресецима *Ostracoda*, фораминифера и касиопидном гастроподском и др. фауном (*Glauconia*,



*Paraglauconiae, Pirgulifere*) указује на прелазне алб-ценоманске слојеве и доњи ценоман (BANJAC, 1994).

Фосилоносни алб-ценоман код Рајца и Брежђа (Западна Србија), са *Puzosia planulata* и др. фауном, доказан је још 1953. године (МАКСИМОВИЋ & МАРКОВИЋ, 1953).

На основу утврђеног средњег ценомана (претежно брахиопода), код Планинице, на северним падинама Маљена, RABRENOVIĆ *et al.* (2002) указују да нижи делови ценоманске серије одговарају трансгресивном горњем албу и алб-ценоману.

Фосилоносни алб-ценомански седименти доказани су последњих деценија, и на Космету у Кукеској зони и Дуљско-Клинском појасу, на више места (РАДОИЧИЋ, 1974, 1975).

## Геолошка подлога трансгресије

Геолошку подлогу трансгресије у западној и југозападној Србији изграђују офиолити унутрашњих Динарида (серпентинисани перидотити Златибора), ређе дијабаз-рочначка формација, палеозоик и тријас.

Слична је геолошка подлога даље према југоистоку на Косову и Метохији, затим у Македонији (Ржаново), Грчкој (Локрис) и Албанији (Кукес).

У Кукеској зони Србије геолошку подлогу трансгресије изграђује тријас, а у Дуљско-Клинском појасу серпентинити са латеритском кором распадања (РАДОИЧИЋ, 1975).

Ултрамафити унутрашњих Динарида и продукти њиховог распадања, са оолитско-пизолитским рудама гвожђа, главна су литолошка обележја геолошке подлоге и албско-ценоманске трансгресије у Србији (Мокра Гора) и делу Балканског полуострва (Македонија, Грчка, Албанија).

Ургонски спрудови и офиолитска острва Шумадије, са карбонатном параплатформом источне Србије, чине непосредну геолошку подлогу албско-ценоманске трансгресије у тим теренима. Посебно су интересантни профили подлоге и алб-ценомана у источној Србији. На западним падинама Великог Крша (Кривељ-Кварнана), Бељанице (Суви До), Кучаја (Злот, Подгорац) и Тупижнице сачувани су школски примери трансгресије и дискорданције између ургонских кречњака платформе и алб-ценоманских наслага (вракониен; ANTONIJEVIĆ, 1958, 1972, 1973, 1984).

Најзападнија тачка трансгресије у источној Србији, са глауконитским пешчарима, откривена је код Жагубице (Поникве), јужно од Сувог Дола (ANTONIJEVIĆ, 1970).

## Закључак

Биостратиграфска истраживања указују да је трансгресија албско-ценоманског мора у Србији

оставила дубоке трагове као одраз једне од највећих трансгресија у геолошкој историји Земље (ценоманска трансгресија, GIGNOUX 1950). Почетак и обим ове трансгресије везујемо за најгорњи алб и најдоњи ценоман (вракониен).

У надирању од запада према истоку трансгресија је захватила терене унутрашњих Динарида Србије, са офиолитима, карбонатне ургонске спрудове Шумадије (Београд), офиолитска „острва“ централне и јужне Србије (Авала, на пример), и терене карбонатне параплатформе источне Србије. Наставља се даље у ценоман и вероватно турон.

Фосилоносне творевине потврђују да недостају доњи и средњи алб, а горњи припада прелазним слојевима враконског потката са амонитским зонама: *Mortoniceras rostratum*, *Turrilites bergeri* и др.

Главна литолошка обележја, у почетној фази трансгресије, дају базални конгломерати и теригени гвожђевити седименти латеритске коре распадања са никлоносним оолитско-пизолитским рудама гвожђа западне Србије (Мокра Гора), Шумадије, Косова, Македоније (Ржаново), Грчке (Локрис) и Албаније (Кукес).

Глауконитски пешчари и алевролити, са богатом макро и микрофауном враконских слојева, у вишим деловима, карактеристичне су, такође, неритске плитководне творевине албско-ценоманске трансгресије у Србији.

Идентични трансгресивни и биостратиграфски односи: почетак, обим и трајање албско-ценоманске трансгресије (вракон) утврђени су, такође, према румунским геолозима, у јужним Карпатима Румуније.

## Литература

- АНЂЕЛКОВИЋ, М. 1955. Голт-Ценоман (Вракониен) на Рисовачи код Аранђеловца. *Зборник радова Геол. Инст. Ј. Жујовић*, Књ. VIII, Београд.
- АНЂЕЛКОВИЋ, М. 1975. Геологија Србије, II-2. Стратиграфија. Албски кат, стр. 184–192; 223–226; 231–235. Алб-Ценоман: 262–264, Институт за Рег. Геол., Београд.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1958. Donja kreda između Krivelja i Bučja. *Geološki Vesnik*, Књ. XVI, Београд.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1970. Tumač za geološku kartu FNRJ 1:100 000, list Žagubica. *Savezni Geol. Zavod*, Београд.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1972. Cenomanske limonitske rude gvozdja istočne Srbije. *Zbornik Radova Rud. Geol. Fak.*, Књ. XV, Београд.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1983. Ležišta gvozdja Srbije. *Geo. Vesnik*, Књ. 41. Ser. A. Београд.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1973. Stratigrafija i tektonika velikog Krša i Stola u istočnoj Srbiji. *Rasprave Zavoda za Geol. i Geof. Istraživanja*, Vol. X. Београд.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1984. Zoneografija Albskog kata Istočne Srbije. *Geološki Vesnik*, Књ. XLII, Ser. A., Београд.

- BANJAC, N. 1994. *Geologija gornje Krede Mokre Gore (Z. Srbija)*. Monografija Rud.Geol. Fak. Institut za regionalnu geol. i paleontologiju. Beograd.
- BANJAC, N. 2002. Albian-Cenomanian; Stratigraphic Column of Andrići Vilage, W. Serbia. *Ann. Geo. Penins. Balk.*, 64, Beograd.
- CODARCEA, AL. *et al.* 1961. Guide de excursion, C. Carpates Merid. Cycle Cretace super. *Ass. Geol. Carpato-Balkanique V-eme Congres.* 25–26. Bucaresti.
- GIGNOUX, M. 1950. *Stratigraphic Geology*. Engl. trans, Generality: The Cenomanian Transgression, p. 455. Freeman and Co., San Franc. and London.
- МАКСИМОВИЋ, Б. & МАРКОВИЋ, Б. 1953. Нов прилог за познавање Голта и Ценомана из области Кадине Луке и Рајца. Зап. Србија. *Зборник Радова Гео. Инстї. САН ХХХИИ*, Књ. 5., Београд.
- МИЛОВАНОВИЋ, Б. 1937. О Ценоману у зап. Србији. *Геолошки анали Балканскога йолуостїрва*, Књ. XIV, Београд.
- ПЕТКОВИЋ, В. 1907. Тушижница и њено подножје. Споменик Срп. Краљ. Академије, 46. Београд.
- ПЕТКОВИЋ, В. 1913. Голт у Србији. *Глас Срп. Краљ. Акад.*, 89, Београд
- РЕТКОВИЋ, В. 1936. Геологија Источне Србије. *Posebna izdanja Srp. Kralj. Akad.*, Књ. 105. Prir. Mat. Spisi, Књ. 28, Beograd
- RABRENOVIĆ, D. *et al.* 2002. The Middle Cenomanian Basal Series of Planinica, W. Serb. *Ann. Geol. Penins. Balk.*, 64 (2001) Belgrade 2002.
- РАДОИЧИЋ, Р. 1974. Микрофосилна асоцијација у седиментима горње Креде Црнолева и Дренице. *Глас САНУ ССХХХИХ*. Одељење Природно-мат. наука, Књ. 36, Београд.
- РАДОИЧИЋ, Р. 1975. Геологија Србије, II-2. Стратиграфија: Горња Креда. Косово, стр. 331-375. Београд. Институт за Рег. геол. и палеонтологију. Руд. Геол. Фак. Универзитета у Београду.
- ЖУЛОВИЋ, Ј. 1893. Геологија Србије. I. Део. Посебно издање Срп. Краљевске Академије, Београд.

## Сарматски Паратетис Северозападне Србије: нова разматрања и корелације на основу података са листа Владимирци, ОГК 1:100.000

Sarmatian Paratethys Sea of Northwestern Serbia: New Considerations and Comparison Based on Data Of Bgm 1:100,000, Sheet Vladimirci

НАДЕЖДА ГАГИЋ<sup>1</sup> и ЉУПКО РУНДИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Бракичне, средњемиоценске сарматске наслагае СЗ Србије на подручју ОГК лист Владимирци, наталожене су конкордантно преко баденске основе мада најстарији сармат није свуда документован. У литолошком смислу, сармат је заступљен у теригено-карбонатном развићу с тим да су песковите и глиновите партије у старијим нивоима (бушотине Bn-V, B-10, IB-8) а да су карбонатне серије у вишим деловима стуба (бушотина Sv-5). У биостратиграфском погледу, проучавани седименти припадају доњем и делом средњем сармату (Sarmatian s. str.) према класичним поделама које важе у централном Паратетису. Проучавани простор је са палеогеографског аспекта доста занимљив јер је уочено да, одатле па даље ка истоку (нпр. у подручју листа Обреновац и околини Београда), постоји развој сармата који се прилично разликује у својим млађим фазама и који указује на присуство сармата какав је у источној Србији. С друге стране, идући ка западу, остали делови СЗ Србије и сарматски терени даље у Босни и Хрватској, одговарају класичном развоју какав се среће у западном односно централном Паратетису.

**Кључне речи:** Сармат, Паратетис, карбонатни развој, Владимирци, СЗ Србија.

**Abstract.** In the area of the sheet Vladimirci, BGM on scale 1:100,000, the Middle Miocene Sarmatian brackish sediments are usually deposited over the Badenian rocks (the oldest biozone missing somewhere). Lithologically, the older parts contain more sands, clays, or sandy clays (i.e. boreholes Bn-V, B-10, and IB-8). However, in the upper (younger) parts of some boreholes there are carbonates (borehole Sv-5). Biostratigraphically, according to the Miocene division in the Central Paratethys, the investigated deposits belong to the Lower Sarmatian and the basal part of the Upper Sarmatian (Sarmatian s. str.). From the palaeogeographic point of view, this region represents a very interesting area in term of the Sarmatian distribution in the southern margin of Pannonian Basin. Namely, the other Middle Miocene terrains of western Serbia as well as similar parts in Bosnia and Croatia correspond to the classic Sarmatian s.str. development of Central Paratethys. Opposite, in the eastern terrain (Sheet Obrenovac, BGM 1:100,000 and Belgrade surroundings) there are quite different development in the younger phases of the Sarmatian and it shows more similarity with the Middle Miocene of Eastern Serbia.

**Key words:** Sarmatian, Paratethys, marine carbonates, Vladimirci, Northwestern Serbia.

### Увод

О наслагама сарматског ката средњег миоцена има доста података у Србији. Први потичу још пре једног века када су наши „пионири“ геологије писали о терцијарним наслагама и сматрали да бракичне “горњомиоценске” наслагае имају значајно рапрострањене на подручју централног Паратетиса.

Неки важни радови који се тичу стратиграфије миоцена а који не третирају проблематику микрофауне сармата овде нису навођени али имају веома важно место у разматрању укупног развоја миоцена у Србији (бројни радови В. Ласкарева, П. Павловића, М. Павловића и П. Стевановића).

Хронолошки посматрано, најважније резултате истраживања сарматске микрофауне, дали су СТЕ-

<sup>1</sup> Ивана Рибара 121, Нови Београд.

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Департман за геологију, Каменичка 6, Београд. E-mail: rundic@rgf.bg.ac.rs



Сл. 1. Сателитски приказ истраживаног простора са шематизованом позициом неких истражних бушотина  
 Fig. 1. Satellite image of the investigated area and the schematic position of several boreholes (Google Earth, 2010)

ПАНОВИЋ (1938), ВЕЉКОВИЋ-ЗАЈЕЦ (1953), ТОМИЋ-ЏОЏО (1953, 1970, 1979), а касније нове податке о сармату налазимо и код ПЕТРОВИЋ (1961, 1970, 1971) КРСТИЋ (1970, 1978), ЂИЛКОВИЋ *et al.* (1973), МАСЛАРЕВИЋ И ГАГИЋ (1976), ГАГИЋ (1967, 1968, 1973/74, 1974, 1981, 1983) (због великог броја, неке од наведених референци преузете су из новије литературе – RUNDIĆ 1989; ГАГИЋ 1990, GAGIĆ 1996; RUNDIĆ & MITROVIĆ 1995, 1998; MITROVIĆ *et al.* 2006 те и нису дате у списку референци).

У свим поменутих радовима, седиментне наслагае сармата, као регионалног ката средњег миоцена (у старијим радовима – горњег миоцена) третиране су у смислу како их је и први пут у Бечком басену издвојио SUSS (1866). Истина, данас се сматра да његова класична локалност (Nexing) и тамошњи стратотипски профил сармата и не одсликава најбоље целокупан развој сармата, јер типски профил обухвата само горњи ниво сармата а ни доња ни горња стратотипска граница није очувана (HARZHAUSER & PILLER 2007). У литолошком смислу, старији сармат је више “силицикластичан” док је млађи и кластичан и карбонатан. Тако је широм централног Паратетису, издвојене наслагае одговарају волинском поткату – доњем сармату (микрофаунистичке зоне *Anomalinoidea dividens*, *Elphidium reginum* и *El. hauer-*

*inum*) и најстаријим нивоима средњег сармата – бесарабијену (*Porosonion granosum*). По овом моделу је развијен сармата у ужем смислу (Sarmatian s.str.). Поређења ради, у источном Паратетису, сармат је стратиграфски троделно подељен и поред поменутог волинског потката, комплетно су развијени и бесарабијан и најмлађи ниво, херсонијан (BARBOT DE MARNY 1886 – видети ГАГИЋ 1990). Такав развој добро је документован и код нас у источној Србији (видети у неким горе поменутих старијим радовима).

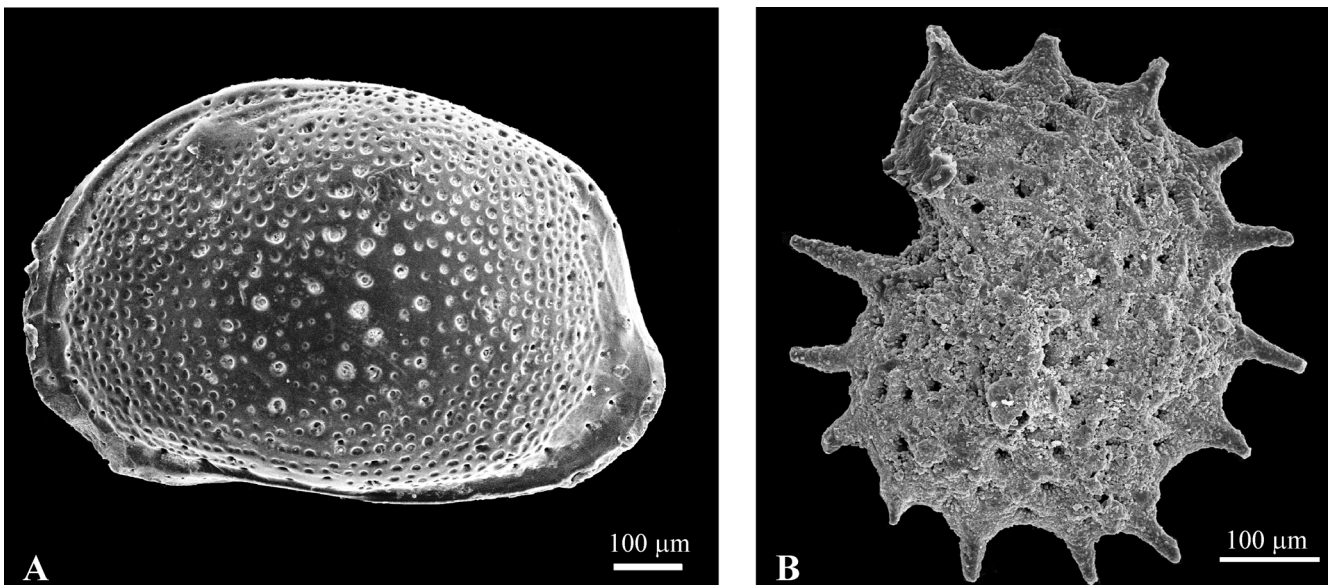
Обзиром на данашња савремена, интегрисана стратиграфска истраживања (HARZHAUSER & PILLER 2004, 2004а, 2007; HARZHAUSER *et al.* 2007, 2008; LIRER *et al.* 2009; MAYRHOFER *et al.* 2009) може се рећи да поменуте сарматске наслагае на простору централног Паратетису, обухватају временски распон од најмање 1,1 милион година (12,7–11,6 милиона година пре данашњице). Проучавања стабилних изотопа ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) на љуштурама сарматских мекушаца показују два различита тренда, први (старији сармат) који одговара једном затвореном, ослађеном мору и други, (млађи сармат), који одговара правом морском развоју са значајним таложењем карбоната у условима субтропске климе (LATAL *et al.* 2004; HARZHAUSER *et al.* 2007). Овако, палеоеколошки и геохемијски дводелно подељени сармат, представља новину у Панонском басену јер званични модели фаворизују бракични развој целог сармата у централном Паратетису.

## Резултати и дискусија

Према подацима са ОГК 1:100.000, лист Владимирци (Filipović *et al.* 1973) “горњомиоценски” сарматски седименти представљени су двојаким, брахихалинским (Посаво-Тамнава) и слатководним развојем (Ваљевско-миоцички басен). Хетерогене, углавном теригено-кластичне наслагае (пескови, лапоровите и песковите глине) у стратиграфском смислу одговарају најстаријим нивоима сармата - моренштернијским и доњоервилијским слојевима односно биостратиграфским (еко)зонама *Elphidium reginum* и *El. hauerinum*. Само на појединим местима (поток Тавтић, шира околина Свилеуве и села Козарице и Шабачка Каменица) јављају се песковити кречњаци који, биостратиграфски, одговарају горњоервилијским слојевима односно фораминиферској екозони *Porosonion granosum*.

дубљим деловима језгра (до 35,50 m), у зеленкастим карбонатним песковима и прослојцима песковитих кречњака појављују се бројни рекристалисали облици фораминифера (*Porosonion* sp., *Elphidium* sp.). У интервалу од 37–43 m, у песковитим кречњацима, карактеристично је присуство седиментних структура (онкоиди, оолити) који указују на плитководну, нестратификовану водену средину у којој се формирала карактеристична палеозаједница плавозелених алги, бризоа. У дубљим, песковитим нивоима (79.5–81.5 m), нађене су типичне сарматске фораминифере (*Elphidium reginum* (D'ORBIGNY), *El. aculeatum* (D'ORBIGNY), *Elphidium* sp.), остракоде (*Heterocythereis mehesi* (ZALANYI), *Loxocorniculina* cf. *hastata* REUSS, *Miocyprideis*? sp., *Cytheridea hungarica* ZALANYI), рибе и други организми (сл. 2).

У пределу Каоне (Црквена Шума), у бушотини В-12, у позитивном узорку са дубине од 44,90–45.60 m



Сл. 2. Сарматске остракоде и фораминифере из буш. Sv-5 (79.50-81,50 mm) А. *Heterocythereis mehesi* (ZALANYI), В. *Elphidium* cf. *aculeatum* D'ORBIGNY

Fig. 2. Sarmatian ostracods and foraminifera from the borehole Sv-5 (79.50-81,50 mm. А. *Heterocythereis mehesi* (ZALANYI), В.

Детаљном анализом узорака из неколико бушотина, овде су дати нови, врло занимљиви подаци.

У бушотини Вп-V у Владимирцима, испод панонских наслага које су утврђене до дубине од 128,4 m наталожене су млађе сарматске творевине које припадају екозони *Porosonion granosum*. Константоване су у интервалу од 134–149,8 m с тим да је типска, зонска врста *P. granosum* (D'ORBIGNY) присутна на дубини од 137–139 m. Дубљи делови бушотине упућују на присуство старијих нивоа сармата (до 201 m) односно бадена који је констатован на дубини од 234 m где је представљен бројним бентоским и планктонским облицима фораминифера међу којима је род *Uvigerina* посебно доминантан.

У бушотини у Свилеуви (Sv-5), констатовано је присуство панонских седимената све до 27 m. У

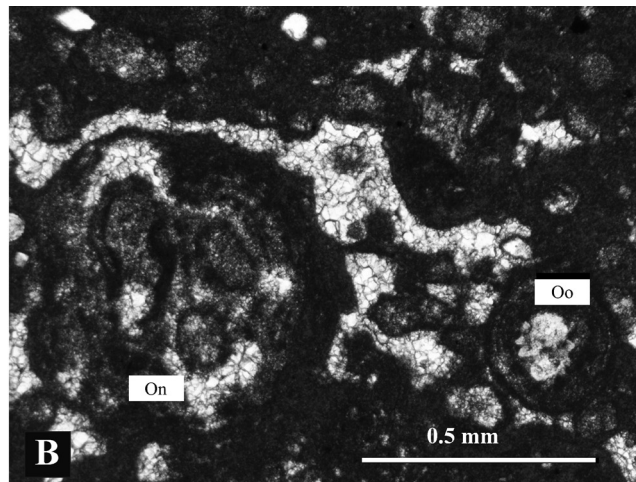
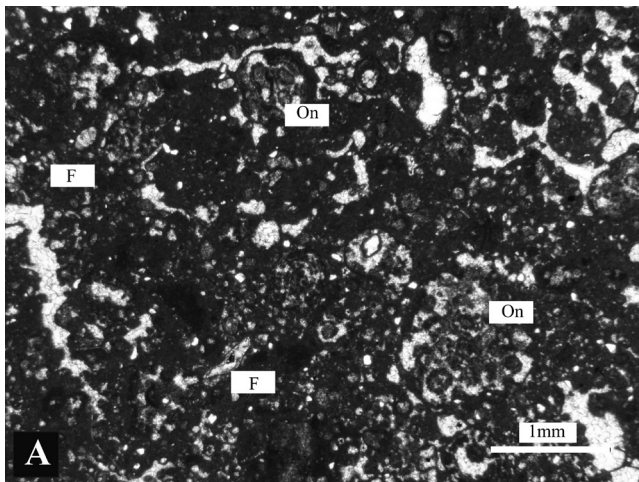
који је изграђен од карбонатних глина, документовани су ситни примерци елфидијума који указују на сарматски развој.

Слично је и у бушотинама ИВ-10 (67–71 m) и ИВ-8 (60,00 m?) у Памбуковици, где су у карбонатним глинама нађени ретки примерци фораминифера и остракода који указују на најстарији сармат (*Elphidium reginum* (D'ORBIGNY), *El.* cf. *crispum* (LINNE), *Cytheridea hungarica* ZALANYI, *Senesia* sp.).

Раније издвојен и дефинисан сармат у брахихалинском развоју, овим истраживањима је генерално потврђен с тим да је и ново откривено да су најмлађи, карбонатни седименти на подручју Свилеуве (бушотина Sv-5, интервал 37–43 m) представљени специфичним развојем у коме су доминантне седиментне структуре типа онкоида и оолита а који суг-

еришу на плитководни тип средине у млађим фазама развоја сарматског мора (сл. 3). Ово су први, прелиминарни подаци који указују на њихово крајње западно распрострањење у Србији. Поставља се питање да ли појављивање ових структура у карбонатним наслагама, може бити повезано са локалним палеосколошким условима или је то појава која се може применити на целу јужну маргину сарматског мора у СЗ Србији? С обзиром на доста детаљно проучене изданке и материјал из бушотина,

диверзитет бескичмењака, комплекси коралних спрудова, просечна температура изнад 18° C) настаје етапа тзв. климатске транзиције крајем баденског века (нема коралних гребена, пораст стратификације воде, пад салинитета, просечна температура око 12° C). То се мења током старијег сармата када постоји супротни тренд који ће имати пик у најмлађем сармату (сутропски климат, потпуно затворено, плитко море, пораст евапорације и салинитета, повећање температуре на просечних 15° C).



Сл. 3. А, В. Микроспарити са онкоидима (On), оолитским структурама (Oo) и пресецима фораминифера (F), Sv-5 (37–43 m).  
Fig. 3 A, B. Microsparites with numerous oncoids (On), oolites (Oo) and foraminifer sections (F), Sv-5 (37–43 m).

као и на већ раније публиковане податке, реалније је говорити о присуству специфичног биотопа који је био успостављен у млађим етапама егзистенције сарматског мора (горње ервилијски/мактра слојевии). Наиме, поред плавозелених алги које су одговорне за изградњу ових структура, присутне су бројне полихете, бриозое, фораминифере, ретке остракоде и отолити који сугеришу на једну врло богату и разноврсну палеозаједницу која је егзистовала у условима врло топле климе. Испитивани простор, припада јужној маргини Паратетиса, и током млађег сармата, налазио се у домену плитког, епиконтиненталног мора. По досадашњем, широко прихваћеном моделу на основу присуства карактеристичне фауне мекушаца, реконструисан је тренд пада салинитета Паратетиског мора од око 30‰ на граници баден/сармат па до око 16‰ на граници сармат/панон. Фораминифере сугеришу пад салинитета између 25–16‰ (BRESTENSKA 1974). Савремена хеомстратиграфија и резултати колебања стабилних изотопа угљеника и кисеоника ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ), мерени у љуштатурама плитководних шкољки и пужева указују на варирање салинитета, климе и температуре током сармата (LATAL *et al.* 2004; HARZHAUSER & PILLER 2007; HARZHAUSER *et al.* 2007). Дијаграми варијација тих изотопа указују да после једног климатског оптимума у старијем бадену (висок

Који су показатељи за то? Величина  $\delta^{18}\text{O}$  показује позитиван пик ( $> +1\%$  SMOW) што упућује на изразито слану воду приобалског појаса. Такође, тренд повећања величине  $\delta^{13}\text{C}$  и његов максимум током сармата коиндицира са снижењем нивоа мора односно са евапорацијом у приобаљу (HARZHAUSER *et al.* 2007). Другим речима, према овим показатељима, верује се да је током старијег сармата дошло до максимума ширења мора а да је у млађим фазама дошло до његовог оплићавања и стагнације (формирање плитких гребена). И други подаци подупиру овај концепт. Ламинирани доњосарматски лапорци указују на стратификацију воде док карбонатна седиментација у најмлађем сармату то искључује (PILLER & HARZHAUSER 2005). Да ли налазак поменутих седиментних структура може указивати на изостанак стратификације и на приобалске односно плитке, подводне гребене? Свакако да може, јер и остали елементи у фосилној заједници још више подупиру овај модел. Наиме, масовно присуство шкољки са јаким и дебелом љуштуром (*Sarmatimactra*, *Venerupis* – PAPP *et al.* 1974; PILLER & HARZHAUSER 2005), полихете и бриозое, неке форме остракода, масовно присуство фораминиферске врсте *Spirolina austriaca* ORB. и други организми указују на нормалну морску средину и раствор богат карбонатним јонима. Осим тога, прис-

уство оолита и пескова у коме се налазе бројни мекушци дебеле љуштуре, даље указују на приобалске услове на плитким гребенима који су градили мање карбонатне платформе (HARZHAUSER & PILLER 2004).

## Закључак

Анализом података из бушотина Вн-V, В-10, ИВ-8, и Sv-5, дошло се до неколико важних закључака:

- Постојећа сазнања о распрострањењу сармата на овом простору су допуњена новим подацима који указују да осим бракичних постоје и праве морске наслагае.
- Старији нивои сармата - моренштернијским и доњоервилијски слојеви односно биостратиграфске (еко)зоне *Elphidium reginum* и *El. hauerinum* су типски развијене као и у другим деловима панонског Паратетиса.
- Млађи нивои сармата – горњоервилијски и мактра слојеви односно фораминиферска екозона *Porosonion granosum* документовани су у теригеном али и у карбонатном развоју.
- Најмлађи сармат у карбонатном развоју је обележен карактеристичним онкоидно-оолитским структурама чиме се указује на значајан пораст у салинитету и развоју плитке, приобалске карбонатне фације.
- Ови закључци су поткрепљени и другим показатељима те подацима из литературе (типови наслага, фосилни индикатори, тренд и величина стабилних изотопа ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) и сл.).

## Литература

- FILIPOVIĆ, I., GAGIĆ, N., RODIN, V. & AVRAMOVIĆ, V. 1973. Tumač za list Vladimirci, OGK 1: 100.000, list Vladimirci. Savezni geološki zavod, Beograd, 59 str. (in Serbian)
- ГАГИЋ, Н. 1989. Нубекуларије из сарматских седимената србије. *Геол. анали Балк. њол.*, 53, 385–406 (in Serbian).
- ГАГИЋ, Н. 1990. Микрофосилне заједнице из сарматских седимената Србије. *Геол. анали Балк. њол.*, 53/1, 305–313 (in Serbian)
- GAGIĆ, N. 1996. Tertiary and Quaternary deposits and their microfossils from borehole Bij-at Bijeljina, Semberija, Northeastern Bosnia. *Ann. Geol. Penins. Balk.*, 60/2, 203–217.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E. 2004. The Early Sarmatian - hidden seesaw changes. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, 246: 89–112, Frankfurt am Main.
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E. 2004a. Integrated Stratigraphy of the Sarmatian (Upper Middle Miocene) in the western Central Paratethys. *Stratigraphy* 1: 65–86
- HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E. 2007. Benchmark data of a changing sea – Palaeogeography, Palaeobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 253, 8–31.
- HARZHAUSER, M., PILLER, W.E. & LATAL, C. 2007. Geodynamic impact on the stable isotope signatures in a shallow epicontinental sea. *Terra Nova*, 19, 1–7.
- HARZHAUSER, M., GROSS, M. & BINDER, H. 2008. Biostratigraphy of Middle Miocene (Sarmatian) wetland systems in an Eastern Alpine Intramontane Basin (Gratkorn Basin, Austria): the terrestrial gastropod approach. *Geologica Carpathica*, 59, 45–58.
- LATAL, C., PILLER, W.E. & HARZHAUSER, M. 2004. Palaeoenvironmental reconstructions by stable isotopes of Middle Miocene gastropods of the Central Paratethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 211, 157–169.
- LIRER, F., HARZHAUSER, M., PELOSI, N., PILLER, W.E., SCHMID, H.P. & SPROVIERI, M. 2009. Astronomically forced teleconnection between Paratethyan and Mediterranean sediments during the Middle and Late Miocene. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 275, 1–13.
- MAYRHOFFER, S., ZUSCHIN, M., HARZHAUSER, M., & MANDIĆ, O., 2009. Taxonomic and palaeoecological comparison of Sarmatian (Middle Miocene) molluscs from Rumania, the Ukraine and Austria. *Geophysical Research Abstract*, vol. 11, EGU General Assembly.
- МИТРОВИЋ, С. и РУНДИЋ, Љ. 1991. Прилог познавању сармата околине Београда. *Геол. анали Балк. њол.*, 55/2, 59–73.
- MITROVIĆ, S., MITROVIĆ, B. & RUNDIĆ, LJ., 2006. Microfossil association from Middle Sarmatian carbonate rocks of Belgrade environs. *Proceed. XVIII Congress of CBGA, Belgrade*, 390–393.
- PILLER, W.E. & HARZHAUSER, M., 2005. The Myth of the Brackish Sarmatian Sea. - *Terra Nova*, 17 (5): 450-455
- PILLER, W.E., HARZHAUSER, M. & MANDIĆ, O., 2007. Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. *Stratigraphy*, 4, 151-168.
- RUNDIĆ, LJ. 1989. Hiatus između sarmata i panona i hijatus unutar panona u bušotini KG-28e u potoku Siboviku, Velika Moštаница (Beograd). *Radovi Geoinstituta*, 23, 245-250. (in Serbian).
- РУНДИЋ, Љ. и МИТРОВИЋ, С. 1995. Микрофауна бадена и сармата из бушотина Б-1 и Б-2 (околина Београда), *Геол. ан. Балк. њол.*, 59/1, 203–223 (in Serbian and English)
- RUNDIĆ, LJ. & MITROVIĆ, S. 1998. Sedimentation breaks in Upper Miocene in some boreholes of the Kolubara Basin, northwestern Serbia. *Rom. J. Stratigraphy*, 78, 165–169.
- SUCESS, E. 1866. Untersuchungen über den character der Österreichischen Tertiär ablagerungen. II. Über die Bedeutung der sogenannten „Brackischen Stufe“ oder der „Cerithienschichten“. *Sitzungsberg. Akad. Wiss. Mathematisch naturwiss. Klasse*, 54, 7, 1–40.





## Усаглашавање стратиграфске терминологије и номенклатуре квартара

### Standardization of the Quaternary Stratigraphical Terminology and Nomenclature

ТИВАДАР ГАУДЕЊИ<sup>1</sup> и МЛАЂЕН ЈОВАНОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Корекције у стратиграфској подели квартара Србије је актуализовало померање границе и додавање геласијског ката доњем плеистоцену, чиме је доња граница плеистоцена/квартара одређена на приближно 2,588 милиона година. Уместо званично одбаченог Пенк-Брикнеровог Алпског стратиграфског модела препоручује се коришћење изотопских стадијума кисеоника (OIS/MIS). Климатостратиграфски термини глацијал и интерглацијал су регионалне примењивости (њихово коришћење се препоручује само на подручјима где је било трагова глацијације) док у глобаном контексту би требало да се користе термини хладни стадијум и топли (или умерени) стадијум. Еоплеистоцен представља регионални термин за бивши СССР и због своје специфичности тешко се може применити у стратиграфији кварталних секвенци Србије. Најновијим проширењем доњег плеистоцена (са геласијским катом) његова употреба би довела до даље конфузије и непрегледности при стратиграфској корелацији.

**Кључне речи:** Квартар, стратиграфија, терминологија, Србија.

**Abstract.** The definition of the base of the boundary of Pleistocene Series/Epoch and the Quaternary System/Period which is lowered to 2.588 Ma with the adding of the Gelasian stage to the Quaternary makes the further correction on the Quaternary stratigraphical scale very actual. It is recommended of use the Oxygen Isotope Stages (MIS/OIS) as a substitution of the rejected Penck-Brückner's stratigraphical model for the Alps. Climastratigraphical terms as glacial and interglacial have limited regional use (in the area where the Pleistocene glaciations were recorded), while in the global perspective they have to substitute with terms cold and warm/temperate stages. Eopleistocene represents a regional stratigraphical term (for the former Soviet Union) and according of unique regional features they can applied with difficulties for the stratigraphy of the Serbian Quaternary sequences. With the recent changes on the stratigraphical changes in the Quaternary time scale, it is highly recommended not to use the term Eopleistocene for Quaternary sequences of Serbia because they make the further confusions.

**Keywords:** Quaternary, stratigraphy, terminology, Serbia.

### Увод

Термини квартар и плеистоцен су у међународној литератури у употреби више од 150 година. (BOURDIER 1957; SCHNEER 1969). Током прошлости вођено је много дебата о њиховом месту и статусу на геолошкој временској скали. Излазак "Геолошке временске скале 2004" (Geological Time Scale 2004) (GRADSTEIN *et al.* 2004) деловао је као катализатор полемика везаних за позицију квартара и његову стратиграфску и геохронолошку поделу.

Овај проблем је био у жижи интересовања Субкомисије за стратиграфију квартара у оквиру Међународне комисије за стратиграфију (International Commission on Stratigraphy – Subcommission on Quaternary Stratigraphy, ICS-SQS) која је у сарадњи са Међународном унијом за проучавање квартара (International Union of Quaternary Research) разрадила неколико предлога за временско и статусно позиционирање квартара (GIBBARD *et al.* 2009).

Јуна 2009. Међународна унија геолошких наука (International Union of Geological Sciences, IUGS) фор-

<sup>1</sup> Географски институт "Јован Цвијић" САНУ, Ђуре Јакшића 9, 11000 Београд. E-mail: tiv@neobee.net

<sup>2</sup> Катедра за Физичку географију, ПМФ, Трг Доситеја Обрадовића 3, 21000 Нови Сад. E-mail: mladjen.jovanovic@dgt.uns.ac.rs

мално је ратификовала позиције квартара и плеистоцена и поставила доњу границу на 2,588 милиона година ([http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS\\_Ratification\\_Q\\_&Pleistocene.pdf](http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS_Ratification_Q_&Pleistocene.pdf); GIBBARD *et al.* 2009)

Потреба за усаглашавањем стратиграфије квартара на простору Србије је већ постојала, међутим на овај начин је поново актуализовано међу квартарним стратиграфима.

У овом раду биће представљене новине везане за стратиграфију квартара, усаглашавање термина и номенклатуре за представљање квартара на подручју Србије сходно важећим глобалним моделима, чиме ће се избећи конфузија у комуникацији између квартаролога.

Хроностратиграфске јединице су изабране као средство међународне комуникације међу стратиграфима с обзиром на њихово место на стратиграфским профилима. Геохронологија представља одређивање и временски оквир временских секвенци и појава током историје Земље. Геохролошке јединице представљају поделу геолошког времена. Између хроностратиграфских и геохронолошких термина постоји формална хијерархија еквивалентности (SALVADOR 1994). За разлику од старијих геолошких одељака, климатостратиграфска подела квартара има другу традицију базирану на утврђеним климатским променама (сл. 1)

ератема/ера	систем/периода	подсистем/ подпериода	серија/ епоха	подсерија/ поделоха	стандардни катови	MIS
КЕНОЗОИК	КВАРТАР	горњи/касни	холоцен			1
			плеистоцен	горњи/касни	тарантијски	2-5
		средњи		јонски	6-19	
		доњи/рани		калабријски	20-63	
				геласијски	64-103	

Сл. 1. Хијерархија формалних квартарних хроностратиграфских и геохронолошких термина (према GIBBARD *et al.* 2009; WALKER 2005)

Fig. 1. Hierarchy of the formal Quaternary chronostratigraphical and geochronological terms (after GIBBARD *et al.* 2009; WALKER 2005)

## Ратификована стратиграфска схема квартара (јун 2009)

На основу предлога ICS-а, Извршни одбор IUGS-а, је прихватио да се изједначе базе квартарног система/периода и плеистоцене серије/епохе. Трајање плеистоцена је стога проширено додавањем геласијског ката (Gelasian) који је припадао плиоцену. По-

дина овог ката је одређена стратотипским профилем планине Св. Никола на Сицилији (GSSP - Monte San Nicola, Sicily, Italy). Граница неоген/квартар одговара почетку морског изотопског стадијума (Marine Isotope Stage - MIS), MIS 103 датираним на 2,588 милиона година. На основу ових дефиниција геласијски кат се преноси из плиоцене серије/епохе у плеистоцен (GIBBARD *et al.* 2009).

## Климатостратиграфске јединице

Традиционалне климатостратиграфске јединице квартара су глацијал/стадијал и интерглацијал/интерстадијал.

Интерглацијал представља интервал топле или умерене климе са најмање једним климатским оптимумом, који је имао исте или више климатске вредности као холоцен. Интерстадијал је период који није трајао довољно дуго, или био довољно топао да би се развила листопадна шума умереног климата или еквивалентна вегетација интерглацијалног типа (WEST 1977).

Употреба термина глацијал и интерглацијал је веома раширена, међутим они су неадекватни за области које нису биле захваћене глацијацијом. Стога је препоручена употреба термина хладни (cold stage) и топли, односно умерени стадијум (warm stage/temperate stage). Природа ових јединица указује на њихову регионалну употребу (SUGGATE 1974; SUGGATE & WEST 1969; WEST 1977).

Према савременој климатостратиграфској подели, квартал је распчлањен на *морске изотопске стадијуме* (MIS), који су дефинисани на основу опажених варијација изотопа кисеоника у дубокоморским седиментима (EMILLIAN, 1955; SHACKLETON & OPDYKE 1973).

Последњих десет година и лесне серије на простору Србије веома се прецизно корелирају са морским изотопским стадијумима (нпр. NAMWACH *et al.* 2008; MARKOVIĆ *et al.* 1999, 2006, 2008).

## Корекције на стратиграфском моделу Србије

### Недостаци Пенк-Брикнеровог Алпског стратиграфског модела

Пенк-Брикнерова стратиграфска схема плеистоцена на простору Алпа (PENCK & BRÜCKNER 1909) је деценијама представљала основни хроностратиграфски модел за скоро читав континент, а заснивала се на проучавању моренског материјала у долинама северне подгорине Алпа.

Џорџ Кукла (George Kukla) је објединио је доказе добијене до 1969. године, који сведоче да развиће глацијалних и интерглацијалних периода према

I		II		III		IV	
холоцен-постгласиал		холоцен-постгласиал		холоцен		холоцен	
горњи		горњи		горњи		горњи	
вирм		вирм		вирм		вирм	
рис-вирм		рис-вирм		рис		рис-вирм	
средњи		средњи		рис		рис	
рис		рис		миндел		миндел-рис	
миндел-рис		миндел-рис		миндел		миндел	
доњи		доњи		гинц		гинц-миндел	
миндел		миндел		гинц		миндел	
гинц-миндел		гинц-миндел		соплеистоцен		соплеистоцен	
гинц		гинц		вилафранк		гинц	
дунав-гинц		горњи		доњи		дунав	
доња левант		средњи (?)		доњи		доња левант	
доња левант		доња левант		доња левант		доња левант	
еоплеистоцен		еоплеистоцен		еоплеистоцен		еоплеистоцен	
дунав		палудински сл.		палудински сл.		палудински сл.	
		горњи		горњи		горњи	
		средњи		средњи		средњи	
		доњи		доњи		доњи	
		понт		понт		понт	
		мноплиоцен		мноплиоцен		мноплиоцен	

Сл. 2. Место еоплеистоцена у квартарној стратиграфској скали према РАКИЋУ (РАКИЋ 1976, 1977а, 1977б; СТЕВАНОВИЋ, 1977). Легенда: I – Горњи плиоцен и квартар северног Срема; II – Квартарни седименти Јужне и Западне Мораве; III - Старост београдског и сремског леса; IV - Хронологија плеистоцена Баната  
 Fig. 2. The position of the Eopleistocene in the stratigraphical time scale after RAKIĆ (RAKIĆ 1976, 1977a, 1977b; STEVANOVIĆ, 1977). Legend: I – The Upper Pliocene and Quaternary of the North Srem; II – Quaternary sediments of the South- and West Morava rivers; III – The age of loess of Belgrade and Srem; IV – The Pleistocene chronology of Banat.

Пренк-Брикнеровој схеми, коју је проширио Еберл (Eberl) и прихватила читава генерација геолога, није тачна (ИМБРИ и ИМБРИ 1981; КУКЛА 1975, 1977). Према томе термини бибер, дунав, гинц, миндел, рис и вирм се стога могу користити искључиво за описивање тераса или морена на простору Алпа (КУКЛА 1977).

Један од закључка четрнаестогодишњег 24. IGCP (Међународног геолошког корелационог програ-

ма) пројекта, „Квартарна глацијација северне хемисфере“ је да се Пенк-Брикнерова стратиграфија плеистоцена мора одбацити (ENLERS 1996; ŠIBRAVA 1986). Ипак, део научника „старије генерације“ и даље Пенк-Брикнеров стратиграфски модел користе за поделу плеистоцена, а то је нарочито случај у нашој земљи.

### Проблематика еоплеистоцена

На основу добијених резултата приликом истраживања квартара Србије у литератури је уведен „позајмљени“ термин еоплеистоцен, који означава најстарије секвенце квартара. По својој дефиницији „термин еоплеистоцен је предложен за доњи део квартарне периоде, који се налази између доњег дела горњег плиоцена (укључујући и акчагијске слојеве са карповским фаунистичким комплексом) и плеистоцена у ужем смислу, који почиње минделском глацијацијом. Према ГРОВУ *и др.* (1972), његова горња граница налазила би се испод тирасполских слојева еквивалента минделске глацијације. Термин одражава схватање великог броја руских геолога о потреби снижавања доње границе квартара за рачун скоро целог горњег плиоцена („А“ варијанта границе N/Q, према Међународном колоквијуму у Кишињеву, 1972), како на основу првих појава квартарне сисарске фауне тако

исто и на основу налазка првих оруђа и остатака човека” (РАКИЋ, 1975, стр. 94).

Међутим, временски оквир еоплеистоцена је често мењан (РАКИЋ 1977а, 1977б). Најсликовитији је пример у монографији Геологија Србије – Стратиграфија – Кенозоик (ПЕТКОВИЋ 1977). У табеларном прегледу Ракићевог мишљења о старости београдског и сремског леса, еоплеистоцени слојеви обухватају дунав и дунав-гинц, који се налазе испод

доњег плеистоцена (гинц) (СТЕВАНОВИЋ 1977, стр. 379).

Сличног редоследа је приказано у табеларном приказу хронологије плеистоцена Баната у којем је еоплеистоцен представљен средњим (?) и горњим палудинским слојевима, док млађу стратиграфску јединицу чини гинц, најстарији члан доњег плеистоцена (РАКИЋ 1977а, стр. 403).

Сасвим другачије место у стратиграфској подели има еоплеистоцен у прилогу у којем су представљени литостратиграфски стубови квартарних седимената у долини Јужне и Западне Мораве у којем у еоплеистоцен спадају левантски слојеви, дунав и гинц, док млађу стратиграфску јединицу чини миндел (плеистоцен) (РАКИЋ 1977а, стр. 406).

Слично претходном моделу је представљен и литостратиграфски стуб горњег плиоцена и квартара северног Срема (РАКИЋ 1976), у којем еоплеистоцени обухватају средњи и горњи палудински слојеви, дунав, гинц и гинц-миндел, док је млађу стратиграфску јединицу чини миндел (плеистоцен) (РАКИЋ 1977б, стр. 402).

Еоплеистоцен представља регионалну стратиграфску јединицу за Русију (и за земље бившег СССР-а). По данашњој стратиграфској подели квартара Русије, еоплеистоцен је приближни еквивалент млађем делу раног плеистоцена – тачније само калабријском кату, док је неоплеистоцен приближни временски еквивалент средњим и касним плеистоценим подсеријама (ANONYMUS 1982, 1984; KRASENKOV *et al.* 1997, према GIBBARD 2004).

## Закључак

Потреба за усаглашавањем терминологије и стратиграфске номенклатуре квартара на простору Србије је већ постојала, а спуштање границе почетка плеистоцена на 2,588 милиона година, ово питање је још више актуелизовано.

Скоро четврт века је прошло од када је Пенк-Брикнеров стратиграфски модел плеистоцена званично одбачен (EHLERS 1996; ŠIBRAVA 1986). Због тога је потребно да се термини дунав, бибер, гинц, миндел, рис и вирм преселе у област историје геолошке науке. Такође, термин еоплеистоцен је регионалног карактера (бивши СССР) и не може се јасно везати за квартарне секвенце у нашој земљи.

Термини глацијал и интерглацијал су неадекватни за области које нису биле захваћене глацијацијом и због тога се препоручује употреба термина хладни и топли, односно умерени стадијум.

Према савременој климатостратиграфској подели, квартар је рапчлањен према морским изотопским стадијумима (MIS), који су дефинисани на основу варијација изотопа кисеоника у дубокоморским седиментима. Овај модел се веома успешно примењује при корелацији лесних серија на прос-

тору Војводине са најзначајнијим лесно-палеоземљишним профилима Евроазијског копна, дубокоморским седиментима и леденим језгрима Антарктика и Гренланда и стога се треба проширити на квартарне творевине Србије.

## Литература

- ANONYMUS. 1982. *Stratigraphy of the USSR: Quaternary System. Vol. 1.* Nedra, Moscow: 443 pp. (in Russian)
- ANONYMUS. 1984. *Stratigraphy of the USSR: Quaternary System. Vol. 2.* Nedra, Moscow: 552 pp. (in Russian)
- BOWEN, D.Q. 1978. *Quaternary geology.* Pergamon Press. Oxford: 217 pp.
- BOURDIER, F. 1957. Quaternaire. In: PRUVOST, P. (Ed.), *Lexique stratigraphique international. Vol. 1 Europe.* Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 99–100.
- EHLERS, J. 1996. *Quaternary and Glacial Geology.* John Wiley and Sons, 578 pp.
- EMILIANI, 1955. Pleistocene temperatures. *Journal of Geology*, 63, 538–575.
- GRADSTEIN, F., OGG, J. & SMITH, A. 2004. *Geologic Time Scale 2004.* Cambridge University Press
- GIBBARD, P. & VAN KOLSCHOTEN, T. 2004. The Pleistocene and Holocene Epochs. In: GRADSTEIN, J. OGG & A. SMITH (Eds.), *Geologic Time Scale 2004.* Cambridge University Press, 441–452.
- GIBBARD P.L., HEAD, M.J., WALKER, M.J.C. THE SUBCOMMISSION ON QUATERNARY STRATIGRAPHY. 2009. Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. *Journal of Quaternary Science*, 52: 96–102.
- HAMBACH, U., ROLF, C. & SCHNEPP, E. 2008. Magnetic dating of Quaternary sediments, volcanites and archaeological materials: an overview. *Eiszeitalter und Gegenwart/Quaternary Science Journal* 57 (1–2): 25–51.
- ИМБРИ, Ц., & ИМБРИ, К.П. 1981. *Ледена доба – решење њајне.* Нолит, 215 pp.
- KRASENKOV, R.V., IOSSIFOVA YU.I. & SEMENOV, V.V. 1997. The Upper Don drainage basin - an important stratoregion for climatic stratigraphy of early Middle Pleistocene (the early Neopleistocene) of Russia. *Quaternary geology and paleogeography of Russia.* Geosynthos. Moscow: 82–96 (in Russian, abstract in English)
- KUKLA, G.J. 1975. Loess stratigraphy in Central Europe. In: K.W. BUTZER & G.L. ISAAC (Eds.), *After the Australopithecines* Mouton, Hague: 99–188.
- KUKLA, G.J. 1977. Pleistocene land–sea correlations I. *Earth Science Reviews*, 13: 307–374.
- LOWE J.J. & WALKER M.J.C. 1984. *Reconstructing Quaternary Environments.* Wiley: 389 pp.
- MARKOVIĆ, S.B., KUKLA, G.J., МИХАЈЛОВИЋ, S., ВУЈОВИЋ-МИНИЋ, D., JANKOVIĆ, J. & JOVANOVIĆ, M. 1999. Paleomagnetizam lesnog profila Stari Slankamen – Čot i Milankovićevi paleoklimatski ciklusi. *Zbornik radova simpozijuma „120. godišnjica Milutina Milankovića“*: 88–100.
- MARKOVIĆ, S.B., OCHES, E., SÜMEGI, P., JOVANOVIĆ, M. & GAUDENYI, T. 2006. An introduction to the Upper and Middle

- Pleistocene loess-paleosol sequences of Ruma section (Vojvodina, Yugoslavia). *Quaternary International*, 149: 80–86.
- MARKOVIĆ, S.B., BOKHORST, M., VANDENBERGHE, J., MCCOY, W.D., OCHES, E.A., NAMBACH, U., GAUDENYI, T., JOVANOVIĆ, M., ZOELLER, L., STEVENS, T. & MACHALETT, B. 2008. Late Pleistocene loess-paleosol sequences in the Vojvodina region, North Serbia. *Journal of Quaternary Science*, 23: 73–84.
- PENCK, A., BRÜCKNER, E. 1909. *Die Alpen im Eiszeitalter*. Taunitz. Leipzig: 1199 pp.
- ПЕТКОВИЋ, К. (Ур.) 1977. Геологија Србије II-3 Стратиграфија – Кенозоик. Завод за регионалну геологију и палеонтологију, РГФ, Универзитет у Београду, 443 pp.
- PILLANS, B. 2007. Quaternary Stratigraphy. In: ELIAS, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier: 2785–2801.
- РАКИЋ, М. 1975. Еоплеистоцен. У: ПЕТКОВИЋ, К. (Ур.), Геолошка терминологија и номенклатура, I. Стратиграфија и палеогеографија. Завод за регионалну геологију и палеонтологију, РГФ, Универзитет у Београду, р. 94
- РАКИЋ, М. 1976. Генеза и стратиграфија квартарних седимената у сливу Јужне и Западне Мораве. *Докторска дисертација у рукопису*, РГФ, Универзитет у Београду.
- РАКИЋ, М. 1977а. Квартар – V. Плеистоцен Срема и Баната. У: ПЕТКОВИЋ, К. (Ур.), Геологија Србије II-3 Стратиграфија – Кенозоик. Завод за регионалну геологију и палеонтологију, РГФ, Универзитет у Београду, 399–405.
- РАКИЋ, М. 1977б. Квартар – Г. Квартар Поморавља. У: ПЕТКОВИЋ, К. (Ур.), Геологија Србије II-3 Стратиграфија – Кенозоик. Завод за регионалну геологију и палеонтологију, РГФ, Универзитет у Београду, 405–411.
- СТЕВАНОВИЋ, П.С. 1977. Квартар – 4. Еолске фазије. У: ПЕТКОВИЋ, К. (Ур.), Геологија Србије II-3 Стратиграфија – Кенозоик. Завод за регионалну геологију и палеонтологију, РГФ, Универзитет у Београду, 371–385.
- SALVADOR, A. 1994. *International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure*. 2<sup>nd</sup> edition. International Union of Geological Sciences and Geological Society of America, Trondheim, Norway and Boulder, CO: 214 pp.
- SCHNEER, C.J. 1969. Introduction. In: *Towards a history of Geology* (Ed. Schneer, C.J.). 1–18. The Massachusetts Institute of Technology Press: Cambridge and London: 469 pp.
- ŠIBRAVA, V. 1986. Correlation of European glaciations and their relation to the deep-sea record. *Quaternary Science Reviews*, 5: 433–441.
- SHACKLETON, N.J. & OPDYKE, N.D. 1973. Oxygen isotope and palaeomagnetic stratigraphy of Pacific core V 28–238: oxygen isotope temperatures and ice volumes on 105 and 106 year scale. *Quaternary Research*, 3: 39–55.
- SUGGATE, R.P. 1974. When did the last glacial end? *Quaternary Research*, 4: 246–252
- SUGGATE, R.P. & WEST, R.G. 1969. Stratigraphic nomenclature and subdivision of the Quaternary. Working Group for Stratigraphic Nomenclature, INQUA Commission for Stratigraphy (*unpublished discussion comment*)
- WALKER, M.J.C. 2005. *Quaternary Dating Methods*. Wiley and Sons: 286 pp.
- WEST, R.G. 1977. Pleistocene geology and biology. Second Edition. Longmans. London: 440 pp.
- [http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS\\_Ratification\\_Q\\_&Pleistocene.pdf](http://www.stratigraphy.org/upload/IUGS_Ratification_Q_&Pleistocene.pdf)



## Систем палеоделте Велике Мораве

### System of the Velika Morava Paleodelta

АЛЕКСАНДАР ГРУБИЋ<sup>1</sup>, ИЛИЈА ЂОКОВИЋ<sup>1</sup>, ПЕТАР СТЕЈИЋ<sup>2</sup> и НЕБОЈША ВАСИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У раду су изложени резултати истраживања сложене плеистоценске делте, настале на ушћу палеотока Велике Мораве у језеро, а делом и на ушћима Млаве и Пека. Стварање делтиних наслага се одвијало кроз неколико фаза, које су зависиле од деловања речних палеотеокова и еустатичких осцилација нивоа језерских вода. Почетак седиментног циклуса се манифестовао повлачењем језерских вода, што је условило стварање плавинских делти, касније преведених у проделтину јединицу, а затим је формирано чело делте и делтна равница. Са повећањем интензитета еустатичких покрета и ингресивног продирања језерске воде, настала је диструкција делте, а делом и њено регресивно померање уз долину Велике Мораве. По окончаној седиментацији, делтни комплекс је у великој мери уништен флувијалном ерозијом. Од њега су остале три делимично сачуване целине, које су послужиле за палинспастичку реконструкцију изгледа делте.

**Кључне речи:** палеоделта, проделта, чело делте, делтни канал, лаг, ботомсет, форсет, топсет, палеотранспорт, Велика Моравина, тектонски ров

**Abstract.** In paper are exposed results of investigations regard on Pleistocene delta, formed on mouth of ancient river Velika Morava in lake, and partly on mouths of Mlava and Pek rivers. Formation of deltaic deposits was developed through several phases, which were depending of river paleostreams and lake eustatic oscillation influence. Beginning of sedimentary cycles was manifested by pulling of lake water, which initiates forming of the delta. Later evolution of sedimentary environments was going in direction of prodelta, delta front and delta flood plane development. Increasing of eustatic movements and ingression of lake water caused destruction of delta and partly its regressive movement in upstream direction of Velika Morava valley. After the sedimentation process, delta complex was hardly destroyed by fluvial erosion. Three partly preserved deltaic sediment remains, exposed for investigation, are used for palinspastic reconstruction of the delta settlement.

**Key words:** paleodelta, prodelta, delta front, delta channel, lag, bottomset, foreset, topset, paleotransport, Velika Morava, rift valley.

### Увод

Палеоделтни комплекс Велике Мораве представља засебну депозиционо-литофацијалну јединицу плеистоценске старости, укљештену између трансгресивних неогених творевина Моравског тектонског рова и флувијалних творевина млађег квартарног циклуса. Комплекс припада тектонском рову Велике Мораве и јужном делу банатског подунавља. Његова неогена основа је изграђена од каспиграчких, песковито-глиновитих наслага морског бадена и ослађеног сармата, као и од дво-

ревина панона и понта, у коме је откривено више слојева угља.

Квартарни комплекс чине плеистоценски језерски седименти, са јасно издиференцираном **формацијом басенских седимената** познатом под називом горњопалудински слојеви (који су по новој подели прикључени квартару) и **формацијом трансгресивних приобалних седимената**, насталим у условима делтне средине. Трагови делтних наслага су откривени у виду три раздвојена ерозиона остатка, који по литофацијалним својствима одговарају различитим делтним нивоима. У стратиграфском смислу

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд.

<sup>2</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11000 Београд. E-mail: stejicpetar@hotmail.com

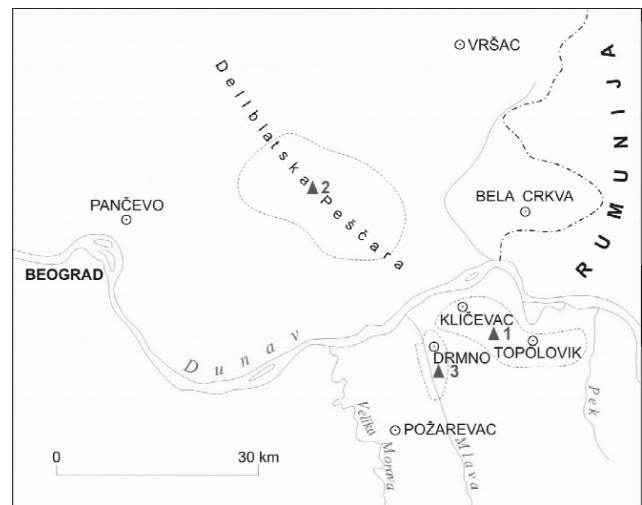
најнижи део је откривен у северној околини Тополовника, средњи и горњи члан су набушени испод Делиблатске пешчаре и Загајачких брда, док је делтина равница, као највиши део делте утврђен у бушотинама или као секундарна повлата угљеног слоја на површинском копу „Дрмно”. Настанак палеоделте је условљен развојем рова Велике Мораве, у коме је током плеистоцена постојао значајан речни ток, а северно од њега и језерска средина у којој је формирано тело делте. Делтне творевине су прекривене пролувијално-делувијалним наслагама („Кличевачке” и „Гребеначке” серије<sup>3</sup>), преко којих су развијене наслаге флувијалног и еолског циклуса.

Геолошка истраживања фосилне делте су делимично обављена током израде Основне геолошке карте СФРЈ, РАКИЋ (1980), ВУКОВИЋ (1970), а затим и кроз специјалистичке радове као што су: Неотектонска истраживања Поморавља, затим истраживања квартарних седимената југоисточних делова Панонског басена, РАКИЋ *и др.* (1998) и Утврђивања феномена зона дефицита угља у Костолачком басену, БОКОВИЋ *и др.* (2003).

### Седиментолошке карактеристике делтних ерозионих остатака

Прелиминарним истраживањима фаације приобалних седимената, уочени су типови косе слојевитости и ламинације, које су највише одговарали класичном моделу Гилбертове делте, GILBERT (1890). Први утисак је био да постоје три нивоа од којих најнижи одговара **ботомсету**, изграђеном углавном од ламинираних пешчара, средњи **форсету** од пешчара са косом слојевитошћу, а горњи **топсету**, којег чине слојевити, претежно хоризонтално ламинирани глиновити пешчари. Опсервирањем природних и вештачких изданака и коришћењем података добијених бушењема употпуњена су сазнања о палеоделти Велике Мораве, не само у смислу њене фацијалне композиције, већ у погледу генезе њених седимената. За корелативни модел усвојена је делта реке Мисисипи, коју су FISK *et al.* (1954), расчланили на проделту, чело делте и делтну равницу. Процес даљих истраживања је био утемељен на детаљним картирањима ерозионих остатака делте, који су имали својства најприближнија делти Мисисипија. Изучавањима је обухваћен најнижи делтни ниво, лоциран на изданцима у северној околини села Тополовка (Слика 1-тачка 1), затим средњи и горњи делови који су констатовани бушењем испод еолских седимената Делиблатске пешчаре и „Гребеначке серије” (Слика 1-тачка2),

док је највиши члан представљен делтном равницом, откривеном у западном делу површинског угљенокопа „Дрмно” (Слика 1-тачка 3).



Сл. 1. Позиције ерозионих остатака делте: 1- Околина Тополовника, 2- Испод Делиблатске пешчаре и 3- На копу „Дрмно”.

Fig. 1. Position of erosional remains of the delta: 1- Topolovnik vicinity, 2- Under the Deliblat sand and 3- On „Drmno” coal mine.

**Изданци у околини Тополовника** су места где су осматрани горњомиоценски подински седименти, представљени: песковима, песковитим лапорима и угљевитим глинама. У њима су откривени прослојци слабо везаних пешчара, са остацима конгеријске фауне, која указује на панонску старост, СТЕВАНОВИЋ (1951). Изнад миоцenske базе јавља се проделтна секвенца, изграђена од дијагенетских очврслих субаркозних пешчара, који највише прелазе у трошне, слојевите конгломерате. Врх јединице изграђују хоризонтално и косо ламинирани пескови, са сочивима и прослојцима лапоровитих и глиновитих стена. У целини литолошки састав и депозициони склоп чланова проделте, показује разлику између њеног нижег и вишег нивоа. Нижи се може схватити као нетипична проделтина творевина, вероватније као остатак плавинских делти са којима је започео процес квартарне седиментације у Моравском рову и Банатском Подунављу. Слично мишљење је изнео СТЕЈИЋ (2007) сврставајући ове творевине у део хумидних плавинских лепеза које су формирале реке Млава и Пек.

Седиментолошке карактеристике горњег дела проделте указују на типичну делтну седиментацију насталу под утицајем реке чија се вода хипершикално мешала са језерском водом. Повлату проделтних

<sup>3</sup> Обе јединице имају истоветна седиментолошка својства, старост и генезу, због чега их треба редифинисати и сврстати у једну формацију.



седимената чини дискордантна „Кличевачка серија”, настала ерозијом проделтних наслага. Због тога права дебљина проделтних седимената није сачувана.

Према грубој процени примарна дебљина проделте је износила око 80 метара.

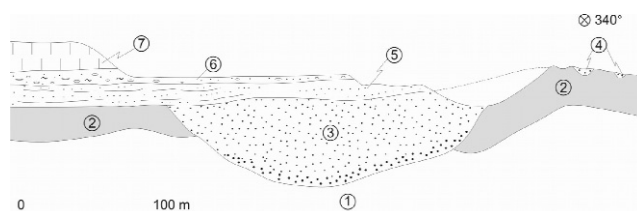
На основу врсте *Unio davillai* PORUMBAN, пронађене у банковитој лумакели испод села Тополовника, СТЕЛИЋ (2007), старост проделте је одређена као горњоплиоценска. О стратиграфској припадности ових слојева постоје различити подаци који указују на горњоплиоценску старост, СТЕВАНОВИЋ (1951). Овај податак је касније потврдио и РАКИЋ (1980) приписујући делтним наслагама левантијску старост. Према палеомагнетским истраживањима, МИЛИЋЕВИЋ по РАКИЋУ (1996), узорци са профила код Тополовника припадају реверсном хроно поларности Матујама, односно субхроно 2 или Олдуваи. Из тога произилази да се апсолутна старост наслага налази у распону од  $1.67 \times 10^6$  до  $1.8 \times 10^6$  година. Ове одредбе се поклапају са ставом Подкомисије INQUA, одржане 1972. године у Кишињеву, за доњу границу квартара, према којој (у варијанти Б) млађи део горњег плиоцена припада антропогену, СТЕВАНОВИЋ и др. (1973), што је у овом раду у целости прихваћено.

**Остаци делте испод Делиблатске пешчаре и „Гребеничке серије”** су утврђени израдом мањег броја бушотина. У њиховим језгрима су одређене слабо везане песковите, делимично и ситношљунковите творевине са косом слојевитошћу и слабијом имбрикацијом, које несумљиво припадају челу делте. У врху стуба се налази танак пакет слојевитих хоризонтално ламинираних пескова са варијабилном количином глиновите компоненте и млазевима шљунковите фракције. Овај хоризонт припада делимично сачуваној делтној равници. У оба пакета присутан је пораст крупноће кластичних зрна по вертикали, што је типично за делтне творевине. У стубовима бушотина присутна је циклична промена текстурних и депозиционих својстава седимената, што указује на смену хиперпикалног и хомопикалног мешања речних и језерских вода.

Дебљина чела делте и делтне равнице износи више од 100 метара.

**На површинском копу „Дрмно”** су, током експлоатације угља, откривени трагови делтних рукаваца и делова делтне равнице, што чини завршни члан седиментационог циклуса делте. Проучено је неколико запуњених канала, од којих највећи има сачувану дужину од преко 650, ширину око 200, а дубину близу 75 метара (сл. 2). Он је у дужем периоду имао функцију највећег водотока, кроз који је транспортовала велике количине кластичног материјала.

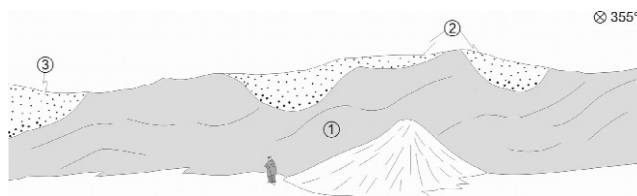
Његова матица је поседовала велику ерозиону моћ, довољну да пресече понтски угљени слој и његову непосредну подину. Од њега су се лепезасто



Сл. 2. Геолошки профил кроз главни канал и бочне рукавце. Легенда: 1- Понтски седименти, 2- Главни угљени слој, 3- Кластити главног канала, 4- Кластити мањих рукаваца, 5- Проделтна равница, 6- „Кличевачка серија”, 7- Лес.

Fig. 2. Geological cross-section through main channel and lateral back water streams. Legend: 1- Pontian sediments, 2- Main coal bed, 3- Clastic rocks of the main channel, 4- Clastic rocks of the back water streams, 5- Prodeltaic flood plain, 6- „Kličevac series”, 7- Loess.

одвајали мањи рукавци оријентисани, ређе ка северозападу, а чешће северу и североистоку. Неки од њих су уочљиви на вертикалним засецима угљеног слоја у копу „Дрмно” (сл. 3). Између канала је сачувана делтна равница, која дискордантно прекрива понтске угљеве. Очигледно, да је због ингресије језерских вода, аутентична покривка угља била еродована, да би трансгресивним напредовањем делтне равнице угљени слој био поново прекривен.



Сл. 3. Профил на копу „Дрмно”, Легенда: 1.- Хоризонт угља, 2.- Кластити рукаваца, 3.- Кластити главног канала.

Fig. 3. Cross-section on „Drmno” coal mine, Legend: 1- Coal horizon, 2- Clastic rocks of the back water streams, 3- Clastic rocks of the main channel.

Седиментолошка истраживања рукаваца и делтне равнице указала су на специфичне депозиционе услове, карактеристичне за делтне процесе настале под доминацијом река. У каналским системима јављају се слојевити, слабо везани, заглињени пешчари и пескови са текстурама које показују генералне правце палеотокова у делтном систему. Утврђено је да се у доњим деловима главног канала и његових пратећих рукаваца јављају препрани крупнозрни песковити или шљунковити седименти који чине лаг. Изнад њега су наталожени сиви и окерасте пешчари и пескови са крупним сетовима

косе, а ређе и кашикасте слојевитости (сл. 4). Статистички правац њиховог палеотока је оријентисан према северу ( $\nu = 3^\circ$ ) са аксијалним делом главног канала.



Сл. 4. Слабо везани пешчари са сетовима косе слојевитости – запуна главног канала.

Fig. 4. Soft sandstone within cross-bedded sets – main channel fill.



Сл. 5. Контакт каналских седимената са косом ламинацијом и трансгресивне делтне равнице.

Fig. 5. Contact between the channel cross-laminated sediments and transgress deltaic flood plain.

Највиши делови главног канала су трансгредирани пакетом сивих, слојевитих и ламинираних трошних пешчара, пескова и песковитих глина. Ови седименти представљају муљевиту делтну равницу, која се после авулзије главног канала проширила и прекрила његов највиши део (сл. 5). У њој се срећу канали мањих димензија који припадају систему неког знатно већег главног канала. Њихову запуна чине слабо везани пескови, у којима се на-

лазе ситнији сетови косе слојевитости настале течењем воде кроз канал. Овај податак има посебан значај за палинспастичку реконструкцију, еродованог западног дела, великоморавске палеоделте. Очигледно је да су се, после авулзије, воде пробиле према северозападу стварајући нов главни канал, који се по свој прилици налазио на месту данашњег тока Велике Мораве. Са тиме је интензивирао стварање палеоделтних наслага, између данашње Делиблатске пешчаре, Панчева и Дунава.

Сачувана дебљина седимената делтне равнице у рејону копа „Дрмно” износе око 20 метара. На њу дискордантно налажу пролувијално-делувијални седименти „Кличевачке серије”, чији је процес настанка довео до значајног еродовања делтних седимената.

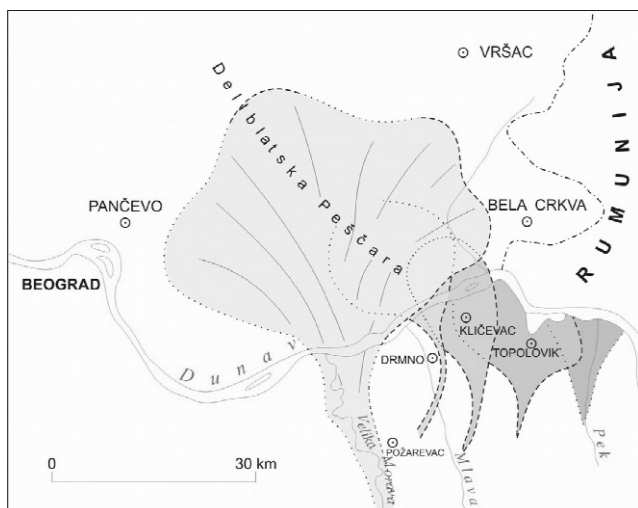
Процењена дебљина делтног комплекса је преко 200 метара.

## Генеза и облик делте

Палеоделтни комплекс Велике Мораве је формиран интеракцијом различитих појава и процеса који су утицали на принос материјала и његову депозицију. Основни чиниоци су били количина седимената које је доносила река и енергија језерског басена, а затим густина и речне и језерске воде, тектонски покрети и еустатичка колебања језера. Процеси су трајали током речно-језерске фазе, а акумулација седимената се одвијала кроз циклусе који обухватају: формирање плавинских делти, проградацију делте, ингресију језера у Моравски ров и стварање трансгресивне делтне равнице.

Плавинске делте су настале као последица неотектонске активности почетком старијег квартара. Тада је дошло до значајног издизања околних планинских области и лаганог спуштања дунавске депресије, што је за последицу имало опадање нивоа мора за око 200 метара, а затим и његову трансформацију у пространо језеро. У њега су се уливали палеотокови Велике Мораве, Млаве и Пека. Њихове воде су доносиле значајне количине речних седимената, од којих су настале плавинске делте. Њиховим бочним преклапањем је створен широк застор, чије су дисталне партије доспеле у јужне делове језера и створиле подводну плавинску делту.

После вилафраншке регресије, настало је лагано еустатичко подизање нивоа језерских вода. То је допринело потапању преклопљених плавинских делти и њиховој еволуцији у проделтни систем. Са настанком конструкционе фазе у језерском басену су се одвијала два паралелна процеса. Први је представљао ингресију језера у долине Велике Мораве, Млаве и Пека, а други увећање количине воде у речним токовима и стварање велике шарже



Сл. 6. Палинспастичка реконструкција плавинских делти и палеоделте Велике Мораве. Легенда: између Кличевца, Тополовника и Пека су остаци плавинских делти, а у простору Дрмна, Делиблатске пешчаре и Панчева, остаци палеоделте Велике Мораве.

Fig. 6. Palinspastic reconstructin of the delta fans and Velika Morava paleodelta. Legend: Remains of delta fans are between Kličevac, Topolovnik and Pek river and remains of the Velika Morava paleodelta are in vicinity of Deliblato sand and Pančevo.

седимената у њима. Са тиме су речне воде стекле изразиту хиперпикалност, надвладале ингресију и стекле проградациону продорност, карактеристичну за делте настале под доминацијом река. У таквом систему, кључне транспортне правце су чинили главни канали и њихови лепезасто дивергентни рукавци. Са њима је миграција делте била усмерена према широкој унутрашњости језера. Интензивирањем еустатичког пораста језерске воде, уз опадање хиперпикалности, реке су губиле продорност. То доводи до значајног разарања проделте и чела делте, а делом и равнице, која се ингресивно повлачи уз речне токове. На крају се стварање палеоделте завршава дискордантним надирањем делтне равнице и њених рукаваца, преко главног слоја понтских угљева.

Утврђивање облика делте је представљало посебан проблем, који је решаван интегрисањем њених ерозионих остатака и њиховим екстраполовањем

према просторима где је делта уништена ерозијом (сл. 6). Поступак конструктивне надградње је био заснован на анализи делтних седиментолошких и фацијалних карактеристика и њиховом поређењу са делтом Мисисипија, са којом има моделских сличности. Утврђена је лепезаста палинспастика делте, настала под доминацијом река, уз вероватно често стварање пролома и проломских купа. То је доводило до авулзија и бочних померања главног рукавца. У периоду свог највећег распрострањања делтни комплекс је обухватао подручје од преко 1600 km<sup>2</sup>.

## Литература

- ЂОКОВИЋ, И., БЛЕЧИЋ, Н., МАРОВИЋ, М., ТОШОВИЋ, Р., КОНДЖУЛОВИЋ, Р. и ДРАШКО, З. 2003. *Феномен нејитичних зона дефицијта угља у Косиолачком и колубарском Басену* (Књига 1, Дрмно1). Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Институт за истраживање лежишта минералних сировина.
- FISK, H.N., MC FARLAN, E., KOLB, C.R., WILBERT, L. J. 1954. Sedimentary Framework of th.Modern Mississippi Delta. *J. Sed. Petrol.*, 24,76-99.
- GILBERT, G.K. 1890. Lake Bonneville. *Mon. USGS*, 1., 1-438.
- РАКИЋ, М. 1980. *Тумач за листи Бела Црква ОГК СФРЈ 1:1000 000*. Савезни геолошки завод, Београд, 1-45.
- РАКИЋ, М., СИМОНОВИЋ, С. и СТЕЛИЋ, П. 1998. Седиментни циклуси у плиоцену и квартару југоисточног дела Панонског басена, са освртом на проблем доње границе плеистоцена. *13 конгрес Геолога Југославије*, 2, Херцег Нови, 415-426.
- СТЕВАНОВИЋ, П. 1951. Доњи плиоцен Србије и суседних области. *Посебна издања САН, С1ХХХVII*, Геолошки Институт, 2, Београд, 1-361.
- СТЕВАНОВИЋ, П. и РАКИЋ, М. 1973. Извештај о међународном колоквијуму „Граница између неогена и квартара“ одржаном у Кишињеву (СССР, мај-у, 1972). *Записници Српског геолошког друштва за 1972. (198)*, Београд, Савезни геолошки завод, у Београду, 1-48, 135-140.
- СТЕЛИЋ, П. 2007. Квартарни седименти југоисточног дела Панонског басена. *Докторска дисертација* одбрањена на Рударско-геолошком факултету у Београду.
- ВУКОВИЋ, А. 1970. *Тумач за листи Вршац ОГК СФРЈ 1:100000*. Савезни геолошки завод, Београд, 1-47.



## Фораминифере рода *Frondicularia* из Београдског дунавског кључа

### Foraminifers of the genus *Frondicularia* from Belgrade area Danubian meander

ЉИЉАНА ГРУЧИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Анализирани материјал потиче из бушотина V-161, V-160, V-159, V-156 и V-155 у Београдском дунавском кључу. У литолошком погледу седименти баденског ката обрађиваних бушотина сачињавају претежно алеврите, глиновите и лапоровите. Биостратиграфском анализом утврђено је постојање две биозоне: *Spiroplectinella carinata* и *Bolivina dilatata*. Обе зоне су таложене у плитком мору, између спрудова и у близини обале.

**Кључне речи:** Београдски дунавски кључ, баден, фораминифери, *Frondicularia*.

**Abstract.** The analysed material was obtained from boreholes V-161, V-160, V-159, V-156 and V-155, drilled in the Belgrade area Danubian meander. In the lithological view the badenian stage sediments of the studied boreholes prevailingly contain silts, clayey and marly. The biostratigraphic analysis established existance of two biozones: *Spiroplectinella carinata* and *Bolivina dilatata*. Both zones deposited in shallow sea, among reefs and near the coast.

**Key words:** the Belgrade area Danubian meander, the Badenian, Foraminifers, *Frondicularia*.

## Увод

Први геолошки подаци везани за простор Београдског дунавског кључасу радовима ПАВЛОВИЋ (1897, 1911), ЛУКОВИЋ (1922), STEVANOVIĆ (1974), GRUBIĆ (1958), KRSTIĆ & MITROVIĆ (1993) и др.

Током 1977. год. бушено је за идејни пројекат главног канализационог колектора Београда. Бушење је извео „Косовопроект - Београд“. Реализација, после додатних геолошких радова за главни пројекат је почела у лето, 2006. и још увек је у току.

За израду магистарског рада („Средњомиоценски фораминифери из седимената бушотина Београдског дунавског кључа“) коришћен је материјал добијен бушењем 1977. год., који је уступљен од стране Природњачког музеја - Београд, фондовска документација предузећа „Косовопроект“, као и материјал прикупљен обиласком терена (2007, 2008).

Проучавани су седименти бушотина (V-161, V-160, V-159, V-156 и V-155) са фораминиферском фауном. Анализирани бушотине се налазе на хрбату између Дунава и Великоселског потока. Припадају атари-ма села Вишњица и Сланци. Углавном су развијени

баденски седименти у глиновитој и кречњачкој фацији.

У оквиру истраживања обрађене су 74 пробе које су узимане у различитим дубинским интервалима. Коришћена је првенствено микрорепертолошка метода истраживања изолованих примерака фораминифера из седиментног материјала. Детерминација неких врста фораминифера урађена је и на основу пресека у пет провидних препарата.

У обрађеном материјалу издвојен је јако мали број крупних фораминифера.

Палеонтолошки резултат је да су две врсте - *Frondicularia pančići*, *Frondicularia žujovići* (PAVLOVIĆ), ушле у синонимику.

\* \* \*

Најраспрострањенију литолошку јединицу Београдског дунавског кључа представљају глиновити алеврити са *Spiroplectinella carinata* (D'ORBIGNY) и др. фораминиферима.

Припадају биозони *Spiroplectinella carinata* (средњи баден). У литератури се често зову и “Виш-

<sup>1</sup> Contractor, Брђанска 458, Београд. E-mail: contractor\_sr@yahoo.com

њичке плаве глине”. Ови седименти су констатовани углавном бушењем, изузев у потоку Рамадан. При његовом ушћу у Дунав ове глине су откривене на површини и то само за време ниског водостаја.

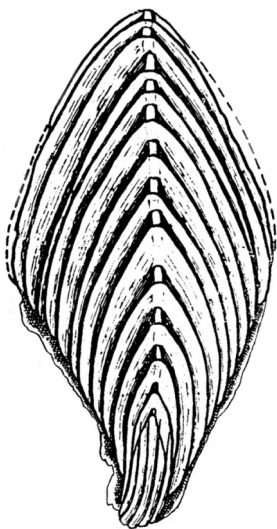
Са овог локалитета у Вишњицима плавим глинама нашим истраживањима нађена је фораминиферска врста *Frondicularia superba* KARRER.



Сл. 1. *Frondicularia superba* KARRER из потока Рамадан у Вишњицима (×100), по PAVLOVIĆU, 1911=*Frondicularia pančići* (фото: Љ. Грујић)

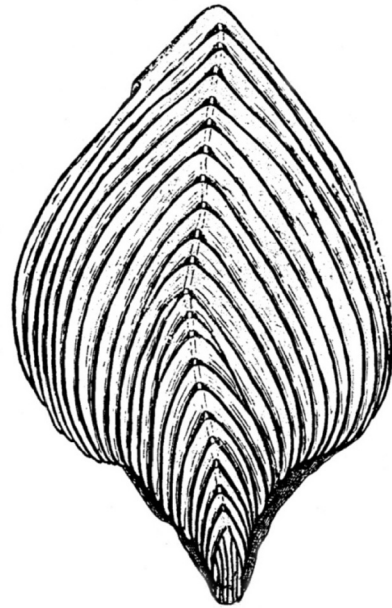
Fig. 1. *Frondicularia superba* from stream's Ramadan in Višnjica (d'ORBIGNY), by PAVLOVIĆ, 1911 = *Frondicularia pančići* (photo: Lj. Grujić)

Фораминифере овог локалитета је као нове врсте (*Frondicularia pančići*, *Frondicularia žujovići*) описао PAVLOVIĆ (1911). То су заправо две онтогенетске генерације врсте *Frondicularia superba* KARRER. Рану генерацију је назвао *Frondicularia pančići* а старију *Frondicularia žujovići*.



Сл. 2. *Frondicularia pančići*, PAVLOVIĆ (1911)

Fig. 2. *Frondicularia pančići*, PAVLOVIĆ (1911)



Сл. 3. *Frondicularia žujovići*, PAVLOVIĆ (1911)

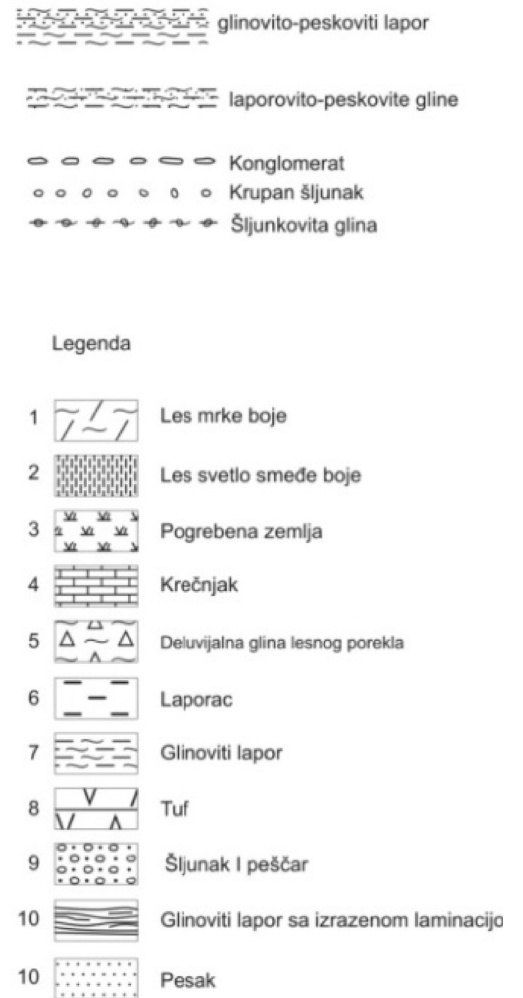
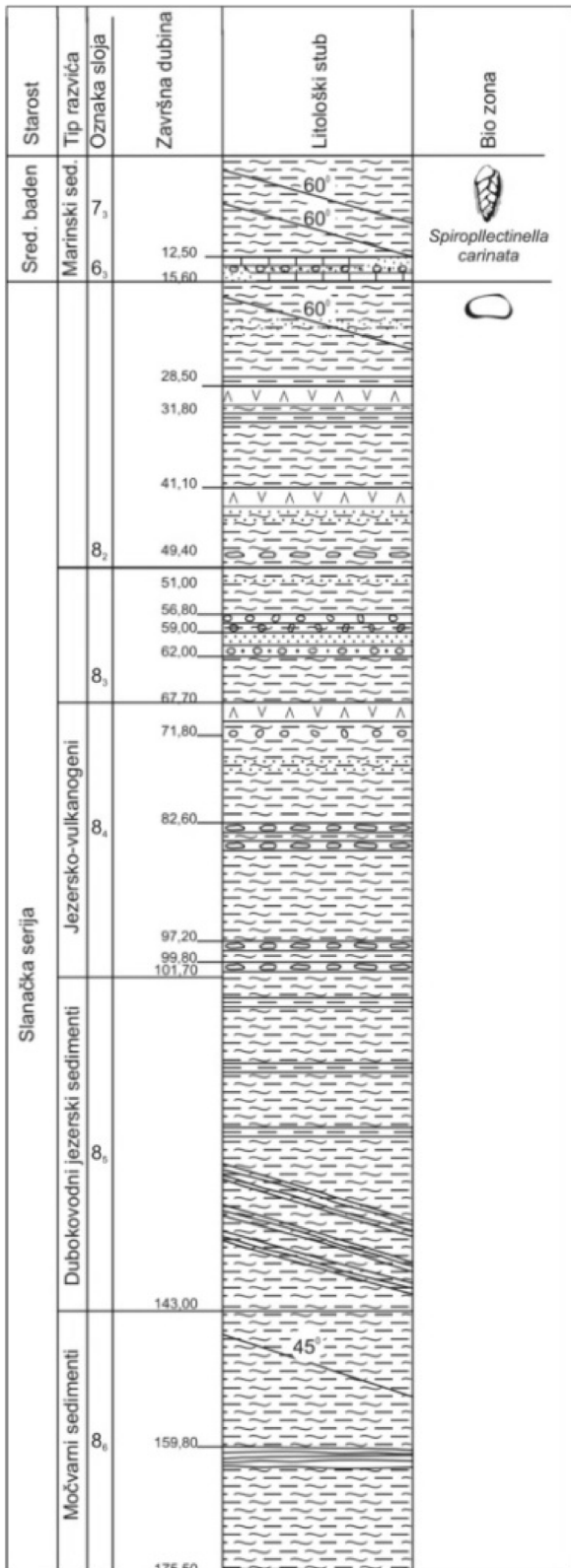
Fig. 3. *Frondicularia žujovići*, PAVLOVIĆ (1911)

У материјалу за интерцептор (каналizacionи колектор) у бушотини V-156 нађена је и друга врста фрондицулариа, *Frondicularia anularis* d'ORBIGNY.



Сл. 4. *Frondicularia anularis* d'ORBIGNY, из бушотине V-156, 1.00 m (× 50)

Fig. 4. *Frondicularia anularis* d'ORBIGNY, from borehole's V-156, 1.00 m (× 50)



Сл. 5. Геолошки стуб бушотине V-156 (x - 4.964.238,46, y - 6.466.004,15)

Fig. 5. Geology pillar drill V-156 (x - 4.964.238,46, y - 6.466.004,15)

## Палеонтолошки приказ

Примењена систематика фораминифера из MOORE (1964; vol. 1 & 2).

Ред FORAMINIFERIDA, EICHWALD, 1830  
 Подред ROTALINA DELAGE & HEROUARD, 1896  
 Суперфамилија Nodosariacea EHRENBERG, 1838  
 Фамилија Nodosariidae EHRENBERG, 1838  
 Субфамилија Nodosariinae EHRENBERG, 1838  
 Род *Fronicularia* D'ORBIGNY

*Fronicularia superba* KARRER  
 Сл. 1.

1877 *Fronicularia supera* – KARRER: p. 381, pl. 16b, f. 30a  
 1998 *Fronicularia superba* KARRER – ČIČHA *et al.*: tav. 22, figs. 4–5.

**Материјал:** Примерак је оштећен.

**Опис:** Љуштура је издужена, срцоликог облика, политаламна. Састоји се из десет комора. Зид љуштуре је прекривен крупним ребрима, која су у доњој трећини гушће постављена. Апертурни регион је овалног облика, доста оштећен. Периферија је истањена, сјајна.

**Стратиграфско распрострањење:** баден.

**Упоредјење:** Описани примерак одговара примерку из литературе ČIČHA *et al.* Tav. 22, Fig. 4–5.

**Стратиграфски ниво:** Поток Рамадан, средњи баден-зона *Spiroplectinella carinata*.

*Fronicularia anularis* D'ORBIGNY  
 Сл. 4.

1846 *Fronicularia anularis* – D'ORBIGNY: pl. 2, f. 44–47.  
 1998 *Fronicularia anularis* D'ORBIGNY – ČIČHA *et al.*: tav. 22, fig. 3.

**Материјал:** Примерак је доста оштећен.

**Опис:** Љуштура је листастог облика, политаламна. Састоји се из тринаест комора, јасно одвојених. Спољашњост је украшена крупним ребрима, која су у доњој трећини густо збијена. Периферија је истањена.

**Стратиграфско распрострањење:** баден.

**Упоредјење:** Описани примерак одговара примерку из литературе ČIČHA *et al.* Tav. 22, Fig. 3.

**Стратиграфски ниво:** V-156, на дубини од 1,00 m, средњи баден-зона *Spiroplectinella carinata*.

## Закључак

Микроанализама фораминифера из седимената бушотина Београдског дунавског кључа конста-

товано је присуство средњемеоценских (морских) и горњемеоценских (ослађених) седимената.

*Fronicularia superba* KARRER и *Fronicularia anularis* D'ORBIGNY, јасно се разликују једна од друге и у раним онтогенетским стадијумима.

Две средњомеоценске, средњобаденске врсте PAVLOVIĆA (1911) године, *Fronicularia žujovići* и *Fronicularia pančići*, морале су бити стављене у синонимику врсте *F. superba*.

Овај кратак преглед јасно указује на потребу да се при будућим истраживањима у овом простору палеонтолошким испитивањима да приоритетан значај.

## Литература

- ČIČHA, I., RÖGL, F., RUPP, C., STYROKA, J. 1998. Oligocene-Miocene foraminifera of the Central Paratethus. *Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges.*, 549: 1–325, Frankfurt.
- GRUBIĆ, D. 1958. Prilog stratigrafskom poznavanju višnjičke plave gline. *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja*, 15: 111–120, Beograd.
- ISAKOVIĆ, O., SMILJANOVIĆ, J., BATALINOVIĆ, N. 1979. Geološka istraživanja na trasi interceptora-Karaburma-Veliko Selo, *Fondovska dokumentacija preduz. Kosovoprojekt*, 26–48, Beograd.
- KARRER, F. 1887. Geologie der Kaiser Franz-Josef Hochgellen-Wasserleitung. *Eine Studie in der Tertiär-Bildungen am Westrande des Alpenen Theils der Neiderung von Wien. K. k. Geol., Abh.*, 9, 381p., 16b pl., Wien.
- KRSTIĆ, N., MITROVIĆ, S. 1993. Badenski sedimenti beogradskog dunavskog ključa. *Radovi Geoinstituta*, 28: 44–62, Beograd.
- ЛУКОВИЋ, М. 1922. Фације другог медитеранског ката у околини Београда. *Геолошки анали Балк. њол.*, 7/1: 22–41, Београд.
- MOORE, R. 1964. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part C - Protista 2 - Sarcodina chiefly thecamoebians and foraminiferida, volume 1: 1–510; Figs. 1–401, Kansas.
- MOORE, R. 1964. *Treatise on Invertebrate Paleontology*. Part C - Protista 2 - Sarcodina chiefly thecamoebians and foraminiferida, volume 2: 510–900; Figs. 401–648, Kansas.
- ORBIGNY, A. de 1846. Foraminifères fossils du Bassin tertiaire de Vienne. XXXVIII + 312 p., Tab. 1–21; *Gide et Comp.*, Paris.
- ПАВЛОВИЋ, П. 1897. Прилог познавања фораминифера из II медитеранских слојева Србије. *Гласник СКА*, LVI, Београд.
- PAVLOVIĆ, P. 1911. Beitrag zur kenntnis der foraminiferen aus den II medite ar. *Geološki anali Balk. pol.*, 6, 560–571, Beograd (in Serbian).
- STEVANOVIĆ, P. 1974. Geološka prošlost Beograda i okoline. *Istorija Beograda*, knjiga I, Beograd.



## Тимочка група формација Timok group of the formations

ДАРИВОЈКА ЉУБОВИЋ ОБРАДОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У јужном делу Тимочке еруптивне области (простор између Бора, Бољевца, Зајечара и Бучја) слика 1, издвојена је “Тимочка група формација” коју чине 4 формације: Кластити Стублице, Формација Оштреља, Борских кластита и Формација Буково. Одређена је старост подине и повлате сваке вулканске фазе од доњег турона до доњег мастрихта.

**Кључне речи:** Тимочка група формација, вулканогено-седиментне творевине, алб-мастрихт, Источна Србија.

**Abstract.** At the southern part of the Timok eruptive area (area between Bor, Boljevac, Zaječar and Bučje) Figure 1, is separated the “Timok group of the formations” which consists of four formations: Clastics of the Stublica, Ostrelj Formation, Bor clastics Formation and Bukovo Formation. A certain age of the Lower Turonian to the lower Maastrichtian for each volcanic phase is determined.

**Key words:** Timok Group Formation, Voulcanogenic-Sedimentary Rocks, Albian–Mastrihtian, Eastern Serbia.

### Увод

Кредне творевине Томочке еруптивне области (ТЕО) испитиване су у оквиру Основних геолошких испитивања. Детаљнија проучавања вршена су при испитивању бакрових руда јер овај простор припада горњокредном вулканогено-седиментном комплексу Карпатобалканског-Понтијско-Иранског лука.

Резултати вишегодишњег (1980–1995) детаљног проучавања вулканских активности током горње креде у процесу пратећих минерализација, приказани су у “Геологији јужног дела Томочке еруптивне области” (ЂОРЂЕВИЋ И БАЊЕШЕВИЋ 1997). Исти аутори су издвојили 12 формација ТЕО (8 вулканских и 4 седиментног порекла). Пошто међу издвојеним формацијама има понављања формација и њихових чланова (што није у складу са кодексом о формацијама) предлажем да се за вулканогено-седиментни комплекс ТЕО уведе појам “Тимочка група формација”. Ове формације су стваране у јединственом седиментационом простору, сличне су литологије, депоноване су без значајнијих прекида. Детерминисане су литолошки и биостратиграфски. Предходни детаљнији биостратиграфски пода-

ци за овај простор дати су у докторској дисертацији (ЉУБОВИЋ-ОБРАДОВИЋ 2008).

### Формација кластита Стублице

1975 “Леновачки слојеви” седименти албског ката (АНЂЕЛКОВИЋ И АНТОНИЈЕВИЋ, стр 184–187).

1997 Формација Леновца (ЂОРЂЕВИЋ И БАЊЕШЕВИЋ, није одговарајућег назива јер на истоименом стубу није откривена повлата формације.

2008 Формација кластита Леновца (непубликовано, докторска дисертација ЉУБОВИЋ-ОБРАДОВИЋ).

**Типски локалитет:** стуб Стублице, допунски стубови: Леновачка река, Краварник, Злот.

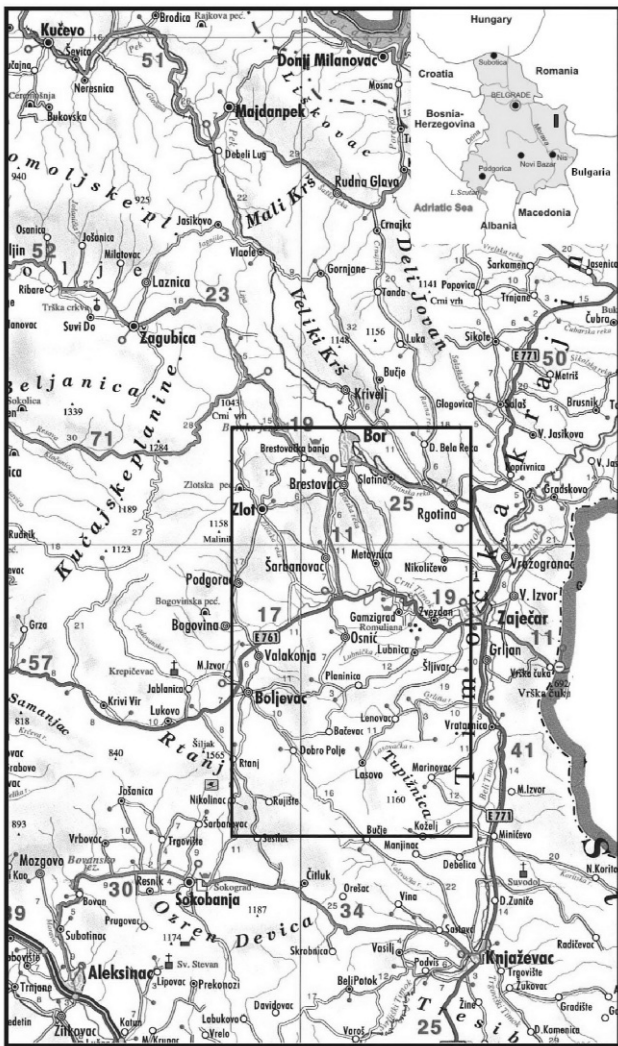
**Координате:** x: 4853,15–4853,22 y: 7598,65–7598,66

**Дебљина:** од 5 m на локалитету Гамзиград, до 241 m на Краварнику, на Стублици 223 m.

**Литологија:** пешчари са глауконитом, алевритско-песковити глинци-старији члан и песковито-алевритско лапоровито-глиновити седименти са сферосидеритским конкрецијама-млађи члан.

**Доња граница** – дисконтинуитет са седиментима доњег апта.

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, 11000 Београд



Сл. 1. Географски положај јужног дела Тимочке еруптивне области, 1:600000

Fig. 1. Geographic position of the Timok eruptive area.

**Горња граница** - дисконтинуитет према формацији Оштреља (гвожђевите конкреције или вулканити).

**Старост:** доњи алб-горњи ценоман (детерминисане су зонске врсте роталипора: *Rotalipora arpeninica*, *R. reicheli*, *R. cichmani*).

**Распрострањење:** На истраживаном простору кластити Стублице су распрострањени у североисточном и југоисточном делу (околина села Леновца, Лесковца, Грлишта, Горње Беле реке, Метовнице, Гамзиграда, Николичева; а у западном делу терена познат је само локалитет Малиник–Злот).

## Формација Оштреља

1997 Формација кластита Оштреља, по Ђорђевићу и Бањешевевићу обухвата само седименте депоноване од горњег турона до мастрихта, а у вулка-

нитима који се смењују са седиментима, издвојили су само вулканске формације што није по правилима за издвајање формација.

2008 Формација кластита Оштреља (непубликовано, Љубовић-Обрадовић, не може се говорити само о кластитима јер формација обухвата и бројне вулканске чланове).

**Типски локалитет:** село Оштрељ, ЈИ од Бора, допунски стубови: Камен, поток Виљор.

**Координате:** x: 4881,05–4881,42 y: 7595,50–7592,65

**Дебљина:** највећа измерена 414 m на типском локалитету.

**Литологија:** старији део формације представљају брече са валутцима гвожђевитих конкреција а млађи део: пешчари, кречњаци, лапорци, глинци и вулканити (агломерати, туфобрече и конгломерати: туфолаве, туфови, туфити, туфоаренити, епикластити) У саставу бреча са валуцима гвожђевитих конкреција улазе лимонитске конкреције, класти и валуци различитих седиментних стена: пелашки кречњаци, лапорци, алевролити, калкаренити), одломци андезита и пирокластита. У песковито-калкаренитском везиву налази се микрофауна *Helvetica* зоне доњег турона.

**Доња граница** - највиши део формације кластита Стублице (ценомански песковито-алевролитско-лапоровити седименти).

**Горња граница** - рудисни кречњаци (стубови Љилекар, Планиница, Караула-Буково и др., или Борски кластити (поток Виљор, Кршан поток и др.).

**Старост:** доњи турон-доњи мастрихт. Утврђене су планктонске фораминиферске зоне:

*Helvetoglobotruncana helvetica* (за доњи турон);

*Marginotruncana sigali* – *Dicarinella primitiva* (горњи турон);

*Dicarinella concavata* – конијак;

*Dicarinella asymetrica* – сантон;

*Globotruncanella elevata* – горњи кампан;

*Globotruncana ventricosa* – средњи кампан;

*Radotruncana calcarata* – горњи кампан;

*Globotruncanella havanensis* – горњи кампан;

*Globotruncana aegyptica* ? – горњи кампан;

*Gansserina gansseri* – горњи кампан – доњи мастрихт.

**Распрострањење:** Формација Оштрељ је веома распрострањена у јужном делу ТЕО. Депонована је у исто време и источно и западно од Брестовачко-тупиљничког раседа. У источном делу депозиција се одвијала без вулканизма у сенону а на западу у фазама прекида вулканских процеса.

## Формација Борских кластита

1931 - Борски конгломерати (Петковић В. 1931)

1957 - Борски конгломерати (Марић 1957, у Николић 1993)

1958 - Борски конгломерати (Дивљан М. 1958)

- 1962 - Борски конгломерати (ДРОВЕНИК *и др.* 1962)  
 1965 - Борски кластити (БОГДАНОВИЋ 1965)  
 1967 - Борски конгломерати (НИКОЛИЋ и АНЂЕЛКОВИЋ 1967)  
 1975 - Борски конгломерати (ВЕСЕЛИНОВИЋ М. 1975)  
 1992 - Борски конгломерати (ЈАЊИЋ 1992)  
 1993 - Борски конгломерати (НИКОЛИЋ 1993)  
 1994 - Борски конгломерати (ЂОРЂЕВИЋ *и др.* 1994)  
 1997 - Борски конгломерати (ЂОРЂЕВИЋ и БАЊЕШЕВИЋ 1997)  
 2008 - Борски кластити (ЉУБОВИЋ-ОБРАДОВИЋ, непубликовано)

Ова формација у литератури позната као “Борски конгломерати” утвари је кластична сукцесија у којој се конгломерати јављају уз различите пескове, лапорце и глиновите алевролите.

**Типски локалитет:** стуб у потоку Виљор.

**Координате:** x: 4875,79-4875,91 y: 7597,50-7597,19

**Дебљина:** на стубу Кржан поток измерена дебљина је 200 m, у потоку Виљор 55 m. Сматра се да је могућа дебљина око 400 m у источном делу терена.

**Литологија:** Борске кластите изграђују:

- конгломерати,
- пешчари и карбонатни пешчари, лапоровити кречњаци,
- слојевити лапорци у смени са танким слојевима алевролита.

Конгломерати су претежно са валутицама различитих магматских стена, седиментима јурске и доњокредне старости. Величина валутица варира пречника од неколико до 50 cm.

**Доња граница** – Борских кластита је формација Оштреља (пешчари и лапорци у потоку Виљор и Кржан потоку) или вулкански агломерати (поток Вучина).

**Горња граница** – су вапновито-глиновито сиви и жути пешчари са ламинама угљевите материје и прослојцима алевритско-песковитих кречњака, са обиљем добро очуваних спора и полена мастрихтске старости (ЂАЛИЋ и ПАНТИЋ 1998) старост: лапоровити кречњаци садрже планктонске фораминифере елевата и вентрицоса зоне кампана распрострањење: Борски кластити су у знатној мери распрострањени источно од Брестовачко-тупижничке дислокације, између Оштреља и Слатине, од Бора на југ Брестовачком реком до Метовнице; између Звездана и Гамзиграда. На западу заузимају мало пространство-северно од Шарбановца и у околини Оснића.

## Формација Буково

**Типски локалитет** Буково, недалеко од села Оснића. Допунски суб: Планиница.

**Координате:** x: 4856,06–4857,14 y: 7577,10–7586,50

**Дебљина:** 70–100 m

**Доња граница** – (подина) је дисконтинуитет према Формацији Оштреља (лапорци у смени са туфитима).

**Горња граница** – алевролитско-песковито-лапоровити лапорци и глинци са ретким глоботрунканама, цијанобактеријама, призмама иноцерамуса, веома измењеним фораминиферима – вероватно мастрихтске старости.

**Литологија:** песковити калкарени са биокластима рудиста (*Biradiolites*, *Radiolites* и др.). Од фораминифера заступљени су сидеролитеси, орбитоидиди, *Vidalina hispanica* и др.

– песковити калкрудити са више нагомилања биокласта и пелашких фораминифера.

– лапоровито-песковити калкарени са више пелашке компоненте.

**Старост:** присутна пелашка микрофауна указује на кампанску старост.

**Распрострањење:** ова формација обухвата централне и јужне делове ТЕО.

## Закључак

Горњокредне насlage Тимочке еруптивне области одликују се великом фацијалном разноврсношћу у времену и простору. Узроци томе су: вишефазна вулканска активност, геодинамички процеси, промене нивоа мора и други геолошки догађаји. На одабраним стубовима приказане су геолошке формације. Издвојена је “Тимочка група формација” која обухвата:

- формацију кластита Стублице,
- формацију Оштреља,
- формацију Борских кластита,
- формацију Буково.

У оквиру формација утврђене су планктонске фораминиферске зоне од доњег турона до доњег мастрихта, издвојене на основу микроасоцијација зонских карактеристичних врста:

- *Helvetoglobotruncana helvetica* (за донји турон),
- *Marginotruncana sigali*
- *Dicarinella primitiva* (горњи турон),
- *Dicarinella concavata* – конијак,
- *Dicarinella asymetrica* – сантон,
- *Globotruncanella elevata* – горњи кампан,
- *Globotruncana ventricosa* – средњи кампан,
- *Radotruncana calcarata* – горњи кампан,
- *Globotruncanella havanensis* – горњи кампан,
- *Globotruncana aegyptica* ? – горњи кампан,
- *Gansserina gansseri* – горњи кампан–доњи мастрихт.

## Литература

- АНЂЕЛКОВИЋ, М. и АНТОНИЈЕВИЋ, И. 1975. Горња креда у средишњем појасу Карпато-Балканида. Геологија Србије, II-2, Стратиграфија, Мезозоик, 184–187.

- БОГДАНОВИЋ, П. 1965. Старост борских класита и њихов значај за тектонику шире околине Бора. *Записници Српског геолошког друштва за 1965.*, 541–545 (667), Београд 1969.
- ДИВЉАН, М. 1958. Петрографски састав “Борских конгломерата”. Фонд стручних докумената Геозавода, Београд.
- ДРОВЕНИК, М., АНТОНИЈЕВИЋ, И. и МИЋИЋ, И. 1962. Нови погледи на магматизам и геолошку грађу Тимочке еруптивне области. *Весник Геозавода*, сер. А, 20, 67–79, Београд.
- ЂАЛИЋ С. и ПАНТИЋ, Н. 1998. Сенонске палиноморфе са профила Огашу Виљор-Тимочка еруптивна зона. 13. Конгрес геолога Југославије, књ. 2 -Регионална геологија, стратиграфија и палеонтологија, 185–196, Жерцег Нови.
- ЂОРЂЕВИЋ, М. и др. 1994. Нови подаци о старости и положају борских конгломерата и пешчара јужно од Бора (источна Србија). *Весник*, 46, сер. А, Б, 169–181, Београд.
- ЂОРЂЕВИЋ, М. и БАЊЕШЕВИЋ, М. 1997. Геологија јужног дела Тимочке еруптивне области. Тумач за геолошку карту 1:50 000, Савезно министарство за привреду, 1–179, Београд.
- ЈАЊИЋ, М. 1992. Прилог познавању неких текстурних особина борских конгломерата (Источна Србија). *Записници Српског геолошког друштва за 1992.*, 79–83, Београд.
- ЉУБОВИЋ-ОБРАДОВИЋ, Д. 2008. Палеонтолошке и биостратиграфске карактеристике горњокредних седимената Тимочке еруптивне области (Источна Србија). Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, 1–134, Београд.
- МАРИЋ, 1957 (у Николић, 1993)
- НИКОЛИЋ, П. и АНЂЕЛКОВИЋ, М. 1967. Горњокредни вулканизам средишњег појаса Карпато-Балканида источне Србије. *Зборник радова РГМФ и Инст. за бакар у Бору*, књ. 5, 1–35, Београд.
- НИКОЛИЋ, П. 1993. *Тимочка зона источне Србије. Геологија и минералне сировине*. Монографија, 1–278, Београд.
- ПЕТКОВИЋ, В. 1931 (у Николић, 1993)
- ВЕСЕЛИНОВИЋ М. и др. 1975. Основна геолошка карта СФРЈ 1:100000, Тумач за лист Зајечар, К 34-9. Савезни геолошки завод, 1-72, Београд.

## Мекушци и остракоди средњемииоценског Српског Језера Molluscs and Ostracods of the Middle Miocene Serbian Lake

ГОРДАНА ЈОВАНОВИЋ<sup>1</sup> и НАДЕЖДА КРСТИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У раду је дат кратак списак мекушаца и остракода нађених у раним средњемииоценским седиментима на територији Србије, са посебним освртом на историјат проучавања палеофауне. Врсте *Micromelania proni*, *M. metochiana*, *Kosovia metochiana*, *Medioprays nisseana* и *M. visnjicae* и друга палеофауна налажена код Београда, Параћина, Сталаћа, Ниша, Владичиног Хана и Пећи су докази постојања јединственог језера на које је први указивао Долић.

**Кључне речи:** мекушци, остракоди, средњи миоцен.

**Abstract.** This paper includes a short list of mollusks and ostracodes recorded in the early Middle Miocene sediments at the territory of Serbia, with special consideration of the history of paleofaunistic studies. The species *Micromelania proni*, *M. metochiana*, *Kosovia metochiana*, *Medioprays nisseana*, *M. visnjicae* and other paleofauna recorded in vicinity of Belgrade, Paraćin, Stalać, Niš, Vladičin Han and Peć are proving the existence of a single large lake, which was first suggested by Dolić.

**Key words:** mollusks, ostracodes, Middle Miocene.

### Увод

Настанак Српског језера повезује се са спредингом после колизије Динарида и Карпато-балканида (ЦВЕТКОВИЋ *и др.* 2004). Закашњење спрединга, у трајању читавог доњег миоцена, свакако је последица дуготрајних притисака са истока услед повијања Карпато-Балканског лука.

Западна граница Српског Језера јасно је означена Мачкатском флувио-денудационом површи Цвилића (1909). На северу сноп савских раседа одваја седиментациони простор Српског језера од других сличних, млађих и старијих језерских и морских творевина у степенасто спуштеним рововима (КРСТИЋ *и др.* 2005; ЋОРИЋ *et al.* 2009). На истоку граница Језера је недовољно јасна, јер су творевине језера у великој мери прогутане раседима и навлакама (КРСТИЋ *et al.* 1988) а сачувана је само у удолинама таласасто убраних тектонских појасева Карпато-Балканског орогена (КРСТИЋ и ДИНИЋ 1972). На југ се Језеро пружа до Владичиног Хана а залази и у Скопску потолину (ПЕТРОВИЋ и ГАГИЋ 1973; DUMURDŽANOV & KRSTIĆ 1999).

Седименти Српског Језера таложе се углавном преко мезезојских и других творевина осим у западном приобаљу где леже преко седимената Динаридског Система Језера. Типичан пример је околина Ужичке Пожеге где су ове две сличне серије раздвојене јасном дискорданцијом. Доња је бројним уздужним и попречним раседима тако искомадана да је „дошла у ненормалан контакт са млађом“ (ШКЕРЉ 1975: 116) а раседи су често реверсни (СТЕВАНОВИЋ 1977: сл. 75).

Повлата Српског Језера проучена је код Београда где преко формације „Сланачка серија“ леже морске баденске творевине. Прелаз језерских у морске је постепен али довољно брз, тако да се у само 3–4 метра налазе слојеви са ослађеном морском фауном. Према југу прелазни седименти није познати мада ослађеног бадена има дуж Мораве све до Крушевца (ПЕТКОВИЋ 1927; СТЕВАНОВИЋ *и др.* 1977).

Код Београда баден почиње својим средњим делом, зоном са *Spiroplectinella carinata* (cf. KRSTIĆ, SIKOŠEK & KRSTIĆ, 1988: 82). У јужнијем појасу правца исток-запад, између Тополе и Ваљева, горњемиио-

<sup>1</sup> Природњачки музеј, Његошева 51, Београд. E-mail: gordana.j@nhmbeo.rs

ценски језерски седименти леже дискордантно преко слојева Српског Језера; код села Врачевић и Мушић кречњаци средњег волина прекривају горњеоцеанске језерске творевине са појавама урана испод Букуље у селу Јеловик (KRSTIĆ *et al.* 2005). У севернијем појасу, на Папуку (ĆORIĆ *et al.* 2009) и у јужном Банату развијен је и доњи баден.

Српско Језеро је доста разуђено и са бројним острвима (Волс 1997). Дубина му у просеку није велика, и само се местимично спушта испод термоклизе, где се стварају хемогени талози као код Баљевца, Суботинца, Ваљева и на другим местима (ОБРАДОВИЋ И ВАСИЋ, 2007). Зато су плитки делови насељени бентоским организмима - различитим мекушцима и остракодима. Од остракода руководеће врсте су из рода *Mediocypris* и *Dinarocythere*, од мекушаца *Kosovia* и конгерије из рода *Mytilopsis*.

## Материјал и методи

Приказане су важније врсте мекушаца и остракода у складу са новом номенклатуром и са нарочитим освртом на екологију појединих врста.

**Мекушци** који су нађени на појединим локалитетима су палеонтолошки описани и фигурално приказани. На другим местима се само наводи њихов налазак, али углавном нису поново сликани, осим седамдесетих година и касније, кад су фотографисани и приказани.

БРУСИНА (1894, 1902) наводи неколико врста из околине Ниша и из Звездана код Зајечара: *Prososthenia serbica* BRUSINA (1894: 194–196; 1902, VIII/21–23); *Planorbis pavlovici* BRUSINA (1894: 196–197; 1902: III/13–15) и *Ancylus serbicus* BRUSINA (1894: 198–199; 1902: I/13–17). Ове врсте касније помињу други аутори.

ПАВЛОВИЋ (1903) описује врсту *Neritodonta zivkovići* из Звездана и *Prososthenia fuchsi* из села Мађара код Сталаћа. ПАВЛОВИЋ (1922) описује фауну из белог лапораца села Врмца код Сокобање. Фауна је “типа меланописидних лапораца као у Мађарима близу Сталаћа, Звездану код Зајечара или у Грузи (атару села Рамаће)”. Поједине нове врсте само наводи без описа или са кратким описом до две реченице: *Planorbis truncatoconicus*, *Melanopsis petkovici* и др. ПАВЛОВИЋ (1931) описао је своје нове врсте: *Planorbis truncatoconicus*, *Melanopsis petkovici*, *Pseudamnicola urosevici* (није је описао 1922 године како наводи, већ 1931).

ПАВЛОВИЋ (1931), из обале Нишаве према Медошевцу, је издвојио мноштво крупних конгерија танких љуштура *Congeria nisseana* nov. spec. и описао више нових и раније познатих врста из других локалитета Србије затим *Congeria* spec. aff. *zoiis* BRUSSINA, *Mytilopsis jadrovi* (BRUSINA), *Origoceras* cf. *corniculum* BRUSINA. У Мађарима, *Planorbis petrovici*, *Planorbis verticilloides*, *Planorbis nisseanus*, *Planorbis zivkovići*, *Planorbis truncatocarinatus*, *Aphanotylus ristici*, *Valvata rado-*

*vanovici*, *Melanopsis* cf. *sostarici* BRUSINA (Мађаре), *Melanopsis petkovici* nov. spec. (Врмца), *Melanopsis arsinovi* BRUSINA (Звездан), *Prososthenia fuchsi* PAVLOVIĆ, (Мађаре), *Prososthenia serbica* BRUSINA и др. Од *Neritodontae* описује *Theodoxus zivkovići* (PAVLOVIĆ) из Звездана, *Th. brusianai* (PAVLOVIĆ) (нађено стотине примерака у потоку Вољавче код Краљева) и др.

PAVLOVIĆ (1935) из околине Пећи описује неколико нових и раније познатих врста: *Lymnaea metochiana*, *Prososthenia cubrilovici*, *Fossarulus mariae*, *Planorbis gladilini*, *Marticia makarii*, *Hydrobia santrici*, *Bythinella cvijici*, *Spherium mateici*, *?Congeria dactyliformis*.

МИЛОШЕВИЋ (1967) објашњава систематски положај врсте *Kosovia compresa* PAVLOVIĆ и даје табеларни приказ распрострањења следећих врста: *Kosovia matejici* PAVLOVIĆ (Мађаре, Г. Мутница), *Kosovia* cf. *matejici* PAVLOVIĆ (Пардик, Г. Мутница), *Kosovia* sp. (Рековац, Бела Црква, Крагујевац, Бресница код Краљева).

МИЛОШЕВИЋ (1971) приказује нове хидробије из Пећи, Параћина и Сталаћа (*Micromelania proni*, *Micromelania metochiana*). Исти аутор, 1980 године описује *Hydrobia santrici oblonga*, *H. santrici bythinelloides*, а 1981. нове врсте барских пужева: *Lymnaea pavlovici*, *L. stojadinovici*, *L. permanenta*.

МИЛАКОВИЋ & МИЛОШЕВИЋ (1974) приказују *Kosovia matejici* PAVLOVIĆ из Драгачева и наводе да ниво са *Kosovia*, у до тада откривеним налазиштима има исти суперпозициони положај и да су сви облици *Kosovia* припадници исте врсте.

РОРОВИЋ (1966/1967) је описала нову врсту *Brotia (Brotia) spinosa* и нову подврсту *Brotia (Tinnyea) escheri moravica*. Уз њих приказује (РОРОВИЋ & NOVKOVIĆ, 1966/1967) и неколико раније познатих таксона различитог стратиграфског порекла, који су заступљени у Западноморавској потолини.

КНЕЖЕВИЋ (1996), описује две нове подврсте конгерија из Шумадије и Поморавља: *Mytilopsis antecroatica sumadica* (КНЕЖЕВИЋ) и *M. cvitanovici servica* (КНЕЖЕВИЋ) чиме је први пут одвојено Српско језеро од Динаридског система језера (видите у Дискусији).

**Остракоде** Српског Језера прва је приказала Н. КРСТИЋ од 1966. У 1972 фауна Мутнице је сматрана за панонску (МИЛОШЕВИЋ 1971). Због тога су неке од нових врста добиле име *pannonica*. Те године све нађене форме остракода су или нове врсте (6) или подврсте (3) а само једна је од раније позната, *Cyprinotus salinus*, и то као рецентна, па ту одредбу треба још проверити. Следећа 4 таксона остала су у отвореној номенклатури. То је била богата проба узета из фосилоносног песка и сепарисана вејањем. Исти аутор (КРСТИЋ 1974) описала је, овај пут из глиновитих творевина код Крагујевца, још 2 нове врсте, следеће две приближно одређене и 4 одређене као специеси. Језерски остракоди описани су из сланачке серије Београдског дунавског кључа (КРСТИЋ 1978, уз табелу морских и бракичних

остракода): 3 нове врсте и 3 приближно одређене. Детаљнији приказ остракода (KRSTIĆ 1980) из језерских седимената Србије обухвата осим нове врсте рода *Mediocypris* још 5 нових врста сакупљених у алексиначком Поморављу.

Остракоде језерског неогена спорадично обрађује ГАГИЋ (1972). Прва је препознала род *Mediocypris*, руководећи фосил за средњи миоцен Евроазије. Врсту наводи из околине Владичиног Хана (ПЕТРОВИЋ и ГАГИЋ 1973). Касније га је приказала (ГАГИЋ 1994) из околине Пожаревца, из бушотине у Сиракову на табли прикљученој уз рад о Колубарском басену. Необичне форме из околине Крагујевца је, 1972, приброджала роду *Cheikella*. Према MALZ-у (1976) тај род је млађи синоним за *Cyprinotus* BRADY, 1886. А MALZ (стр. 191) напомиње да се „грба“ код *Cyprinotus*-а налази на десном капку а не на левом и да су димензије примерака из миоцена Србије знатно мање.

## Дискусија

**Мекушци.** Постоји одређена сличност „меланосидних лапора“ из Далмације и Србије. То је први запазио БРУСИНА (1894), али „одмах се увјерих да имам пред очима врсту веома различиту од далматиске“ па је после поређења и са македонском *Prososthenia suessi* BURGERSTEIN одредио као нову. Сличан је и коментар за *Ancylus serbicus* коју пореди са *A. illyricus* NEUMAYR.

Што се тиче конгерија, први је ПАВЛОВИЋ (1933) одредио митилоксидну форму из плиоцена Метохије као *Congeria. ornithopsis*. Следили су и други истраживачи, као РОРОВИЋ (1960) за Жагубичку котлину, РОРОВИЋ & НОВКОВИЋ (1966/1967) у Чачанско-Краљевачком басену наводе примитивне митилоксидне конгерије из бушотина у Лађевцима. Млађе делове серије пескова из локалитета Дубоки поток (Вољавча), п. Бајовац (Тавник), п. Ђуринац (Цветке), п. Градинац и Зеленички поток (Милочај), који поред поменутих конгерија садрже и *Psilunio (Psilunio) atavus* PARTSCH, *Dreissena turrislavica* JEKELIUS, *Brotia (Tinnyea) escheri moravica* РОРОВИЋ, *Neritodonta brusinae rugosa* PAVLOVIĆ, *Prososthenia zujovici* BRUSINA, *P. radicevici* BRUSINA и друге, сврставају у панон.

Фосиле из Ваљевског басена и из пребадена Орашца, ДОЛИЋ (1983, 1984) је упоредио са врстама раније описаним у Динаридском систему језера: *Mytilopsis jadrovi* (BRUSINA), *M. sliskovici* (KOCHANSKY), *M. cf. nitida* (KOCHANSKY), *Congeria aff. andrussovi* BRUSINA, *Theodoxus barakovici* (BRUSINA), *Th. ex gr. sinjana* (BRUSINA).

Сличан проблем су имали и KRSTIĆ *et al.* (1997) који су дали цртеже и фотографије конгерија, на основу којих се лакше може утврдити мутација у оквиру врсте *Mytilopsis sumadica* (КНЕЖЕВИЋ 1996), односно разлике које одвајају две географски и стратиграфски удаљене врсте као што су *M. aff.*

*aletici* (KOCHANSKY) или *M. aff. novica* (KOCHANSKY), обе код нас одређене према врстама KOCHANSKY & SLIŠKOVIĆ (1978).

СТЕВАНОВИЋ са сарадницима (1977) прихвата мишљење МИЛАКОВИЋА & МИЛОШЕВИЋА (1974) и тек тада почиње да се мења схватање о старости језерских пребаденских седимената у Србији. Тако је КНЕЖЕВИЋ (у МАРОВИЋ *и др.* 1984: 59) из Жагубичког басена одредио конгеријску врсту “која по својим морфолошким особинама личи на врсту *Congeria antecroatica* KATZER“. Потом је КНЕЖЕВИЋ (1996) одредио две нове подврсте *Mytilopsis antecroatica sumadica* (КНЕЖЕВИЋ) и *M. cvitanovici servica* (КНЕЖЕВИЋ) за врсте које су приказали KOCHANSKY & SLIŠKOVIĆ (1978) из старијих седимената Динаридског система језера.

Данас можемо да закључимо да су конгерије у седиментима Српског језера заступљене са малим бројем врста које припадају роду *Mytilopsis*.

**Остракоди.** Једна од првих описаних врста из преваходно глиновитих творевина је *Ochridiella? sabantae* KRSTIĆ, 1974, са удубљеним дорзалним крајем и нешто дебљом љуштуром. Она је честа у околини Крагујевца, нпр. у Чумићу, где су јој дорзални углови левог капка још изразитији, као доказ повишене минерализације воде у којој су се таложиле лапорци. Може се лако разликовати и на основу младих примерака који имају исто тако „седласта леђа“, какви су налажени у Мионици код моста. Детаљне анализе ових фосила нису рађене.

Друга врста, описана из истих седимената је *Reticulocandona? baljkovacensis* KRSTIĆ, (1974). Њена љуштурица је релативно танка. Није сасвим јасно како су се ове две врсте нашле у истој проби из које су описане. Касније је налажена у другим локалностима Шумадије, а последњи налази су посебно интересантни. У плиткој води под непрекидним дејством таласа љуштурице ове врсте су се накупиле градећи остракодски кречњак у усеку пута према Горњој Трепчи. Осим тога појединачни капци су се уклопили један у други, мањи у веће, што је један редак седиментолошки феномен. Као појединачна форма налази се у Тавнику.

Да додамо налаз *Hyocypris* sp. 7 из исте пробе у Баљковцу (КРСТИЋ, 1974), која има изразито задебљање дуж предњег краја и дуж задњег дела дорзалног краја као доказ минерализације. Форма слична *Hyocypris* sp. 7, са изразитим задебљањима, нађена је код Ратара у Драгачеву. Није нигде описана за разлику од примерка из Баљковца који је нацртан.

Из претежно песковитих творевина описан је читав низ нових врста са танким љуштурицама, знаком да није било много калцијум карбоната у води. Најзначајнији је први налаз *Cytherideida* који су касније послужили за установљење новог рода *Dinarocythere* KRSTIĆ, 1987, па и читаве нове подфамилије. Исте врсте рода *Dinarocythere* нису нађене у другим локалитетима, већ су то троугласте форме.

Овде ћемо навести само неколико врста које се налазе и на другим местима али није сигурно потврђено да то нису подврсте: *Hyocypris pannonica* KRSTIĆ, 1972, *Potamocypris bouei* KRSTIĆ, 1972, *Cypridopsis pannonicus* KRSTIĆ, 1972. Последња од наведених врста (подврста?) понекад има угластиви дорзални крај левог капка (супротно од рода *Cheikella* = *Cyprinotus*, види горе).

Следећи значајан остракод је *Mediocypris*, род карактеристичан за континентални средњи миоцен Евроазије. Код нас га је прва је приказала ГАГИЋ (у: ПЕТРОВИЋ И ГАГИЋ 1973) из околине Владичиног Хана. Има га и у пећкој серији у Метохији (БОКЧИЋ И ВУЛИСИЋ 1975: 179, према корекцији Н. ГАГИЋ). Претставнике овог рода првобитно је KRSTIĆ (1978), прибројала роду *Ретициулоцандона* а тек касније унела исправку те су врсте *M. nisseana* (KRSTIĆ, 1978) и *M. visnjicae* (KRSTIĆ, 1978) налажене код Београда, Ниша и у Владичином Хану, докази о великом распрострањењу Српског Језера током раног средњег миоцена.

## Закључак

Највећи број нових врста Српског Језера, налази се код ПАВЛОВИЋА (1903, 1931) и МИЛОШЕВИЋА (1971), мада прве одредбе припадају БРУСИНИ (1894) и РОРОВИЋ (1966/67) која је описала два нова гастроподска таксона. Неке приближне одредбе мекушаца из околине Ваљева, према сличности са врстама из Динарида, наводи ДОЛИЋ (1984). Једино је КНЕЖЕВИЋ (1996) од новијих аутора описао нове подврсте *Mythilopsis cvitanovici servica* (КНЕЖЕВИЋ), *M. antecroatica sumadica* (КНЕЖЕВИЋ) и тиме дао још једну потврду за самосвојност Српског Језера. Ове две форме су раније одређиване као *Congeria banatica* и *C. croatica*, што је доводило до погрешне одредбе стратиграфске припадности.

Остракоди су изванредни еколошки индикатори. На основу њих одређена је сланост плиоценског палудинског језера у Војводини на 2-4промила соли. То је било могуће јер су скоро све врсте припадале рецентној фауни. Међу остракодима Српског Језера не налази се ни једна врста која и данас живи, али неки од фосилних имају аберантне особине, што указује на повишену минерализацију воде. Описи ових врста из различитих локалитета су малобројни, те су наведена и нека налазишта у којима остракоди још нису детаљно проучени те нису ни приказани. Све то указује на тврду језерску воду са извесном количином соли.

## Литература

Волц, Z. 1997. Paleogeographic circumstances of the Lower Badenian equivalents in the area of central Serbia. Proceedings

- of the Meetings in Yugoslavia, Yugoslav working group IGCP project 329 "Neogene of the Paratethys", *Mem. Geoinstitute*, 21: 79–81, Beograd.
- БОКЧИЋ, П., ВУЛИСИЋ, Ј. 1975. Метохијски басен, *Геологија Србије*, 7 Каустобиолити: 176–183, Београд.
- БРУСИНА, С. 1894. Одломци српске терцијарне малакологије II. *Геолошки анали Балканског полуострва*.
- BRUSINA, S. 1902. *Iconographia molluscorum fossilium in tellure tertiaria Hungariae, Croatiae, Slavoniae, Serbiae et Bulgariae inventorum*. Operis Gragja, pars altera, Atlas. 30 pls.
- CVETKOVIĆ, V., PRELEVIĆ, D., DOWNES, H., JOVANOVIĆ, M., VASELI, O., PECDSKAY, Z. 2004. Origin and geodynamic significance of Tertiary postcollisional basaltic magmatism in Serbia (central Balkan Peninsula). *Lithos*, 73: 161–186, Elsevier.
- ЦВИЛИЋ, Ј. 1909. Језерска пластика Шумадије. *Глас Српске краљевске академије*, 1/32: 1–94.
- ЋОРИЋ, С., ПAVELIĆ, D., RÖGL, F., MANDIĆ, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R., JERKOVIĆ, L., VRANKOVIĆ, A. 2009. Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, central Paratethys). *Geologica Croatica*, 62/1, 31–43.
- ДОЛИЋ, С.Д. 1983. Приказ фосилних мекушаца из слатководног миоцена мионичко-ваљевског басена. *Зависници СГД* за 1982: 117–121, Београд.
- ДОЛИЋ, С.Д. 1984. Биостратиграфски прилог познавању језерског средњег миоцена околине Аранђеловца. *Ibid.* за 1983: 67–69, Београд.
- DUMURDŽANOV, N., KRSTIĆ, N. 1999. The Skopje Neogene basin in the Republic of Macedonia. *Geol. Macedon.*, 13: 47–56, Štip.
- ГАГИЋ, Н. 1972. Представници рода *Cheikella* из неогених седимената Краљева и Крагујевца. *Геолошки анали Балканског полуострва*, 37/2: 155–163, Београд.
- GAGIĆ, N. 1994. Miocene freshwater formations south in the Kolubara basin (Слатководне творевине миоцена у јужном делу Колубарског басена). *Vesnik A-B*, 46: 193–205, Beograd.
- KNEŽEVIĆ, S. 1996. New Congera from Šumadija and Pomoravlje. *Geoinstitute spec. Publ.* 19 „Neogene of Central Serbia“ (IGCP project 329): 27–31, Beograd.
- KOCHANSKY-DEVIDE, V., SLIŠKOVIĆ, T. 1978. Miocenske kongerije Hrvatske, Bosne i Hercegovine (in German with Croatian summary). *Paleontologia Jugoslavica*, JAZU, 19: 1–98, Zagreb.
- KOCHANSKY-DEVIDE, V., SLIŠKOVIĆ, T. 1980 (mart 1981). Mlade miocenske kongerije iz Livanjskog Duvanjskog i Kupreškog Polja u jugozapadnoj Bosni i Hodova u Hercegovini. *Paleontologia Jugoslavica*. JAZU, 25: 1–25, Zagreb. (in German with Croatian summary).
- KRSTIĆ, B., DINIĆ, J. 1972. Über die Erstreckungsrichtung der Antiklinale der Svrljiške planine in Ostserbien. *Bulletin Scientifique*, Sect. A, Tome 17, No. 5–6, Zagreb.
- KRSTIĆ, N. 1966. Erster Fund der Ostracoden Gattung *Amplocypris* in den älteren Sedimenten von Pannon. *Fragmenta Balcanica Musei Macedonici scientiarum naturalium*, V, 21 (131): 149–155, Taf. 2, Abb. 5, Skopje.
- KRSTIĆ, N. 1972. Neue Ostrakode aus dem Obermiozän von Donja Mutnica (Paraćin, Serbien). *Bulletin scientifique*, Conseil



- Academies sciences arts Yugoslavie, A, 17, 5–6: 153–155, figs. 32, Zagreb.
- КРСТИЋ, Н. 1974. Остракоди из миоцена Баљковца, Крагујевац; *Зайисници СГД* за 1973: 177–188, Београд.
- КРСТИЋ, Н. 1978. Ostrakodi u miocenu Beogradskog dunavskog ključa. *Zbornik radova IX kongresa geologa Jugoslavije*: 117–125, sl. 17, tabela, Sarajevo.
- КРСТИЋ, Н. 1980. Some Miocene ostracodes of Aleksinac's Pomoravlje. Proceedings of the XI Congress of Carpathian-Balkan Geological Association, Stratigraphy („Naukova dumka“): 116–124, Kiev.
- КРСТИЋ, Н., СИКОШЕК В., КРСТИЋ, В. 1988. Neogena tektonika jugoslovenskih Karpato-Balkanida. *Radovi Geoinstituta.*, 22: 75–85, Beograd.
- КРСТИЋ, Н., ВОЈЋ, З., ВУЛЕТОВИЋ, В., КЕРАНОВИЋ, В. 1997. Lacustrine miocene of Dragčiči near Kraljevo. Geoinstitute spec. Publ. 19 „Neogene of Central Serbia“ (IGCP project 329): 129–139, Beograd.
- КРСТИЋ, Н., САВИЋ, ЛЈ., ЈОВАНОВИЋ, Г., & БОДОР, Е. 2003. Lower Miocene lakes of the Balkan Land. *Acta Geologica Hungarica* 43, 3: 291–299, Budapest.
- КРСТИЋ, Н., ЈОВАНОВИЋ, Г., КОВАЛЕНКО, В. 2005. Miocene fossils from Jelovik at the foothills of Bukulja mountain. Abstracts of 1<sup>th</sup> Internat. Workshop „Neogene of Central and Southeastern Europe“: 24–25, Fruška Gora.
- MALZ, H. 1976. Heterocypris vel Cyprinotus? *Senckenbergiana lethaea* 57 (2/3): 185–199, Frankfurt am Main.
- МАРОВИЋ, М., МИХАЛЛОВИЋ, Б., КНЕЖЕВИЋ, С. 1984. Прилог познавању старости седимената Жагубичког басена. *Зайисници СГД* за 1983: 53–61, Београд.
- МИЛАКОВИЋ, В. МИЛОШЕВИЋ В. 1974. Nalazak i biostratigrafija kosovija (PAVL.) u slatkovodnim naslagama neogena Dragačeva; *Glasnik Prirodnjačkog muzeja*, A, 29: 65–72. Beograd.
- МИЛОШЕВИЋ, В. 1967. O sistematskom položaju gastropodske vrste *Kosovia compressa* P. Pavlović. *Ibid*: 3–15.
- МИЛОШЕВИЋ, В. 1971. Nalazak novih hidrobija u jezerskim sedimentima gornjeg miocena okoline Peći, Paraćina i Stalaća. *Ibid*, 26: 117–127, Beograd.
- МИЛОШЕВИЋ, В. 1980. Prilog poznavanju hidrobijske fosilne faune iz pećke serije Metohije. *Ibid*, 35: 69–85.
- МИЛОШЕВИЋ, В. 1981. Novi fosilni barski puževi iz roda *Lymnaea* iz sedimenata pećke serije Metohije. *Ibid* 36: 57–
- ОБРАДОВИЋ, Ј., ВАСИЋ Н. 2007. Језерски басени у неогену Србије. САНУ, *йосебна издања DCLXII*, Одељење за математику, физику и гео-науку 3: 1–312, Београд.
- ПАВЛОВИЋ, П. 1903. Принове Геолошког завода: 26. Терцијарни фосили из Јелашнице, 27. Две нове врсте из Звездана и Мађара. *Геолошки анали Балканског йолуостйрва*, VI/1: 323–325, Београд.
- ПАВЛОВИЋ, П. 1922. Прилози за познавање терцијара у Србији. 14. Терцијарна фауна из села Врмце у сокобањском срезу. *Ibid*, VII/1: 42–50.
- ПАВЛОВИЋ, П. 1931. О фосилној фауни мекушаца из Скопске котлине. *Гласник Скојског научног друшйва IX*, Одељење природних наука 3: 1–28, Београд.
- PAVLOVIĆ, S.P. 1935. Sur la faune des mollusques des environs de Peć (Serbie du Sud). *Glas Srpske kraljevske akademije*, CLVI-II, 43–50.
- ПЕТРОВИЋ, Б., ГАГИЋ, Н. 1973. Слатководне творевине средњег миоцена шире околине Владичиног Хана. *Геолошки анали Балканског йолуостйрва*, 38, 105–110, таб I, Београд.
- РОРОВИЋ, Р. 1960. О starosti sedimenata Žagubičke kotline. *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja*, A, XVIII, 85–93. Beograd.
- РОРОВИЋ, Р. 1966/1967. Novi predstavnici Brotia iz slatkovodne serije panona Zapadnomoravskog basena. *Ibid*, 333–340.
- РОРОВИЋ, Р. NOVKOVIĆ M. 1966/1967. Donjekongerijske naslage slatkovodnih basena Zapadne Morave i Gruže sa osvrtom na starost ugljenih slojeva; *Ibid*, XXIV/XXV: 317–332, tab. I–III.
- СОКАЋ, А., КРСТИЋ, Н. 1987. Ostracode fauna of some nonmarine Neogene basins in Yugoslavia. *Geol. vjesnik*, 40: 45–52, Zagreb.
- СТЕВАНОВИЋ, П. 1977. Језерски неоген. *Геологија Србије* П/3, *Сйрајинйграфија, Кенозоик*, 185–211.
- СТЕВАНОВИЋ, П., ПАВЛОВИЋ, М., ЕРЕМИЈА, М. 1977. Стратиграфски положај косовијских хоризоната у слатководном неогену Србије (Шумадија и Поморавље). *Зайисници СГД* за 1975 и 1976: 77–81. Београд.
- ШКЕРЉ, Д. 1975. Добрињски басен; *Геологија Србије VII*. Каустобиолити: 116–118, сл. 40, Београд.



## Badenian Gastropods of Trnjane near Negotin (Eastern Serbia) Баденски гастроподи Трњана код Неготина (Источна Србија)

GORDANA JOVANOVIĆ<sup>1</sup>

**Abstract.** This paper presents a revision of the collection of Middle Miocene gastropods (from Badenian) from the locality Duboki Potok – Kolatin (Trnjane near Negotin – Eastern Serbia). The revision included 57 species. Besides the revision, several gastropods were determined from the previously unidentified (unprocessed) material: *Murex (Tritonalia) confluens* (EICHWALD), *Zebina (Stossichia) planaxoides seminitida* ATANACKOVIĆ, *Hipponix (Sabia) phlebsi* BOETGER, *Emarginula clathrataeformis* EICHWALD, *Patella cf. neglecta* MICHELOTTI.

**Key words:** Badenian, gastropods, revision of a collection, Negotin

**Апстракт.** У раду је извршена ревизија збирке средњеоцењских пужева (бадениан) из локалитета Дубоки поток – Колатин, (Трњане код Неготина – источна Србија). Извршена је ревизија 57 врста. Поред ревизије, у неидентификованом (необрађеном) материјалу одређено је неколико примерака пужева: *Murex (Tritonalia) confluens* (EICHWALD), *Zebina (Stossichia) planaxoides seminitida* ATANACKOVIĆ, *Hipponix (Sabia) phlebsi* BOETGER, *Emarginula clathrataeformis* EICHWALD, *Patella cf. neglecta* MICHELOTTI.

**Кључне речи:** Баден, гастроподи, ревизија збирке, Неготин.

### Introduction

The marine Badenian at Timočka Krajina has a wide distribution. It is generally represented by sands, sandstones and clays, while the lithothamnion limestones are less developed. The greatest abundance of fossils was recorded in sands and clayey sands, particularly those from Veliki Izvor near Zaječar and from Duboki Potok at Trnjane near Negotin.

The goal of this paper is to present the richness and importance of the Museum's collection (collected by the Academy Member Petar Pavlović) from this part of Timočka Krajina. According to STEVANOVIĆ (1977), these sediments belong to Early Badenian, while the Laita limestones recorded in immediate vicinity belong to Late Badenian. This collection is stored at the Natural History Museum in Belgrade. As the fossil material in the Museum was collected and determined more than a hundred years ago, there was an urgent need for revision of species.

### Material and methods

The Collection at the Museum includes over two thousand specimens, mostly gastropods and bivalves, while co-

ral, brachiopods and scaphopods are represented by much smaller numbers. Most species were represented with a small number of specimens or even a single specimen. Over 80 species of mollusks were collected at the locality Duboki Potok – Trnjane as well as over 70 species at the locality Duboki Potok – Kolatin. RADOVANOVIĆ & PAVLOVIĆ (1891) and PAVLOVIĆ (1903) have published a list of determined species, comparing them with the other localities (Baden – Austria, Lapugiu – Romania, Rakovica – Serbia etc.). For the locality Duboki Potok – Trnjane they have determined four layers of Badenian sediments: sandy clays with numerous cerites, reddish sands with brittle fossils, sands (the main fossil-bearing layer) and the large-grained sandstones without fauna.

Lately there are several papers on Badenian malacofauna of central Paratethys: SIEBER (1958), BALUK (1975, 1995, 1997, 2006), STEININGER *et al.* (1978), ATANACKOVIĆ (1985), POPOV *et al.* (1996), HARZHAUSER & KOWALKE (2004), KOWALKE & HARZHAUSER (2004), BORGHI & VECCHI (2005), LANDAU & MARQUES DA SILVA (2006) etc. which were used as references for determination of species for the needs of this paper. The Badenian fauna of mollusks of vicinity of Negotin is also very abundant and diverse, like the faunas from the neighboring regions of Romania and Bulgaria

<sup>1</sup> Natural History Museum, Njegoševa 51, Belgrade, E-mail: gordana.j@nhmbeo.rs

Table 1. List of gastropods from the locality Duboki Potok – Kolatin (Trnjane near Negotin).

Табела 1. Листа гастропода локалитета Дубоки Поток – Колатин (Трњане код Неготина).

Inv. Numb. K	Petar Pavlović	Gordana Jovanović (this paper)
4998	<i>Turritella archimedis</i> BRONG	<i>Turritella (Archimediella) erronea</i> COSSMANN in FRIEDBERG
4999	<i>Turritella bicarinata</i> EICHWALD	<i>Turritella (Eichwaldiella) bicarinata</i> (EICHWALD)
5000	<i>Rissoina obsoleta</i> PARTSCH	<i>Rissoina obsoleta</i> PARTSCH
5001	<i>Rissoina burdigalensis</i> D'ORBIGNY	<i>Rissoina (Phosinella) steinabrunensis</i> SACCO
5002	<i>Rissoa venus</i> D'ORBIGNY	<i>Alvania (Acinulus) venus transiens</i> SACCO
5003	<i>Rissoina nerina</i> D'ORBIGNY	<i>Rissoina nerina</i> D'ORBIGNY
5004	<i>Cerithium crenatum</i> BROCCIII	<i>Cerithium (Ptychocerithium) procrenatum</i> SACCO
5006	<i>Cerithium zeuchneri</i> PUSCH	<i>Cerithium (Tiaracerithium) zeuchneri</i> PUSCH
5008	<i>Cerithium rubiginosum</i> EICHWALD	<i>Cerithium rubiginosum</i> EICHWALD
5009	<i>Buccinum vindobonensis</i> MAYER	<i>Nassarius coloratus</i> (EICHWALD)
5010	<i>Buccinum hoernesi</i> SEMPER	<i>Buccinulum</i> sp.
5011	<i>Buccinum</i> sp.	<i>Nassarius kostyanus</i> (BOETGER)
5012	<i>Nassa eichwaldi</i> FRIEDBERG	<i>Nassarius eichwaldi</i> FRIEDBERG
5013	<i>Nassa restitutiana</i> FONTANES	<i>Nassarius restituanus</i> FONTANES
5014	<i>Columbella curta</i> DUJARDIN	<i>Columbella curta</i> DUJARDIN
5015	<i>Murex cristatus</i> BROCCIII	<i>Muricopsis cristata</i> (BROCCIII)
5016	<i>Murex coelatus</i> GRATELOUP	<i>Murex caelatus</i> GRATELOUP
5017	<i>Murex hoernesi</i> D'ANCONA	<i>Hexaplex hoernesi</i> D'ANCONA
5018	<i>Mitra ebenus</i> LAMARCK	<i>Vexillum (Pussia) ebenus</i> (LAMARCK)
5019	<i>Mitra incognita</i> BASTEROT	<i>Mitra incognita</i> BASTEROT
5020	<i>Ancilla glandiformis</i> (LAMARCK)	<i>Amalda glandiformis</i> (LAMARCK)
5021	<i>Terebra acuminata</i> BORSON	<i>Terebra acuminata</i> BORSON
5022	<i>Terebra fuscata</i> BROCCIII	<i>Subula (Oxomeris) fuscata modesta</i> BROCCIII
5024	<i>Terebra basteroti</i> NYST	<i>Terebra (Strioterebrum) basteroti</i> NYST
5025	<i>Terebra</i> cf. <i>neglecta</i> MICHELOTTI	<i>Terebra</i> cf. <i>neglecta</i> MICHELOTTI
5026	<i>Conus fuscocingulatus</i> BRONGNIAR	<i>Conus (Cheliconus) fuscocingulatus</i> (BRONN)
5027	<i>Oliva flamulata</i> LAMARCK	<i>Oliva flamulata</i> LAMARCK
5028	<i>Caecum trachea</i> MONTAGU	<i>Caecum (Caecum) trachea</i> MONTAGU
5030	<i>Natica redempta</i> MICHELOTTI	<i>Polinices redempta</i> MICHELOTTI
5031	<i>Conus mediterraneus</i> BROCCIII	<i>Conus mediterraneus</i> BROCCIII
5032	<i>Cypraea lanciae</i> BRUSINA	<i>Cypraea lanciae</i> BRUSINA
5033	<i>Cassis saburon</i> BRONGNIAR	<i>Phalium saburon miolaevigatum</i> SACCO
5034	<i>Ranella marginata</i> BRONGNIAR	<i>Ranella marginata</i> BRONGNIAR
5035	<i>Ancilla glandiformis</i> (LAMARCK)	<i>Amalda glandiformis</i> (LAMARCK)
5294	<i>Columbella curta</i> DUJARDIN	<i>Columbella curta</i> DUJARDIN
5295	<i>Columbella subulata</i> BELLARDI	<i>Columbella subulata</i> BELLARDI
5298	<i>Fusus</i> cf. <i>virgineus</i> GRATELOUP	<i>Euthriofusus virgineus</i> (GRATELOUP)
5300	<i>Murex haidingeri</i> HÖRNES	<i>Murex heidingeri</i> HÖRNES
5301	<i>Rissoina burdigalensis</i> D'ORBIGNY	<i>Rissoina (Phosinella) steinabrunensis</i> SACCO
5305	<i>Mitra scrobiculata</i> BROCCIII	<i>Mitra scrobiculata</i> BROCCIII
5309	<i>Rissoina pusilla</i> BROCCIII	<i>Rissoina podolica</i> COSSMANN
5310	<i>Rissoina moravica</i> HÖRNES	<i>Rissoina moravica</i> HÖRNES
5311	<i>Natica helicina</i> BROCCIII	<i>Euspira helicina</i> BROCCIII
5313	<i>Neritula</i> sp.	<i>Neritula</i> sp.
5318	<i>Cerithium minutum</i> DE SERRES	<i>Cerithium (Theridium) europeum</i> MAYER
5332	<i>Cerithium pygmaeum</i> PHILIPPI	<i>Cerithium pygmaeum</i> PHILIPPI
5333	<i>Cerithium perversum</i> LINNAEUS	<i>Triphora perversa</i> LINNAEUS
5335	<i>Turritella turris</i> BASTEROT	<i>Turritella (Turritella) turris</i> BASTEROT
5341	<i>Turritella archimedis</i> BRONGNIAR	<i>Turritella (Archimediella) erronea</i> COSSMANN in FRIEDBERG
5344	<i>Turritella subangulata</i> BROCCIII	<i>Turritella (Haustator) badensis</i> SACCO
5346	<i>Turritella</i> n. sp.	<i>Turritella (Haustator)</i> n. sp.
5359	<i>Pleurotoma subcarinata</i> BELLARDI	<i>Pleurotoma subcarinata</i> BELLARDI.
5363	<i>Pleurotoma coronata</i> MÜNSTER in GOLDFUSS	<i>Gemmula coronata</i> (MÜNSTER in GOLDFUSS)
5365	<i>Pleurotoma terebra</i> BASTEROT	<i>Pleurotoma terebra</i> BASTEROT
5370	<i>Pleurotoma</i> n. sp.	<i>Gemmula</i> sp.
5373	<i>Buccinum auingeri</i> HÖRNES	<i>Nassarius macrodon auingeri</i> HÖRNES & AUINGER
5374	<i>Buccinum schönni</i> HÖRNES & AUINGER	<i>Nassarius schönni</i> (HÖRNES & AUINGER)

described by ZLATARSKY (1908), KOJUMDIEVA (1960), POPOV *et al.* (1996), RODICA (2007) etc. This paper includes the revised list of species from the site Duboki Potok – Kolatin (Table 1). There are no data on the type of sediment where they were recorded.

Following species were determined from the previously undetermined material: *Zebina (Stossichia) planaxoides seminitida* ATANACKOVIĆ, Duboki Potok – Trnjane, *Patella cf. neglecta* MICHELOTTI, Duboki Potok – Šarkamen, *Emarginula clathrataeformis* EICHWALD, Kolatin – Trnjane, *Hipponix (Sabia) phlebsi* BOETGER, Duboki Potok – Šarkamen, *Murex (Tritonalia) confluens* (EICHWALD), Kolatin – Trnjane.

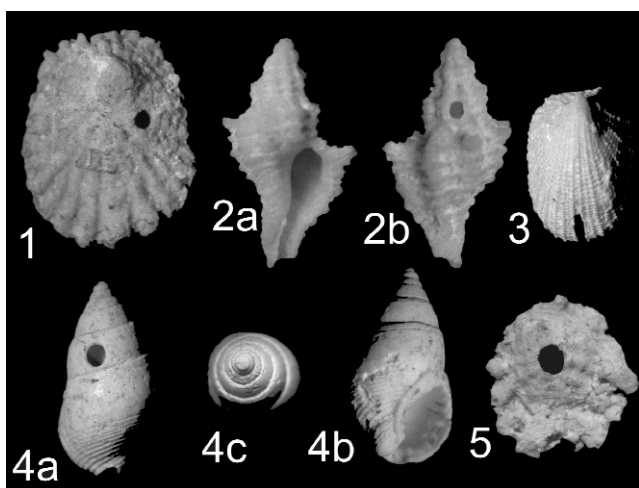


Fig 1. 1. *Patella cf. neglecta* MICHELOTTI, height: 9,50 mm; 2a, b *Murex (Tritonalia) confluens* (EICHWALD), height: 10,05 mm; 3. *Emarginula clathrataeformis* EICHWALD, height: 3,2 mm; 4 a, b, c. *Zebina (Stossichia) planaxoides seminitida* ATANACKOVIĆ, height: 8,60 mm; 5. *Hipponix (Sabia) phlebsi* BOETGER, height: 0,52 mm.

## Discussion

Most species are represented by a small number of specimens or by a single specimen. The most abundant group is the representatives of shallow bottom community: *Nassariidae* IREDAL, (over 200 specimens), *Rissoidea* GRAY (60 specimens) and *Turritellidae* LOVEN (fifty specimens). Similar rissoid-nassariid assemblages existed about 400.000 years earlier (during the latest Early Miocene) in the adjacent Korneuburg Basin in 0–30 m deep environments (MANDIĆ *et al.* 2002). *Turritellinae* live in various environments at various temperatures, depths and orientations toward the substrate. Therefore ALLMON (1988) considered the use of turritellines for taphonomic and paleoecological reconstructions to be problematic. The diversity of mollusk fauna and presence of other organisms (coral colonies, brachiopods) indicate suitable living conditions in shallow marine environment of normal salinity. According to MITROVIĆ & PETROVIĆ (1988) these sediments belong to Kladovo–Negotin bay of Dacian region and were deposited in a warm marine environment with shallow bottom and strong water currents.

The dimensions of the collected specimens are highly variable, and they are well-preserved. The studied specimens do not show signs of long transport. The impact of transport on state of preservation of shells may be quite great in some cases (ZUSHIN *et al.* 2004, etc.). The abrasion and fragmentation (breakage) in shells are also rare in this sample. The mass appearance of cerites in Layer 1 (locality described under the name Duboki Potok – Trnjane by RADOVANOVIĆ & PAVLOVIĆ 1891) is probably a consequence of influx of freshwater in one part of the basin, similarly to the sites of Žuto Brdo near Golubac (northeastern Serbia), where there were smaller river tributaries (JOVANOVIĆ 1992; JOVANOVIĆ & TOMIĆ 1997).

## Conclusion

This paper includes a list of 62 determined species of gastropods. Some of the species were previously unknown for the territory of Serbia: *Murex (Tritonalia) confluens* (EICHWALD), *Zebina (Stossichia) planaxoides seminitida* ATANACKOVIĆ, *Hipponix (Sabia) phlebsi* BOETGER, *Emarginula clathrataeformis* EICHWALD, *Patella cf. neglecta* MICHELOTTI etc.

Although the mollusk fauna partially matches the fauna of Vienna Basin, the clay layer with *Pleurotoma* (*Pleurotomen tegel* in the old literature), *Pleurotoma* are quite rare in the Badenian of vicinity of Negotin. At the locality Duboki Potok – Trnjane no *Pleurotoma* were recorded. Four species were represented by single specimens at the locality Duboki Potok – Kolatin: *Gemmula coronata* MÜNSTER in GOLDFUS, *Pleurotoma terebra* BASTEROT, *Pleurotoma subcarinata* BELLARDI, *Gemmula* sp. The more precise stratigraphic position of this paleofauna will be determined after the revision of the whole collection.

According to the systematic diversity, abundance, state of preservation and other characteristics of specimens, it may be concluded that this paleofauna inhabited shallow, warm marine environment of normal salinity. Due to the sand remains recorded inside the shells of some specimens it may be assumed that the material was collected in the sandy layer. The studied oryctocenosis is autochthonous in character.

## Literature

- ATANACKOVIĆ, A.M. 1985. *Mollusks of the marine Miocene of Bosnia*. 305 pp. Geology of Bosnia and Herzegovina, Fossil fauna and flora, I. Geoengineering.
- ALLMON, W.D. 1988. Ecology of Recent Turritellinae gastropods (Prosobranchia, Turritellidae): Current Knowledge and Paleontological Implications. *Palaios*, 3: 259–284.
- BALUK, W. 1995. Middle Miocene (Badenian) gastropods from Korytnica. Poland, Part 2. *Acta Geologica Polonica*, 45, 3/4: 153–255.
- BALUK, W. 1997. Middle Miocene (Badenian) gastropods from Korytnica. Poland. Part 3. *Acta geologica polonica*, 47, 1/29: 1–76.

- BALUK, W. 1975. Lower Tortonian gastropods from Korytnica. Part I. Poland. *Paleontologia Polonica*, 32: 1–186.
- BALUK, W. 2006. Middle Miocene (Badenian) gastropods from Korytnica. Poland; Part V Addenda et Corrigenda ad Prosobranchia. *Acta Geologica Polonica*, 56, 2: 177–220.
- BORGHI, M., VECHHI, G. 2005. La malacofauna plio-pleistocenica del Torrente stirone (PR). Cerithiidae-Turritellidae. *Parva naturalia*, 7. *Memoire del Coordinamento dei Musei scientifici provincia di Piacenza*, 1–46.
- HARZHAUSER, M., KOWALKE, T. 2004. Survey Nassariid Gastropods in the Neogene Paratethys. *Archiv Molluskenkunde*, 133, 1/2: 1–63.
- JOVANOVIĆ, G. 1992. Paleocological and taphonomic analysis of the fossil-bearing layer from Badenian sediments of Žuti Breg near Golubac (Eastern Serbia). *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 55, 2: 209–219.
- JOVANOVIĆ, G., TOMIĆ, Z. 1997. Paleocological and mineralogical methods in reconstruction of living conditions in the Badenian era of Golubac (eastern Serbia). *Ibid.* 61, 2: 371–392.
- KOJUMDIEVA, E.I. 1960. *Le tortonien du type viennos*. In: KOJUMDIEVA & STRACHIMIROV, Les fossiles de Bulgarie, 7, Tortonien, 13–246 (in Bulgarien).
- KOWALKE, T., HARZHAUSER, M. 2004. Early ontogeny and palaeoecology of the Mid – Miocene rissoid gastropods of the Central Paratethys. *Acta Palaeontologica Polonica*, 49: 111–134.
- LANDAU, B. & MARQUES DA SILVA 2006. The Early Pliocene Gastropoda (Mollusca) of Estepona, Southern Spain. Part 8: Olividae. *Palaeontos*, 9: 1–21.
- MANDIĆ, O., HARZHAUSER, M., SPEZZAFERRI, S., ZUSCHIN, M. 2002. The paleoenvironment of early Middle Miocene Paratethys sequence in NE Austria with special emphasis on paleoecology of mollusks and foraminifera. *Geobios*, Mémoire spécial, 24: 193–206.
- MITROVIĆ, J., ANĐELKOVIĆ, J. 1988: Reconstruction of the living conditions in Tertiary seas at the territory of Serbia. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, VII: 231–270 (in Serbian).
- PAVLOVIĆ, S.P. 1903. New additions to the Geology Institute of Great School. Mediterranean fossils from Duboki Potok near the village Trnjane (Negotin). *Ibid.*, VI, I: 293–326 (in Serbian).
- POPOV, V.S., GONTSCHAROVA, A.I., NIKOLOV, I.P., STUDENCKA, B. 1996. Bivalve Molluscs from the Badenian of Northwestern Bulgaria. *Paleontological Journal*, 30, 2: 157–166.
- RADOVANOVIĆ, S., PAVLOVIĆ, P., 1891. On Tertiary of Timočka Krajina. *Glas Srpske Kraljevske Akademije*, XXIX: 1–111 (in Serbian).
- RODICA T. 2007. Comments on the Badenian fauna (middle Miocene) from Bahna (Southern Carpathians, Romania). *Travaux du Muséum d' Histoire Naturelle "Grigore Antipa"*, L: 543–554.
- STEININGER, F. SCHULTZ, O., STOJASPAL, F. 1978. Die Molluskenfauna des Badenien. *Chronostratigraphie und Neostrototypen, Miozän der Zentralen Paratethys*, 6: 327–404.
- STEVANOVIĆ, P. 1977. Carpathian foothills from Kladovo to Negotin and Štubik. *Geologija Srbije, Kenozoik*, II-3: 35–47, (in Serbian).
- ZLATARSKY, G. 1908: Miocenskata seria v Bulgaria, *Period Spis. Blg. Knizh.* D-vo, vol. 68: 667–748.
- ZUSCHIN, M., HARZHAUSER, M., MANDIĆ, O. 2004: Taphonomy and paleoecology of the Lower Badenian (Middle Miocene) molluscan assemblages at Grund (Lower Austria). *Geologica Carpatica*, 55, 2: 117–128.

## *Carnotaurus sastrei* BONAPARTE, 1985. (*Dinosauria*, *Abelisauridae*) амфибијски стрвинар

*Carnotaurus sastrei* BONAPARTE, 1985. (*Dinosauria*, *Abelisauridae*) amphibian scavenger

МИОДРАГ ЈОВАНОВИЋ<sup>1</sup>, НИКОЛА ПЕТКОВИЋ<sup>2</sup> и ДРАГОСЛАВ РАДОСАВЉЕВИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** На основу односа дужине тела, лобање и фемура, грађе крова лобање и доње вилице, претпостављене јачине врата, веома скраћених предњих и издужених задњих удова предпостављено је да је теропод *Carnotaurus sastrei* водио амфибијски начин живота, да је био амфибијски стрвинар једини такав међу свим великим тероподима горње креде Аргентине (Патагоније).

**Кључне речи:** Диносаурус, теропода, *Carnotaurus sastrei*, палеоекологија.

**Abstract.** Based on the body length, skull and femur relationship, the skull and the mandibula structure, supposed strength of the neck, very short front and elongated rear limbs, we supposed that Theropod *Carnotaurus sastrei* led amphibious way of life, and that he was the only one amphibious scavenger among all the large Theropods of the Upper Cretaceous of Argentina (Patagonia).

**Key words:** Dinosauria, Theropod, *Carnotaurus sastrei*, Paleoecology.

### Увод

Један од експоната на изложби Диносауруси Аргентине - цинови Патагоније која је гостовала у Београду је и реплика костура диносауруса *Carnotaurus sastrei*. Посетиоци изложбе су често коментарисали изглед овог диносауруса тражећи од дежурних кустоса објашњења. Да би публици што боље објаснили начин живота овог диносауруса, аутори рада су урадили морфофункционалну анализу костура *Carnotaurus*-а и схватили да је он био амфибијска животиња.

### Материјал и методе

*Theropoda* MARSH, 1881.

*Abelisauria* NOVAS, 1992.

*Abelisauridae* BONAPARTE AND NOVAS, 1985.

*Carnosaurinae* SERENO, 1998.

*Carnotaurus sastrei* BONAPARTE, 1985.

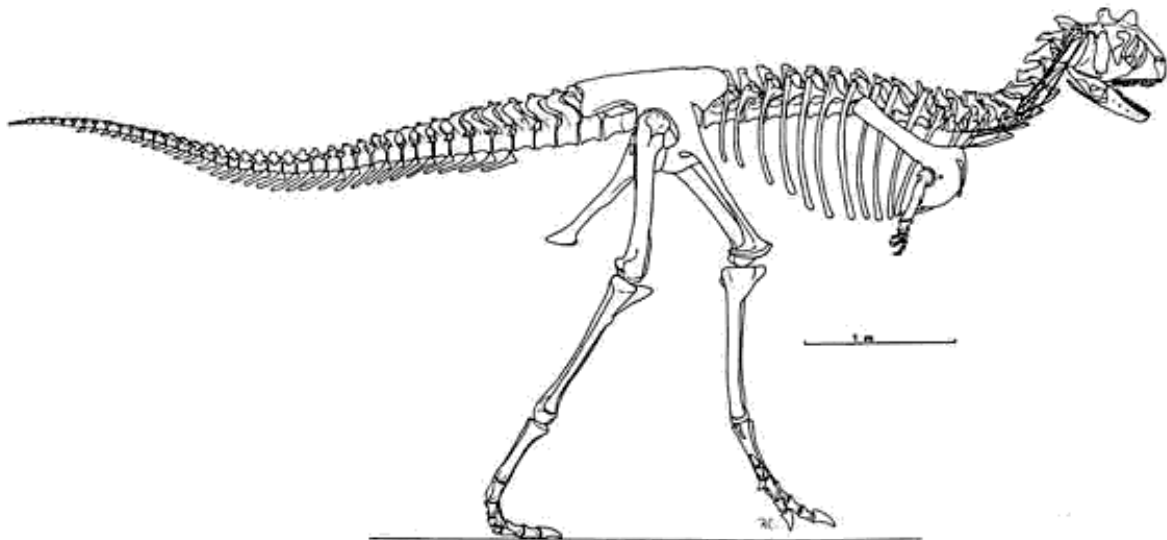
У доњем делу формације La Colonia (доњи део горње креде), провинције Chubut, Аргентина (ARDO-LINO & DELPINO 1987, BONAPARTE 1985, MAZZETA *et al.* 1998) пронађен је скоро цео костур теропода *Carnotaurus sastrei* (холотип MACN-CH 894) са отиском дела коже. Ово је први и једини пронађени примерак те врсте. Фосил је био обложен хематитом (BONAPARTE 1985, BONAPARTE *et al.* 1990).

Тероподни диносаурус *Carnotaurus sastrei* (према BONAPARTE 1985, NOVAS 1989, BONAPARTE *et al.* 1990, ALEXANDER & POND 1992, MAZZETA *et al.* 1998), слика бр. 1, био је максимално дуг 8 m и тежак 1,5 тону; лобања му је била кратка и висока (краћа и виша од лобања осталих представника подфамилије *Carnotaurinae*); кости крова лобање биле су задебљале (карактеристика фамилије *Abelisauridae*); изнад орбиталних отвора кост *os frontale* се претварала у рогове; на задњем делу лобање, у потиљачном региону, налазио се јак кошгани гребен састављен

<sup>1</sup> Природњачки музеј, Његошева 51, 11000 Београд. E-mail: jovmiod@nhmbeo.org.rs

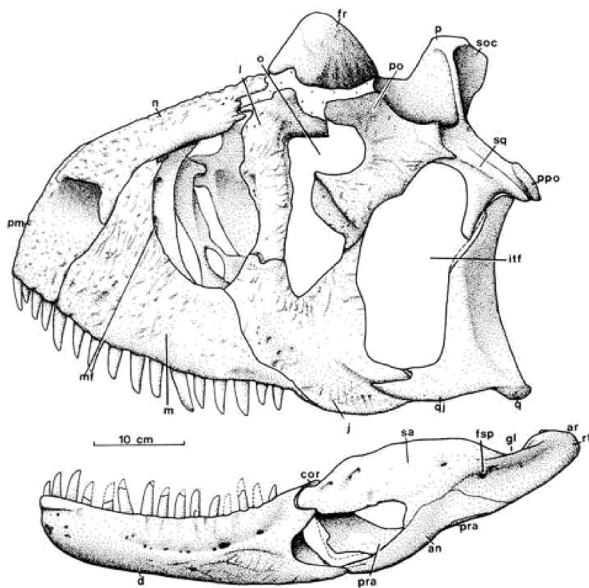
<sup>2</sup> Деспота Оливера 6/64, 11000 Београд.

<sup>3</sup> Ђевђелијска 7, 11000 Београд.



Сл. 1. Реконструисани скелет *Carnotaurus sastrei* (према BONAPARTE *et al.* 1990)

Fig. 1. Skeleton of *Carnotaurus sastrei* (BONAPARTE *et al.* 1990)



Сл. 2. Лобања и доња вилица *Carnotaurus sastrei* (према BONAPARTE *et al.* 1990). an- angular; ar- articular; cor- coronoid; d- dentary; fr- frontal; fsp- posterior surangular foramen; itf- infratemporal fenestra; j- jugal; l- lachrymal; mx- maxilla; mxf- maxillary fenestra; n- nasal; o- orbitalni otvor; p- parietal; pmx- premaxilla; po- postorbital; ppo- paraoccipital process; pra- prearticular; q- quadrate; qj- quadratojugal; rt- retroarticular process; sa- surangular; soc- supraoccipital; sq- squamosal.

Fig. 2. Skull and the mandibula *Carnotaurus sastrei* (BONAPARTE *et al.* 1990). an-angular; ar-articular; cor-coronoid; d-dentary; fr-frontal; fsp-posterior surangular foramen; itf-infratemporal fenestra; j-jugal; l-lachrymal; mx-maxilla; mxf-maxillary fenestra; n-nasal; o-orbitalni otvor; p-parietal; pmx-premaxilla; po-postorbital; ppo-paraoccipital process; pra-prearticular; q-quadrate; qj-quadratojugal; rt-retroarticular process; sa-surangular; soc-supraoccipital; sq-squamosal.

од *os parietale* и *os supraoccipitale*; очи су биле мале и окренуте у напред, имао је бинокуларни вид (видео је у три димензије); ноздрве су биле велике и највероватније је имао одличан њух; горња вилица је била снажна; кости лобање су, по неким ауторима, биле кинетичне; доња вилица је била доста слаба са издуженим *procesus retroarticulare*; вратни и леђни пршљенови били су снажни; хумеруси су били снажни, релативно кратки; радиус и улна веома кратки; предњи удови су се завршавали са четири прста; кости задњих удова биле су дуге; цеванице су краће од бутина (карактеристика фамилије *Abelisauridae*); на задњим ногама су три прста (II, III и IV) додиривала подлогу; I прст (халукс) није додиривао подлогу.

## Резултати

Однос дужине тела и дужине лобање *Carnotaurus sastrei* креће се од 12,7 до 13,3 и већи је од истог односа других теропода. Једино је код *Majungatholus atopus* овај однос био већи (само је он имао мању главу према телу од *Carnotaurus*-а). Однос претпостављене дужине тела и дужине фемура код *Carnotaurus*-а је 7,38–7,77 и значајно је мањи од истог код других теропода. *Carnotaurus* је имао дуже ноге у односу на тело од већине других теропода. По дужини ногу према телу најближи му је *Ceratosaurus nasicornis*. Према SERENO & BRUSATTE (2008), код већине теропода из фамилије *Abelisauridae* однос дужине лобање према дужини фемура је мањи од 1. Најмањи однос дужине лобање и дужине фемура је код *Carnotaurus*-а и износи 0,58. Лобања овог теропода је скоро два пута краћа од фемура. Код *Majungatholus*-а тај однос је 0,88, а код *Juravenator starki*, веома малог теропода из Соленхофена био је 1,64.



Табела 1. Димензије појединих делова тела неких тероподних диносауруса

Врста	<sup>x</sup> Дужина тела	Дужина лобање	Дужина фемура	<sup>21</sup> Дебљина фемура антер-постер	<sup>x</sup> Дужина тела/ дужина лобање	<sup>x</sup> Дужина тела/ дужина фемура	Дужина лобање/ дужина фемура	Дужина фемура/ дебљина фемура
<i>Abelisaurus comahuensis</i> <sup>1</sup>	8-9	0,85			9,41-10,59			
<i>Acrocanthosaurus atokensis</i> <sup>2</sup>	11,5	1,29	1,28	0,11	8,91	8,98	1,01	11,64
<i>Alosaurus „atrox“</i> <sup>3</sup>	7,9	0,84			9,35			
<i>Alosaurus fragilis</i> <sup>3</sup>	7,4	0,68	0,86		10,85	8,6		
<i>Austroraptor cabazai</i> <sup>4</sup>	5	0,8	0,56		6,25	8,93	1,43	
<i>Carcharodontosaurus saharicus</i> <sup>5</sup>	11,1	1,6	1,26		6,94	8,81	1,27	
<i>Carnotaurus sastrei</i> <sup>6</sup>	7,6 - 8	0,6	1,03	0,1	12,7-13,3	7,38-7,77	0,58	10,3
<i>Ceratosaurus nasicornis</i> <sup>7</sup>	5,69	0,62	0,76	0,07	9,10	7,49	0,82	10,86
<i>Compsognathus longipes</i> <sup>8</sup>	1,25	0,11	0,11		11,36	11,36	1	
<i>Ekrixinatosaurus novasi</i> <sup>9</sup>	7 - 9	0,83	0,83		8,43 -10,84	8,43 -10,84	1	
<i>Giganotosaurus carolinii</i> <sup>10</sup>	14	1,8	1,43	0,15	7,8	9,8	1,26	9,53
<i>Juravenator starki</i> <sup>11</sup>	0,75 -0,8	0,08	0,05		9,15-9,76	15-16	1,64	
<i>Majungatholus atopus</i> <sup>12</sup>	8-9	0,57			14,04-15,79		<sup>22</sup> 0,88	
<i>Mei long</i> <sup>13</sup>	0,53	0,05			10			
<i>Sinosauroptryx primus</i> <sup>14</sup>	0,68	0,06	0,05		11,33	13,6	1,2	
<i>Sinraptor dongi</i> <sup>15</sup>	7,62	0,9	<sup>21</sup> 0,87	0,08	8,45	8,76	1,02	10,88
<i>Spinosaurus aegyptiacus</i> <sup>16</sup>	17	<sup>x</sup> 1,75			9,71			
<i>Tarbosaurus bataar</i> <sup>17</sup>	11	1,35	1,2		8,15	8,15	1,13	
<i>Tyrannosaurus rex</i> <sup>18</sup>	11.2	1,53	1,38		7,32	8,12	1,11	
<i>Velociraptor mongoliensis</i> <sup>19, 20</sup>	2,07	0,19	0,24	0,03	10,9	8,697	0,79	8

Табела 1. урађена на основу: <sup>1</sup>BONAPARTE & NOVAS 1985, <sup>2</sup>CURRIE & CARPENTER 2000, <sup>3</sup>THERRIEN & HENDERSON 2007, <sup>4</sup>NOVAS *et al.* 2008, <sup>5</sup>SERENO *et al.* 1996, <sup>6</sup>BONAPARTE *et al.* 1990, <sup>7, 8, 9</sup>CALVO *et al.* 2004, <sup>10</sup>CALVO & CORIA 1998, <sup>11</sup>GÖHLICH & CHIAPPE 2006, <sup>12</sup>SAMPSON *et al.* 1998, <sup>13</sup>XU & NORELL 2004, <sup>14</sup>CHEN *et al.* 1998, <sup>15</sup>CURRIE & ZHAO 1994, <sup>16</sup>DAL SASSO *et al.* 2005, <sup>17</sup>МАЛЕЕВ 1955, <sup>18</sup>(*FMNH PR2081*, =*BHI 2033*; *Sue*), <sup>19</sup>NORELL & MAKOVICKY 1997, <sup>20</sup>NORELL & MAKOVICKY 1999, <sup>21</sup>CARRANO 2006. и <sup>22</sup>SERENO & BRUSATTE 2008. Имена врста припадника фамилије *Abelisauridae* написана су курзивом. Бројне вредности означене са <sup>x</sup> су релативне.

Table 1. Based on: <sup>1</sup>BONAPARTE & NOVAS 1985, <sup>2</sup>CURRIE & CARPENTER 2000, <sup>3</sup>THERRIEN & HENDERSON 2007, <sup>4</sup>NOVAS *et al.* 2008, <sup>5</sup>SERENO *et al.* 1996, <sup>6</sup>BONAPARTE *et al.* 1990, <sup>7, 8, 9</sup>CALVO *et al.* 2004, <sup>10</sup>CALVO & CORIA 1998, <sup>11</sup>GÖHLICH & CHIAPPE, 2006, <sup>12</sup>SAMPSON *et al.* 1998, <sup>13</sup>XU & NORELL 2004, <sup>14</sup>CHEN *et al.* 1998, <sup>15</sup>CURRIE & ZHAO 1994, <sup>16</sup>DAL SASSO *et al.* 2005, <sup>17</sup>МАЛЕЕВ 1955, <sup>18</sup>(*FMNH PR2081*, =*BHI 2033*; *Sue*), <sup>19</sup>NORELL & MAKOVICKY 1999, <sup>21</sup>CARRANO 2006. and <sup>22</sup>SERENO & BRUSATTE 2008.

Однос дужине и дебљине фемура код *Carnotaurus*-а креће се у границама просечних вредности за тероподне диносаурусе.

Резултати добијени на основу поређења претпостављене дужине тела, дужине лобање, дужине и дебљине фемура *Carnotaurus*-а са 19 других теропода показују да је овај диносаурус био месождер са изразито малом главом и релативно дугим задњим удовима што никако не одговара пропорцијама типичних сувоzemних карнивора диносауруса какви су нпр. били *Alosaurus fragilis*, *Carcharodontosaurus saharicus*, *Giganotosaurus carolinii* или *Tyrannosaurus rex*.

## Дискусија

За коначно дефинисање палеоеколошке нише *Carnotaurus sastrei* од највеће важности били су

изглед и димензије лобање, мандибула, врата, предњих и задњих удова (Слике бр. 1 и 2).

### 1. Лобања

1.1. Однос претпостављене дужине тела и дужине лобање *Carnotaurus*-а (Табела бр. 1) је упадљиво већи од истог код других теропода, тј. *Carnotaurus* је био један од ретких великих карнивора који је имао несразмерно малу главу у односу на тело. Мању главу у односу на тело од њега имао је само *Majungatholus atopus*, представник подфамилије *Carnotaurinae*, са Мадагаскара (Табела бр. 1). Мања глава може да прави мањи отпор животињи за време гњурања.

1.2. Код већине врста, представника подфамилије *Carnotaurinae* на задебљалом крову лобање посто-

јале су неке коштане израстине. *Aucasaurus garridoi* из Аргентине имао је мању коштану „чворугу“ (CORIA *et al.* 2002), *Majungatholus atopus* имао је мали рог (SUES & TAQUET 1979) а *Ekrixinatosaurus novasi* из Аргентине два мања рога изнад очију (CALVO *et al.* 2004). Код *Carnotaurus sastrei* (Слика бр. 2) коштане израстине на крову лобање биле су највеће и најразвијеније. Имале су облик рогова смештених тачно изнад орбита (очију), (BONAPARTE 1985, BONAPARTE *et al.* 1990). Према мишљењу које су изнели NOVAS (1989), ALEXANDER & POND (1992), MAZZETA *et al.* (1998). рогови *Carnotaurus sastrei* служили су за интраспецијску борбу а можда и лов. Поред рогова изнад очију, *Carnotaurus* је имао и снажан, испупчен потиљачни гребен (штит) који су чиниле две кости *os supraoccipitale* и *os occipitalis* (BONAPARTE 1985, BONAPARTE *et al.* 1990). Горњи руб тог потиљачног гребена био је скоро у истој равни са врховима рогова изнад очију (Слика бр. 2), па они (рогови), по нашем мишљењу и нису могли да буду од већег значаја при сударањима глава јединки код интерспецијских борби или у неком хипотетичном лову. Рогови постављени изнад очију пре би имали заштитну улогу. Могли су да штите очи од механичких утицаја из спољашње средине. Потиљачни гребен је поред осталог могао и да штити горњи део врата од истих утицаја када би се глава спуштала наниже.

1.3. Једна од најважнијих и најупадљивијих карактеристика лобање *Carnotaurus-a* је изразито кратка и затупаста њушка. Он је, највероватније, био теропод са најкраћом и најзатупастијом њушком који је живео у доба креде (BONAPARTE 1985, BONAPARTE *et al.* 1990) и Слика бр.2. Према LEMELL *et al.* (2000), 2002, RIERREL (2002), кратка и затупаста њушка се код тетраподних кичмењака сматра адаптацијом на исхрану у воденој средини. Кратка и затупаста њушка *Carnotaurus-a* је моигућа адаптација на исхрану у води. Остале *Carnotaurinae* имале су дуже и мање затупасте њушке од њега (Sues & Taquet 1979, Coria *et al.* 2002, Calvo *et al.* 2004).

## 2. Мандибуле

2.1. Мандибуле *Carnotaurus-a* се завршавају издуженим *procesus retroarticulare* (BONAPARTE 1985, BONAPARTE *et al.* 1990), Слика бр. 2. Ови наставци су дужи од оних које на мандибулама има већина других теропода. За р.г. се везују снажни мишићи депресори мандибула (HOLLIDAY 2009) због којих је *Carnotaurus* у ваздушној средини могао врло брзо да отвори уста, брже од већине других теропода. Према MAZZETA *et al.* (1998), *Carnotaurus sastrei* је и брже затварао уста, тј. подизао мандибуле (подразумева се у ваздушној средини) од нпр. *Ceratosaurus nasicornis-a* или *Tyrannosaurus rex-a*. Ово може да значи да је *Carnotaurus sastrei* у воденој средини откидао залагаје меса и жвакао га истом брзином и лакоћом као тероподи који су се хранили на сувом, у ваздушној

средини. Дуг и снажан *procesus retroarticulare* имају и акватични фосилни и рецентни крокодили.

## 3. Епаксиална мускулатура и врат

3.1. Према мишљењу које су изнели NOVAS (1989), ALEXANDER & POND (1992) и MAZZETA *et al.* (1998), *Carnotaurus* је имао веома снажну епаксиалну мускулатуру. Однос тежине тела и епаксиалне мускулатуре *Carnotaurus-a* је 0,13, код *Rhinoceras unciornis* 0,12 а код нилског коња, *Nippopotamus amphibius* само 0,06 (MAZZETA *et al.* 1998). По мишљењу истих аутора (ибид) јака епаксиална мускулатура омогућавала је *Carnotaurus-у* да максимално амортизује ударце које је добијао при сударању глава са ривалима током интерспецијских борби. Не упуштајући се у разматрање овог мишљења, ми јаку епаксиалну мускулатуру сматрамо адаптацијом на кретање и гњурање *Carnotaurus-a* кроз воду током потраге за храном.

## 4. Предњи удови

4.1. Међу свим до сада познатим тероподима *Carnotaurus sastrei* има највише редуковане предње удове (KEVIN & GATESY 2000). Његов хумерус захвата 72% дужине предњих удова, радиус 19% а карпометакарпус 9% (BONAPARTE *et al.* 1990). По нашем мишљењу, овако грађени предњи удови више су знак специјализације него редукације. Овакви предњи удови су могли *Carnotaurus-у* да служе за раскрчивање приобалне густе вегетације током трагања за лешинама.

## 5. Задњи удови

5.1. Бутна кост свих теропода, припадника фамилије, *Abelisauridae* је дужа од цеванице. На основу израчунатог односа масе тела и дужине бутне кости који је мали, MAZZETA *et al.* (1998) претпостављају да је *Carnotaurus* био „атлетске грађе“, да је био брз, вероватно бржи од већине других теропода. Закључци о брзини кретања овог теропода се односе на његово кретање кроз ваздушну средину. Ако се прихвати мишљење да је *Carnotaurus* био стрвинар (BONAPARTE *et al.* 1990), онда је за њега брзина трчања на сувом била ирелевантна. Али ако се претпостави да се овај стрвинар претежно кретао кроз плићу или дубљу воду, онда би већа брзина на сувом значила „нормалну“ брзину кретања кроз муљевите приобалне делове водених басена.

5.2. Код *Carnotaurinae* први прст на задњим ногама, палац (халукс) не додирује земљу и сматра се рудиментом (BONAPARTE *et al.* 1990), али постоји могућност да га је *Carnotaurus* употребљавао при ходу по меком, приобалном или муљевитом тлу. Халукс је могао да повећа нагазну површину стопала и тако умањи брзину и дубину тоњење ногу у растре-

ситу подлогу, тј. могао је да значајно олакша и убрза кретање овом тероподу по таквој подлози.

У прилог поставци да је *Carnotaurus* био амфибијски теропод иде, мишљење да су припадници фамилије *Abelisauridae* живели у приобалним деловима копна, затим чињеница да су фосили различитих представника подфамилије *Carnosaurinae* најчешће налажени у језерским седиментима Аргентине и Мадагаскара [*Aucasaurus garridoi* (CORIA *et al.* 2002), *Ekrixinatosaurus novasi* (CALVO *et al.* 2004), *Majungatholus atopus* (SUES & TAQUET 1979)] и на крају податак (који ћемо мало дискутовати) да је нађен скоро цео костур *Carnotaurus*-а (са отиском коже) у природном положају, прекривен хематитом.

Пронађен је скоро цео костур овог теропода (BONAPARTE 1985, BONAPARTE *et al.* 1990). Кости су заузиле мале природан положај, онакав какав би заузиле код *Carnotaurus*-а који би лежао (ибид). Цео скелет је био покривен хематитом а поред фосилизованих костију пронађен је и отисак дела коже (ибид). Све ово говори да леш није транспортован и да се животиња у тренутку смрти највероватније налазила у плитком воденом басену на чије је дно пала, иструлела и на крају фосилизовала. Водена средина у којој је фосилизован *Carnotaurus* највероватније је била део територије коју је овај диносаурус заузимао док је био жив.

## Палеоекологија *Carnotaurus sastrei*

Описане специфичности костура, овог диносауруса дефинишу као јако агилног и брзог стрвинара који веома лако жваће месо. Из угла екологије (палеоекологије) тешко је претпоставити разлоге, тј. услове спољашње средине у којима би се један стрвинар претворио у већег атлету са способношћу бржег уједања и жвакања хране од типичних, веома успешних сувоzemних карнивора какви су били *Ceratosaurus nasicornis*-а или *Tyrannosaurus rex*-а. (MAZZETA *et al.* 1998). Али ако великог теропода *Carnotaurus sastrei* из ваздушне, сувоzemне средине пребацимо у плитководну средину, тј. замислимо га као диносауруса са амфибијским начином живота све постаје много јасније и разумљивије.

*Carnotaurus* је, према нашој теорији већи део живота проводио у приобалним деловима вероватно слатководних басена. Кретао се кроз релативно плитку воду доста брзо захваљујући дугим и снажним ногама. Мала глава му је била прилагођена за брзо и краткотрајно гњурање. Снажан врат је омогућавао да се лако и брзо пробија кроз воду ако би му она била преко главе. Ако би нашао леш другог диносауруса који је лежао у обалском растињу или делимично обрастао њиме, мала глава и јак врат су му олакшавали да се пробије до њега. Рогови који су били изнад орбита (очију) штитили су их од евентуалних повреда када би главу гурао у густу и

општру вегетацију док је тражио лешине. Захваљујући веома снажним виличним мишићима могао је лако и дуго да откида и жваће месо док му је глава била у води. *Carnotaurus* је сигурно излазио на обале али, због мале главе, веома кратких предњих удова и слабе доње вилице сигурно није могао да буде прави конкурент осталим великим сувоzemним тероподима али је зато од њих био много супериорнији у воденој (плитководној) средини.

Пре неког времена је на интернету покренута расправа о могућности да је *Majungatholus atopus* био акватична форма. *Carnotaurus sastrei* има више адаптација на амфибијски начин живота од свог рођака са Мадагаскара па би зато пре он био акватична, тј. амфибијска форма.

## Закључци

Тероподни диносаурус *Carnotaurus sastrei* из горње креде Патагоније (Аргентина) био је амфибијска карнивора. Адаптације од којих су најважније мала глава, снажне кости крова лобање, рогови изнад орбита, слаба доња вилица са издуженим процесус retroarticulare, веома снажан врат, кратки прењи удови и дуги задњи удови омогућавали су овом диносаурусу да се много брже и сигурније од других теропода креће кроз плиће водене басене, да се лако пробија кроз густо и јако приобално растиње тражећи лешине и да лако откида и жваће комаде меса са главом зарођеном у воду.

## Литература

- ALEXANDER, R.McN., POND, M.C. 1992. Locomotion and bone strength of the white rhinoceros *Ceratotherium simum*. *Journal of Zoology*, London, 227: 63–69.
- ARDOLINO, A. & DELPINO, D. 1987. Senoniano (continental-marino), Comarca Nordpatagonica, Prov. Del Chubut, Argemtina. *Actas X Congr. Geol. Argent.*, 3: 193–196.
- BONAPARTE, J.F. 1985. A horned Cretaceous carnosaur from Patagonia. *National Geographic Research*, 1:149–151.
- BONAPARTE, J.F. & NOVAS, F.E. 1985. *Abelisaurus comahuensis*, n.g., n.sp., Carnosauria del Cretacico tardio de Patagonia. *Ameghiniana*, 21: 259–265.
- BONAPARTE, J.F., NOVAS, E.F. & CORIA, R.A. 1990. *Carnotaurus sastrei* Bonaparte, the horned, lightly built carnosaur from the Middle Cretaceous of Patagonia. *Natural History Museum of Los Angeles County Contributions in Science*, 416: 1–42.
- CALVO, J. & CORIA, R.A. 2000. A new specimen of *Giganotosaurus carolinii* Coria & Salgado 1995, supports it as the largest theropod ever found. *Gaia*, 15: 117–122 (dated 1998, published 2000).
- CALVO, J.O., RUBILAR-ROGERS, D. & MORENO, K. 2004. A new *Abelisauridae* (Dinosauria: Theropoda) from northwest Patagonia. *Ameghiniana*, 41: 555–563.
- CARRANO, M.T. 2006. Body-size evolution in the Dinosauria. In: CARRANO M.T., BLOB R.W., GAUDIN T.J. & WIBLE J.R. (eds.),

- Amniote Paleobiology: Perspectives on the Evolution of Mammals, Birds, and Reptiles*. University of Chicago Press, Chicago: 225–268.
- CHEN, P., DONG, Z. & ZHEN, S. 1998. An exceptionally well-preserved theropod dinosaur from the Yixian Formation of China. *Nature*, 391, 147–152.
- CISILINO, A.P., MAZZETTA, G.V. & CALVO, N.A. 2002. Reconstrucción geométrica y discretización con elementos finitos del complejo cráneo-mandibular del dinosaurio *Carnotaurus Sastrei*. *Mecánica Comput.* XXI.
- CORIA, A.R., CHIAPPE, M.L. & DINGUS, L. 2002. A new close relative of *Carnotaurus sastrei* Bonaparte 1985 (Theropoda: Abelisauridae) from the late cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22 (2): 460–465.
- CURRIE, P.J. & CARPENTER, K. 2000. A new specimen of *Acrocanthosaurus atokensis* (Theropoda, Dinosauria) from the Lower Cretaceous Antlers Formation (Lower Cretaceous, Aptian) of Oklahoma, USA. *Geodiversitas*, 22 (2): 207–246.
- CURRIE, P.J. & ZHAO, X.J. 1993. A new Carnosaur (Dinosauria, Theropoda) from the Jurassic of xinjiang, Peoples Republic of China. *Can.J. Earth Sci.*, 30 (10/11): 2037/2081.
- DAL SASSO, O.C., MAGANUCO, S., BUFFETAUT, E., & MENDEZ, A.M. 2005. New information on the skull of the enigmatic theropod *Spinosaurus*, with remarks on its size and affinities. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 25(4): 888–896.
- GÖHLICH, U.B. & CHIAPPE, L.M. 2006. A new carnivorous dinosaur from the Late Jurassic Solnhofen archipelago. *Nature*, 440: 329–332.
- HOLLIDAY, M.C. 2009. New Insights Into Dinosaur Jaw Muscle Anatomy. *The Anatomical Record*, 292: 1246–1265.
- KEVIN, M.M. & GATESY, M.S. 2000. Theropod forelimb design and evolution. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 128: 149–187.
- LEMELL, P., BEISSER, C.J. & WEISGRAM, J. 2000. Morphology and function of the feeding apparatus of *Pelusios castaneus* (Chelonibia; Pleurodira). *Journal of Morphology*, 244, 127–135.
- LEMELL, C., SNELDERWAARD, P., GUMPENBERGER, M., WOCHESLÄNDER, R. & WEISGRAM, J. 2002. Feeding patterns of *Chelus fimbriatus* (Pleurodira: Chelidae). *The Journal of Evolutionary Biology*, 205: 1495–1506.
- МАЛЕЕВ, Е. 1955. Новый хищный динозавр из верхнего мела Монголии. Доклады АН СССР, 104 (5): 779–783.
- MAZZETTA, G.V., FARINA, A.R. & VIZCAINO, S.F. 1998. On the palaeobiology of the South American horned theropod *Carnotaurus sastrei* Bonaparte. *GAIÁ*, N° 15, 185–192.
- NORELL, M.A. & MAKOVICKY, P.J. 1997. Important features of the dromaeosaurid skeleton: information from a new specimen. *Am. Mus. Novitates*, 3215: 28 pp.
- NORELL, M.A. AND MAKOVICKY, P.J. 1999. *Important Features of the Dromaeosaurid Skeleton. II: Information from Newly Collected Specimens of Velociraptor mongoliensis*. *American museum novitates*, Number 3282, 45 pp., 27 figures, 5 tables.
- NOVAS, E.F., POL, D., JUAN, I., CANALE, I.J., JUAN, D., PORFIRI, D.J. & CALVO, O.J. 2008. A izarre Cretaceous theropod dinosaur from Patagonia and the evolution of Gondwanan dromaeosaurids. *Proc. R. Soc. B* doi: 10.1098/rspb.2008.1554: 1–7.
- RIEPPPEL, O. 2002. Feeding mechanisms in Triassic stem-group sauropterygians: the anatomy of a successful invasion of Mesozoic seas. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 135, 33–63.
- SAMPSON, S.D., WITMER, L.M., FORSTER, C.A., KRAUSE, D.W., O'CONNOR, P.M., DODSON, P. & RAVOAVY, F. 1998. Predatory dinosaur remains from madagascar: implications for the cretaceous biogeography of Gondwana. *Science*; 280(5366):1048-51.
- SERENO, P.C., DUTHEIL, D.B., IAROCHENE, M., LARSSON, H.C.E., LYON, G.H., MAGWENE, P.M., SIDOR, C.A., VARRICCHIO, D.J. & WILSON, J.A. 1996. Predatory dinosaurs from the Sahara and Late Cretaceous faunal differentiation. *Science*, 272, 986–991.
- SERENO, P.C. & BRUSATTE, L.S. 2008. Basal abelisaurid and carcharodontosaurid theropods from the Lower Cretaceous Elrhaz Formation of Niger. *Acta Paleontologica Polonica*, 53 (1): 15–46.
- SUES, H.D. & TAQUET, P. 1979. A pachycephalosaurial dinosaur from Madagascar and a Laurasia-Gondwanaland connection in the Cretaceous. *Nature*, 279: 633–635.
- TAQUET, P. & RUSSELL, D.A. 1998. *New data on spinosaurid dinosaurs from the early Cretaceous of the Sahara*. *C.R. Acad. Sci. Paris*. 327: 347-353.
- TERRIEN, F. & HENDERSON, M.D. 2007. My theropod is bigger than yours .... or not: Estimating body size from skull length in theropods. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 27(1): 108–115.
- XU, X. & NORELL, M.A. 2004. A new troodontid dinosaur from China with avian-like sleeping posture. *Nature*, 431: 838–841.

## Stratigrafija lesno-paleozemljišnih sekvenci Vojvodine Stratigraphy of the Loess-Paleosol Sequences (LPSS) of Vojvodina

MLAĐEN JOVANOVIĆ<sup>1</sup>, URLICH HAMBACH<sup>2</sup>, TIVADAR GAUDENYI<sup>3</sup> & SLOBODAN B. MARKOVIĆ<sup>1</sup>

**Apstrakt.** Lesno-paleozemljišne sekvence Vojvodine su među najstarijim i najdetaljnijim lesnim serijama na prostoru Evrope. Kao rezultat visoke stope akumulacije i širokog rasprostranjenja, do 50 m moćne LPS omogućavaju detaljnu stratigrafsku korelaciju ali i rekonstrukciju prirodnih procesa tokom donjeg, srednjeg i gornjeg pleistocena. U mnogim dosadašnjim istraživanjima LPS širom sveta korišćen je magnetni susceptibilitet (MS) kao osnova za diferencijaciju između lesnih i paleozemljišnih horizonata, korelirajući ih regionalno ali i sa kiseoničko-izotopskim stratigrafskim modelima dubokomorskih sedimenata.

Iako je stratigrafija gornjepleistocena LPS na prostoru Vojvodine definisana na osnovu apsolutnih datiranja, još ne postoje prihvatljivi datumi za srednjepleistocene horizonte što naglašava značaj magnetostratigrafije. Rezultati MS visoke rezolucije omogućavaju proširivanje stratigrafske korelacije sa ostalim lesnim profilima Evroazije, ledenim jezgrima i dubokomorskim sedimentima.

**Ključne reči:** Les, paleozemljišta, pleistocen, stratigrafija, Vojvodina.

**Abstract.** Vojvodina is the northernmost province in Serbia, located in the south-eastern part of the Carpathian Basin and encompassing the area of the confluence of Danube, Sava and Tisza rivers.

Loess-paleosol sequences (LPSS) of Vojvodina are among the oldest and most complete series of loess deposits in Europe. As the results of high accumulation rates and widespread occurrence up to 50 m thick LPSSs provide valuable data for detailed stratigraphic correlation, as well as reconstruction of natural processes during the late Early, Middle and Late Pleistocene.

Many previous investigations of the LPSS around the world have used magnetic susceptibility (MS) as a basis for differentiating loesses and paleosol units, correlating them regionally and relating them to the deep-sea isotope stratigraphy.

Although the stratigraphy of the Last Glacial LPSSs from Vojvodina is resolved by absolute dating, for the Middle Pleistocene horizons is still no agreeable dating which emphasize importance of magnetostratigraphy. According to the detected MBB in V-S7 pedocomplex at Stari Slankamen site, it is probably the oldest loess of the region found so far, spanning back to 1 Ma at least.

High resolution magnetic data allow to extend correlation to other loess sites in Euroasia, marine isotope record and Antarctica ice cores also.

**Key words:** Loess, Paleosol, Pleistocen, Stratigraphy, Vojvodina.

### Uvod

Preko 60% prostora Vojvodine pokriveno je lesnim i le-soidnim sedimentima, čija moćnost prelazi 50 m. Eolska akumulacija u jugoistočnom obodu Karpatskog (Panon-skog) basena počela je krajem donjeg pleistocena i odvijala

se tokom čitavog srednjeg i gornjeg. Kao rezultat visoke stope akumulacije materijala i širokog rasprostranjenja, lesno-paleozemljišne sekvence (LPS) Vojvodine predstavljaju izuzetan arhive paleoklimatskih i paleoekoloških fluktuacija. Signal ovih burnih dešavanja je osnova za vremensko pozicioniranje lesnih i paleozemljišnih horizonata, među-

<sup>1</sup> Katedra za fizičku geografiju, Prirodno-matematički fakultet, Trg Dositeja Obradovića 3, 21000 Novi Sad. E-mail: mladjen.jovanovic@dgt.uns.ac.rs

<sup>2</sup> Chair of Geomorphology, University of Bayreuth, Bayreuth, Universitätsstrasse 30, D-95440 Bayreuth, Germany. E-mail: ulrich.hambach@uni-bayreuth.de

<sup>3</sup> GI „Jovan Cvijić“ SANU, Đure Jakšića 9, 11000 Beograd. E-mail: tiv@neobee.net

profilnu korelaciju, kao i korelaciju na regionalnom i globalnom nivou (HAMBACH *et al.* 2008; MARKOVIĆ *et al.* 2008; JOVANOVIĆ *u izradi*).

Od 1997. godine grupa za istraživanja kvartara sa Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, analizirala je više od 40 lesnih profila (MARKOVIĆ *et al.* 2008), pri čemu će ovde biti prikazano 13, sa fokusom na najznačajnije lokalitete: Titelski lesni plato, Stari Slankamen, Batajnica i Ruma (JOVANOVIĆ *u izradi*).

## Dosadašnja istraživanja

Moćne LPS na prostoru Vojvodine su bile predmet interesovanja većeg broja istraživača, koji su kreirali i hronostratigrafske modele: MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ (1972a, 1972b), BRONGER (BRONGER 1976, 2003), SINGVI (SINGHVI *et al.* 1989), BUTRIM (BUTRYM *et al.* 1991) i ZEREMSKI (ZEREMSKI *et al.* 1991). Međutim, iako se opisi LPS u znatnoj meri podudaraju, vremenski okvir njihovog formiranja se veoma razlikuje.

Najnoviji rezultati apsolutnih (BOKHORST *et al.* 2009; FUCHS *et al.* 2008; SCHMIDT *et al.* 2008) i relativnih datacija (MARKOVIĆ *et al.* 2005, 2008), visokorezolutni rezultati MS (JOVANOVIĆ *u izradi*; JOVANOVIĆ *et al. u štampi*; MARKOVIĆ *et al.* 2008) u potpunosti su rasvetlili stratigrafiju LPS formiranih tokom poslednjeg glacijalno/interglacijalnog ciklusa (MIS 1-5). Međutim, za starije horizonte još ne postoje opšte prihvaćene datacije, što naglašava značaj magnetostratigrafskih metoda (BUGGLE *et al.* 2008; JOVANOVIĆ *u izradi*; JOVANOVIĆ *u štampi*; MARKOVIĆ *et al.* 2009).

## Materijal i metode

Intenzivnim terenskim istraživanjima LPS na prostoru Vojvodine od 1997. godine obuhvaćeno je više od 40 otvorenih profila. Detaljna proučavanja i uzorkovanja sprovedena su na 13 lokaliteta: Bačka Topola, Crvenka, Mošorin, Feudvar, Dukatar, Susek, Mišeluk, Petrovaradin, Irig, Ruma, Stari Slankamen, Surduk, Batajnica.

U radu će biti prikazani rezultati magnetizma stena (Titelski lesni plato, Ruma, Stari Slankamen, Batajnica) i paleomagnetizma (Stari Slankamen). Na svim profilima vršeno je uzorkovanje visoke rezolucije, sa intervalom od 5 cm. Laboratorijski eksperimenti sprovedeni su u Paläo- und Umweltmagnetik (PUM) laboratoriji u Bajrojt (Bayreuth), Nemačka i GeoForschung Zentrum-u, Potsdam, Nemačka.

## Rezultati i diskusija

Savremeni stratigrafski model LPS na prostoru Vojvodine razvijen je na osnovu proučavanja velikog broja profila, korišćenjem multidisciplinarnog pristupa (MARKOVIĆ *et al.* 2004a, 2004b, 2005, 2006, 2008). Stratigrafske jedinice su označene sa „S“ (paleozemljišta) i „L“ lesni horizonti, po uzoru na kineski lesno-stratigrafski model (KUKLA

1987). Od 2008. godine prefiks „SL“ koji je označavao referentni profil u Starom Slankamenu, zamenjen je prefiksom „V“ koji ukazuje na regionalni stratigrafski model (MARKOVIĆ *et al.* 2008).

Varijacije vrednosti MS rezultat su pedogenetskih procesa pri čemu se jasno razlikuju niske vrednosti MS u lesnim horizontima od visokih koje se beleže u paleozemljištima. Ovakav obrazac krive MS odgovara onom uočenom u lesnim sedimentima Kine i Centralne Azije (e.g. MAHER & THOMPSON 1992, 1999) (Sl. 1).

Nakon što su Heler i Liu (HELLER & LIU 1984) prvi upotrebili varijacije u vrednostima magnetnog susceptibiliteta (MS) za korelaciju lesnih sedimenata Kine sa dubokomorskim zapisom, ovaj pokazatelj je u širokoj upotrebi pri hronostratigrafskom koreliranju.

U MS zapisu LPS na prostoru Vojvodine jasno se uočavaju razlike između visokih vrednosti u zeljišnim horizontima i niske vrednosti u lesnim slojevima. Ove amplitude su naročito izražene na profilima Titelskog lesnog platoa. Izgled kriva MS nedvosmisleno omogućavaju stratigrafsku korelaciju ne samo između analiziranih lesnih profila (BUGLE *et al.* 2009; JOVANOVIĆ *et al. u štampi, u izradi*; MARKOVIĆ *et al.* 2006, 2008, 2009), nego i sa zapisom kineskog lesnog platoa (e.g. SUN *et al.* 2006), SPECMAP paleoklimatskim modelom (IMBRIE *et al.* 1984) i dubokomorskim zapisom (LISIECKI & RAYMO 2005).

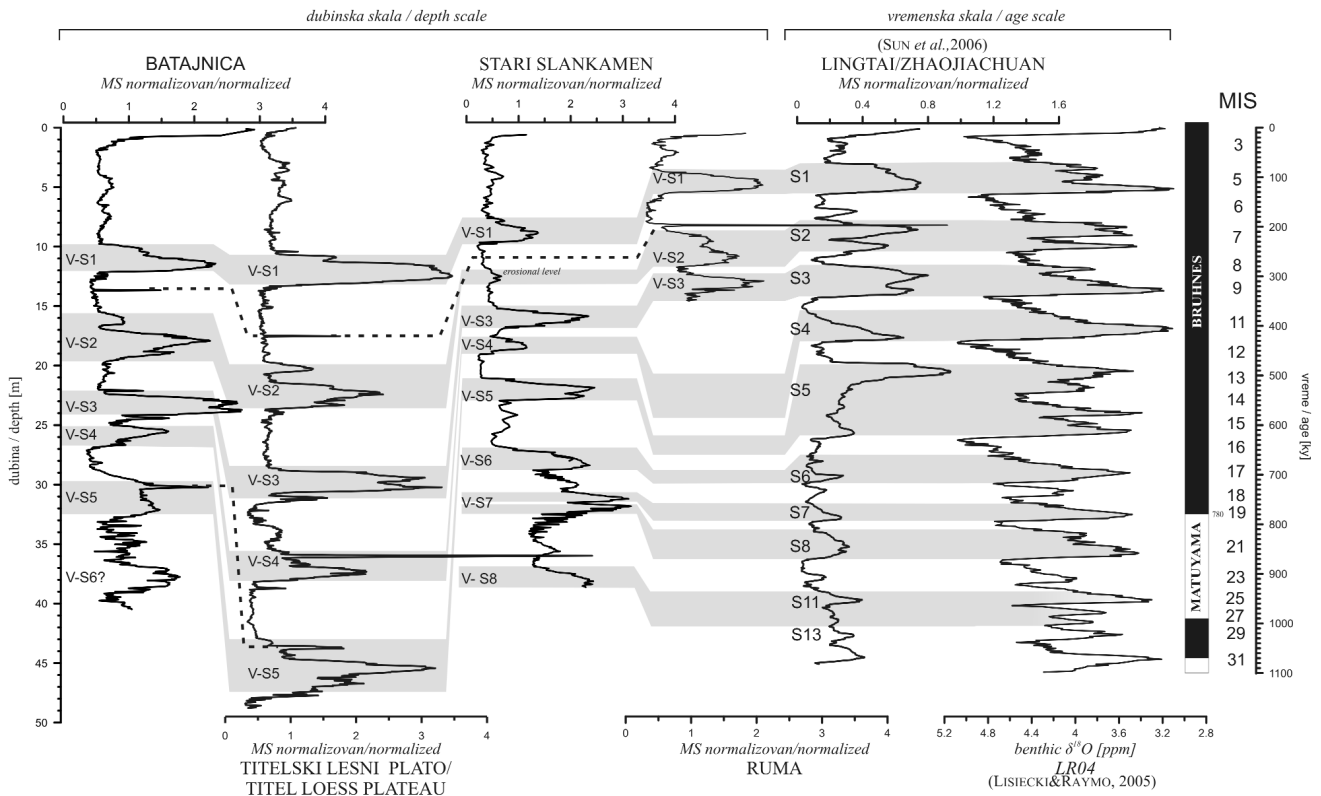
Ova korelacija je nešto otežana za horizonte starije od V-S5 (MIS 13-15) ali jasnu sliku o vremenskoj poziciji starijih slojeva omogućavaju paleomagnetna istraživanja, sprovedena na lokalitetu Stari Slankamen-Čot (HAMBACH *et al.* 2009; JOVANOVIĆ *u izradi*).

Istraživanjima je obuhvaćeno skoro 11 m profila, obuhvatajući horizonte od V-S6 do V-S8. Ukupno 434 uzorka je prikupljeno u dve paralelne kolone, sa intervalom od 5 cm. Paleomagnetnim analizama utvrđeno je postojanje intervala reversnog, normalnog i izmešanog polariteta. Prvi metar u osnovi profila karakteriše se normalnim polaritetom, narednih 3,5 m reversnim, iznad kojih sledi oko 1,5 m jasno neodređenog polariteta. Iznad ovog sloja, utvrđen je isključivo normalni polaritet (HAMBACH *et al.* 2009).

Na osnovu ovih rezultata, paleopedokompleks V-S8 u osnovi profila Čot, odgovara paleozemljištima S10 i S11 u kineskom lesu koja obuhvataju i haramiljo (Jaramillo) subhroh (SUN *et al.* 2006). Lesni horizont V-L7 je ekvivalent kineskom L9, a matujama/brines granica (MBB, Matuyama/Bruhnes) na prelazu L8 u V-S7, određuje da je duplo paleozemljište V-S7 vremenski ekvivalent MIS 19 i 21 faza, odnosno kineskim paleozemljištima S7 i S8. Pozicija utvrđene MBB tranzicione zone odgovara preliminarnim paleomagnetnim rezultatima (MARKOVIĆ *et al.* 1999) i u saglasnosti je sa dosadašnjim (hrono)stratigrafskim modelom LPS na prostoru Vojvodine.

Paleozemljište V-S6 profila Čot, odgovara S6 kineskog lesa, odnosno MIS 17 fazi. Paleozemljište u podini profila Batajnica, izmenjeno hidromorfnim procesima, vremenski najverovatnije odgovara ovoj fazi.

Pedokompleks V-S5, koji je jasno uočljiv i na profilima Dukatar i Batajnica, predstavlja najstarije paleozemljište



Sl. 1. Korelacija rezultata magnetnog susceptibiliteta lesnih profila Batajnica (MARKOVIĆ *et al.* 2009), Titelskog lesnog platoa (JOVANOVIĆ *et al.* u štampi), Starog Slankamena (MARKOVIĆ *et al.* 1998; JOVANOVIĆ *u izradi*) i Rume (JOVANOVIĆ *et al.* u izradi), sa astronomskim kalibriranom krivom MS kineskog lesa (SUN *et al.* 2005) i bentoskim izotopsko-kiseoničkim zapisom (LISIECKI & RAYMO 2005)

Fig. 1. Correlation of MS records from Batajnica (MARKOVIĆ *et al.* 2009), Titel loess plateau (JOVANOVIĆ *et al.* in press), Stari Slankamen (MARKOVIĆ *et al.* 1998; JOVANOVIĆ in progress), Ruma (JOVANOVIĆ *et al.* in progress) with the astronomically calibrated MS curve of the Chinese loess (SUN *et al.* 2005) and with benthic oxygen isotope record (LISIECKI & RAYMO 2005)

formirano u nizijskom delu Panonskog basena. Karakteristične promene vrednosti MS omogućavaju jasnu korelaciju sa ekvivalentnim pedohorizontima u lesu Kine (SUN *et al.* 2006) i predstavlja karakterističnu pojavu srednjepleistocenskih LPS na prostoru Evroazije (BRONGER 2003). Vremenski okvir formiranja V-S5 odgovara dugom MIS 13-15 interglacijalnom periodu.

Neobično visoke vrednosti MS na prelazu ka V-L5, uočene i na profilu Batajnica (MARKOVIĆ *et al.* 2009) su na osnovu rezultata MS zavisnog od frekvence definisane kao *kriptotefra*, odnosno sloj tufita koji se usled disolucije ne može vizuelno uočiti na očišćenom profilu (JOVANOVIĆ *u izradi*; JOVANOVIĆ *et al.* u štampi).

Naredni pedohorizont V-S4 je vremenski ekvivalent MIS 11 perioda. Horizont tufita na prelazu ka V-L4 je ekvivalent „BAG“ tefri u mađarskom lesu (HORVATH 2001) i predstavlja izuzetan hronostratigrafski reper.

Pedokompleks V-S3 formiran tokom MIS 9 se nepogrešivo povezuje sa odgovarajućim paleozemljištima u Kini, Centralnoj Aziji, Mađarskoj i Bugarskoj (prema MARKOVIĆ *et al.* 2009).

Dvojno V-S2 zemljište formirano je tokom MIS 7. Izgled krive MS je veoma karakterističan za ovo paleozemljište na prostoru srednjeg i donjeg dela basena Dunava (BUGGLE *et al.* 2009; MARKOVIĆ *et al.* 2006, 2009). Stra-

tigrafski položaj lesnog horizonta V-L2 određen je i slojem tufita koji je uočen na profilima Batajnica i Ruma (JOVANOVIĆ *u izradi*).

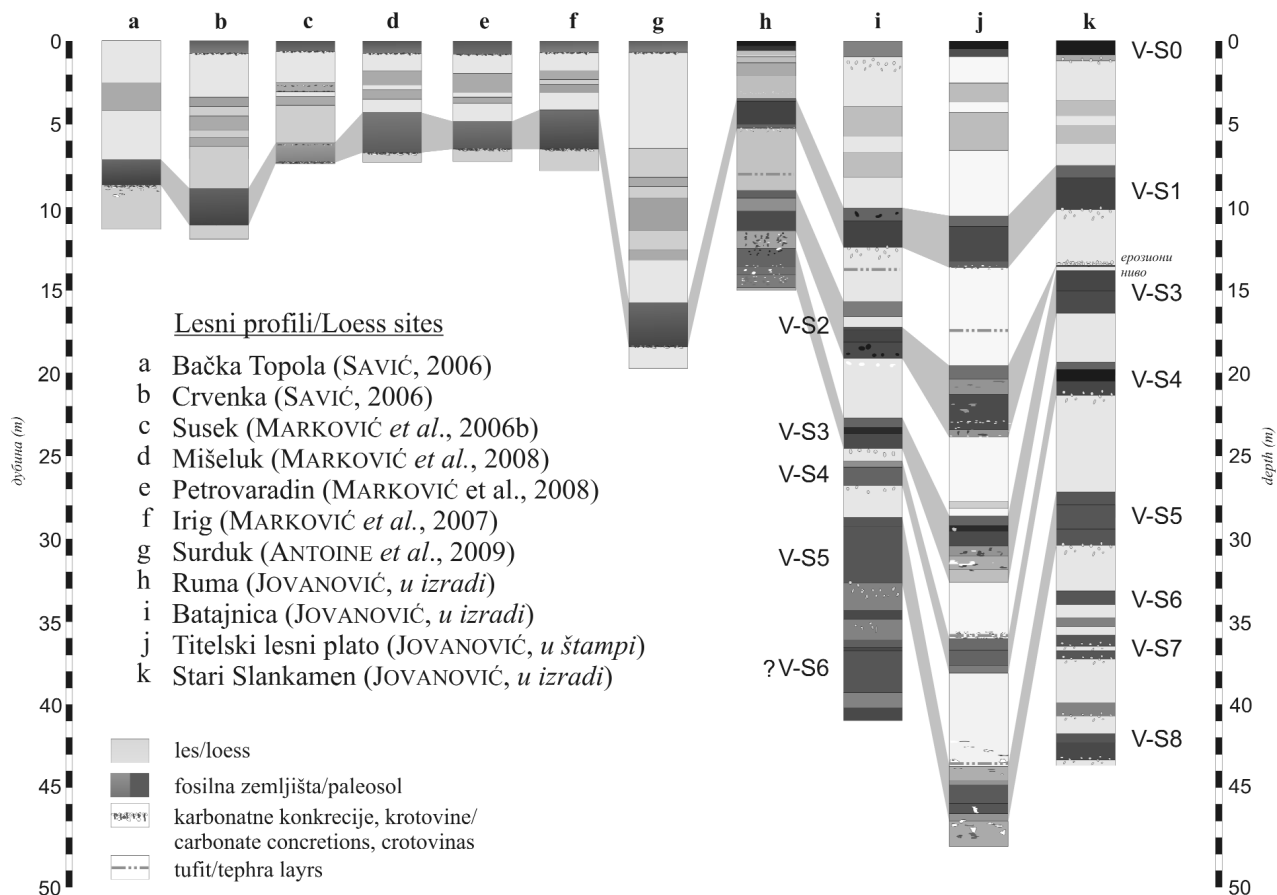
Stariji deo lesnog horizonta V-L2, kao i skoro čitavo paleozemljište V-S2 su na profilu Stari Slankamen–Čot odnešeni tokom burne proluvijalne faze. Njeno postojanje je uočljivo i u surduku između Novog i Starog Slankamena, i predstavljeno je decimetarskim slojem zaobljenog sten-skog materijala.

Starost najmlađeg interglacijalnog paleozemljišta V-S1 i interstadijalnih horizonata V-L1S1 i V-L1S2 jasno je definisana i apsolutnim datiranjem kako na Titelskom lesnom platou (BOKHORST *et al.* 2009), tako i na profilima Sremske lesne zaravni (FUCHS *et al.* 2008; MARKOVIĆ *et al.* 2007, 2008; SCHMIDT *et al.* 2008; SINGHVI *et al.* 1989).

Formiranjem ovako precizne hronostratigrafske sheme, moguće je sagledati i rezultate dosadašnjih pokušaja formiranja vremenskog okvira lesno-paleozemljišnih sekvenci u našoj zemlji.

## Zaključak

Primena hronostratigrafske sheme kineskog lesa i korišćenje MS za regionalnu i globalnu korelaciju sa



Sl. 2. Litostratigrafski stubovi najvažnijih lesnih profila Vojvodine i njihova međusobna korelacija (reference su prikazane u prilogu)  
 Fig. 2. Lithostratigraphic columns of the most important loess sites in Vojvodina and their correlation (References are shown in the figure)

marinsko-izotopskom stratigrafijom u znatnoj meri su izmenili dosadašnje hronostratigrafske interpretacije LPS na prostoru Vojvodine.

Rezultati apsolutnih i relativnih datacija i visokorezolutni rezultati MS potpuno su rasvetlili stratigrafiju LPS formiranih tokom poslednjeg glacijalno/interglacijalnog ciklusa (MIS 1-5). Međutim, za starije horizonte još ne postoje opšte prihvaćene datacije, što naglašava značaj MS korelacija.

Tranzicija između donje- i srednje pleistocenih lesno-paleozemljišnih horizonata određena je na osnovu položaja matujama/brines paleomagnetne granice što je omogućilo pozicioniranje horizonata starijih od V-S5 (MIS 13-15).

Na osnovu prikazanih rezultata, stratigrafija LPSS na prostoru Vojvodine je potpuno definisana čime je izvršena revizija prethodnih shema. Ovako formirani model omogućava korelaciju ne samo sa lesnim profilima u regionu nego i na čitavom Evroazijskom kopnu, sa zapisom dubokomorskih sedimenata i ledenih jezgara Antarktika i Grenlanda.

### Zahvalnost

Prikazana istraživanja realizovana su u okviru MNTR projekta 146019 „Lesne zaravni u Srbiji“. Laboratorijske

analize su urađene u okviru „Junior-senior“ programa Aleksandar fon Humbolt Fondacije (S.B. Marković – M. Jovanović)

### Literatura:

- BASSINOT, F.C., LABEYRIE, L.D., VINCENT, E., QUIDELLEUR, X., SHACKLETON, N.J., LANCELOT, Y. 1994. The astronomical theory of climate and the age of the Brunhes-Matuyama magnetic reversal. *Earth and Planetary Science Letters*, 126, 91–108.
- BOKHORST, M.P., BEETS, C.J., MARKOVIĆ, S.B., GERASIMENKO, N.P., MATVIISHINA, Z.N., FRECHEN M. 2009. Pedo-chemical climate proxies in late Pleistocene Serbian-Ukrainian loess sequences. *Quaternary International*, 198, 113–123.
- BRONGER, A. 1976. *Zur quartaeren Klima- und Landschaftsgeschichte des Karpatenbeckens auf palaeopedologischer und bodengeographischer Grundlage*. Kieler Geographische Schriften, 45, 1–268.
- BRONGER, A. 2003. Correlation of loess-paleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe: towards a continental Quaternary pedostratigraphy and paleoclimatic history. *Quaternary International*, 106–107, 11–31.
- BUGGLE, B., GLASER, B., ZÖLLER, L., HAMBACH, U., MARKOVIĆ, S., GLASER, I., GERASIMENKO, N. 2008. Geochemical charac-



- terization and origin of Southeastern and Eastern European loesses (Serbia, Romania, Ukraine). *Quaternary Science Reviews*, 28 (9–10), 1058–1075.
- BUGGLE, B., HAMBACH, U., GLASER, B., GERASIMENKO, N., MARKOVIĆ, S.B., GLASER, I., ZOELLER, L. 2009. Stratigraphy, and spatial and temporal paleoclimatic trends in Southeastern/Eastern European loess paleosol sequences. *Quaternary International*, 196, 86–106.
- BUTRYM, J., MARUSZCZAK, H., ZEREMSKI, M. 1991. Thermoluminescence stratigraphy of Danubian loess in Belgrade environs. *Annales, Universite Marie-Curie Sklodowska*, B 46, 53–64.
- FUCHS, M., ROUSSEAU, D.-D., ANTOINE, P., HATTE, C., GAUTHIER, C., MARKOVIĆ, S., ZOELLER, L. 2008. Chronology of the Last Climatic Cycle (Upper Pleistocene) of the Surduk loess sequence, Vojvodina, Serbia. *Boreas*, 37: 66–73.
- HAMBACH, U., ROLF, C., SCHNEPP, E. 2008. Magnetic dating of Quaternary sediments, volcanites and archaeological materials: an overview. *Eiszeitalter und Gegenwart/Quaternary Science Journal*, 57/1–2, 25–51.
- HAMBACH, U., JOVANOVIĆ, M., MARKOVIĆ, S.B., NOWACZYK, N., ROLF, C. 2009. The Matuyama-Brunhes geomagnetic reversal in the Stari Slankamen loess section (Vojvodina, Serbia). Its detailed record and its stratigraphic position. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 11, EGU2009-11498-1, 2009, EGU General Assembly 2009.
- HELLER, F., LIU, T. 1984. Magnetism of Chinese loess deposits. *Geophysical Journal Royal Astronomical Society*, 77, 125–141.
- HORVATH, E., 2001. Marker horizons in the loesses of the Carpathian Basin. *Quaternary International*, 76/77, 157–163.
- IMBRIE, J., HAYS, J. D., MARTINSON, D. G., MCINTYRE, A., MIX, A. C., MORLEY, J. J., PISIAS, N. G., PRELL, W. L. AND SHACKLETON, N. J. 1984. The orbital theory of Pleistocene climate: support from a revised chronology of the marine  $\delta^{18}\text{O}$  record. In: BERGER, A.L., IMBRIE, J., HAYS, J., KUKLA, G. & SALTZMAN, B. (Eds.), *Milankovitch and Climate*, part I, 269–305.
- JOVANOVIĆ, M. u izradi. *Srednje pleistocene lesno paleozemljišne sekvence Vojvodine*. Doktorska disertacija u rukopisu. Departman za geografiju, turizam i hotelijerstvo, PMF, Novi Sad.
- JOVANOVIĆ, M., HAMBACH, U., GAUDENJI, T., MARKOVIC, S.B. u štampi. Stratigrafija Titelskog lesnog platoa. *Zapisnici SGD za 2008*, Beograd.
- KUKLA, G.J. 1987. Loess stratigraphy in Central China. *Quaternary Science Reviews*, 6, 191–219.
- LISIECKI, L. E., M. E. RAYMO 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Paleoceanography*, 20, PA1003, doi:10.1029/2004PA001071.
- LIU, T.S., DING, Z. 1998. Chinese loess and paleomonsoon. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 26, 111–145.
- MAHER B.A., THOMPSON, R. 1992. Paleoclimatic significance of the mineral magnetic record of the Chinese loess and paleosols. *Quaternary Research*, 37, 155–170.
- MAHER BA, THOMPSON R. 1999. Paleomonsoons I: the magnetic record of palaeoclimate in the terrestrial loess and paleosol sequences. In: by MAHER, B. & THOMPSON, R. (Eds.) *Quaternary Climates, Environment and Magnetism*, Cambridge University Press: Cambridge, 81–125.
- MARKOVIĆ, S.B., BOKHORST, M., VANDENBERGHE, J., MCCOY, W.D., OCHES, E.A., HAMBACH, U., GAUDENYI, T., JOVANOVIĆ, M., ZOELLER, L., STEVENS, T., MACHALETT, B. 2008. Late Pleistocene loess-paleosol sequences in the Vojvodina region, North Serbia. *Journal of Quaternary Science*, 23, 73–84.
- MARKOVIĆ, S.B., HAMBACH, U., CATTO, N., JOVANOVIĆ, M., BUGGLE, B., MACHALETT, B., ZÖLLER, L., GLASER, B., FRECHEN, M. 2009. The Middle and Late Pleistocene loess sequences at Batajnica, Vojvodina, Serbia. *Quaternary International*, 198, 255–266.
- MARKOVIĆ, S.B., JOVANOVIĆ, M., MIJOVIĆ, D., BOKHORST, M., VANDENBERGHE, J., OCHES, E., HAMBACH, U., ZOELLER, L., GAUDENYI, T., KOVAČEV, N., BOGDANOVIĆ, Ž., SAVIĆ, S., MILOJKOVIĆ, N., BOJANIĆ, D. 2005. Titelski breg – Geopark. Drugi naučni skup o geonasledu Srbije. 22–23. 06. 2004., Beograd, 177–184.
- MARKOVIĆ, S.B., KUKLA, G.J., MIHAJLOVIĆ, S., VUJOVIĆ-MIHIC, D., JANKOVIĆ, J., JOVANOVIĆ, M. 1999. Paleomagnetizam lesnog profila Stari Slankamen – Čot i Milankovićeve paleoklimatski ciklusi. Zbornik radova simpozijuma „120. godišnjica Milutina Milankovića“, 88–100.
- MARKOVIĆ, S.B., OCHES, E., SÜMEGI, P., JOVANOVIĆ, M., GAUDENYI, T. 2006. An introduction to the Upper and Middle Pleistocene loess-paleosol sequences of Ruma section (Vojvodina, Yugoslavia). *Quaternary International*, 149, 80–86.
- MARKOVIĆ, S.B., OCHES, E.A., MCCOY, W.D., GAUDENYI, T., FRECHEN, M. 2007. Malacological and sedimentological evidence for “warm” climate from the Irig loess sequence (Vojvodina, Serbia). *Geophysics, Geochemistry and Geosystems*, 8, Q09008, DOI: 10.1029/2006GC001565.
- MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ, J. 1972a. Rasprostranjenje i stratigrafija lesa u Jugoslaviji. *Glasnik prirodnjačkog muzeja*, ser. A 27, 93–107.
- MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ, J. 1972b. Mogućnosti određivanja relativne hronologije nekih tipova zemljišta u Jugoslaviji. *Zemljište i biljka*, 21, 2, 321–330.
- SCHMIDT, E., MACHALETT, B., MARKOVIĆ, S.B., MILOJKOVIĆ, N., TSUKAMOTO, S., FRECHEN, M. 2008. Luminescence Dating of the Upper Part of the Stari Slankamen Loess Sequence (Vojvodina, Serbia). Tagung der Deutschen Quartarvereinigung e.V. 31. August – 6. September 2008. Wien, 217–218.
- SINGHVI, A.K., BRONGER, A., SAUER, W. AND PANT, R.K. 1989. Thermoluminescence dating of loess-paleosols sequences in the Carpathian Basin east-central Europe: a suggestion for a revised chronology. *Chem. Geol. Isotope Geoscience Section*, 73, 306–317.
- SUN, Y., S.C. CLEMENS, Z. AN, YU, Z. 2006. Astronomical timescale and palaeoclimatic implication of stacked 3.6-Myr monsoon records from the Chinese Loess Plateau. *Quaternary Science Reviews*, 25, 33–48.
- ZEREMSKI, M., MARUSZCZAK, H. i BUTRYM, J. 1991. Problemi hronostratigrafije lesa Vojvodine. *Zbornik radova Geografskog instituta SAN*, 43, 17–32.



## Синседиментациони развој тектонске активности угљоносне серије Колубарско-тамнавског басена

### Synsedimentation Development of Tectonic Activity Coalbearing Series Kolubara–Tamnava Basen

МИОДРАГ КЕЗОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Стварање угљоносне серије Колубарско-тамнавског басена је обављено у две посебне депозиционе средине (јужна и северна), настале под утицајем Медошевачке дислокације (раседа), за време горњег понта. Анализом индекса синседиментационе тектонске активности јасно је утврђено да јужна депозициона средина представља морфолошки израженији простор у коме је констатован највећи интензитет синседиментационог тоњења ( $m_f=-4.77$ ), таложење органске материје на највећим дубинама (312.5 m) са максималном дебелином угљоносне серије (284.4 m) и раслојавањем (227.2 m). Резултати анализе недвосмислено су потврдили постојање асиметричне синклинале, приближног правца пружања И–З, као најактивнијег синседиментационог простора, што је и био циљ овог рада.

**Кључне речи:** угљоносна (продуктивна) серија, Медошевачка дислокација, синседиментациони развој, индекс синседиментационе тектонске активности, Колубарско-тамнавски басен.

**Abstract.** The generation of the coalbearing series in Kolubara-Tamnava basen is done in two separate deposition environments (the south and the north), that are created under the influence of the Medoševac's dislocation (fault), during the upper pontian. Index analysis of the synsedimentation tectonic activity is clearly established that southern deposition environment is morphologically the most expressed area where it was concluded the largest scale subsidence ( $m_f=-4.77$ ), deposition of organic substance on the maximum depth (312.5 m) with a maximum thickness of the coalbearing series (284.4 m) and stratification (227.2 m). The analysis results clearly confirmed the existance of asymmetrical syncline, whose approximate direction of providing is E–W, as the most active synsedimentation area, which was the aim of this work.

**Key words:** coalbearing (productive) series, Medoševac dislocation, synsedimentation development, index of synsedimentation tectonic activity, Kolubara–Tamnava basen.

### Општи подаци

Колубарски угљоносни басен са својом годишњом производњом угља од преко  $30 \times 10^6$  t и директном везом са ТЕ Колубара-В. Црљени и ТЕ Никола Тесла-Обреновац, представља основу електроенергетског система Србије.

Површинска експлоатација угља врши се на четири активна површинска откопа: Поље “Б”, Поље “Д”, “Велики Црљени” и “Тамнава-Западно поље” (сл. 1).

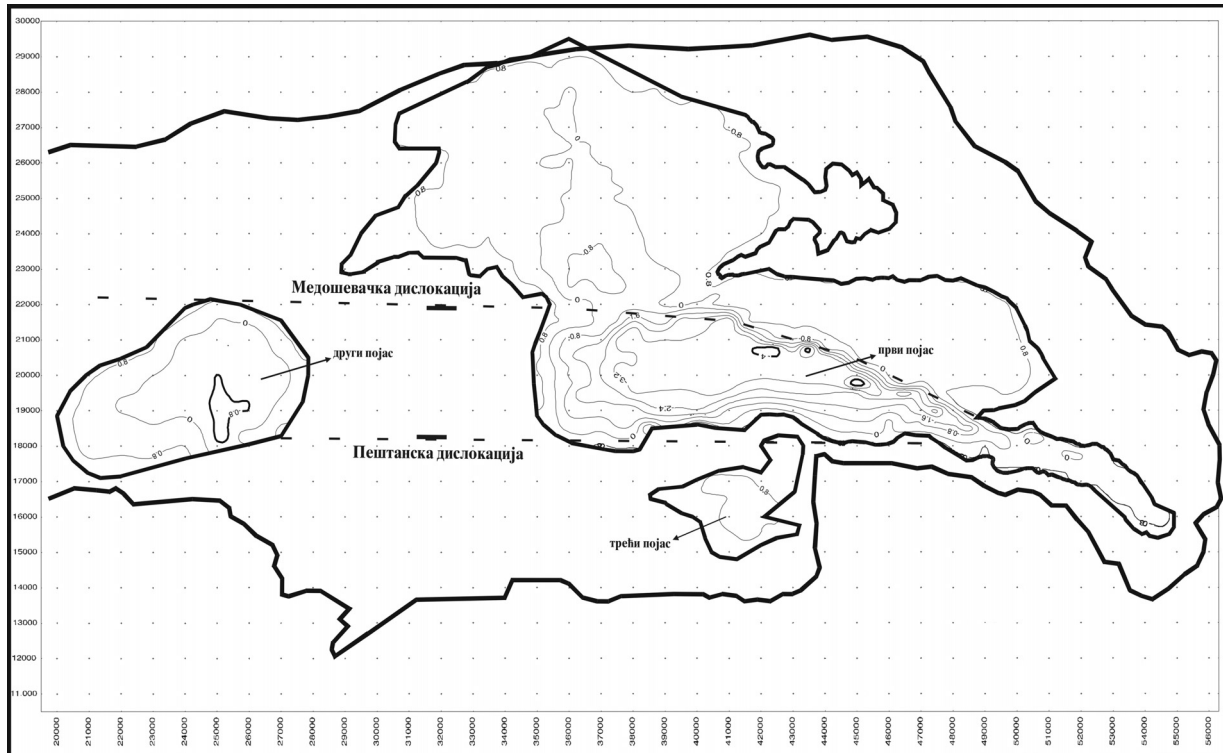
**Географски положај.** Колубарски басен се налази у западном делу Шумадије. Обухвата подручја општина Лазаревац, Лајковац и Уб, захватајући на тај начин површину од око 600 km<sup>2</sup>.

**Комуникације.** Путна мрежа је добро развијена и повезује међусобно сва насељена места и регионалне центре. Кроз централни део басена пролази железничка пруга Београд-Бар и магистрални пут Београд-Скопље (Ибарска магистрала). Индустриска пруга Рудовци-Вреоци-Велики Црљени-Обреновац повезује површинске копове са термоелектранама у Великим Црљенима и Обреновцу.

**Геоморфолошке карактеристике.** Са геоморфолошког становишта простор Колубарско-тамнавског басена припада благо заталасаном, односно равничарском терену.

**Хидрографске и климатске карактеристике.** Основу хидрографске мреже чини река Колубара

<sup>1</sup> ПД РБ "Колубара" д.о.о. - Лазаревац, Одељење за оперативну геологију "Тамнава - Западно поље", контакт тел.: 011/8121-388 и 064/8086-305. E-mail: miodrag.kezovic@rbkolubara.rs



Сл. 1. Прегледна карта Колубарског угљоносног басена. Легенда: 1. поље “Крушевица”, 2. поље “Рудовци”, 3. поље “А”, 4. поље “Б”, 5. поље “Ц”, 6. поље “Барошевац”, 7. поље “Е”, 8. поље “Д”, 9. поље “Турџа”, 10. поље “Степојевац”, 11. поље “Велики Црљени”, 12. поље “Вољујак-Вреоци”, 13. поље “Г”, 14. поље “Ф”, 15. поље “Шопић-Лазаревац”, 16. поље “Тамнава-Исток”, 17. поље “Тамнава-Запад”, 18. поље “Радљево”, 19. поље “Трлић”, 20. поље “Звиздар”, 21. поље “Рукладе”

Fig. 1. Distinct map of Kolubara productive basen. Legend: 1. field “Kruševica” 2. field “Rudovci” 3. field “A” 4. field “B” 5. field “C” 6. field “Baroševac” 7. field “E” 8. field “D” 9. field “Turija” 10. field “Stepojevac” 11. field “Veliki Crljeni” 12. field “Volujak-Vreoци” 13. field “G” 14. field “F” 15. field “Šopić-Lazarevac” 16. field “Tamnava-East” 17. field “Tamnava-West” 18. field “Radljevo” 19. field “Trlič” 20. field “Zvizdar” 21. field “Ruklade”

са својим притокама. Њеном долином басен је широко отворен према Сави. Шире подручје Колубарског басена одликује се умерено континенталном климом.

### Анализа индекса синседиментационе тектонске активности угљоносне серије

Бројним истражним радовима јасно су дефинисане контуре продуктивног дела Колубарско-тамнавског басена. Да би се сагледала општа кинематска тенденција тог простора обављена је анализа индекса синседиментационе тектонске активности продуктивне серије, Крањец (1987).

У ту сврху прикупљени су подаци из 1017 бушотина, на основу којих је извршена израда карте индекса синседиментационе тектонске активности (Табела 1.).

Средња вредност дебљине продуктивне серије представља аритметичку средину свих мерених вредности. То је референтни ниво у односу на који

су срачуната одступања дебљине у свакој посматрајој бушотини:

Табела 1. Прикупљене бушотине по продуктивним пољима.

Назив продуктивних поља	Број бушотина по пољима	Укупна дебљина угља из бушотина (m)
1. поље А	15	202.4
2. поље Б	71	2206.2
3. поље Ц	44	1406.9
4. поље Д	129	4660.9
5. поље Е	86	7241.7
6. поље Ф	67	11231.2
7. поље Г	27	981.1
8. поље Тамнава-Исток	226	7048.6
9. поље Тамнава-Запад	102	3576.4
10. поље Радљево	170	5069.1
11. поље Шопић-Лазаревац	41	4673.3
12. поље Звиздар	33	1745.6
13. поље Велики Црљени	6	60.2
Укупно:	1017	50103.6

$$m = 50103.6/1017 = \underline{49.3 m}$$

У односу на ову вредност, за сваку бушотину срачунава се средње одступање. На тај начин се добија индекс интензивности:

$$m_i = m - m_1/m, \text{ где је:}$$

$m_i$ - индекс интензивности,

$m$ - средња вредност укупне дебљине продуктивне серије Колубарског басена, и

$m_1$ - дебљина угља у бушотини.

Добијене вредности индекса интензивности за сваку бушотину понаособ, представљају базу за израду карте индекса синседиментационе тектонске активности угљоносне серије Колубарско-тамнавског басена. Интерпретација срачунатих вредности, дата изолинијама, јасно одражава синседиментациони развој Колубарског угљоносног басена, КЕЗОВИЋ (2003).

### Резултати анализе индекса синседиментационе тектонске активности угљоносне серије

На основу изгледа карте индекса синседиментационе тектонске активности (сл. 2) констатују се три јасно издиференцирана појаса у оквиру продуктивне серије.

У оквиру главног, првог појаса, издваја се најзначајнија депресиона структура која обухвата најшири простор (поље Б - северни део, поља Ц и Д - јужни део, поља Е и Ф, затим северни-интегрални део поља Шопић-Лазаревац и крајњи јужни део поља Радљево) и показује максимум синседиментационог тоњења са индексом интензивности  $m_i = -4.77$  (поље Ф).

Друга депресиона структура је констатована на простору поља Звиздар са максимумом синседиментационог тоњења  $m_i = -0.8$ .

Трећи појас (јужни део поља Шопић-Лазаревац) има минимум синседиментационог тоњења, те и најмање таложење угљоносне материје.

Запажа се да ове депресионе структуре имају исто пружање по х-оси (интервал између 4918.000 и 4922.000), што упућује на постојање паралелних раседних структура правца пружања исток-запад (пештанска и медошевачка зона разламања) дуж којих је дошло до издвајања јасно издиференцираних потолина као предиспонираних простора за стварање угљоносне серије максималне дебљине.

Поред наведених депресионих облика, простор Колубарског басена има релативно уједначен интензитет синседиментационог развоја угљоносне серије. Заправо, индекс интензивности се увећава и постиже одређени равнотежни ниво ( $m_i=0.4$ ). Ова гранична вредност представља превојно подручје

између зоне максималног синседиментационог тоњења с једне стране и минималног синседиментационог тоњења с друге стране. Унутар простора максималног синседиментационог тоњења концентрисане су најзначајније насlage продуктивне серије.

На основу увида у синседиментациони развој угљоносне серије (карта индекса синседиментационе тектонске активности), даље се може дати један садржајнији приказ развоја продуктивне серије посматрањем дубине на којој се иста простире, њене дебљине и раслојавања. У том циљу, простор колубарског басена је анализиран помоћу репрезентативних бушотина које су биране тако да упућују на минималне и максималне вредности поменутих параметара у оквиру сваког продуктивног поља (Табела 2.). Приказане као такве, оне веома јасно одређују подручја са највећом активношћу. Та подручја, по правилу, имају највећи интензитет тоњења продуктивне серије које је компензовано сталним приносом биљне материје, те је њено стварање обављено на највећој дубини, поседује највећу дебљину, али и највеће раслојавање.

На подручју продуктивног дела Колубарско-тамнавског басена највећи интензитет синседиментационог тоњења везан је за поља Д, Е и Ф, тј. поље Радљево и поље Шопић-Лазаревац, са максимумом у пољу Ф ( $m_i = -4.77$ ).

Највеће дубине на којима се простире угљоносна серија такође су констатоване у горе поменутих пољима, с тим што је максимална дубина одређена на простору поља Д (312.5 m). Минимална дубина подинског дела продуктивне серије је 8.7 m (поље Ц).

Ситуација са дебљинама је готово идентична. Највеће вредности су у пољима Д, Е, Ф односно Радљево и Шопић-Лазаревац. Максимална дебљина угљеног слоја је одређена на простору поља Ф (284.4 m). Минималне дебљине угљоносне серије се крећу од 0.2 m (поље Тамнава-Запад) до 10 m (поље Б).

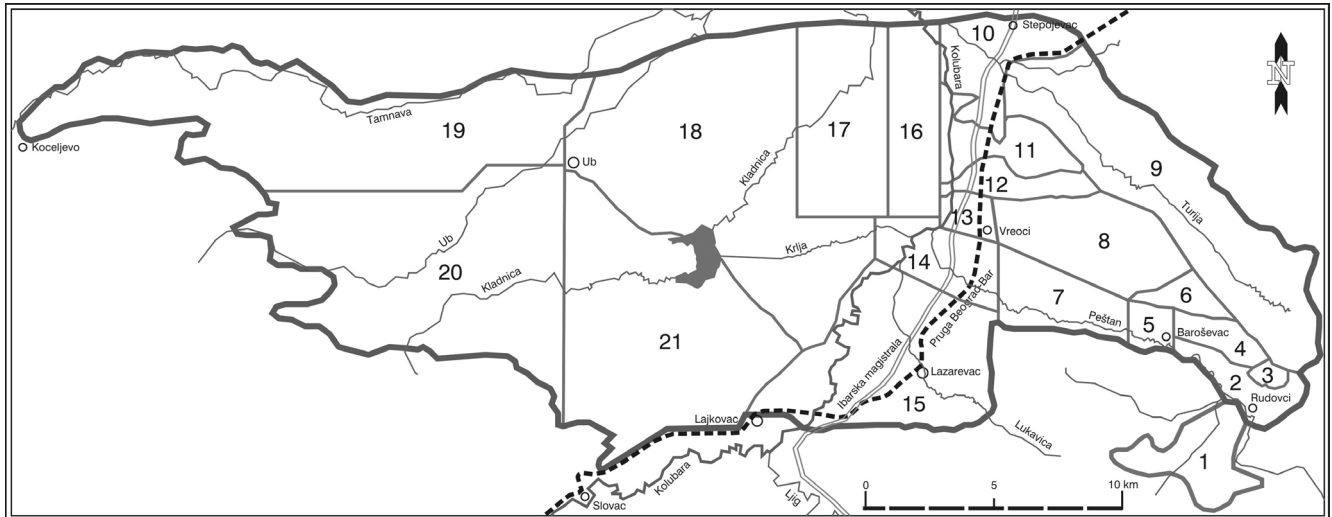
Раслојавање угљоносне серије прати најактивније зоне и највише је изражено на пољу Ф (227.2 m). Највеће дебљине **чистог угља** су такође заступљене у овим зонама са максимумом у пољу Е (85.2 m).

Из свега наведеног следи законитост базирана на међусобној условљености параметара: **најинтензивнији → најдубљи → најдебљи → најраслојенији**.

### Закључак

Синседиментациони развој продуктивне серије Колубарско-тамнавског басена је био директно условљен утицајем Медошевачке дислокације, која је морфолошки дефинисала овај простор.

У оквиру јужног дела продуктивног басена испољен је максималан утицај Медошевачког разлома условававајући стварање угљоносне серије на највећим дубинама (асиметрична синклинала издужена правцем исток-запад, најпродубљенија на



Сл. 2. Карта индекса синседиментационе тектонске активности. Интерпретација синседиментационог развоја продуктивне серије Колубарско-тамнавског басена је извршена на основу детаљне карте, која је урађена у размери 1:50000 са еквидистанцом 0.2. Та карта је умањена и приказана у овом раду, али са еквидистанцом 0.8.

Fig. 2. Map of the index synsedimentation tectonic activity. Notice: Interpretation of the synsedimentation development productive series in Kolubara-Tamnava basen made on the basis of detailed map, which performed in proportion 1:50000 with equidistance 0.2. This map was reduced and it was presented in this work, but with equidistance 0.8.

Табела 2. Упоредни приказ репрезентативних бушотина продуктивног дела басена

Назив продуктивних поља	$m_1$ min.	$m_1$ max.	дуб.1 min.	дуб.2 max.	деб.1 min.	деб.2 max.	деб. уг. с.	расл.
1. поље А	0.97	0.45	19.5	28.8	1.5	27.1	27.1	0.0
2. поље Б	0.80	-0.36	41.0	113.7	10.0	67.0	44.3	22.7
3. поље Ц	0.98	-0.82	8.7	120.3	1.2	89.7	36.3	53.4
4. поље Д	0.99	-4.33	21.3	312.5	1.0	262.8	70.3	192.5
5. поље Е	0.98	-4.38	24.3	290.5	1.0	265.0	85.2	179.8
6. поље Ф	0.92	-4.77	21.2	301.1	4.0	284.4	57.2	227.2
7. поље Г	0.98	-0.47	12.1	148.8	1.2	72.5	43.1	29.4
8. поље Тамнава-Исток	0.99	-0.32	16.0	101.3	0.4	64.9	37.5	27.4
9. поље Тамнава-Запад	0.96	-1.07	44.2	122.2	0.2	102.2	28.0	73.2
10. поље Радљево	0.98	-3.44	101.2	235.5	1.5	222.8	34.8	188.0
11. поље Шопић-Лазаревац	0.97	-3.52	13.3	251.2	0.8	218.8	35.4	183.4
12. поље Звиздар	0.95	-1.41	122.0	138.6	2.0	118.8	22.9	95.9
13. поље В. Црљени	0.98	0.56	11.2	32.0	1.0	21.6	19.5	2.1

пољу “Ф”), са максималним дебелинама, али и са најинтензивнијим раслојавањем.

Северни део продуктивног басена такође представља синклиналу са средиштем на пољу “Тамнава-Исток” и мање израженом морфологијом у односу на синклиналу јужног дела басена.

### Захвалност и посвете

Изражавајући посебну захвалност трагично преминулом професору Милуну Маровићу, овај рад посвећујем као скроман допринос његовом лику и делу.

### Литература

- КЕЗОВИЋ, М. 2003. Тектонска активност и угљоносот Колубарско-тамнавског басена. Рударско-геолошки факултет, Магистарска теза, 79 стр., 44-48, Београд (непубликовано).
- КРАЈЕЦ, В. 1987. Одабрана поглавља из тектонике и структурне геологије. Скрипта, 94 стр., 63-68, Рударско-геолошко-нафтни факултет, Загреб.
- Фонд стручне документације ПД РБ "Колубара" д.о.о. - Лазаревац.

## Геолошке карактеристике структуре Вишеград–Пећ Geological Characteristics of the Višegrad–Peć Structure

ЈОВАН КОВАЧЕВИЋ<sup>1</sup>, ЗОРАН НИКИЋ<sup>2</sup> и СВЕТЛАНА КОВАЧЕВИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** Структура Вишеград–Пећ има правац пружања северозапад–југоисток и обухвата релативно узано подручје од Вишеграда преко Прибоја, Нове Вароши, Сјенице и благо повија према Пећи. Припада Унутрашњим Динаридима, односно Офиолитском појасу. Вршена је корелација између геолошких, хидрогеолошких и сеизмичких података. Дат је приказ појава природних извора Вишеградска бања, Прибојска бања, “Црно врело”, “Чедово” и Илиџа чије су воде са повишеном температуром, који су распоређени попут линије замишљене осе геолошке структуре Вишеград–Пећ. Коментарисан је допринос мултидисциплинарног приступа изучавању структуре Вишеград–Пећ у циљу комплексног сагледавања геолошке проблематике. Наглашен је допринос резултата оваквог вида истраживања који могу бити коришћени за рационално просторно планирање и експлоатацију природних ресурса.

**Кључне речи:** Термоминерална вода, епицентар земљотреса, базалт, геофизичка аномалија, структура Вишеград–Пећ.

**Abstract.** The Višegrad–Peć structure extends in the NW–SE direction over a relatively narrow area from Višegrad to Priboj, Nova Varoš, Sjenica, gently curving to Peć. It is a part of the Inner Dinarides, i. e. the phiolite belt. Geological, hydrogeological and seismic data are correlated and natural warm water springs of Višegrad spa, Priboj Spa, Crno Vrelo, Čedovo and Ilidža, along the line of the image axis of the Višegrad–Peć geological structure are described. The contribution of this investigation to the study for land use plans and utilization of natural water resources is emphasized.

**Key words:** Thermo Mineral Water, Earthquake Epicenter, Basalt, Geophysical Anomaly Structure, Structure Višegrad–Peć.

### Увод

Структура Вишеград–Пећ има правац пружања северозапад–југоисток и обухвата релативно узано подручје од Вишеграда преко Прибоја, Нове Вароши, Сјенице и благо повија према Пећи (сл. 1).

Највећи обим геолошких истраживања у широј околини изучаваног региона тектонске структуре Вишеград–Пећ, обављен је током израда листова Основне Геолошке Карте, 1:100000, које покривају ово подручје (Живаљевић *и др.* 1982; Мирковић *и др.* 1972; Ћирић *и др.* 1977). Велики допринос познавању геологије овог простора дала су појединачна истраживања лежишта минералних сировина,

хидрогеолошка истраживања појединих локалитета, као и регионална геофизичка испитивања.

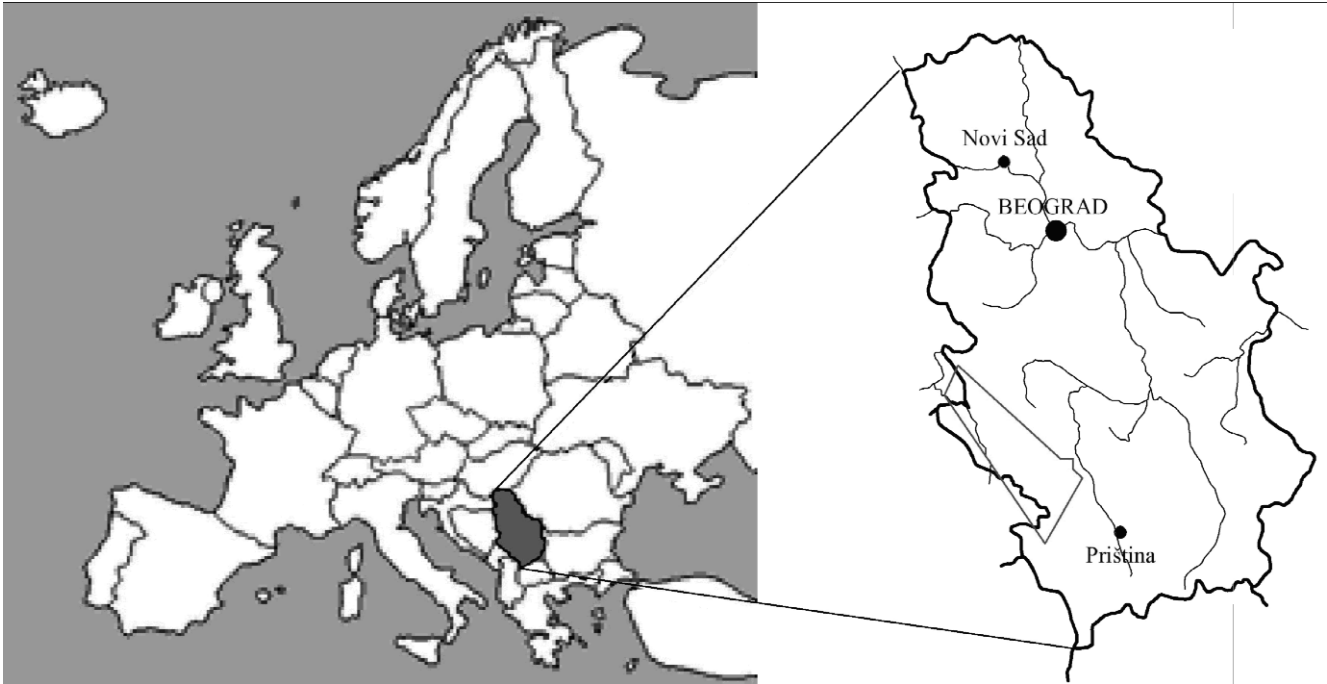
### Геолошка грађа шире околине изучаваног региона

Изучавани регион припада тектонској целини Унутрашњи Динариди, односно геотектонској јединици Офиолитски појас (Маровић *и др.* 2002). У Динаридима Србије орогени покрети су се смењивали са фазама мирнијег еволутивног развоја и били су од одлучујућег утицаја на развој структурно-фацијалних зона и на постанак структурних облика

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11000 Београд. Е-mail: jovan.kovacevic@sbb.rs

<sup>2</sup> Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд. Е-mail: zoran\_nikic@yahoo.com

<sup>3</sup> Републички сеизмолошки завод, Ташмајдан бб, 11000 Београд. Е-mail: svetlana.kovacevic@seismo.gov.rs



Сл. 1. Географски положај подручја истраживања. □ – подручје истраживања  
 Fig. 1. Geographical location of the study area. □ – Study area

у њима. Издвојене су херцинска и алпска орогена орогенеза. И прва и друга обављале су се у више фаза, у једном лугом временском периоду (ПЕТКОВИЋ 1976).

Најстарије стене у изучаваном региону су стари-јепалеозојски (прехерцински) метаморфити изграђени од комплекса стена различитог степена метаморфизма: шкриљци серицитског, актинолитског, хлоритског, мусковитског, епидотског и албитског састава; филити, калкшисти, мермерисани кречњаци и мермери, аргилошисти, кварцити и метапешчари. Трансгресивно преко њих леже метаморфити и семиметаморфити млађег палеозоика (карбон и пермокарбон) чији степен метаморфизма не прелази фазију зелених шкриљаца. Преовлађују шкриљци албит-хлорит-серицит-актинолитског састава, филити, микашисти, метапешчари и метаконгломерати, калкшисти, мермерисани кречњаци и хлорит-актинолитске настале од габрова и дијабаза (сл. 2).

Трансгресивно преко стена млађег палеозоика лежи формација Кластити Кладнице, вероватно доњотријаске старости. Она у генетском смислу представља палеоалувијалне творевине, а у литолошком силицикластичне стене: конгломерати, песковити конгломерати, конгломератични пешчари, алевролитски пешчари, песковити и песковито-глиновити алевролити и алевролити. У средњотријаским кречњацима (између анизијског и ладинског ката) има интеркалација или мањих тела кварцпорфирита, порфирита, туфова, бреча и рожнаца, који пред-

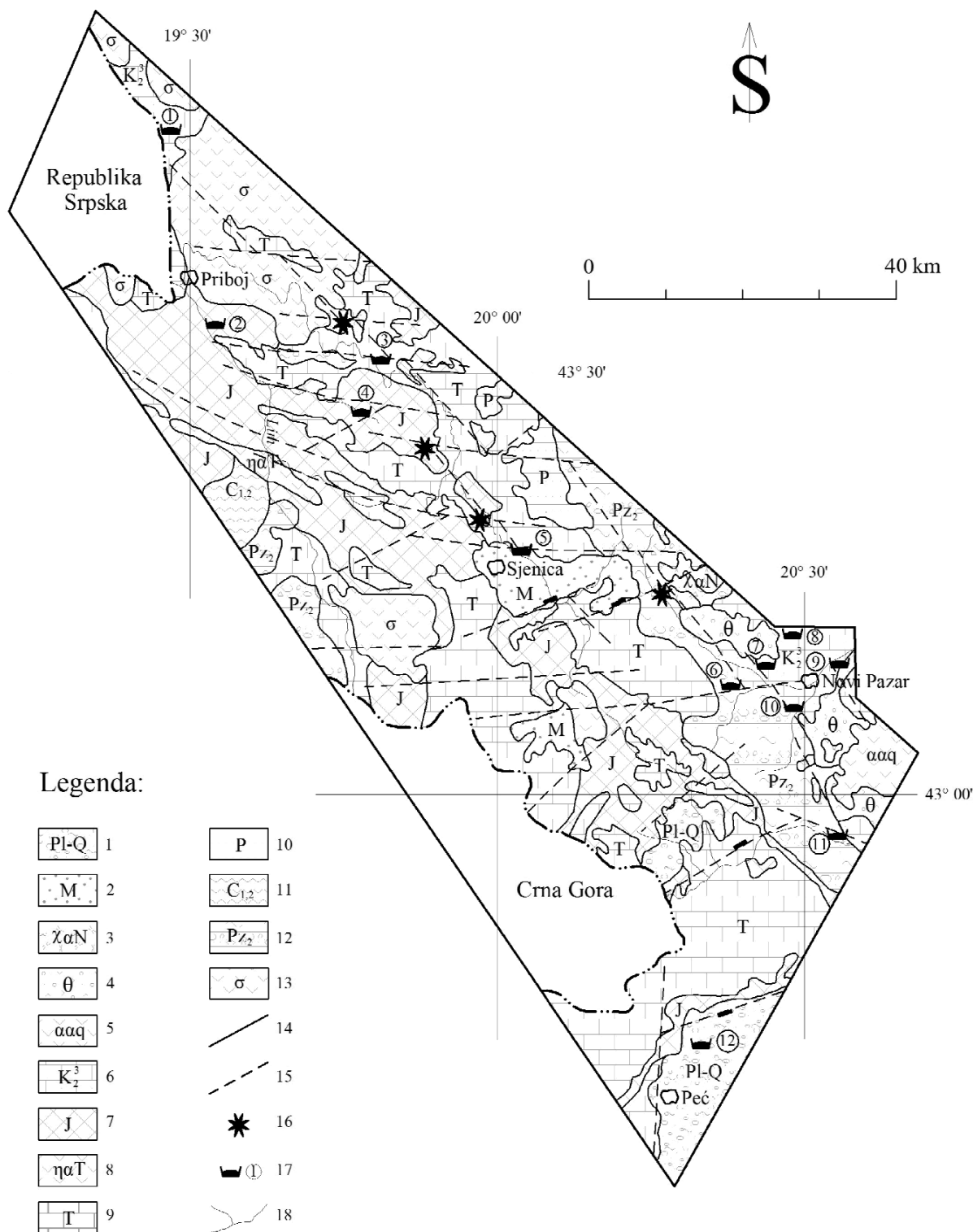
стављају субмаринске изливе. Током средњег и горњег тријаса стварају се карбонатне формације кречњака. Сукцесивно од норичког ката настају кречњаци са рожнацима. Претпоставља се да је овај тип седиментације настављен и у јури.

У оквиру дијабаз-ројначке формације јурске старости, у литолошком погледу јасно се издвајају седиментни и магматски чланови. Од седимената најзаступљенији су рожнаци, а присутни су и кречњаци, пешчари, глинци и алевролити. Тријаски крчњаци су присутни као клизни листови уроњени у матрикс кластичних седимената. Магматске стене су габрови, дијабази, спилити, мелафири, спилиткератофири, порфирити, перидотити и серпетинити, а метаморфисани чланови ове формације су мермери и амфиболити.

Неогени седименти, тортонски и, млађи, плиоценски, представљени су невезаним и везаним силицикластичним стенама и глиновитим и карбонатним седиментима. Најчешћи су језерски пескови и пешчари асоцирани са глиновитим и лапоровитим и ређе кречњачким седиментним стенама. Неогени леуцитбазалти, најмлађе изливне стене, појављују се најчешће у виду излива који прате палорелеф, а мањим делом у виду пробоја. Значајне масе леуцитбазалта се налазе јужно од Сјенице и источно од Нове Вароши. Од кварталних творевина на овом простору су заступљени алувијални и пролувијални седименти.

Значајније тектонске јединице нижег реда које се у целини или делом налазе на изучаваном





Сл. 2. Положај структуре Вишеград-Пећ (према ОГК 1:100000, листови: Бијело Поље, Пљевља и Пријеполје, допуњено). Легенда: 1. пескови, шљункови, глине; 2. кластити, кречњаци, угљеви; 3. кварцлатити; 4. пирокластити; 5. андезити, дацити; 6. флиш; 7. дијабаз-рожначка формација; 8. порфирити, кератофири; 9. кречњаци и доломити; 10. претежно кластити; 11. аргилошисти, кластити; 12. кластити, кречњаци, аргилошисти, филити; 13. ултрамафити; 14. геолошка граница; 15. расед; 16. епицентар земљотреса; 17. бања; 18. речни ток

Fig. 2. Position of Višegrad-Peć structure (from BGM 1:100000, Sheets Bijelo Polje, Pljevlja, Prijepolje and addition). Legend: 1. Sand, gravel, clay; 2. Clastics, limestone, lignite; 3. Quartzlatite; 4. Pyroclastics; 5. Andesite, dacite; 6. Flysch; 7. Diabas.chert formation; 8. Porphyrite, keratophyre; 9. Limestone and dolomite; 10. Dominant clastics; 11. Slate, clastics; 12. Clastics, limestone, slate, phyllite; 13. Ultramafite; 14. Geological boundary; 15. Fault; 16. Earthquake epicenter; 17. Spa; 18. Watercourse.

региону су: разломна зона Рудно поље–Тисовац (краљувшт Јавора), јужни обод Златиборског ултрамафитског појаса, тектонски ров Сјеница–Штавал, кречњак Милошевске реке, кречњак Јадовника, кречњак Гиљеве планине и друге (ПЕТКОВИЋ 1976).

На основу регионалних аеромагнетских испитивања дефинисана је зона Вишеград–Сјеница–Пећ дуж које смо вршили корелацију геолошких, хидрогеолошких и сеизмолошких података. Она мармира линију ултрабазита и дијабаз-рожне формације дуж које се у каснијем временском периоду местимично изливају базалти, што упућује на велику дубину њеног залегања.

### Појаве термалних вода

На изучаваном терену приближно дуж правца северозапад–југоисток, распоређени су извори чија је вода са повишеном температуром. Попут линије замишљене осе структуре Вишеград–Пећ, од северозапада према југоистоку, појављују се следеће природне појаве вода са повишеном температуром: Вишеградска бања, Прибојска бања, “Црно врело” код Нове Вароши, “Чедово” код Сјенице и Пећка бања (сл. 2).

**Вишеградска бања** се налази око 5 km североисточно од Вишеграда у долини Бањског потока. Има два извора слабо минерализоване воде температуре 26° С, односно 34° С. Воде ових извора су са благо повећаним садржајем радиоактивних елемената (МАРКОВИЋ *и др.* 1980).

**Прибојска бања** се налази око 4,5 km југоисточно од Прибоја на десној долиној страни Лима. У бањи постоји више термалних извора укупне просечне издашности око 50 l/s, температуре воде 36,5° С (ПРОТИЋ 1995). Извори се појављују на контакту тријаских кречњака и водонепропусних стена дијабаз-рожначке формације. Аквифер термалне воде је у аутохтоним тријаским кречњацима испод дијабаз-рожначке формације. Према хидрогеохемијским индикаторима у дубљим зонама овог локалитета могу се очекивати воде температуре око 70° С као резултат веома дубоке циркулације вода (ПРОТИЋ 1995).

Карстни извор “**Црно врело**” се налази око 2 km западно од Нове Вароши, у подножју Златара. Аквифери су тријаски кречњаци делом прекривени јурском дијабаз-рожначком формацијом. На локалности карстног извора “Црно врело” истичу топле и хладне подземне воде. Извор топле воде издашности је око 10 l/s, температуре до 20,2° С. Воде овог извора се мешају са хладним подземним водама што смањује температуру воде на површини терена.

Топли извори на подручју **Чедова** налазе се на око 4 km северно од Сјенице, у долини реке Вапе. Укупно је регистровано 20 извора у једној зони ду-

жине око 500 m. Процењена укупна издашност извора је око 22 l/s, температуре 20–26,3° С. Хидрогеолошки колектор су тријаски кречњаци који су делом прекривени водонепропусним творевинама дијабаз-рожначке формације јурске старости.

**Пећка бања (Илица)**, налази се у подножју планине жљеб. Ту постоји више извора који се појављују дуж већег раседа на кречњачком узвишењу. Главни извор термоминералне воде је издашности 4 l/s, температуре воде 48° С. Истицање термалне воде је под притиском, у виду гејзера, са доста гаса CO<sub>2</sub>.

Заједничко обележје ових хидрогеолошких појава јесте да су им воде са повишеном температуром, уједначена издашност извора и истицање вода под притиском. Повишена температура вода претходно наведених природних извора, упућује на закључак о дубокој циркулацији овиј вода. Садржај у води радиоактивних елемената је низак, изузев у Вишеградској и Прибојској Бањи где је садржај радона нешто повећан (0,22 Bq/l).

### Сеизмичка активност у региону Вишеград–Пећ

Земљотреси који су регистровани и лоцирани у изучаваном региону јасно мармирају епицентрална подручја Вишеграда, Прибоја, Нове Вароши, Сјенице, Пријепоља и Пећи. Константна сеизмичка активност у свим овим епицентралним подручјима је регистрована како у преинструменталном периоду (Каталог земљотреса, 1974), тако и у последње три деценије, прецизним лоцирањем епицентра земљотреса регистрованих на сеизмолошким станицама у Србији (Колектив аутора, 1975–2009). Максималне магнитуде догођених земљотреса су износиле 3.9 до 4.9 јединица Рихтера. Само у последњих пет година регистрована су три земљотреса, који су по ефектима имали интензитете 5–6 степени ЕМС, и то на подручјима: између Прибоја и Нове Вароши – 2001. год., Сјенице – 2003. год. и Пријепоља – 2004. год. (сл. 2).

Веза између сеизмичности и тектонских структура и њихов утицај на сеизмички ризик се може анализирати са више аспеката - механизми догођених земљотреса; потенцијалне сеизмотектонске деформације на површини терена; утицај тектонске структуре на пригушење сеизмичке енергије; утицај сеизмогене структуре на дистрибуцију сеизмичког интензитета; подложност раседне зоне појава нестабилности терена.

Дубоко испод површине терена габаритно значајна водна тела сигурно је да имају одређену улогу и импликације током сеизмичких догађања. Земљотреси условљавају у једном случају снижење, а у другом издизање нивоа издани, извори мењају издашност, поједини пресушују, а појављују се и нови извори. Често долази до промена температуре и до

драстичних измена хемијског састава подземних вода. Земљотрес може утицати на режим изданских вода на огромним растојњима од епицентра.

Подземне воде реагују у условима припреме земљотреса, за време дешавања потреса и у постпотресном периоду. У фази када се потрес припрема њихова реакција се третира као предзнак потреса, у фази реализације потреса утиче на интензитет ефеката земљотреса, а у постпотресној фази може да утиче на њен продужетак. Сеизмички таласи износе сеизмичку енергију на површину Земље и у зависности од хидрогеолошких и инжењерско-геолошких услова на терену, изазивају различите појаве.

## Закључак

Геолошки мултидисциплинарни приступ изучавања региона структуре Вишеград–Сјеница–Пећ (кроз сагледавање геолошких односа геомагнетских података и хидротермалних појава вода, оценом карактеристика земљотреса), део је истраживања у циљу комплексног сагледавања геолошке проблематике на датом подручју која може бити коришћена за рационално просторно планирање и експлоатације природних ресурса.

На истраживаном терену присутни моћни пуко-тински хидрогеолошки системи одликују се великим могућностима вишенаменског коришћења водних ресурса у балнеолошке сврхе, за добијање геотермалне енергије, развој елитног бањског туризма, водоснабдевање становништва и друго.

Поред изучавања геолошких карактеристика тектонске структуре, појава земљотреса или сеизмички hazard је значајан као део укупног hazard у региону, што подразумева све природне појаве (земљотреси, клизишта, и друго), које изазивају ризик од социјалних и економских последица. Делом сеизмичког hazard могу се сматрати појаве сеизмодеформација терена под утицајем јаких

земљотреса – ликвифакција тла, активирање нових и интензивирање умирених клизишта и одрона, као и њихов утицај на капацитет, температуру и хемијски састав подземних вода.

Допринос мултидисциплинарном приступу разматрања проблематике овог истражног подручја, огледа се и у прихватању закључка у прилог хипотезе која заступа идеју нормалног суперпозиционог односа јурске дијабаз-ројачке формације и тријаских кречњака.

## Литература

- ЂИРИЋ, А., ОБРАДОВИЋ, З., НОВКОВИЋ, Д., ПОПЕВИЋ, А., КРАЈЧИЋ, Љ., ЈОВИЋ, Ј. и СЕРДАР, Р. 1977. *Карта и Тумач ОГК 1:100 000 за лист Пријепоље*. Савезни геолошки завод, Београд.
- КАТАЛОГ ЗЕМЉОТРЕСА, 1974. Catalogue of earthquakes, Part I, Part II, UNDP-UNESCO Survey of the Seismicity of the Balkan Region, 1974., Скопље.
- КОЛЕКТИВ АУТОРА, 1975-2009. Годишњи каталози земљотреса од 1975. до 2009. године. Републички сеизмолошки завод, Београд.
- МИРКОВИЋ, М., ПАЈОВИЋ, М., БУЗАЉКО, Р., КАЛЕЗИЋ, М. и ЖИВАЉЕВИЋ, М. 1972. *Карта и Тумач ОГК 1:100 000 за лист Пљевља*. Савезни геолошки завод, Београд.
- МАРКОВИЋ, Ј. 1980. *Бање Југославије*. “Туристичка штампа”, Београд.
- МАРОВИЋ, М., ЂОКОВИЋ, И. и ТОЉИЋ, М. 2002. *Неоїнекционска карта Србије 1:500.000*. Министарство за заштиту природних богатстава и животне средине, Београд.
- ПЕТКОВИЋ, К. 1976. *Геологија Србије, IV Тектоника*. Завод за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета, Београд.
- ПРОТИЋ, Д. 1995. *Минералне и термалне воде Србије*. “Геоинститут”, посебна издања, књига 17, Београд.
- ЖИВАЉЕВИЋ, М., МИРКОВИЋ, М., СТИЛОВИЋ, В. и ЂИРИЋ, А. 1982. *Карта и Тумач ОГК СФРЈ 1:100 000 за лист Бијело Поље*. Савезни геолошки завод, Београд.



## Jurassic of the Austroalpine

### Јура Аустроалпског домена

HANS-JÜRGEN GAWLICK <sup>1</sup>, SIGRID MISSONI <sup>1</sup>, FELIX SCHLAGINTWEIT <sup>2</sup>, HISASHI SUZUKI <sup>3</sup>,  
WOLFGANG FRISCH <sup>4</sup>, LEOPOLD KRYSSTYN <sup>5</sup> & RICHARD LEIN <sup>5</sup>

**Abstract.** The Jurassic history of the Austroalpine domain mirrors the palaeogeographic position between two oceanic domains: A) to the west (north–west) the newly formed Piemont–Penninic Ocean, where continental extension started around the Triassic/Jurassic boundary resp. in the Hettangian and first oceanic crust was formed in late Early Jurassic; and B) to the east (south–east) the Neotethys Ocean, in which the closure started before the Early/Middle Jurassic boundary with the onset of inneroceanic thrusting. We present for the Austroalpine domain the Jurassic tectonostratigraphic evolution between two oceanic domains mirrored by sedimentary successions and basin evolution.

The Austroalpine realm provides the type localities for a lot Jurassic formations defined there since the 19<sup>th</sup> century. In the early 20<sup>th</sup> century in a lot of publications these names were also transferred to the Carpathians and Dinarides. Therefore it is essential for all of these regions to have clear and modern definitions of these partly very old names in order to compare the Jurassic geodynamic evolution in all these realms.

**Key words:** Lithostratigraphy, Neotethys Ocean, Penninic Ocean, Basin evolution, Facies.

**Апстракт.** Јурска историја Аустроалпског домена одражава палеогеографски положај између два океана: А) западно (северозападно) новоформираног Пиомонт–Пенинског океана, где је екстензија континенталне коре почела на граници тријас/јура, током хетанжа и прве океанске коре која је формирана крајем доње јуре; и Б) источно (југоисточног) Неотетиса, у коме је затварање почело пре границе доње и средње јуре, са почињањем интраокеанских навлачења. Представљена је јурска тектоностратиграфска еволуција Аустроалпског домена између два океана изражена кроз седиментне сукцесије и еволуцију басена.

Подручје Аустроалпског домена садржи више типских локалитета за јурске формације дефинисане још у деветнаестом веку. Почетком двадесетог века у бројним публикацијама њихова имена преведена су у локалитете Карпата и Динарида. Услед тога постоји есенцијална потреба за све ове регионе да установе савремене дефиниције ових делимично већ старих назива да би могла да се пореди јурска геодинамичка еволуција свих ових области.

**Кључне речи:** Литостратиграфија, Неотетис, Пенински океан, Еволуција басена, Фација.

## Introduction

Jurassic sedimentary sequences in the Austroalpine units of the Eastern Alps are best preserved in the non-metamorphic parts of the Northern Calcareous Alps and partly in the Drau Range, but occur also as metamorphosed “terrains” in the so-called Central Alpine Mesozoic and in the Lower Austroalpine units (Fig. 1) (compare TOLLMANN 1976, 1977, 1985).

In our concept to define the Jurassic formations we follow, according to previous works (KRYSSTYN & LEIN in HAAS *et al.* 1995, GAWLICK *et al.* 1999, FRISCH & GAWLICK 2003) the concept that the Jurassic geodynamic history of the Austroalpine domain mirrors its palaeogeographic position between two oceanic domains (Fig. 2):

A) to the west (north-west) the newly formed Piemont–Penninic Ocean, where continental extension started

<sup>1</sup> University of Leoben, Department for Applied Geosciences and Geophysics, Prospection and Applied Sedimentology, Peter-Tunner-Strasse 5, 8700 Leoben, Austria. E-mails: hans-juergen.gawlick@mu-leoben.at, s.missoni@daad-alumni.de

<sup>2</sup> Lerchenauer Strasse 167, 80935 München, Germany. E-mail: ef.schlagintweit@t-online.de

<sup>3</sup> Otani University, Koyama-Kamifusa-cho, Kita-ku, Kyoto 603-8143, Japan. E-mail: hsuzuki@res.otani.ac.jp

<sup>4</sup> Karl von Böhmerle Gasse 3, 1140 Wien, Austria. E-mail: frisch@uni-tuebingen.de

<sup>5</sup> University of Vienna, Centre for Earth Sciences, Althanstrasse 14, 1090 Wien, Austria. E-mail: leopold.krystyn@univie.ac.at, richard.lein@univie.ac.at

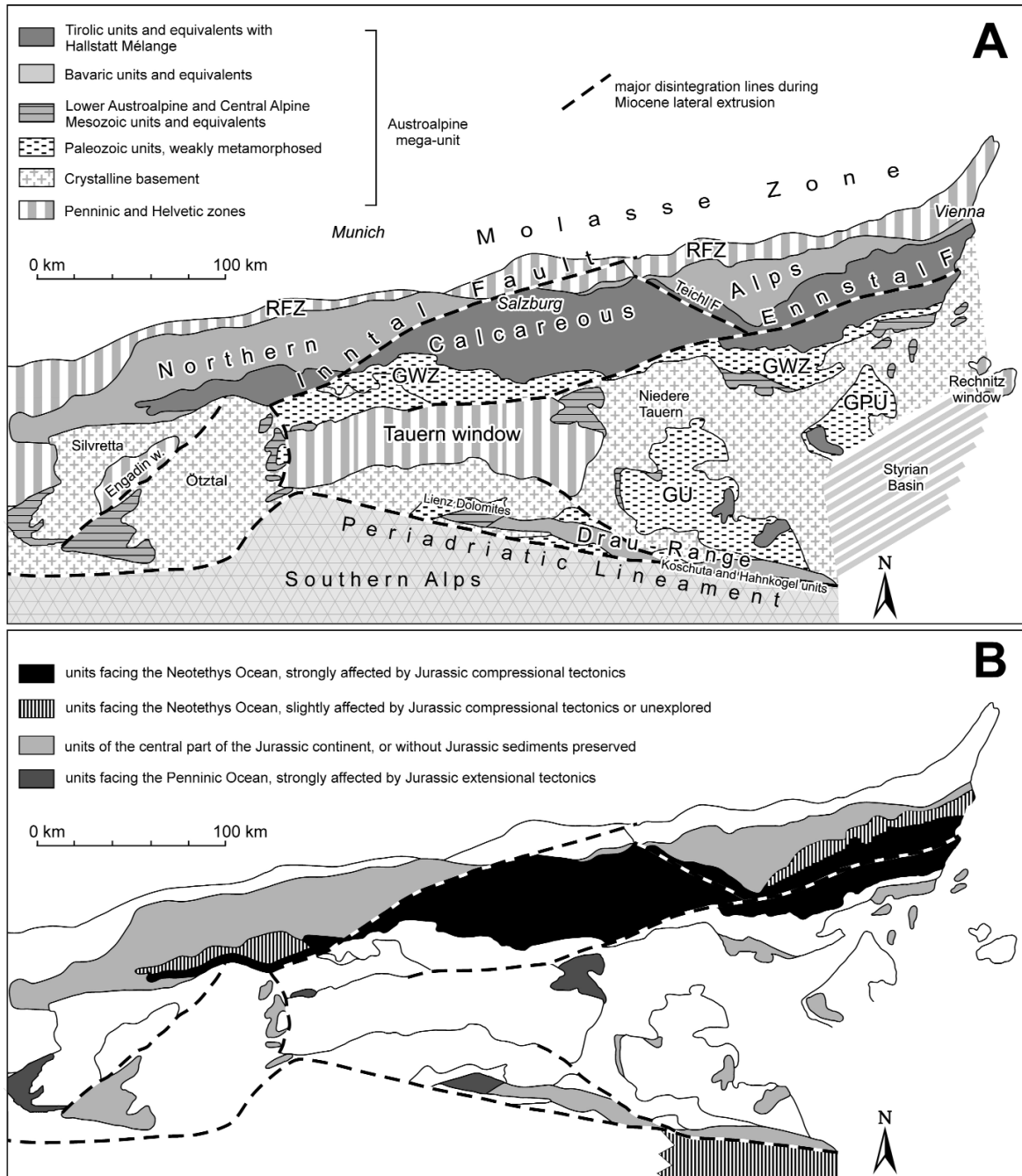


Fig. 1. **A)** Schematic tectonic map of the Eastern Alps (after TOLLMANN 1977, FRISCH & GAWLICK 2003). GPU Graz Paleozoic unit. GU Gurktal unit. GWZ Greywacke Zone. RFZ Rhenodanubian Flysch Zone. **B)** Austroalpine domains with Jurassic sediments influenced by the Penninic Ocean or the Neotethys Ocean.

around the Triassic/Jurassic boundary resp. in the Hettanian and first oceanic crust was formed in the late Early Jurassic (Toarcian), and

B) to the east (south-east) the Neotethys Ocean, in which closure started before the Early/Middle Jurassic boundary. In the Late Jurassic the situation became more complicated, especially in the Lower Austroalpine units due to the opening of the North Penninic (Valais) Ocean; these complications especially concerned the Lower Austroalpine units (Fig. 3).

## Formations and Definitions

Figure 3 shows the actually used formation and lithostratigraphic names of the Austroalpine domain (for history see GAWLICK *et al.* 2009). The description of the Jurassic formations encloses partly the lowermost Cretaceous, because several formations cross the Jurassic/Cretaceous boundary. These formations occur today in several tectonic units in different geographic regions and are of different palaeogeographic derivation.

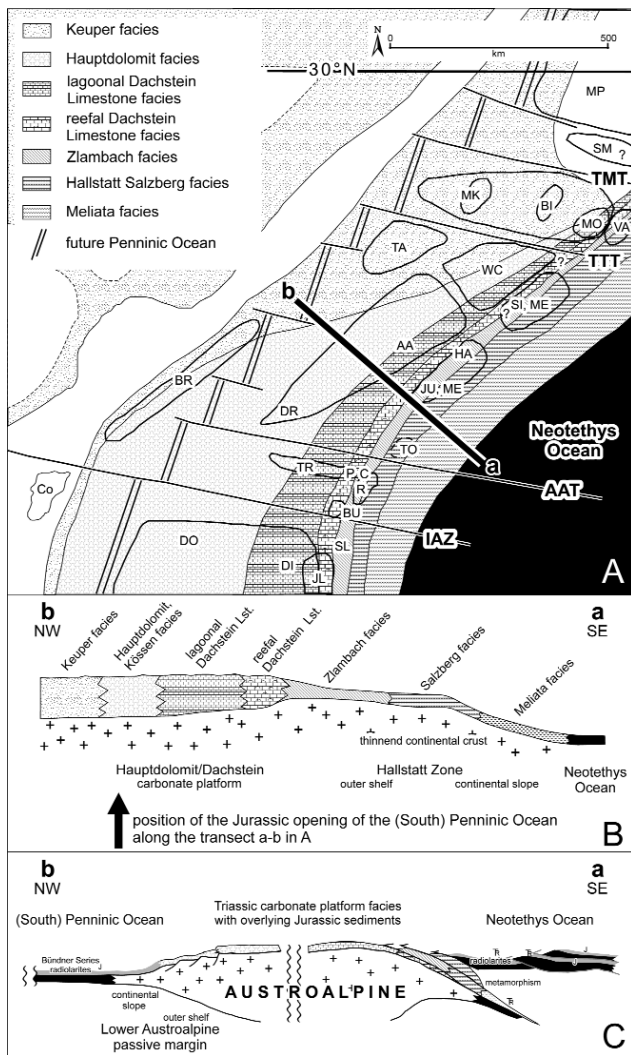


Fig. 2. **A)** Palaeogeographic position and facies zones of the Austroalpine domain in the north-western Neotethys passive margin for Late Triassic times, modified after KRYSZYN & LEIN in HAAS et al. (1995) and GAWLICK et al. (1999, 2008). **B)** Schematic cross section (for position, see line a-b in A) showing the typical passive continental margin facies distribution across the Austroalpine domain in Late Triassic time (after GAWLICK & FRISCH 2003). **C)** Schematic cross section reconstructed for Middle to Late Jurassic time. It shows the passive continental margin of the Lower Austroalpine domain facing the Penninic Ocean to the north-west and the lower plate position and imbrication of the Austroalpine domain in relation to the obducted Neotethys oceanic crust. IAZ = Iberia-Adria Zone transform fault, AAT = Future Austroalpine-Adria transform fault, TTT = Future Tisza-Tatra transform fault, TMT = Future Tisza-Moesia transform fault, AA = Austroalpine, BI = Bihor, BR = Briançonnais, BU = Bükk, C = Csovar, Co = Corsica, DI = Dinarides, DO = Dolomites, DR = Drau Range, HA = Hallstatt Zone, JU = Juvavicum, JL = Julian Alps, ME = Meliaticum, MK = Mecsek, MO = Moma unit, MP = Moesian platform, P = Pilis-Buda, R = Rudabanyaicum, SI = Silicicum, SL = Slovenian trough, SM = Serbo-Macedonian unit, TA = Tatricum, TO = Tornaicum, TR = Transdanubian Range, VA = Vascau unit, WC = central West Carpathians.

We describe all formations and lithostratigraphic names independently from the actual tectonic subdivision and summarize the overall Jurassic tectosedimentary evolution as an introduction in the genetic concept. It is also well known, that only macroscopically established lithostratigraphic definitions are not useful for mapping. A combination of microfacies characteristics, the stratigraphic range as well as the depositional characteristics are precise tools for a clear and modern definition of lithostratigraphic units.

## Controlling factors of sediment deposition and supply in the Jurassic

### Hettangian to Aalenian

The Hettangian to Aalenian period was controlled by the following factors:

- A) The end-Triassic morphology and biotic crisis,
- B) crustal extension in the Penninic realm and in the adjacent Austroalpine domains resulted in the break-up of the South Penninic Ocean in the Toarcian, and
- C) the onset of inneroceanic thrusting around the Pliensbachian/Toarcian boundary in the Neotethys Ocean.

In the earliest Jurassic four palaeogeographically SSW–NNE trending basins existed in the Austroalpine realm:

- 1) Due to crustal extension the newly formed Bündner Schiefer Basin in the area of the evolving Piemont–Penninic Ocean,
- 2) the Allgäu (Restental) Basin (group) as northernmost basin in the Northern Calcareous Alps,
- 3) the Eiberg (Scheibelberg) Basin along the central axis of the Northern Calcareous Alps, and
- 4) the Hallstatt Zone (distal passive margin) facing the Neotethys Ocean (Fig. 2).

Only in the basinal areas sediments were deposited in the earliest Jurassic, whereas the Late Triassic highs (with shallow-water sedimentation) may have emerged and did not receive any sediment caused by a low sea-level. This is the reason, why a hiatus/gap exists between the Triassic and Jurassic sediments on top of most Rhaetian shallow-water carbonates of the Northern Calcareous Alps and the Drau Range, partly known also in the Dinaride/Albanide realm.

### Bajocian to Tithonian

The Bajocian to Tithonian period was mainly controlled by following factors:

- A) The Toarcian/Aalenian morphology after the break-up of the South Penninic–Piemont Ocean, especially in the Lower Austroalpine to the Bavaric units,
- B) The onset of inneroceanic subduction processes in the Neotethys realm and the formation of a propagating thrust belt. Thrusting started in the outer shelf area (Meliata and Hallstatt Zones) in Bajocian and prograded towards the Tirolic realm in Oxfordian times.

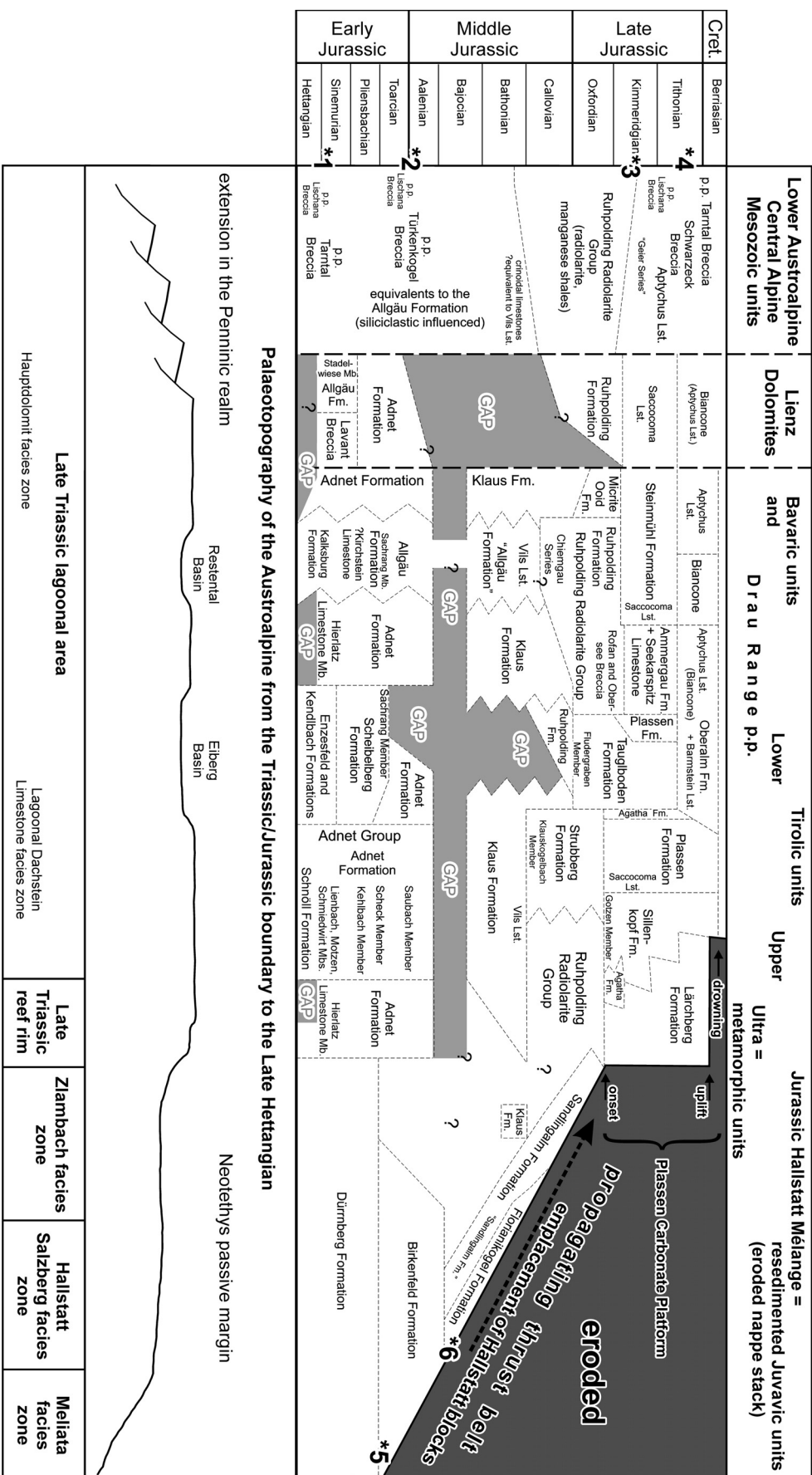


Fig. 3. Stratigraphic table with lithostratigraphic names and main tectonic events of the Jurassic in the Austroalpine realm with their variations depending on the palaeogeographic position (from GAWLICK *et al.* 2009; see also detailed description and microfacies characteristics of the formations there). Valid formation names as well as invalid formation names of the Austroalpine domain are used; but only such invalid names, which can be clearly defined after revision. Bavarian units, Tirolitic units, Hallstatt Mélange = Northern Calcareous Alps.



C) The newly formed carbonate platform on top the nappe stack since the Late Oxfordian,

D) The gravitational collapse of this carbonate platform around the Early/Late Tithonian boundary due to uplift in the south and normal faulting in the north, and

E) The extensional overprint of the Lower Austroalpine passive continental margin around the Jurassic/Cretaceous boundary, possibly due to rifting processes in the North Penninic (Valais) Ocean.

## Geodynamic evolution of the Austroalpine domain

At the Triassic/Jurassic boundary the carbonate production rate was significantly reduced in connection with the environmental crisis leading to mass extinction. This mass extinction coincided with an environmental change: global cooling and sea-level fall around the Triassic/Jurassic-boundary was followed by a warming event and long-term sea-level rise in the Hettangian. Also a perturbation of the global carbon cycle as well as significant sea-level changes can be recognized. Regardless of the causes of this mass extinction, which are intensively debated, these environmental events left a signature also in the Austroalpine domain.

This biotic crisis at the Triassic/Jurassic boundary stopped the shallow-water carbonate production in the Austroalpine domain. The lack of sufficient sediment supply led to the demise/drowning of the Hauptdolomit/Dachstein carbonate platform. Global cooling around the Triassic/Jurassic boundary resulted in an end-Rhaetian sea-level drop of at least 100 metres. The end-Rhaetian sea-level lowstand was followed by a slow long-term sea-level rise that started in the latest Rhaetian, continued through the Hettangian and reached the next highstand not earlier than in the Sinemurian. Contemporaneously and later a horst-and-graben morphology developed due to crustal extension in the Piemont-Penninic realm as part of the early Atlantic system. It triggered breccia formation along submarine slopes and escarpments in the Lower Austroalpine units (Fig. 2) (and their South Alpine and Western Carpathian equivalents) mainly in the time span Hettangian/Sinemurian. The Toarcian anoxic (black shale) event with a significant sea-level rise was most probably triggered by the palaeogeographic changes related to the break-up of the Atlantic-Penninic oceanic system.

In the Northern Calcareous Alps and equivalents the Hettangian to Sinemurian tectonic pulse was minor but recognizable. Here, an increasing pelagic influence was manifested in Early to Middle Jurassic sediments. Breccias and basins were not only formed in the Lower Austroalpine units but also in the Northern Calcareous Alps in late Early Jurassic times (Fig. 3). Whereas these Early Jurassic sequences of the Lower Austroalpine units show the typical features of a rifted margin, the units facing the Neotethys Ocean were only slightly influenced by these rifting processes. In contrast, late Early Jurassic tectonic movements affected mainly these units and resulted in a completely new palaeogeographic setting. This change in the late Early Jurassic

palaeotopography was interpreted by many authors also as a result related to the final opening of the Penninic Ocean, probably with creation of pull-apart basins along a strike-slip fault zone cross-cutting the Austroalpine domain. In contrast, we attributed this “event” to the onset of inneroceanic thrusting (subduction) in the Neotethys Ocean.

This controversial dispute reflects that the geodynamic evolution of the Austroalpine domain is either explained from a Piemont-Penninic or a Tethys viewpoint. In fact, the Jurassic sedimentary record in the Austroalpine domain perfectly reflects the influence of both oceanic domains and their geodynamic history. Whereas the Lower Austroalpine units are defined as that part of the Austroalpine domain formed along its north-western margin towards the Piemont-Penninic realm since Early Jurassic times, the Meliata, Hallstatt and Tirolic units represent the other part of the Austroalpine domain, which was positioned at its south-eastern margin towards the Neotethys Ocean since early Middle Triassic times (Fig. 2).

Contemporaneous with the final break-up of the South Penninic (Piemont) Ocean in late Early Jurassic and overall spreading in Middle Jurassic times, inneroceanic thrusting in the Neotethys Ocean started (age dating summarized in KARAMATA 2006). The onset of inneroceanic thrusting affected also the distal Austroalpine continental margin facing the Neotethys Ocean (Hallstatt Zone). The Austroalpine domain came in a lower plate position.

Middle Jurassic ongoing convergence in the Neotethys realm led to ophiolite obduction (GAWLICK *et al.* 2008, SCHMID *et al.* 2008) and imbrication of the continental margin since the ?Bajocian, progressively affecting the Juvavic and Tirolic nappes as part of the inner shelf area and their equivalents in the Carpathians and Dinarides. Significant sedimentation resumed with the deposition of cherty deep-water sediments of the Ruhpolding Radiolarite Group, which documented the change from condensed carbonates to almost purely siliceous sediments (Fig. 3), and mélange formation (Meliata, Hallstatt and Tauglboden Mélanges) (and equivalents in the Dinaride/Albanide realm). The main difference of Meliata, Hallstatt and Tauglboden Mélanges was the time of the onset and the different composition of huge mass flows in the newly formed trench-like basins. These mélanges are interpreted as carbonate-clastic radiolaritic trench-like basin fills formed in sequence in front of propagating nappes on the imbricated continental margin forming a thin-skinned thrust belt.

The Plassen Carbonate Platform developed since Late Oxfordian on top of some rising nappe fronts and prograded towards the older radiolaritic trench-like basin fills in a shallowing-upward cycle in a still continuously convergent regime. In the Kimmeridgian to Early Berriasian huge masses of shallow-water carbonates were formed. A drowning sequence influenced by very fine-grained siliciclastics sealed partly the highly differentiated Plassen Carbonate Platform in the Berriasian. Onset, evolution and drowning of the Plassen Carbonate Platform took place in a tectonically active regime. The tectonic evolution of the Northern Calcareous Alps (and the Plassen Carbonate Platform) dur-

ing Kimmeridgian to Berriasian times and the final drowning of the Plassen platform can be interpreted as a result of ongoing tectonic shortening, a period of relative tectonic quiescence which reflects the period of the change from compression to extension as a result of the uplift of the accretionary prism after the closure of the western parts of the Neotethys Ocean. This led to erosion of siliciclastic material, which reached the inner parts of the Northern Calcareous Alps at this time (Fig. 3). Similar platforms with an identical history were also formed on top of the obducted ophiolites in the Albanides (SCHLAGINTWEIT *et al.* 2008), and can be directly correlated.

For more details of the definition of the formations and the reconstruction of the Jurassic geodynamic history see GAWLICK *et al.* (2009).

## Conclusions

In respect to the enormous amount of contrasting palaeogeographic reconstructions of the Alpine and adjacent regions for Late Triassic to Late Jurassic resp. earliest Cretaceous times (e.g., FRISCH 1979, HAAS *et al.* 1995, GAWLICK *et al.* 1999, STAMPFLI & BOREL 2002, SCHMID *et al.* 2008, STAMPFLI & KOZUR 2006, besides many others) our reconstruction of the tectonostratigraphic evolution of the Austroalpine domain is based on the tectonic events forming the depositional areas for the different sedimentary successions (= formations and lithostratigraphic names), and place the formations in respect to their event-related deposition within a palaeogeographic domain. Therefore, it is possible to define the history of the Austroalpine domain as well as the adjacent areas to the north (Carpathians) and to the south (Southern Alps, Dinarides) as history of a part of a continent between two oceanic domains: the South Penninic (Piemont) Ocean to the north-west related to the Central Atlantic Ocean (e.g., FRISCH 1979, LEMOINE & TRÜMPY 1987 - the term "Alpine Tethys" should not be used in order to avoid confusion: e.g., STAMPFLI & BOREL 2002, SCHMID *et al.* 2008, STAMPFLI & KOZUR 2006) and the Neotethys Ocean to the south-east (not Meliata Ocean - KRYSSTYN *et al.* 2008).

Similar lithologies, but not defined, were found also in the Dinaride-Albanide realm. They reflect the same geodynamic situation, controversially discussed in moment. Therefore only a clear and precise definition of the lithostratigraphic units as formations and their correlation with other formations in the Alpine-Carpathian-Dinaride realm will provide in the future a more precise geodynamic and palaeogeographic reconstruction of the Alpine-Carpathian-Dinaride-Albanide Mountain Belt.

## References

- FRISCH, W. 1979. Tectonic Progradation on Plate Tectonic Evolution of the Alps. *Tectonophysics*, 60: 121–139.
- FRISCH, W. & GAWLICK, H.-J. 2003. The nappe structure of the central Northern Calcareous Alps and its disintegration during Miocene tectonic extrusion - a contribution to understanding the orogenic evolution of the Eastern Alps. *International Journal of Earth Sciences*, 92: 712–727.
- GAWLICK, H.-J., FRISCH, W., VECSEI, A., STEIGER, T. & BÖHM, F. 1999. The change from rifting to thrusting in the Northern Calcareous Alps as recorded in Jurassic sediments. *Geologische Rundschau*, 87: 644–657.
- GAWLICK, H.-J., FRISCH, W., HOXHA, L., DUMITRICA, P., KRYSSTYN, L., LEIN, R., MISSONI, S. & SCHLAGINTWEIT, F. 2008. Mirdita Zone ophiolites and associated sediments in Albania reveal Neotethys Ocean origin. *International Journal of Earth Sciences*, 97: 865–881.
- GAWLICK, H.-J., MISSONI, S., SCHLAGINTWEIT, F., SUZUKI, H., FRISCH, W., KRYSSTYN, L., BLAU, J. & LEIN, R. 2009. Jurassic Tectonostratigraphy of the Austroalpine domain. *Journal of Alpine Geology*, 50: 1–152.
- HAAS, J., KOVÁCS, S., KRYSSTYN, L. & LEIN, R. 1995. Significance of Late Permian - Triassic facies zones in terrane reconstructions in the Alpine - North Pannonian domain. *Tectonophysics*, 242: 19–40.
- KARAMATA, S. 2006. The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwanan and Eurasian units. In: ROBERTSON A.H.F. & MOUNTRAKIS, D. (Eds.), *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region. Geological Society London Special Publication*, 260: 155–178.
- LEMOINE, M. & TRÜMPY, R. 1987. Pre-oceanic rifting in the Alps. *Tectonophysics*, 133: 305–320.
- KRYSSTYN, L., LEIN, R. & GAWLICK, H.-J. 2008. How many Tethyan Triassic Oceans? In: KRYSSTYN, L. & MANDL, G.W. (Eds.), *Upper Triassic Subdivisions, Zonations and Events. Berichte der Geologischen Bundesanstalt*, 76: 12.
- SCHLAGINTWEIT, F., GAWLICK, H.-J., MISSONI, S., HOXHA, L., LEIN, R. & FRISCH, W. 2008. The eroded Late Jurassic Kurbnesh carbonate platform in the Mirdita Ophiolite Zone of Albania and its bearing on the Jurassic orogeny of the Neotethys realm. *Swiss Journal of Earth Science*, 101: 125–138.
- SCHMID, S. M., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. 2008. The Alps-Carpathians-Dinarides-connection: a correlation of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101: 139–183.
- STAMPFLI G.M. & BOREL, G.D. 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic. *Earth and Planetary Science Letters*, 196: 17–33.
- STAMPFLI, G.M. & KOZUR, H. 2006. Europe from the Variscan to the Alpine cycles. In: GEE D.G. & STEPHENSON, R.A. (Eds.), *European Lithosphere Dynamics. Geological Society Memoir*, 32: 57–82.
- TOLLMANN, A. 1976. *Analyse des klassischen nordalpinen Mesozoikums. Stratigraphie, Fauna und Fazies der Nördlichen Kalkalpen*. 580 pp., (Deuticke) Wien.
- TOLLMANN, A. 1977. *Geologie von Österreich, Band 1: Die Zentralalpen*. 766 pp., (Deuticke) Wien.
- TOLLMANN, A. 1985. *Geologie von Österreich, Band 2: Außerzentralalpiner Anteil*. 710 pp., (Deuticke) Wien.

## Значај *Charophyta* за тумачење тектонске структуре Динарида – стратиграфија и палеогеографија –

### Importance of the *Charophyta* for the Dinaride Tectonic Structure Explanation – Stratigraphy and Paleogeography –

НАДЕЖДА КРСТИЋ<sup>1</sup>, ЈУГОСЛАВ ЖИЦ<sup>2</sup>, ЉУБИНКО САВИЋ<sup>3</sup> и INGEBORG SOULIÉ-MÄRSCHÉ<sup>4</sup>

**Апстракт.** Еволуција доњомиоценог субтропског карстног језера у Динаридима, са сада изолованим просторима таложења, обухвата три фазе у оквиру јединственог циклуса таложења: слатководну, бикарбонатну и слану – према заједницама остракода у њима. Типови седимената и присуство хара искоришћени су да се одреди дубина језера.

Рубни делови великог Динаридског Система Језера спорије су потањали, те су и седименти ту тањи. Један од примера је дубоки залив Маоча у који су притицале кошнене воде и где на гиригонитима хара нема карбонатних наслага. На основу присуства *Rhabdochara langeri* доказано је да ове језерске творевине припадају времену бурдигала.

**Кључне речи:** *Rhabdochara langeri*, Доњомиоценоско језеро, Маоче залив, Динариди.

**Abstract.** Evolution of the Lower Miocene subtropical karst lake in Dinaric Alps, its sediments now scattered, includes three phases in a single sedimentation cycle: freshwater, bicarbonate and saline – as determined by ostracodes. The data on sediment types and Charophyta were used to determine depths.

Marginal areas subsided slowly and its sediments are thinner. One of the examples is a remote gulf with inflow of freshwater in the area of Maoče, with its well preserved Charophyta. The period when *Rhabdochara langeri* was present it documented the Lake age to be equivalents of Burdigalian.

**Key words:** *Rhabdochara langeri*, Lower Miocene lake, Maoče gulf, Dinarides.

Геотектонска еволуција Динарида почела је средином креде, када се одломљен динаридски део Афричке табле приближио стабилној Европи. Геодинамички редослед био је следећи: „крај субдукције/колизија (палеоцен/еоцен), колизија (еоцен), постколизија/колапс (олигоцен/доњи миоцен)“, СВЕТКОВИЋ *et al.* (2004). Дуготрајно је растапан доњи део земљине коре (исто, сл. 11). „Гравитационо урушавање динаридског орогена препознаје се на основу мреже и врсте раседа“ како су осликани у седиментима језерских басена (исто). Тако је настао, у старијем неогену, простран субтропски карстни Динаридски систем језера.

Други делови Афричке табле су две Јадранске плоче које се крећу према северу и подилазе под Алпе (сл. 1 у: SCHMID *et al.* 2006). Два угљена нивоа (мрки угал и лигнит) настала су као последица катастрофалних земљотреса и указују на две главне фазе тектонских притисака јужне Јадранске плоче.

Велика количина података омогућава да се схвати Динаридски систем језера, нарочито кад су аутори лично учествовали у појединим врстама истраживања, KRSTIĆ *et al.* (2003, где је и остала литература).

Седименте динаридског неогена поделио је МИЛОВИЋ (1963) у три дела. У појединим просторима они леже преко црвених (континенталних) олигоцен-

<sup>1</sup> Природњачки музеј Београд, Ђ. Војводића 6, 11000 Београд. E-mail: n\_krstic@ptt.rs

<sup>2</sup> Булевар Светог Петра Цетињског 11/7, 20000 Подгорица, Црна Гора. E-mail: jugoslavzic@t-com.me

<sup>3</sup> Привредна комора Србије, Ресавска 13-15, 11000 Београд. E-mail: ljubinko.savic@pks.rs

<sup>4</sup> Equipe de Paléontologie, Institut des sciences de l'évolution Université Montpellier 2 - CNRS, Case Postal 62, Place Eugène Bataillon, 34095 Montpellier-Cedex 5, France. E-mail: marsche@isem.univ-montp2.fr

ских седимената који местимично (као у Угљевику) прелазе у језерске творевине, Јечменица и др. (2008) а некад садрже само сувоземне пужеве *Helix*, ŠIĆIĆ & MILOJEVIĆ (1977). Ипак, у свом највећем пространству неоген Динарида лежи на мезозојским и палеозојским стенама.

Базална зона Динарида, у Гацком, заједно са два подинска угљена слоја (укључујући и главни угљени слој) садржи само слатководне родове остракода и доста водених пужева, али и бројне споре хара (гирогоните) у њиховом  $\text{CaCO}_3$  омотачу, KRSTIĆ *et al* (2009).

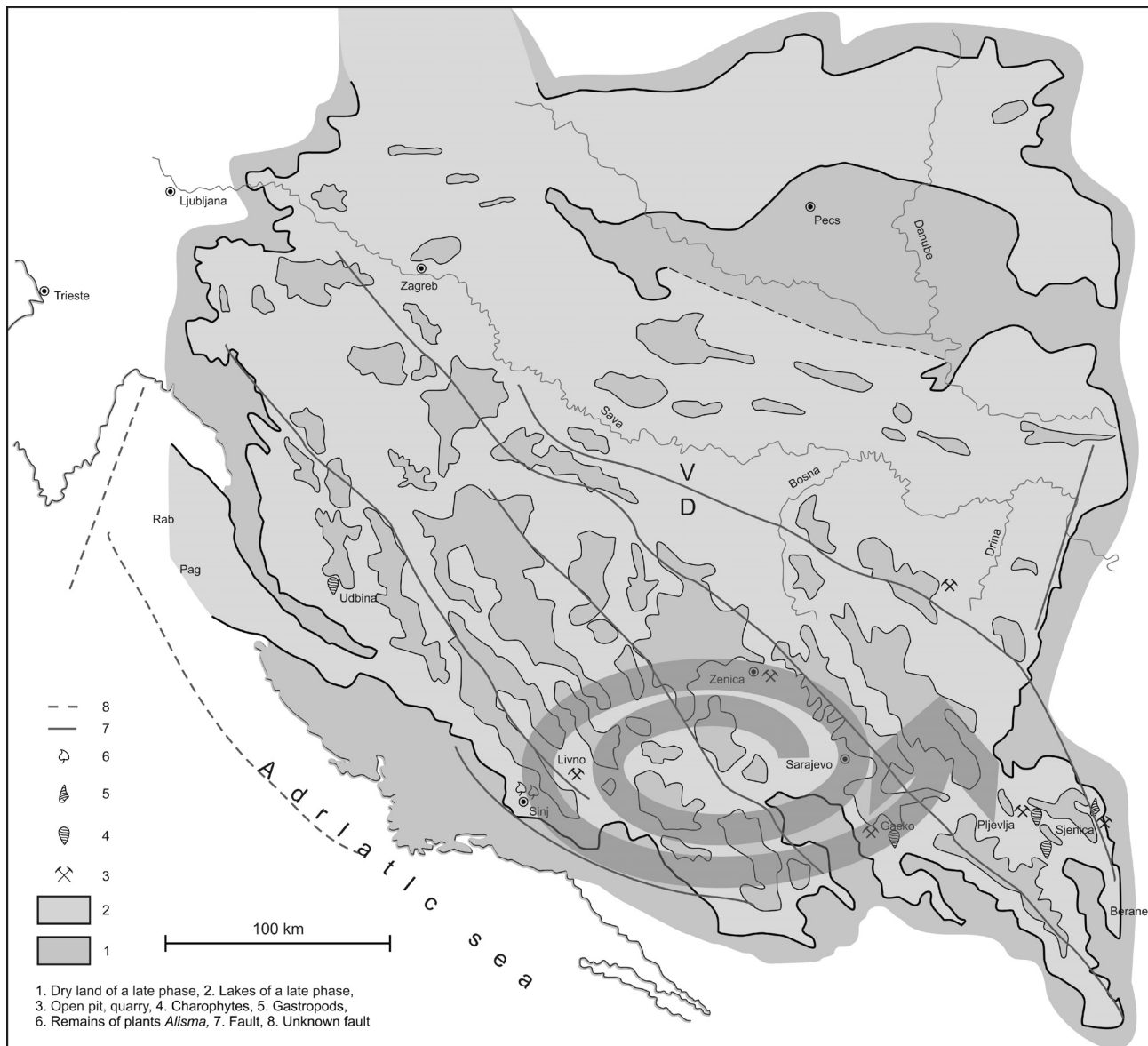
Део неогена изнад базалне зоне садржи три нивоа мрког угља са најдебљим на врху (Пљевља, Маоч, Гацко, Тушница ...), што указује да притисци Јадранске плоче нису били једнократни већ трофазни праћени вулканском активношћу. Зелене туфогене стене јављају се у прослојцима слатководног алеврита доњег, базалног угљеног слоја констатованог у бушотини ГС-1, у Гацком пољу. У вишим нивоима исте бушотине пирокластички су у бикарбонатној води трансформисани у сидеритични алевролит, КРСТИЋ *et al* (1994). Катастрофални земљотрес је срушио пространу и густу шуму заједно са њеним крупним становницима (*Chalicotherium grande*, врста копитара са канджама) те су дебела сортирана на јужном делу Пљеваљске потолине док је према северном отплављен најфинији желатинозни садржај из хелијица лишћа и коре од кога је настао сјајни угљак којим се главни слој лепезасто прослојава с јаловином, док је тријаски кречњак реверсним раседом наклизало на неоген, КРСТИЋ *et al* (1994). Зато према KATZER-у (1921, стр. 30), који је за Тушницу закључио да је квалитет угља „такође резултат утицаја горског притиска на процес угљенификације“, можемо објаснити настанак већине мрких угљева Динарида.

Потоње језеро у почетку било је плитко и обрало пливајућим цветницама са којих је вејао калцијум карбонат у току дневне фотосинтезе, док су се између стабала водених цветница сместили жбунови алги хара. Из беле језерске креде (око 90%  $\text{CaCO}_3$ ) села Рабитља код Пљеваља испирањем је добијена велика количина разноврсних остракода и бројне куглице плодоликх спора – гирогонита. Кровински лапори и лапорци садрже 70–75%  $\text{CaCO}_3$  и сиве су боје. Према западу (Гацко, Ливно, Сињ) количина калцијум карбоната расте на 80–95%  $\text{CaCO}_3$ , СОКАЌ (1980). Тешко је схватити одакле потиче толика количина калцијум бикарбоната у језерској води (у Каспију се таложи годишње 92 gr.  $\text{CaCO}_3$  на  $\text{m}^2$ ) ако не узмемо у обзир мезозојске кречњаке из подине и карстне феномене какви су и данас познати у Скадарском језеру, KARAMAN & VETON (1981). Велико испаравање у суптропском појасу довело је и до извесне концентрације соли у већ тврдој води те се уз разноврсне конгерије, КОСЧАНСКИ-ДЕВИДЕ & ШЛИШКОВИЋ (1978), јављају остракоди сла-

не воде, КРСТИЋ (2000), као *Chinometacypris*, *Clonocythere* и др. донете преко низа успутних рефугијума чак из кинеских еоценско-олигоценских сланих језера. Сразмерно бројни гирогонити хара, са руководећим фосилом *Rabdochara langeri* такође су присутни у Маочу, Пљевљима и Гацку али недостају у дубљој води околине Ливна, вероватно услед замућености; њихова стабала (*thalli*) налазе се код Купреса, али су гирогонити изузетно ретки што указује на размножавање хара помоћу кртолица због недостатка светла у дубини језера од преко 10 m. Дебљина седимената између мрког угља и лигнита у Ливањском простору износи, према КОСЧАНСКИ-ДЕВИДЕ & ШЛИШКОВИЋ (1978), око 1.500 метара.

Следећи део неогеног стуба Динарида припада времену појачаног притиска Јадранске плоче на Динариде. У Ливну и Сињу може се пребројати око 17 лигнитских слојева, а многи од њих у лежишту Табле (Ливањско поље) садрже стабла пречника око 10 m а нарочито дуги комади могу имати целих 10 m, КРСТИЋ *et al*. (збор СГД, 2008). Морало је проћи по неколико хиљада година између појединих катастрофалних земљотреса да би тако велика стабла израсла. Већина прослојака садржи разноврсне пужеве: бројни представници добро сачуване хидробије али и појединачне љуштуре *Planorbarius* (који и данас насељавају руб воде уз суву земљу), његове испуцене љуштурице су сасвим спљоштене током истискивања воде из седимента. Заједнице остракода се веома разликују од претходних, можда због тога што је вода мекша (у седименту има мање  $\text{CaCO}_3$ ). Харофите нису запажене а конгерије из простора изразитог таласања, могу припадати врстама *Mytilopsis sliškovići* или *M. antecroatica*. Према западу у околини Бихаћа бројни пужеве такође указују на узбуркану средину. Остракоди су насупрот њима, укључив ендемични род *Dinarocythere*, живели у мирној води и сланој средини, KRSTIĆ (1987). Јужније од Бишћа, код Удбине, харе су сачуване током картирања (СОКАЌ *et al.* 1976), а ка југоистоку, код Сиња, детерминисана је само мочварна биљка *Алисма* чије семенке имају звездасти распоред испод перца (MANDIĆ *et al.* 2009). Међу најважнијим налазима су сувоземни пужеве из Тријубина код Сјенице, које је PRYSJAZHNJUK (2008) ставио у отнаг-карпат а који леже директно испод слива аналцимитског базалта апсолутне старости  $22,95 \pm 1,25$  милиона година, CVETKOVIĆ *et al.* (2004). Али „како ултрабазичне стене Србије имају многе особине које су добиле услед контаминације састојцима стена из дубине“ (исто, стр. 197 и сл. 11) они могу бити и млађи – можда 18-19 милиона година.

Најновија истраживања дуж леве обале Саве указују на непрекинуто таложење између језерских и морских седимената, (ŠORIĆ *et al.* 2009). Геотектонска позиција савског рова је изван теме овог прегледа, али се може напоменути да је још пре више од сто година Цвијић сматрао да је јадранска депре-



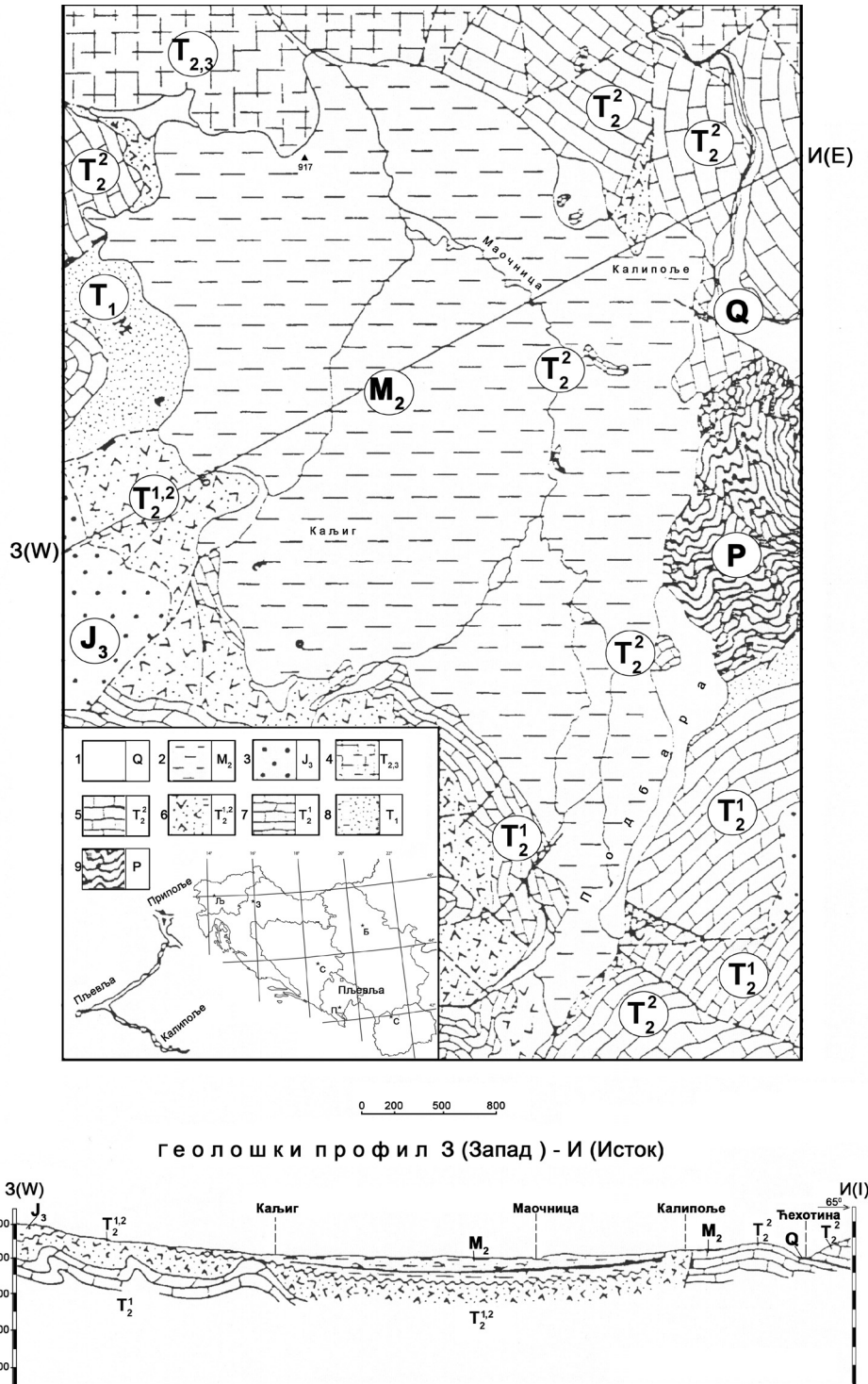
Сл. 1. Положај Динарида и Јадранске обале са максималним распрострањењем језерског доњег миоцена. Спирала указује на могући положај некадашње језерске струје. Легенда: 1. Сува земља; 2. Језеро у максималној фази; 3. Рудник угља; 4. Подводне ливаде са харамом; 5. Копнени пужеви; 6. Семе *Alisma*-е; 7. Расед; 8. Претпостављени расед

Fig. 1. Position of Dinarides and Adriatic coast and maximal spreading of Lower Miocene sediments. The whirl indicates the possible position of sublacustrine water current. Legend: 1. Dry land of the latest phase; 2. Lake of the latest phase; 3. Open pit, quarry; 4. Charophytes; 5. Gastropods; 6. Remains of plants *Alisma* (*Alisma* seeds); 7. Fault; 8. Unknown fault

сија активно притискала Динариде (према северним Карпатима). Овај модел доказан је истраживањима (TAMAS *et al.* 2008) који су утврдили да су дуж Јадранске обале, од Истре до Црне Горе еоценски фораминифери преталожени у миоцену и да су навлаке напредовале према Апулији. Истраживања око Купреса, која су управо у току, указују да су ти седименти, са 1.150 m надморске висине, идентични седиментима из угљоносне серије Сињског поља, а то значи и Ливањског поља са дубине од око 700 m испод нивоа мора (ако усвајамо вредност коју су

оценили KOCHANSKY-DEVIDE & SLIŠKOVIĆ (1978). То је MLADENOVIĆ (2006) назвао **подвлачење и издизање**, што је далеко тачнији назив.

Дубоки залив Маоча (ŽIĆ *et al.* 1995): Одлично сачувани гиригонити хара из Маоча, који нису облепљени остацима језерске креде као многи други, пружили су нам могућност да препознамо услове језерског залива који залази дубоко у копно и у који се уливају текућице. Изнад мрког угља силициклостични седименти, дебели мање од 250 m до лигнитског нивоа, садрже ретке прослојке лапора и



Сл. 2. Карта и профил Маочког поља. Угаљ је дебљи уз источни руб басена, а према западу се губи (Žic *et al.* 1995). 1. Квартарни седименти, 2. глине, Угљевите глине и угаљ; 3. пешчар, рожнац, песковити и лапоровити кречњааци; 4. масивни, делимично прекристалисали кречњааци са коралима и хидрозоама; 5. сиви и ружичасти микрокристалисти и микробречастии кречњааци са рожнацима, пешчарима и бречама; 6. туфови, туфити, разнобојни рожнаци, песковити кречњааци и кварцити; 7. сиви прекристалисали микробречастии кречњааци; 8. Црвени кварцни пешчар, конгломерат, локално доломитски кречњак; 9. ушкриљен лискуновити кварцни пешчар и алевролит

Fig 2. Map and the section of Maoche Polye. Coal is thick along the eastern Polye margin while it disappear toward the west (Žic *et al.* 1995). 1. Quaternary sediments; 2. clays, loams and coal; 3. sandstones, cherts, sandy and marly limestones; 4. massive partly cristaline limestones with cherts, sandstones and breccias; 5. grey and rose microcrystalline and microbreccia limestones with cherts, sandstones and breccias; 6. tuffs, tuffites, different colloured cherts, quartz limestones and quartzite; 7. grey crystalline and microbreccian limestones; 8. red quartz sandstone, conglomerates and local dolomite limestones; 9. schistose micaceous quartz sandstones and silstones

сочива песка. У заливу Маоча има мало калцијум карбоната, а лапоровити слојеви се смењују са сочивима кварцног песка (80–90% SiO<sub>2</sub>) чиме је доказано да су се у заливу Маоча „осим флувијалног транспорта седименти таложили и у мирној води плитких делова језера често излаганих ваздуху“, тј. пресушивала су.

Микрофосили у Маочу нису бројни, али су довољни за оцену сланости воде у заливу Динаридског система језера. Сланост се може утврдити на основу ендемичног рода *Brdacandona* и представника гастроподског рода *Valvata* са уздужним ребрима. Сви други фосили могу бити халотолерантни, чак и *Chara molassica notata* и *Nitellopsis merianii* са неравним спиралним ћелијама.

Старост Маоча одређена је као доњи миоцен на основу присуства *Rhabdochara langeri*. У Маочу није довољно типична јер јој попречна ребарца нису у потпуности развијена услед ослађене воде. У оближњим Отиловићима код Пљеваља, из узорка богатог калцијум карбонатом, на 4 m изнад угља, *Rhabdochara langeri* има перфектно изражена попречна ребарца на партекалцинама. На врху су јој апикалне грбице веома развијене, а имају и израштаје. Чак су и нека попречна ребарца толико задебљала да личе на идужене грбице.

## Литература

- CVETKOVIĆ, V., PRELEVIĆ, D., DOWNES, H., JOVANOVIĆ, M., VASELI, O. & PECSKAY, Z. 2004. Origin and geodynamic significance of Tertiary postcollisional basaltic magmatism in Serbia (central Balkan Peninsula). *Lithos*, 73, 161-186.
- ČIČIĆ, S. & MILOJEVIĆ, R. 1977. Terestričko-limničke naslage tercijara u Bosni i Hercegovini. *Geologija BiH III, Kenozojske periode*, 67-106. Sarajevo. (In Serbo-Croatian).
- ČORIĆ, S., PAVELIĆ, D., RÖGL, F., MANDIĆ, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R., JERKOVIĆ, L., & VRANJKOVIĆ, A. 2009. Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). *Geologica Croatica*, 62/1, 31-43.
- ЈЕЧМЕНИЦА, З., КРСТИЋ, Н., САВИЋ, Љ., МАРКОВИЋ, З., БУРИЋ, С., РЕНОВИЦА, С., ЈОВАНОВИЋ, М., и ТОМИЋ Р. 2008. Језерска угљоносна серија Богутова села, Угљевик (СИ Босна). *Зайисници српског геолошког друштва за 2007*, 63-81. Београд (in Serbian).
- KATZER, F., 1921: Die fossile Kohlen Bosniens und Hercegovina, 2, 1-271. Sarajevo.
- KARAMAN, G. & BEETON, A. (eds), 1981. The Skadar Lake and its biota. *Biološki zavod Titograd, Smithsonian Institute Washington, Center Great Lakes Milwaukee*, 1-468. Titograd.
- KOCHANSKY-DEVIDE, V. & SLIŠKOVIĆ, T. 1978. Miocenske kongerije Hrvatske, Bosne i Hercegovine. *Paleontologia Jugoslaviaca JAZU*, 19, 1-98. Zagreb. (In Serbo-Croatian).
- KRSTIĆ, N. 1987. Three new ostracode genera from lacustrine Miocene. *Bulletin Académie serbe des sciences et des arts, Classe des sciences mathématiques et naturelles - Sciences naturelles*, 27, 129-140, Pl. 12.
- KRSTIĆ, N., KRSMANOVIĆ, D., ČAĐENOVIĆ, M., MIRKOVIĆ, D., PULEJKOVIĆ, S., DODIKOVIĆ, S. & POTKONJAK, B. 1994. Uslovi nakupljanja i starost uglja i cementnih laporaca u ležištu Potrljica, Pljevlja. *Radovi Geoinstituta*, 29, 105-120. (In Serbian).
- КРСТИЋ, Н., МИХЕЛЧИЋ, В. & ЋУБЕЛА, Т. 2009. Нови подаци о геологији неогена околине Ливна. *Збор Српског геолошког друштва* 24. 04. 2009. Београд. (In Serbian).
- KRSTIĆ, N., SAVIĆ, LJ., JOVANOVIĆ, G. & BODOR, E. 2003. Lower Miocene lakes of the Balkan Land. *Acta geologica Hungarica*, 43/ 3, 291-299.
- MANDIĆ, O., PAVELIĆ, D., HARZHAUSER, M., ZUPANIĆ, J., REISCHENBACHER, D., SACHSENHOFER, R., TADEJ, N. & VRANJKOVIĆ, A. 2009. Depositional history of the Miocene Lake Sinj (Dinaride Lake System, Croatia): a long-lived hard-water lake in a pull-apart tectonic setting. *Paleolimnology*, 41, 431-452.
- MILOJEVIĆ, R., 1963. Granice u stratigrafiji slatkovodnog tercijara Bosne i Hercegovine. *Geološki glasnik*, 7, 81-102. (In Serbo-Croatian).
- MLADENOVIĆ, M. 2006. Unutrašnji Dinaridi – heterogeni melanž. *14. Kongres geologa Srbije i Crne Gore*, 87-88. Novi Sad.
- PRYSJAZHNJUK, V. 2008. Terrestrial and freshwater mollusks of Trijebine, Sjenica (south-western Serbia). *Bulletin CXXXV de l'Académie serbe des sciences et des arts, Classe science mathématiques et naturelles*, 44, 85-109.
- SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., MATENKO, L., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. 2006. The Alps-Carpathian-Dinaride-connection: a compilation of tectonic units. *Proceedings XVIII congress CBGA*, 535-538. Belgrade.
- SOKAČ, A. 1980. Miocenski ostrakodi Sinjskog polja. *Geološki vjesnik*, 31, 137-144.
- SOKAČ, B., ŠUŠNJAR, I., BUKOVAC, J. & BAHUN, S. 1976. Tumač za list Udbina. *Savezni geološki zavod*, 1-62. Beograd.
- TAMAS, M., BALDI-BEKE, M., KAZAMER, M., DUNKL, I. & VON EYNATTEN, H. 2008. Calcareous nannofossil age of Miocene flysh sedimentation in the Outer Dinarides (Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina and Montenegro). In: *Tectonic Aspects of the Alpine-Dinaride-Carpathian System* (Eds. SIEGESMOND, S., FÜGENSCHUH, B. & FROITZHEIM, N.). *Geological Society, Special Publication*, 298, 335-363.
- ŽIC, J., STAMENIĆ, M., KRSMANOVIĆ, R. & VRANEŠ, M. 1995. Maoče basin. In: *Lacustrine and brackish Neogene of western part of Yugoslavia, Field meeting and Excursions guide*, 24-27, (Eds. MIHAJLOVIĆ, Đ. & DOLIĆ, D.). *IGCP Project 329, Neogene of Paratethys*. Yugoslav working group. Beograd.





## The Danube Gorge Genesis from the Perspective of the Recent Paleogeographical Reconstitution of the Relict Pannonian Lake in the Late Pleistocene

Генеза Бердапске клисуре у светлу најновијих палеогеографских реконструкција реликата Панонског језера у касном плеистоцену

MIRCEA TICLEANU<sup>1</sup>, RADU NICOLESCU<sup>1</sup>, ROXANA CIUREAN<sup>1</sup>,  
GHEUCA ION<sup>1</sup> & ADRIANA ION<sup>1</sup>

**Abstract.** The latest studies connected with the Quaternary deposits of the eastern part of the Pannonian Basin can support the idea of the existence of a lacustrine area placed in the south-eastern part of the depression whose water level maintained around the +100 m elevation till the beginning of the Holocene. This lacustrine area was already contained in a non-endoreic depression. This lake (named by us in our previous papers, especially Beograd, CBGA 2006 – Relict Pannonian Lake (RPL)) received waters from the main four rivers tributary to the Pannonian Depression, but its waters overflowed to the Black Sea Basin through a narrow pass already outlined. Such a possible reality made us proceed to a new analysis of the entire Danube Gorge from all perspectives. The morphologic analysis leads us to conceive a possible hindrance placed in the Old Cazane area, able to keep the level of this lake around the +100 m elevation. It results from this that an extension of this lake was developed along the Danube Gorge till the Cazane area where through a karst type underground outflow a river was formed which flowed downstream. A severe change at the Pleistocene/Holocene boundary led to a relatively sudden lowering of the lake water level to the +85 m elevation. This level seems to have maintained during the Lower Holocene. Subsequently the water became lower and only in the Upper Holocene it has arrived to the finalization of the actual drainage system of the Old Danube. Such possible paleogeographical representations remind us the studies of some scientists which admitted the gradual retirement of the Pannonian Lake. Therefore successive elevations of the Quaternary shores were imagined: at 210–200 m to 120–100 m. It results that starting with the Pasadenian phase, as a first moment when the Danube Gorge became active, the lacustrine area passed through a series of stages of gradual diminishing of the water surface. These stages were controlled by the morphologic particularities of the Danube Gorge. On the other side a new analysis of the hypothesis on the Pannonian waters drainage towards the Romanian Plain indicates the Greben area as the more than likely place where the main ridge connecting the Balkans and the Carpathians was broken. The break-through took place at the origin of a left tributary of the Paleo-Porečka whose stream collected the waters from Paleo-Cerna to form a Wallachian Paleo-Danube. Finally we emphasize that the existence of a RPL in the Uppermost Pleistocene seems to be confirmed by the position of the prehistoric sites in the Pannonian Depression and it can also be successfully corroborated with a series of elements of the mythical paleogeography.

**Key words:** Pannonian Depression, non-endoreic, break-through, Greben, Paleo-Porečka, prehistoric sites, mythical paleogeography.

**Апстракт.** Најновијим истраживањима квартарних творевина источног дела Панонског басена подржана је идеја о постојању лакустриског подручја, смештеног у југоисточном делу депресије чији ниво воде се налазио на висини од око 100 m све до почетка холоцена. На основу морфолошке анализе клисуре Дунава предпостављено је постојање карсне препреке смештене на подручју Старог Казана, која је могла да задржи ниво воде на поменутој висини. Крупне промене на граници плеистоцен/холоцен, проузроковале су брзо спуштање површине језера на висину од 85 m. Током горњег холоцена завршено је формирање дренажног система Дунава. Предпоставка о дренажању вода Панонског језера према Румунији указује на подручје Гребена као највероватније место где је главна препрека, која је спајала Балканиде и Карпате, пробијена. Постојање реликта Панонског језера у најмлађем плеистоцену потврђено је посто-

<sup>1</sup> Geological Institute of Romania, 1 Caransebes St., sector 1, Bucharest 32, Romania. E-mail: mircea.ticleanu@yahoo.com

јањем праисториских археолошких локалитета и неким елементима палеогеографске митологије Трачко-хеленског периода.

**Кључне речи:** Панонска депресија, пробој, Гребен, Поречка река, археолошки локалитети, палеогеографска митологија.

## Introduction

Correlation of Quaternary deposits located at the Romanian–Hungarian boundary region led to the idea of the existence of a Quaternary lake in the Pannonian area. At the end of the Pleistocene its shore level was at +100 m. Manual drillings at shallow depths (2.20–2.30 m) confirm the existence of such a shore, frequently morphologically identified. This lacustrine area was named Relict Pannonian Lake (=RPL, TICLEANU *et al.* 2006) and it could have continued, in Late Pleistocene, the lacustrine area outlined by the Serbian geologists in Vojvodina (KRSTIĆ *et al.* 2006) could be named “Middle Pleistocene Pannonian Lake”. Subsequently, the hypothesis of the lake’s regression up to the +85 m shore level was presumed. Due to the fact that these paleogeographical realities could not exist without a specific morphology of the Carpathian–Balkan Danube Gorges, a partially reevaluation of its genesis and evolution during the Quaternary was required. In this regard, the present paper represents a first approach with a new point of view.

## Stratigraphical considerations

After a possible last connection of the Pannonian Basin with the Dacian Basin during the Middle Pontian it seems that its definitive isolation took place in the Upper Pontian. In the Pliocene, during a warm epoch, it has arrived to the accumulation of the deposits in coaly facies. Paludine beds may correspond stratigraphically to the upper part of the Pliocene. According to KRSTIĆ (1986) the upper limit of the Paludine beds corresponds in the Pannonian Basin to the Pliocene–Quaternary boundary. Middle Pannonian beds with Palludines should be synchronous with the beds with *Unio dawilai*, corresponding to a fluvial facies – RAKIĆ & SIMONVIĆ, 1997. Above the latter there are (according to these authors) beds with *Vivipara bochi*, *Corbicula apsaronica* and *Corbicula fluminalis* (for Mindelian) belonging to the Lower Quaternary. LASKAREV (1951) assigned the beds with *C. fluminalis* (fide KRSTIĆ 1984) to the Mindel-Riss interglacial. After some Serbian authors (KRSTIĆ *et al.* 2006) in a humid phase corresponding to the Middle Pleistocene it took place a restoration of a lake in the Pannonian area. A paleogeographical sketch of the lake was made up for the moment 250 ka. “The Middle Pleistocene Lake” had the greatest depth (18 m) in the actual Vojvodina. *Cytherissa lacustris* provided indication of such a living environment. The same Serbian authors admit the existence of small lakes during the Holocene in the Pannonian area. Loess-like deposits and loesses in alternation with fossil soils seem to develop in the Pannonian Basin starting with

the Mindel cold phase. The stratigraphic profile at Stari Slankamen (MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ 1972), may include according to our opinion a series of deposits starting with the Mindel stadial and ending with the Hengelo interstade. It is unlikely that at the base of the profile could outcrop Willafranchian deposits which the author of the study claimed. The Kličevac profile (SW Ram), described by the same author (1951), could begin with loesses corresponding to the Riss 2-Riss 1 interstade and could end with loesses belonging to the Moershoofd interstade. As for the loess complex of Komiatice (Slovakia), described by SCHMIDT (1973) which considered it of the Mindel stadial, we estimate it to belong to the Mindel-Riss interstade. In our opinion between Mindel (stadial) and Hengelo (interstade) it took place the colmatage of the greatest part of the Pannonian Depression. After the Hengelo interstade the Pannonian lacustrine area becomes more restricted and the water level dropped down to the actual +100 m elevation. The RPL has drastically restricted to the end of the Pleistocene. The mega-floods which affected at that moment the Pannonian area led to the accumulation of the Lower Holocene sands. After this moment the lacustrine area covered smaller and smaller surfaces until now.

## The Pleistocene shores of the RPL

Mostly the shores of RPL consist in Pleistocene loess deposits. If we admit that this lake had preserved its water level at +100 m between 40 Ka BP and the beginning of Holocene, than the Pleistocene deposits forming its shores must be dated older than the 40 Ka BP. At first sight the latest data on these deposits seem to contradict this point of view, but a more detailed analysis can demonstrate something else. The areas with loesses and paleosoils developed in Vojvodina correspond stratigraphically to the Upper Pleistocene, but do not include deposits newer than 40 Ka BP. The section from Petrovaradin (MARKOVIĆ *et al.* 2005), similar to many others in Vojvodina, does not include the final part of Würm. A much more complete series was described by a profile at Semlac, on river Mureş (FLOREA *et al.* 1965). Comparing even this profile with a reference stratigraphical chart it can be determined that neither here deposits earlier than 40 Ka BP are present, although the authors do believe that Semlac loess-like deposits can be related to the complete Würmian period. Here, at the base, fine sands and pebbles are showed that can be related to the final part of Rissian. Above these, Riss/Würm interglacial deposits, therefore, Eemian are described: clays at the base followed by loess-like deposits where the entire sequence of Eemian warm and cold phases can be recognized. It fol-

lows a series of deposits wherein Würm I and Würm II cold intervals can be recognized and then, at the upper part, the Moershoofd interstade. In the Bačka plateau area a drilling described by KRSTIĆ (1988) reached at its depth the upper part of the Riss-Würm inter-glacial including the cold intervals W1 and W2 and at the end at the most the Hengelo interstade. The terminal part of the Würm (with W 3) cannot be present and to the bottom of this deposit it cannot be accepted the presence of deposits corresponding to the Mindel-Riss interglacial. In the profile at the north of Gornji Breg the W1 and W2 stages are present with fossil soils, followed by loess deposits corresponding to the Moershoofd interstade and possibly to the Hengelo interstade. Not even here it could not be reached the deposits of the W3 stage as the author claims. To the south, in the old profile from Kličevac, we consider to outcrop deposits starting with the end of Rissean and up to the Moershoofd interstade.

### The main islands of the RPL

The most important paleogeographic feature of this possible Pleistocene lake of the Pannonian area is represented by the presence of same islands in its southern part. These islands could have been placed on the actual hill Fruška Gora, in the Deliblato area, in the Titel plateau region and another one placed in the north-west from the western part of Fruška Gora hill. Besides, a series of a very small islands must have existed. The island corresponding to the Fruška Gora hill was oriented E-W and its length was ~ 80 km. It was a tall island, over 400 m above sea level in its highest points. It was a rocky island with the northern slope abrupt. The Deliblato area, oriented NW-SE, it was ~ 60 km long it is not so high and it rather represents a plateau with small accidents formed of Pleistocene loess deposits. It should be mentioned that the mega-floods at the end of Pleistocene affected mostly this area which was clogged with alluvial sands considered today to be of Aeolian origin. Finally, another morphologic feature of this Pleistocene lake was the great peninsula oriented to the south, towards the Fruška Gora area, limited at the east and at the west by two great gulfs directed along future stream segments of Pannonian Danube and Tisza. The southern part of this peninsula area is represented in the present by the loess plateau named Bačka.

### The drainage networks and the genesis of the Danube Gorge

Although some lacustrine areas outlasted during Pleistocene in the Pannonian Basin nevertheless the drainage networks played an important role in the genesis of the Danube Gorge. A morphological analysis of the Danube's old course (by 1:25000 topographical maps) suggests that the break-through point of the Carpathians and Balkans connecting ridge was in the Greben area. This ascertainment

confirms the hypothesis sustained by VALSAN in 1919. The break-through occurred at a left side tributary of Paleo-Porečka. By retrogressive erosion the tributaries of an old course pertaining to the Pannonian domain (Paleo-Boljetin) were successively captured. Hence, the old watershed separating the hydrographic Pannonian domain from the Dacian domain crossed the Greben area. The break-through from Greben can also be demonstrated by the Old Danube's cataracts positioning, located between the Sirinia's discharge area and the confluence between Porečka and the Old Danube. The break-through at Greben occurred either in the Wallachian phase or in the Pasadenian phase. The successive captures towards the Pannonian hydrographic area took place in a significant period of time, but not later than 40 Ka BP this area lost its endoreic character. This moment can be associated with a late Pasadenian phase, but also to a special geodynamic event, the Moon's possible capture by Earth (TICLEANU *et al.* 2008a and 2009). Noteworthy, the possible lacustrine areas in the Pannonian domain maintained during Pleistocene had the lowest levels during the glacial phases. In this time, conversely, the river's course towards the Pannonian area is restored due to its base level lowering. After the Würm II cold epoch, the lake water level was rising due to a warmer climate, but after 40 ka BP was stabilized around +100 m, with an already non-endoreic character of the Pannonian Basin. The water level lowering around this moment can be explained by either the removal of an obstacle, located on the course of an already functional gorge, or the completion of the retrogressive erosion process from downstream to the lowest areas of the south-eastern parts of the Pannonian Basin. Giving the circumstances, only the existence of a karstic obstacle, downstream Old Cazane, could permit the conservation of a lake in the Pannonian area between 40 Ka and the beginning of Holocene.

### Structural considerations

An important role in the outlining and formation of the Danube's Gorge, was played by the active faulting systems existing in this mountain sector. Presently, three main analysis directions were followed on this subject: (1) the previous studies documentation on this theme (GRUBIĆ *et al.* 1997, MAROVIĆ *et al.* 1997), (2) structural reinterpretation of numerous geological maps at different scales and (3) morphological analysis up to 1:25.000 topographical map detail. The last mentioned method emphasized a possible NW-SE fault (possible strike-slip) in Greben area, the NNE-SSW oriented Alexinat-Herculane-Geogaiu Thermal Line crossing the Cazane area, as well as a possible strike-slip fault NW-SE oriented in Alibeg (Pescari) area – E. Livadica (Serbia). If we admit as possible the hypothesis of a terrestrial globe expansion we can imagine the important role that the strike-slip faults would have played in the Danube's gorge "opening". The structural reinterpretation of some geological maps suggests as well the existence of a NW-SE oriented fault subsystem that controls Danube

segments between Donji Milanovac and Sirinia valley and also between Coronini and Pojejena. Conversely, between Dubova and Varciorova NE–SW oriented dislocations are predominant. Finally, general oriented E–W and WNW–WSE faults are emphasized on other segments of the Old Danube.

### Archaeological and mythological implications

The existence of an extended lacustrine area in the Pannonian Basin at the end of the Upper Pleistocene would represent a paleogeographical reality of great interest. The shores of such a lake could offer good habitation conditions. A possible gradually water retreat of the Pannonian Lake in Quaternary would have determined the ancient inhabitants of this space to follow the new shore line. Such a theory can be clearly sustained by the geographical localization of the archaeological sites in the Pannonian area. A brief analysis of these sites emphasizes that the most ancient pre-historical sites are situated at the extremities of the Pannonian Basin, whereas the newest ones are disseminated also under the +100 m level. This distribution was possible due to the RPL retreat under this altitude. Within this context, a special consideration should be given to the so called “loess sites” of the Hungarian Palaeolithic (GÁBORI 1968). Equally, the entire Pannonian Basin could offer a series of paleogeographical images than can be compared with mythically coded paleogeographical schemes, characteristic to various mythical traditions (TICLEANU *et al.* 1993). One of the most interesting connections of this kind is the identification of Deliblato loess plateau with Atlantida Island (*s. str.*), known from Platon’s writings (TICLEANU *et al.* 2008b). Likewise, another connection between The Ocean described by Euhemerus, with reference to the mythical land Arabia Felix, and the RPL with its islands can be made. Moreover, the above mentioned references can offer new evaluation perspectives over the very important sites Vinča, Starčevo and Lepenski Vir.

### Conclusions

The existence of a limited lacustrine area in the Pannonian domain at the end of Pleistocene, simultaneous with a Danube Gorge, seems to be a credible solution for some of the problems raised by the Danube’s Gorge genesis. Apparently, the Cazane karstic area is the key of the last Pannonian lacustrine area conservation up to pre-Mesolithic (pre-historic) times. A break-through place between the Pannonian and Dacian domains in the Greben area explains some uncertainties about the gorge’s evolution by the heritage by the Old Danube of the course of a river, tributary to the Black Sea Basin, with a lower flow rate, downstream the Iuti cataracts – Paleo-Porečka. Such a perspective requires a more detailed analysis, not only in the gorge area but within the whole Pannonian domain. Moreover, a reinterpretation and analysis of the previous studies’ results

regarding the Quaternary evolution of the present Danubian space is required eventually overrunning the preconceptions of loess and loess-like deposits genesis that inhibit the research activity on this field.

### References

- FLOREA, N., ASVADUROV, H. & CIOFLICA, G. 1966. Consideratii paleogeografice pe baza profilului cuaternar de la Semlac (Campia Tisei). D.S., vol. LII/1 1964–1965, Com. Geol., Inst. Geol., 443–460, Bucuresti
- GÁBORI, M. 1968. Archaeology and prehistory of the Hungarian “loess Palaeolithic”. *Loss-Periglacial-Palaolith Symposium*, 2604–2612, Budapest.
- GRUBIĆ, A., DJOKOVIĆ, I. & MAROVIĆ, M. 1997. Tectonic of Yugoslav South Carpathians in Danube Gorge. *International Symposium, Geology in the Danube Gorge*. 105–109, Donji Milanovac–Orsova.
- KRSTIĆ, N. 1984. Prethodno saopštenje o biostratigrafiji kvartarnih sedimenata dve bušotine u Vojvodini (Zur biostratigraphie des quartärs in zwei tiefbohrungen in Vojvodina). *Zapishnici Srpskog Geološkog Društva za 1983 godinu*, 77–85, Beograd.
- KRSTIĆ, N. 1986. Ostrakodske zajednice paludinskih slojeva Vojvodine. *XI kongres geologa SFR Jugoslavije, Referati, knj. 2, Stratigrafija, paleontologija, regionalna geologija*, 349–360, Tara.
- KRSTIĆ, N. 1988. O Holocenu u Vojvodini (On the Holocene in Vojvodina). *Zapishnici Srpskog Geološkog Društva za 1985–1986 godinu*, 151–156, Beograd.
- KRSTIĆ, N. 1988. Ris-Wurm u Bačkoj i problem Risa (The Riss-Wurm in Bačka and the problem of the Riss). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva (Annales Geologiques de la Peninsule Balkanique)*, 51, 309–319, Beograd.
- KRSTIĆ, N., KRSTIĆ, B., JOVANOVIĆ G., & SAVIĆ, LJ. 2006. Paleolimnology of Serbian lakes (Carboniferous-Holocene). *Proceedings of the XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association*, p. 297–299, Belgrade.
- MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ, J. 1951. Kvartarne naslage pozarevačkog podunavlja (Les dépôts quaternaries de Pořarevačko Podunavlje). *Zbornik radova XVI, Geološkog instituta*, 2, 7–53, Beograd.
- MARKOVIĆ-MARJANOVIĆ, J. 1972. Mugućnost odredjivanja relativne hronologije nekih tipova zemljišta u Jugoslaviji. *Zemljište i biljka, Acta Biologica Jugoslavica*, vol. 21, no. 2, 321–330, Beograd.
- MARKOVIĆ, S.B., MCCOY, W. D., OCHES, E. A., SAVIĆ, S., GAUDENYI, T., JOVANOVIĆ, M., STEVENS, T., WALTHER, R., IVANIŠEVIĆ, P. & GALIĆ, Z. 2005. Paleoclimate record in the Upper Pleistocene loess-paleosol sequence at Petrovaradin brickyard (Vojvodina, Serbia). *Geologica Carpathica*, 56, 6, 545–552, Bratislava.
- MAROVIĆ, M., GRUBIĆ, A., DJOKOVIĆ, I., TOLJIĆ, M. & VOJVODIĆ, V. 1997. The genesis of Djerdap Gorge. *International Symposium Geology in the Danube Gorge*, 99–104, Donji Milanovac–Orsova.
- RAKIĆ, M. & SIMONOVIĆ, M. 1997. Quaternary deposits of Danube valley between Kostolac and Brza Palanka.

- International Symposium Geology in the Danube Gorge*, 81–87, Donji Milanovac-Orsova.
- SCHMIDT, Z., 1973. Fosilne mäkyše sprašového komplexu v Komjaticiach v Podunajskej Nížine (Fossil mollusks of the loess complex in Komjatice in the Danube Lowland). *Geologické práce, Správy* 61, 305-313, Bratislava.
- TICLEANU, M., VASAS, A. & BINDEA, G. 1993. Reflets des réalités paléogéographiques prémésolithiques (préholocènes) du Bassin Pannonien dans la tradition mythique européenne et ouest-asiatique. *Actes du XII<sup>e</sup> Congrès International des Sciences Préhistoriques et Protohistoriques*, 110–120, Bratislava.
- TICLEANU, M., CONSTANTIN, P., STANOIU, I., BADICEANU, E., SERETAN, V., NICOLESCU, R. & TICLEANU, R. 2006. Pannonian Lake disappearance in the Late Uppermost Pleistocene – causes and consequences. *Proceedings of the XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association*, 623–627, Belgrade.
- TICLEANU, M., CONSTANTIN, P., TICLEANU, N., NICOLESCU, R. & BORCAN, GH. 2008a. The sudden increase of the precessional cycle duration at the beginning of the Hengelo interstade (~39 ka BP). *The 33<sup>rd</sup> International Geological Congress (CCGC-01 General Contribution to climate change)*, abstract (CD-ROM) and poster (625P), Oslo.
- TICLEANU, M., CONSTANTIN, P. & NICOLESCU, R. 2008b. Late Quaternary paleogeography of the Pannonian Basin, key to locate the Atlantis in the Middle Danube Depression. *2<sup>nd</sup> International Conference “The Atlantis Hypothesis”. Searching for a lost land.*, *Book of abstracts*, 29–30, Athens.
- TICLEANU, M., TICLEANU, N., NICOLESCU, R., ION, A. & BORCAN, GH. 2009. The capture of the Moon by the Earth around 40,000 years before present from the geological perspective. *9th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2009, Conference Proceedings*, vol. 1, 137–146, Albena.
- VALSAN, G. 1964. Descreri geografice (cap. Asupra trecerii Dunarii prin Portile de Fier). *Editura Stiintifica (reeditarea lucrarii din 1919)*, 103–120, Bucuresti.



## Геодинамика јужне Европе и Мале Азије Geodynamics of Southern Europe and Asia Minor

МИЛАН МЛАДЕНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Глобалне силе су праволинијске. Нема ротације код кретања астеносфере нити код Eastward Mantle flow. Сви континенти се праволинијски крећу ка северу. Најбољи доказ је данашња Северна Америка: њена острва су довучена скоро до северног пола.

У прошлости кад је Иберија била уз француску обалу, дубинско кретање из Атлантика је ишло између Африке и Европе, закачило је, одцепило и повукло део Европе ка Африци. Данас је то Иберија. У садашњости постоји Транскуретна Геодинамичка Зона (са дубинским кретањем), широка преко 100 km која долази из Атлантика и креће се правцем: Гиблартар, Ђенова, Трст, Балатон, Источни Карпати. Њена снага је раздвојила Сардинију и Корзику од копна Европе. Њена снага је разорила западни обод Панонског Басена: одвалила велике делове, одвукла усред басена и гурнула на обадве стране. Данас су то Татре и Апусени. Постоји трансконтинентални расед из Црвеног мора правцем: Мртво море, испод Мале Азије, Црно море, испод Кавказа и велике (HEAT FLOW) аномалије и даље поред реке Волге и Каме све до Урала. Уз овај расед данас клизи Арабија у правцу севера и гура Малу Азију у страну према јужној Грчкој – без ротације. Постоји активна пукотина између Африке и Арабије, која се пружа и на север испод Средоземног и Егејског мора – право на долину река Вардара, Мораве и Тисе – све до најмлађих еруптивних Карпата. Треба се усмерити од геодинамике према геотермалној енергији - и то првенствено у Тиранском Мору и на острву Исланд.

**Кључне речи:** геодинамички репер, дубинско кретање, одцепљивање, одвлачење, одгуравање.

**Abstract.** Global forces are linear. There is no rotation either during asthenosphere movement, or Eastward Mantle flow. All continents move linearly to the North. Obvious evidence is nowadays N. America, with islands almost dragged to North Pole.

In the past, when Iberia was located close to the French coast, part of Europe was caught, reaped and pulled by in-deep movement towards Africa. Today, that part is Iberia. Nowadays, Transcurrent Geodynamic Zone (with deep movement), over 100 km wide, coming from Atlantic Ocean, extends in the following direction: Gibraltar, Genova, Trieste, Balaton, Eastern Carpathians. As a result of its activity, Sardinia and Corsica were separated from Europe. The same explanation is for destroying of the Pannonian Basin western part: big parts were divided and dragged to the center of the basin and pushed to the both sides. Today, these parts are Tatre and Appusens. Transcontinental fault extending from Red Sea in the following direction: Dead Sea, under Near East, Black Sea under Caucasus and significant HEAT FLOW anomaly and further – along the Volga river to Ural mountains. Nowadays, Arabia is sliding along this fault to the North, pushing Eurasia towards southern Greece – without rotation. Active fracture between Africa and Arabia is existent, extending to the North under Mediterranean and Egean seas – directly to valleys of the Vardar, Morava and Tisa rivers – to the recent Carpathian eruptives. Attention should be directed from geodynamics to geothermal energy, particularly in the regions of Tirrenian sea and Iceland.

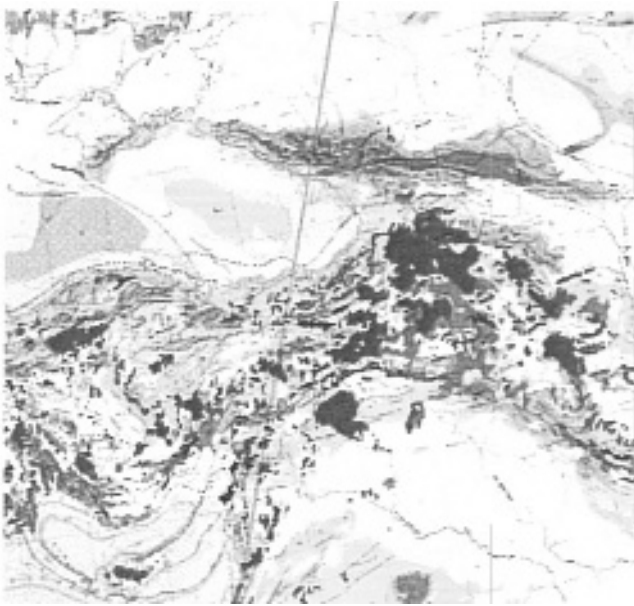
**Key words:** geodynamic marker, deep movement, catching, reaping, pulling.

Нова геолошка карта Европе, на којој је картирано и дно Атланског океана није донела неке значајне новитете сем неких детаља од којих је за мене најважнији: да је најисточнији део дна Црног мора

остао некартиран (сл. 1). Ово значи да је ту могуће претпоставити и расед правца југ север, тј. испод Мале Азије, Црног мора и Кавказа, где расед сече палеозојску шавну зону и ствара најјачу Heat flow

<sup>1</sup> Палмотићева 25а, 11000 Београд. E-mail: dedex@sbb.rs

аномалију на источноевропској платформи и у продужетку иде поред реке Волге и Каме све до Урала. У продужетку на југ иде кроз Мртво море и Црвено море до Африке.



Сл. 1. Део геолошке карте Европе  
Fig. 1. Part of the Geological map of Europe

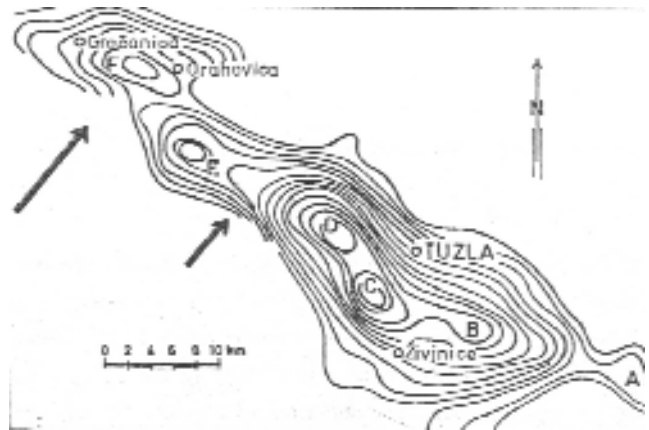
Уз тај расед сада ка северу клизи Арабија и гура у страну и мало заврће Малу Азију (без ротације).

Дуж Црвеног мора (између Африке и Арабије) постоји континентална пукотина, која се пружа на север испод Средоземног и Егејског мора. Право на долину Вардара и Мораве, па и реке Тисе до најмлађих еруптива Карпата, а из Карпата иде друга пукотина ка југу коју је Дунав искористио за свој ток. У Карпатима је та пукотина пуна најмлађих еруптива. Највећи од њих протеже се на југ скоро до Будимпеште. Дунав прати пукотину ка југу све до Фрушке горе где скреће поред ње, а пукотина наставља даље ка југу и сече Мајевицу и Тузлански басен, где је констатована зона поремећаја широка бар 15 km (сл. 2), која од терцијарног басена чини Тузланску Сигмоиду, а пукотина се продужава у правцу Сарајева.

На новој геолошкој карти Европе поред обале Тиренског мора код Рима и Напуља – обележене су јарко црвеном бојом вулканске купе, које су некада сигурно биле у једној праволинијској зони. Сматрам да је та зона сада пресечена и померена – једним попречним раседом, који означавају мала вулканска острва близу обале у Тиренском мору. Овај расед сече читаву Италију и продужава кроз Јадран северно од Монте Гаргана, а пружа се у правцу полуострва Пелешац, и места Метковић. Врло је вероватно да се уз Неретву пружа и у правцу Сарајева.

На геолошкој карти Европе на којој је картирано и дно Атланског океана – најважнији новитет је појава нових малих вулканских острва на дну океана према Енглеској и Африци. Према Француској и Иберији их нема, али вулканских острва има на Медитеранској страни и то у низу са прекидима – од Гиблартара до залива Ђенове. Та зона се уочљиво издваја и на гравиметријским картама и на Heat flow Map, а нарочито на сеизмолошким картама, то све комплексно интерпретирано значи неко *дубинско кретање*, од ширег домена Гиблартара до залива Ђенове. Познато је да је Средње Атлански Гребен глобална и врло дубока пукотина, а да је његов део према Европи – померен, а помера се и сада – нарочито према Медитерану. Логично је да та померања може да врши само глобална сила, чији се један део преноси и на Медитеранско *дубинско кретање*, које је врло снажно.

Овом снажном кретању у прошлости - засметао је део француске обале па је тај део: отцепљен, истргнут, одвојен и гурнут у страну (то је данас острво Сардинија), а кретање је настављено истим смером. Исто се десило и са италијанском обалом: тамо је отргнут и гурнут у страну део копна са офиолитима (из западних Алпа), а то је данас острво Корзика. Део који се није отцепио – савијен је за више од 90° и данас је копно код Ђенове.

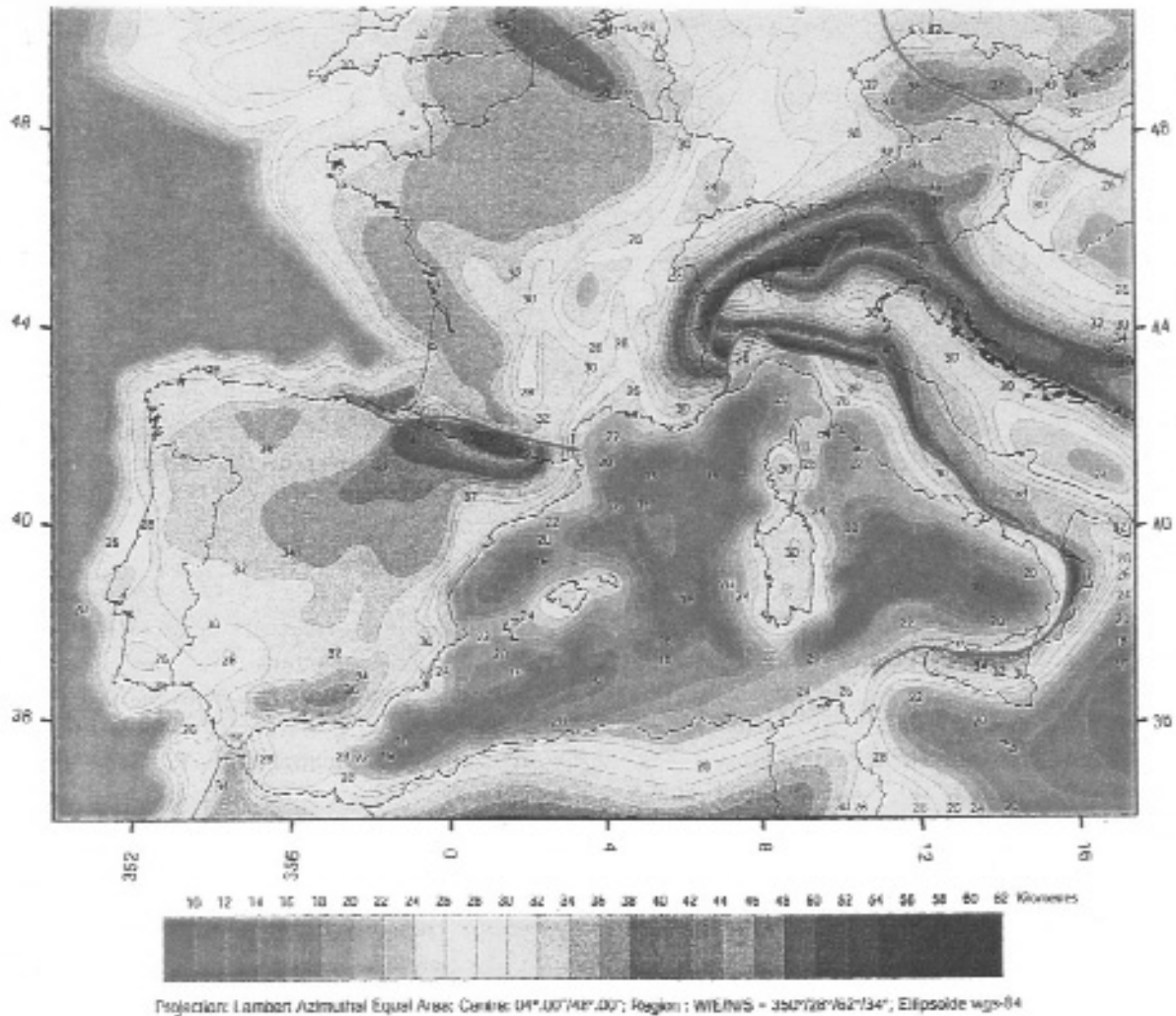


Сл. 2. Тузлански басен  
Fig. 2. Tuzla Basin

На старој “Мохо” карти дате су само опште контуре “Мохо”- површине линијама еквидистанције 5 km, чији положај показује минимум једним делом изван копна – у Јадранском мору. Нова карта је прецизнија: нијансе боја одговарају еквидистанцији од 2 km. Приказани су и “Мохо”- реверсни раседи, линијама црвене боје (сл. 3). Положај минимума је читав на копну Апенинског полуострва и сав је уз реверсни расед, тј. црвену линију.

Идући од Ђенове ка југоистоку низ црвену линију долазимо до тачке где линија нагло скреће према југу. На топографској карти црвена линија пред-





Сл. 3. Карта дубина Мохо дисконтинуитета

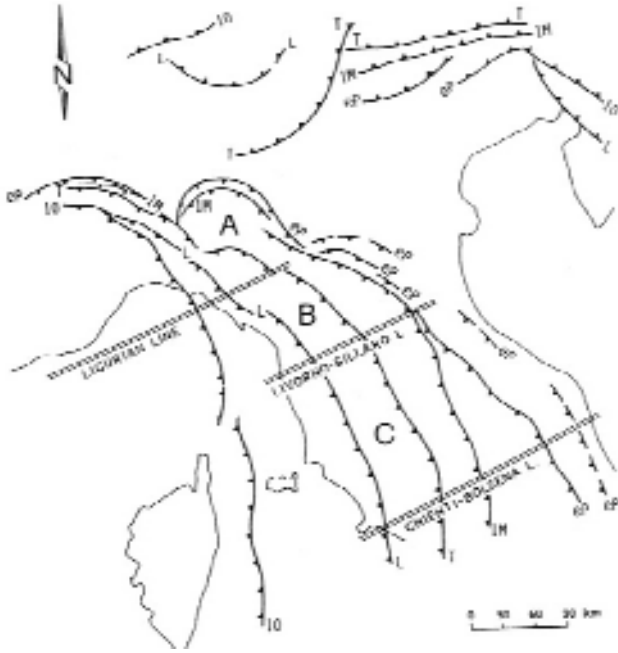
Fig. 3. Depth of the Moho diskontinuity

ставља дугачки гробен Тосканско-емилијских апенина, чији мали завршетак, као да је сломљен и окренут према југу. Ту је и планински врх обележен котом 1654 m. То се налази између Фиренце и Сан Марина, где реке Тибар и Арно, у својим изворишним деловима теку са севера на југ дуж обе стране тог завршетка. Тако сам дошао и до првог геодинамичког репера-релевантног за кретање Мохо-раседа, односно до његове најисточније тачке у овом подручју које је од Корзике гурано на североисток.

На источној обали Јадранског мора геодинамички репер је мало место Сењ где се морска обала са југа савија према истоку и где се дугачка планина Велебит са југа завршава такође савијањем ка истоку, а где према северу уз обалу почиње зона изразите сеизмичке активности. Врло је интересантно да права линија која спаја поменути коту 1654 m изнад Фиренце са местом Сењ, иде у продужетку између планина Папук и Билогора (која је видно померена) и у свом даљем продужетку пролази

јужно од планине Мечек, између две највеће кривине Дунава, тј. између места Мохач и Баја продужавајући даље у том правцу. Продужетак ове праве линије на другу страну од коте 1654 m – иде поред северне ивице острва Корзика. Тако сам открио јужну границу кретања од Корзике према истоку.

Најбоље решење за нејасно подручје Ђенове дала ми је опсежна студија седморице познатих италијаских експерата (BOCCALETTI 1990), о Миграцији навлака Тосканско-емилијских Апенина, од олигоцен до раног плиоцена. Они су у тим навлакама нашли три *transverse lines* за које су рекли да могу бити у вези са главним компресионалним стресом правца ССЗ–ЈЈИ, изазваним релативним кретањима између европских и афричких блокова. За моју геодинамичку синтезу била је довољна линија најближа Ђенови, коју су они назвали LIGURIAN LINE а налази се између Ђенове и Ла Спезија (сл. 4). Продужетак ове линије иде право на Трст, а даљи продужетак право на мађарско језеро Балатон, које је уско а



Сл. 4 Лигуријска линија  
Fig 4. Ligurian line



Сл. 5. Транскуретна геодинамичка зона од Атлантика до Источноевропске платформе  
Fig. 5. Transcurrent Geodynamical zone from Atlantic to Eastern-European Platform

издужено – што значи да је несумњиво тектонског порекла чији је правац најважнији у читавом Панонском басену скоро до самих Источних Карпата. Тако сам открио и северну границу кретања од Ђенове ка исток. Кад сам линије тих граница нацртао на карту видео сам да су паралелне са међусобним размаком мало већим од 100 km. На тај начин сам открио јединствену зону снажних *дубинских кретања*, од Гибралтара до Источних Карпата, а Европа је

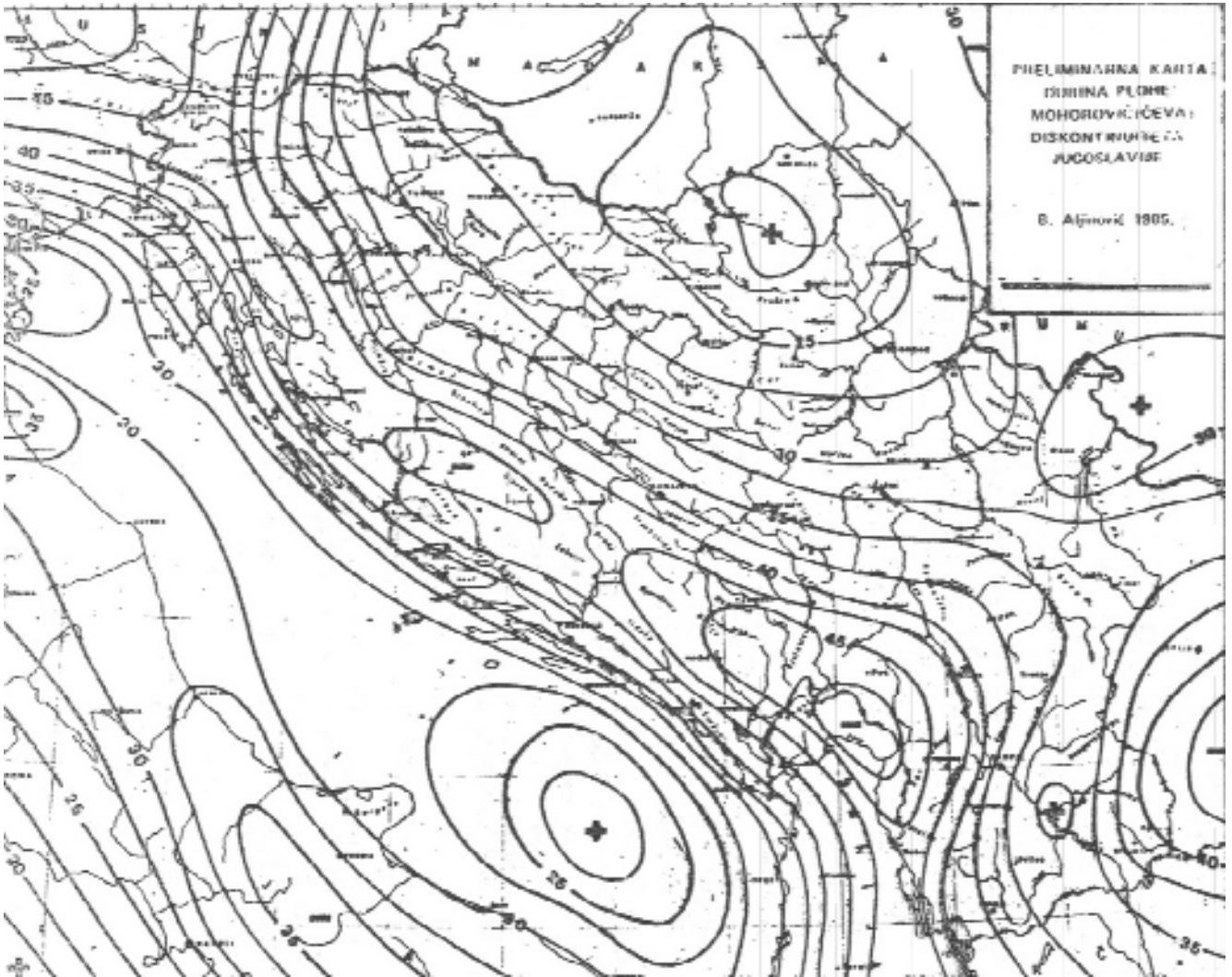
добила транскуретну геодинамичку зону од атлантског гребена до источноевропске платформе (сл. 5).

Резултати деформација које су та кретања изазвала су: Сардинија, Корзика, Истра, Динариди, Панонски Басен и Карпати. Истра је некад била у саставу велике и простране долине реке По, али је отуд истргнута и довучена кроз Јадранско море до Динарида, где је својом масом и инерцијом утицала да граничне планине према Динаридима: Ђићарија и Учка добију лучни облик према Истри. Овде *дубинско кретање* удара на најдубљу геолошку структуру, тј. на Динаридску Мохо – депресију, која догле има динаридски правац СЗ–ЈИ, а одатле скреће на север за 20° и постаје доста ужа – што се јасно види на дубини испод 40 km (сл. 6). Одавде почиње деформацију Панонског Басена: ломи и разбија његов западни обод – који чине Западни Динариди и Источни Алпи. Слично као и у Медитерану, одваљује огромне планинске делове, одвлачи их усред Панонског Басена и одгурава их на обадве стране: то су ка северу Татра а ка југу Апусени. Висока Татра је некада била део источних Алпа, а остале словачке и мађарске планине су углавном одломљени делови Унутрашњих Динарида. У ширем домену Истре остали су само Спољашњи Динариди (углавном *кретања*).

На Мохо-карти израђеној само на основу гравиметријске карте још 1982. године – издваја се максимум Истре, а види се и утицај Алпа и Панонског басена (сл. 7) (МЛАДЕНОВИЋ 1982).

Најзад треба резимирати кретања кад је Иберија била уз француску атлантску обалу – кретање између Африке и Европе је било много снажније. Када је том кретању и притиску у Бискаљском заливу – засметао део Европе – тај део Европе је био: закачен, повучен и мало заокрепнут, па је затворио цео простор до Африке и тако остао до данас и зове се Иберија. Кретање кроз Медитеран је ослабљено, али је настављено – све док се Калабрија није

спојила са Сицилијом, а афричка маргина са Калабријом. Тек после тога се кретање испод Иберије смањило и усмерило од Гибралтара према Ђенови (где је од олигоцена до раног плиоцена) стварало напред описане навлаке (ВОССАЛЕТТИ 1990). Истовремено су навлаке из Панонског мора набациване на источни обод, тј. Источноевропску Платформу и виде се данас на површини терена, а *дубинска кретања* ударају у Платформу на дубинама од 80–160 km.



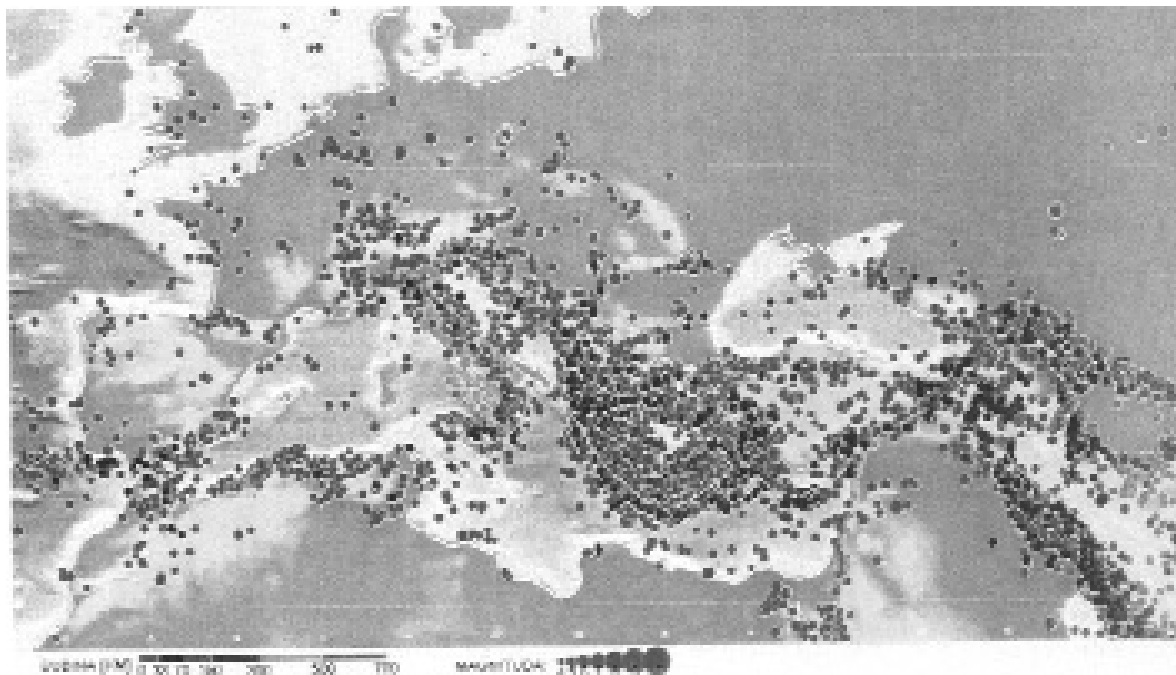
Сл. 6. Карта дубина Мохо дисконтинуитета  
 Fig. 6. Depth of the Moho diskontinuiteta



Сл. 7. Карта гравиметриских мерења из 1982. године  
 Fig. 7. Map of the gravimetric data printed in 1982

На новијој слици Европе (без старих епицентара) сва ова кретања јасније се виде, као и нови епицентри према Уралу (сл. 8).

Са Мохо-карте види се велика разлика између Алпена и Динарида. Очигледно је да је Мохо у Западном Медитерану плићи и да се у кретању на исток разумљиво „навлачи“ на јадрански Мохо. Мохо депресија са источне стране Јадрана изазвано је тежином масе Динарида, али можда у томе учествује и граница ADRIA-PLATE. Што се кретања тиче и Јадран се полако креће ка истоку и подвлачи под Динариде, нашта указује распоред хипоцентра земљотреса као и резултати геофизичких испитивања а такође и теренска сазнања старих геолога, који су одавно оспоравали на Јадрану термин “навлака”. Ово се јасније види и из свих профила сеизмичких испитивања на мору, сви ти завршци испод мора су резултат подвлачења: *underthrusting*. Зато предлагем да се термин “навлака”, бар за јадранску обалу – замени термином “подвлака”.



Сл. 8. Положај епицентра снажних потреса  
 Fig. 8. Position of the strong earthquake epicentres

## Закључци

1. Глобалне силе су праволинијске. Нема ротације ни код кретања астеносфере – нити код Eastward Mantle Flow.

2. Нема заједничког лучног померања читаве Африке и Индије, око једног центра ротације код Гиблартара

3. У Вашингтону 1989. је речено: треба се усмерити према енергији Сунца, у Пекингу 1996., Кхаин је рекао: од тектонике плоча према геодинамици, ми сада кажемо: од Геодинамике према **геотермалној енергији**.

4. Неотектоничари и геофизичари треба **заједнички** да решавају проблеме ефикаснијег истраживања покривених извора **геотермалне енергије**.

## Литература

BOCCALETTI, M., 1990. Migrating foredeep-thrust belt system in

- the northern Apennines and Southern Alps. *Paleogeog., Paleoclim., Paleoekol.*, 77 (1990): 3–14, Amsterdam
- ČERMAK, V. & HURTIG, E. 1979. *Heat Flow Map of Europe*. Berlin.
- GLAVATOVIĆ, B. 2005. *Osnovi geonauka*. Seizmološki zavod CG, Podgorica.
- MLADENOVIĆ, M. 1982. Prilog poznavanju dubine ultrabazičnih masiva. *Zbornik radova*, 297–303, Komitet za geofiziku, Skopje, 27–29.10.1982.
- MLADENOVIĆ, M. & STEFANOVIĆ, D. 1991. Ophiolites as Indicators of the Geodynamic Evolution of the Pannonian Basin, *Proced. inter sympos.*, Serbian Academy of sciences and arts, Acad. Conf., Vol. LXII,
- MLADENOVIĆ, M. 1996. New Approach to the Geodynamics of Southern Europe and Mediterranean, and New Global Transit Plate in Tethyan Area. 30th Inter. geological congress, Abstracts, Vol. 1 of 3., p. 182. Beijing, China.
- PRELOGOVIĆ, E. 1991. Examples of Tectonic Movements in the Dinarides and The Pannonian Basin *Proced. inter sympos.*, Serbian Academy of sciences and arts, Acad. Conf., Vol. LXII, Depar. nat. mat. scien., Vol. 4, 171-189.

## Примена метода раздвојених елемената у испитивању геолошких феномена

Using distinct element method in simulation of geological phenomena

НЕДЕЉКО СТОЈНИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У овом раду дат је приказ примене метода раздвојених елемената као и продуженог метода раздвојених елемената ДЕМ-а и ЕДЕМ-а у интерпретацији механизма процеса геолошких феномена колапса тла падине приликом њеног засецања и процеса стварања раседних форми током субдукције. У оба случаја постигнути су резултати који описују реалан процес дешавања ових феномена и који се поред тога може пратити у временској историји. Имајући у виду да се ради о математичком моделирању самих појава тиме се јавља већи спектар испитивања истих у различитим окружењима и условљеностима. Добијени резултати оправдавају примену поменутих метода.

**Кључне речи:** ДЕМ, ЕДЕМ, симулација клизања тла, процес стварања раседа.

**Abstract.** In this paper a mechanism of two geological phenomena related to collapse of undercut hill slope and faults forming during subduction process have been analyzed by distinct and extended distinct element method, DEM and EDEM. In the bought cases good results which can describe a real process of these phenomena and which follow them in the duration time. As these analysis are related to mathematical modeling of the mentioned phenomena that one can provide higher analysis diversity in different surroundings. Obtained results recommend applying methodology.

**Key words:** DEM, EDEM, Landslide Simulation, Faulting Process

### Увод

Нумеричка анализа несумњиво предсатвља једно од моћних средстава у матеамтичком моделирању природних феномена и праћењу њиховог понашања у задатим условима. У овом раду биће говора о примени метод араздвојених елемената као и продуженог метода раздвојених елемената, Distinct element method и Extended distinct element method, DEM & EDEM, респективно. Посебан значај ових метода је у томе што омогућавају симулацију померања медијума на велика растојања у временској историји процеса. Осим тога ЕДЕМ омогућава симулацију понашања медијума од сатња континуума до дисконтинуума, односно делимичног или потпуног колапса.

Ове карактеристике поменутих нумеричких метода отварају велики простор у испитивању многих геолошких феномена где долази до значајног померања материјала током њиховог одвијања. Праће-

ње механизма одвијања дате појаве у временској историји омогућава њено боље сагледавање које се може применити у пракси за конкретна решавања.

У овом раду дати су прикази резултата симулација два феномена а то су: процес клизања терена на засеченој падини и развој структурних форми у акреционој призми.

### ДЕМ и ЕДЕМ

Први пут метод раздвојених елемената, Distinct element method (DEM), је предложен 1971 г. од стране Cundall-а за симулацију померања стенских блокова. Том приликом је коришћен Voigt-тип динамичког модела медијума за контакт два елемента. Нешто касније независно од ових истраживања Nakipo такође развија метод раздвојених елемената и примењује га у сврху симулације стварања асемблажа грануларног материјала по методу случајног проце-

<sup>1</sup> Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Београд. E-mail: stojnic.nedeljko@gmail.com

са величине гранула у временској историји. Касније је већи број истраживача радио на развоју овог метода. Значајан напредак је учињен када су грануларни елементи повезани опригама што је моделу дало смисао континуираног система. На овај начин систем модела аналогно кореспондира континуалном медијуму где елементи модела одговарају зрнастим агрегатима континуума док порне опруге оговарају матриксу односно међузрној испуни. Први пут порне опруге уведене су у раду Ђ. IWASHITA & Ђ. НАКУНО (1990). На овај начин дошло је до стварања модификованог метода раздвојених елемената а касније до продуженог метода раздвојених елемената.

Ове нумеричке анализе су базиране на класичним механичким законитостима. На основу Њутновог закона за кретање формиране су једначине за кретање за сваки елемен. Решавајући прогресивно све једначине за кретање корак по корак, остварује се померање свих елемената у временској историји, релације 1 и 2.

$$m_i \ddot{x} + C_i \dot{x} + F_i = 0 \tag{1}$$

$$I_i \ddot{\phi} + D_i \dot{\phi} + M_i = 0 \tag{2}$$

$F_p, M_i$  – су збир свих сила и момената који делују на елемент  $i$ .

$C_p, D_i$  – су коефицијенти пригушења  $x, \phi$  – су вектор померања и угаоно померање

Услов да ли су два елемента  $i$  и  $j$  са својим координатама  $(x_i, z_i)$  и  $(x_j, z_j)$  у контакту је

$$r_i + r_j \geq R_{ij} \tag{3}$$

где је

$$R_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (z_j - z_i)^2} \tag{4}$$

Критеријум за постављање порних опруга у моделу је параметар DCR1,

$$(r_i + r_j) \cdot DCR1 \geq R_{ij} \tag{5}$$

Када издужење порних опруга у времену  $t$  постане веће од свог природног издужења, које је дато у свом специфичном односу у моделу, тада долази до кидања порне опруге, односно порног материјала, што је узроковано самим истезањем у нормалном правцу

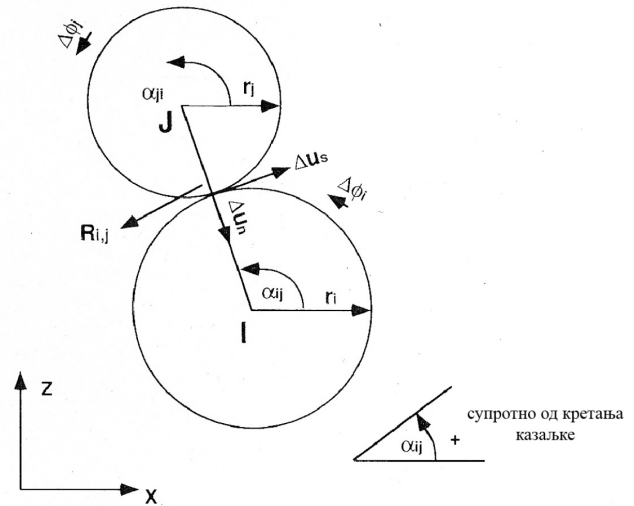
$$|b| \geq |d \cdot DCR2| \tag{6}$$

односно када је

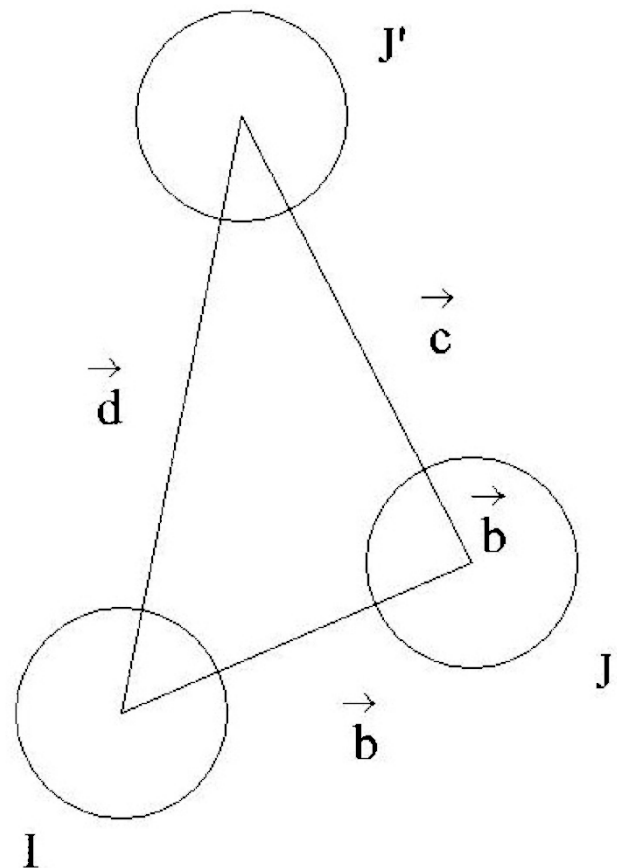
$$F_p \geq c \tag{7}$$

У случају кидања порних опруга односно порног материјала у тангенцијалном правцу при компресији користи се Coulomb-ов услов

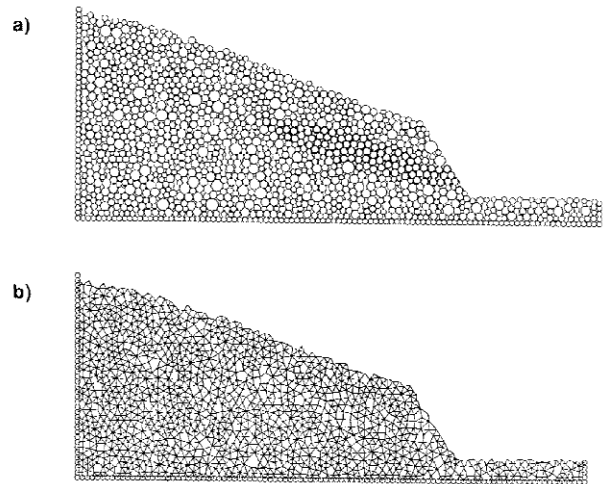
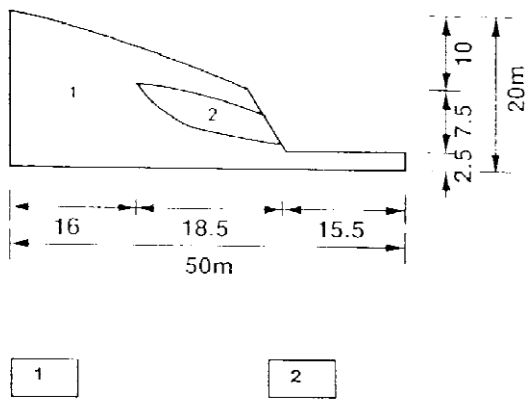
$$\tau = c + \sigma_n \cdot \tan \phi \tag{8}$$



Слика 1  
Figure 1.



Слика 2  
Figure 2.



Слика 3  
Figure 3.

На слици 1,  $\Delta u_n$  и  $\Delta u_s$  представљају векторе померања у нормалном и тангенцијалном правцу између елемената  $i$  и  $j$  у времену  $\Delta t$ , док вредности  $\Delta \phi_i$  и  $\Delta \phi_j$  представљају њихове углове ротације у истом временском периоду.

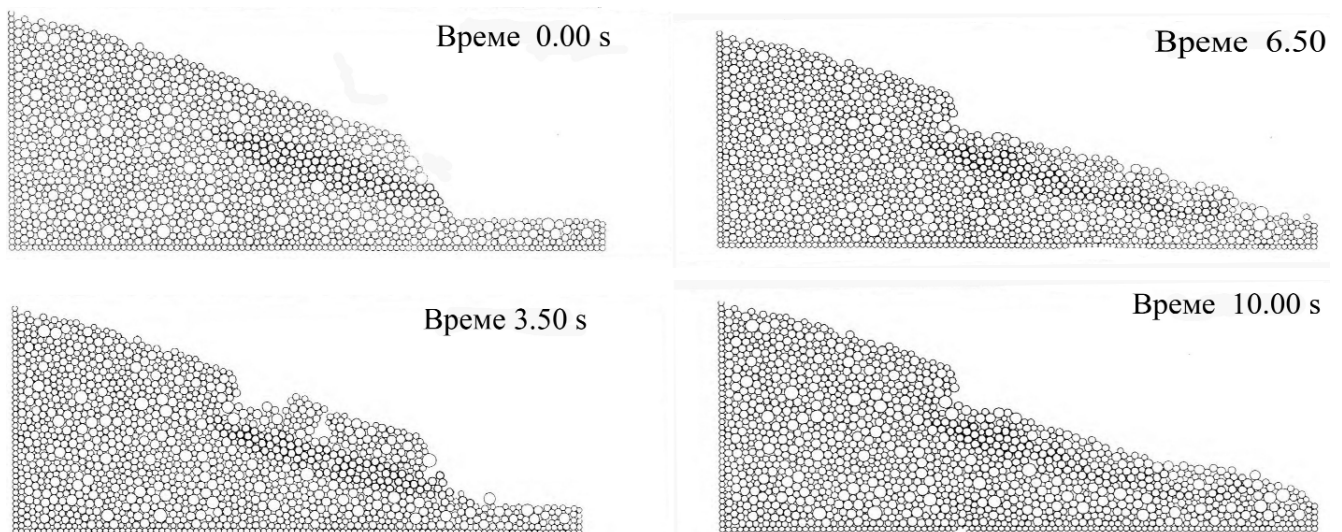
Параметри материјала који се користе у нумеричкој анализи одговарају реалним карактеристикама медијума.

### Природни и нумерички модели са резултатима симулације

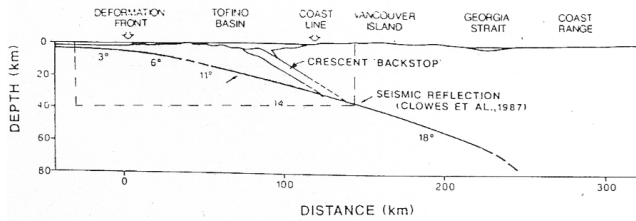
Код симулације клизишта запажа се да је процес одвајања терена кренуо од врха до кога се простире пешчано сочиво што одговара реалном стању,

заправо појављивање пешчаног сочива је у овом случају мања од носивости глине. Сам процес клизања материјала низ падину и његово фрагментирање одговара реалним процесима клизања тла слике 8 као и дистрибуција откинутог материјала. У овом случају одвојени материјал је прекрио путну површину слике 4, 8.

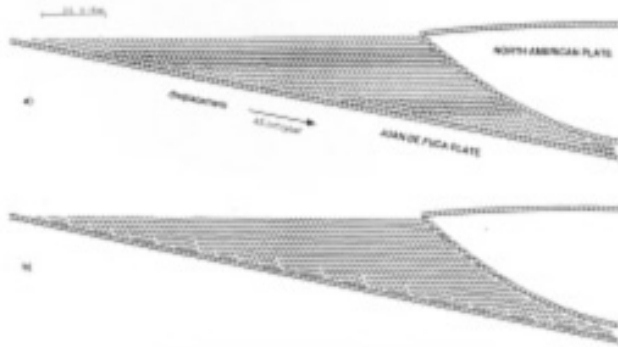
У другом случају имамо верификацију математичког моделирања стварања руптурних форми у зонама тренчева где долази до субдукције океанске коре са створеним сеидментним наслагама као што је то случај у Ванкуверском заливу слике 5 и 7. Математичким моделирањем једног дешавања у тренчу током краћег периода процеса субдукције, око 28000 година, дало је задовољавајуће резултате.



Слика 4  
Figure 4.



Слика 5  
Figure 5.



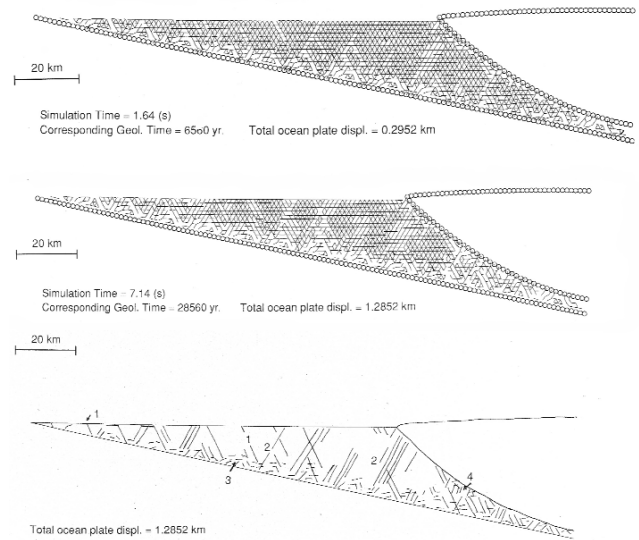
Слика 6  
Figure 6.

## Закључак

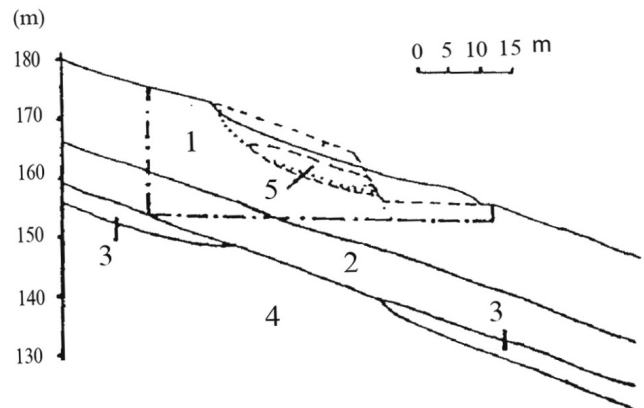
1. Резултат добијен симулацијом реалног модела падине Убилци помоћу EDEM-а, сл. 4, показује добро слагање са реално догођеним случајем, сл. 8.
2. EDEM је показао своју ефикасност у проучавању утицаја сложених стратиграфских односа у тлу на његову стабилност и ток евентуалног колапса.
3. Дистрибуција покренутог материјала указује на зону угрожености од истог.
4. Ова методологија показала је своју ефикасност у проучавању сложених тектонских дешавања у актуелним геолошким процесима као што су процеси субдукције.

## Литература

- CUNDALL, P.A. 1976. A computer model for simulation progressive, large scale movement in blocky rock systems. *ISRM*, Nancy, France, Proc. 2, 129–136.
- DAVIS, E.E. & HYNDMAN, R.D. 1989. Accretion and recent deformation of sediments along the northern Cascadia



Слика 7  
Figure 7



Слика 8  
Figure 8

- subduction zone. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 101, 1645–1480.
- IWASHITA, K. & HAKUNO, M. 1990. Modified distinct element methodsimulation of dynamic cliff colaps. *Structural Eng./Eartqu. Eng. JSCE*, No. 416/I-13, Vol. 7, No. 1, 133–142.
- MEGURO, K. & HAKUNO, M. 1989. Fracture analyses of concrete structures by the modified distinct element method. *Structural Eng./Eartqu. Eng. JSCE*, 6(2), Proc. of JSCE No. 410/12, 175–180.
- PLATT, J.P. 1986. Dynamics of orogenic wedges and the uplift of high-pressure metamorphic rocks. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 97, 1037–1053.



## Формација плитководних карбоната и карактер емерзија на горњокредној платформи Јужнојадранске зоне (Црна Гора)

The Upper Cretaceous shallow water carbonates and unconformities in the Southern Adriatic Carbonate Platform (Montenegro)

ДАМЈАН ЧАЂЕНОВИЋ<sup>1</sup>, ЈЕЛЕНА МИЛУТИН<sup>1</sup>, ЗОРАН КИЛИБАРДА<sup>2</sup> & НОВО РАДУЛОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Горњокредни карбонати Јужнојадранске зоне су испитани у области коју покривају топографске карте размјере 1:25.000, Бар и Стари Бар. Плитководни карбонатни низ (до 1450 m дебљине) издјелен је на формације у датој старости: Ујтин Поток, Луштица, Брече Круга, Волујица и Либурија. Формације су дио Карсне групе са честим стратиграфским празнинама.

У метарским циклусима са оплићавањем навише, продирање карста је не више од 0,3 m. Циклус се обично дешава у Миланковићевој временској скали око 21 000 година.

Значајан регионални догађај је изложеност платформе субаерској средини у времену кампана (око 80–75 Ma). Волујица емерзија, дебљине 5 m, по старости, интезитету, палеоталу, месту, седиметном низу еквивалент је Ловречина емерзији са острва Брача.

Седиметне празнине које се јављају крајем креде (око 66 Ma) и до почетка лутетског ката (49 Ma) планетарног су значаја. Узрок који доводи до емерзије и до изумирања бројних мезозојских врста, познат као К–Т догађај, назиремо у удару астероида.

**Кључне речи:** Јужнојадранска зона, Горња креда, Карстна Група, Волујица емерзија, К–Т догађај.

**Abstract.** The Upper Cretaceous carbonates of South Adriatic Zones were tested in the field covered by topographic maps scale 1:25.000, Old Bar and Bar. In this shallow water carbonate sequence (up to 1450 m thick), the formations are stacked from oldest to youngest in the following order: Ujtin Potok, Luštica, Kruta's Breccia, Volujica and Liburnija. The Karst Group, which contains two major and numerous minor unconformities, comprises all but the oldest and the upper part of the youngest formation.

A meter thick intertidal to supratidal carbonates within the Luštica and the Kruta's Breccia formations reflect Milankovitch Precession cycles (about 21 ka), which are separated by shallow (0.3 m) paleokarst surfaces.

The Volujica unconformity is of a longer duration (80–75 Ma), vertical extent (5 m), and reflects a major sea level drop along the Tethys margin. Its age and stratigraphic position are equivalent to Lovrečina Unconformity on Brač Island.

The longest lasting and most extensive unconformity in this area began near the end of Maastrichtian (66 Ma) and lasted to Lutetian age (49 Ma). The cause that leads to emergence and mesozoic to the extinction of numerous species, known as the K–T event, looming in the targeted asteroid.

**Key words:** Adriatic Carbonate Platform, Karst Group, Upper Cretaceous, Volujica Unconformity, K–T event.

### Увод

Испитиван је дио Јужнојадранске зоне Дими-тријевић (1995), раније називане Парааутохтон, област покривена топографским картама размјере

1:25.000, Бар и Стари Бар. Зона изграђује узан појас од албаснке границе преко Можуре, Волујице, Луштице, Боке до границе са Хрватском. Према сјевероистоку се подвлачи под Будва Зону. Резултати ранијих истраживања на овом терену за

<sup>1</sup> Завод за геолошка истраживања Црне Горе, Крушевац бб, 81000 Подгорица. E-mails: cadjenovic@t-com.me; jelenamilutin@gmail.com

<sup>2</sup> Indiana University Northwest, 3400 Broadway, Gary, IN 46408, USA, E-mail: zkilibar@iun.edu

горњокредне творевине били су фокусирани на одредбу старости (биостратиграфски приступ).

## Материјал и методе

Овај рад заснива се на подацима прикупљеним током израде ГК-50, систематског регионалног картирања, геолошког и стратиметријског снимања профила испитиваног подручја и корелације на терену и окружењу. Картирање је спроведено на топографској подлози у размери 1:25.000 листова Бар и Стари Бар.

Лабораторијски радови састоје се од специјалности: биостратиграфија, микропалеонтологија, седиментологија.

На основу прихваћених генетских класификација: DUNHAM (1962), ÅMBRY & ÊLOVAN (1972), FOLK (1959, 1962), дефинисане су седиментне стене. Одредба стандардних микрофација карбоната платформе (СМФ), и депозиционих простора (ФЗ), рађена је по шеми WILSON (1975) и FLÜGEL (2004).

Почетни материјал за наш истраживачки рад била је Основна Геолошка Карта СФРЈ 1:100,000. Лист Бар К 34-63, са својим Тумачем (Мирковић *и др.* 1976).

## Горња креда

Стуб плиткомаринских горњокредних карбоната дебљине 1450 m, је са честим кратким или дужим празнинама и смјеном циклуса са оплићавањем навише. Издвојено је пет неформалних основних јединица нове ГК-50 у овој старости.

**Формација Ујтин Поток (УТП/К<sub>2</sub><sup>4</sup>)** је најстарија јединица на испитиваном терену. Доња граница је покривена водом Јадрана. Горња граница прелази у млађу лоферску јединицу. Дебљина формације је 195 m. Јавља се на малом дијелу крајњег југоистока терена, (Бушати) и уз југоисточну обалу полуострва Вољујица.

Јединица највише одговара наслагама “Горњи Хумац” GUŠIĆ & JELASKA (1990), са острва Брача. Од литолошких типова доминирају банковити дебелослојевити и слојевити мадстони и векстони са скелетом цијанобактерија, алгом тауматопорелом, милиолидама, другим фораминиферама као и кршом од рудиста. Рјеђи је рудистни флоутстоне. При врху јединице, удружују се шупљикави танкослојевити интратајдални карбонати. Повремено као последица разарања мањих рудистних нагомилања донесене су рудистне љуштуре са локалне приобалске равнице.

Фосилни садржај је са *Decastronema kotori* (DE CASTRO), алгом *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI) и бентонским фораминиферама: *Scandonea mediterranea* (DE CASTRO), *Pseudocyclamina sphaeroidea* (GEN-

DROT), *Idalina antiqua* (SCHLUMBERGER & MUNIER-CHALMAS), *Rotobrinella scarsellai* (TORRE), *Archias lata* (LUPERTO-SINNI), *Dicyclina schlumbergeri* (MUNIER-CHALMAS), и биокластима од рудиста, скелетом и бодљама, ехинида. Сарост ове јединице је доњи сантон.

**Формација Луштица (ЛФ/К<sub>2</sub><sup>4,5</sup>)** је између предходне јединице и Брече Крута. Почиње са првом потпуном лоферском циклотемом, са три члана (А, Б, Ц) а завршава са колапс бречом, непотпуне циклотеме (А, Б/А). Дебљина јединице је 228 m. Кредни Лофер регистрован је у двије зоне. Од крајњег југоистока преко Карастановића увале Маслине, Бијеле Главе, Прешкезе иде испод и преко брда Магиа одакле се пружа преко Вољујице. Друга зона се појављује из простора Крута, Љесковца даље је покривена делувијумом према југозападу. Јединица је препозната по лоферском циклусу а њена карактеристична локалност је полуострво Луштица.

СТИЈЕНЕ су банковите (ds = 1–1,2 m), дебелослојевите (40 до 60 cm) и слојевите (ds = 0,1–0,3 m), свијетлосмеђе до свијетлосиве боје. Доминантан је рудистни мадстон до флоутстон са којим се стално смјењује алгални ламинити-строматолит, фенестрални микрити и палеотал, у карским шупљинама. Члан А је риједак, dcm дебљине, самосталан хоризонт. Спорадично се јављају и векстони са скелетима алги. Текстуре су особене за лоферске слојеве; ЛЛХ-строматолит, фенестрални склоп (ЛФ-Б I и ЛФ-Б II) и (ЛФ-А).

Средина таложења је заштићен појас унутрашње платформе, лагуна у којој талог циклично прелази од субтајдала преко интратајдала до супратајдала, са локалним-кратким израћањем у субаерал. Кречњаци су измијењени касном доломитизацијом и у времену кратких емерзија, растапањем и разарањем у субаерској средини.

Рудисти су у заједници фораминифера: *Pseudocyclamina sphaeroidae* (GENDROT), *Rotorbinella scarsellai* (TORRE), *Rotobrinella scarsellai* (TORRE), *Nezzazatinella picardi* (HENSON GENDROT), *Miliolidae* sp., гастропода, остракода итд. Сарост јединице је сантон–кампан.

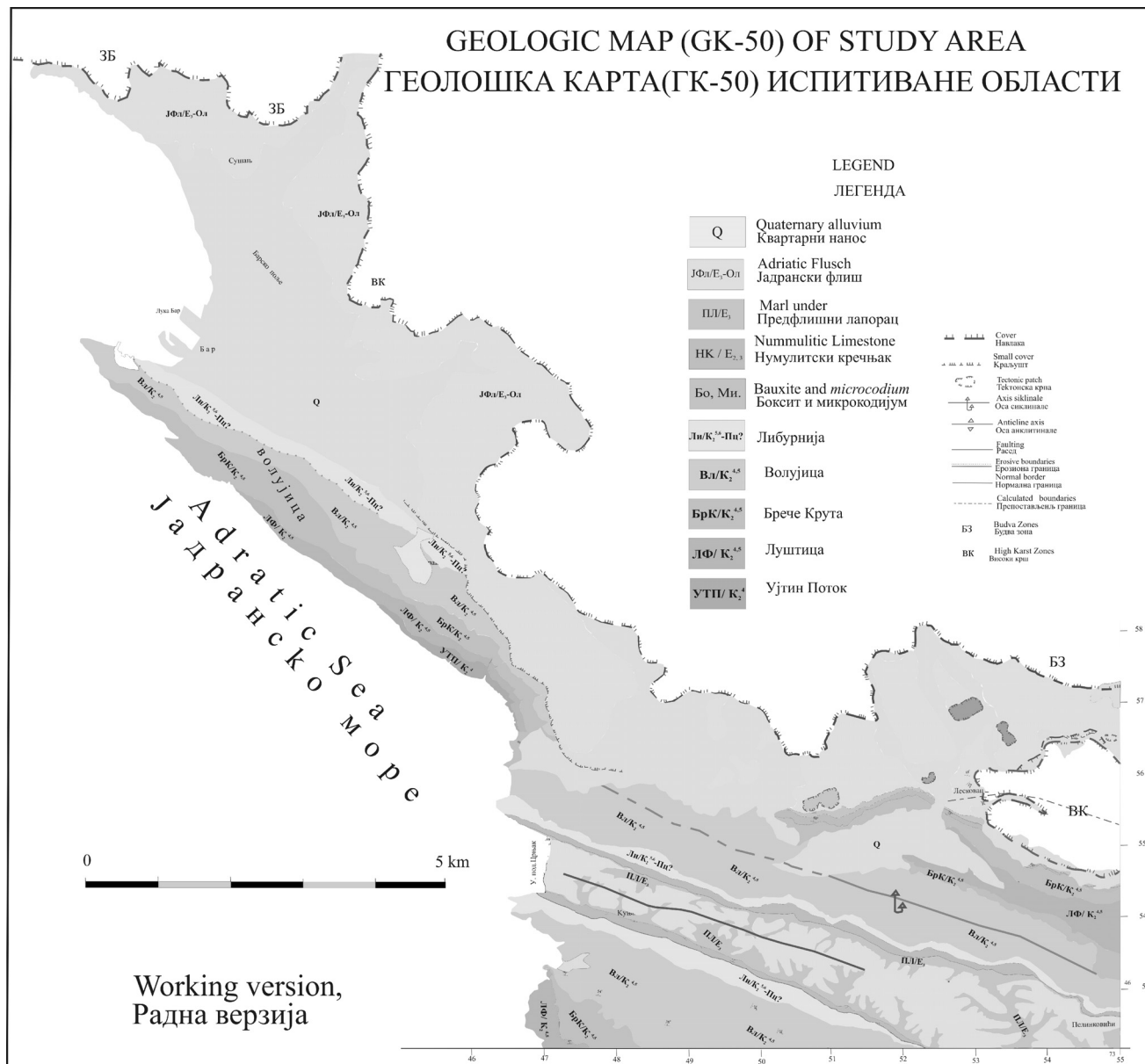
**Брече Крута (БрК/К<sub>2</sub><sup>4,5</sup>)** временски еквивалент лофера из кога постепено израста. Чини подину формацији Вољујица. Дебљина јединице варира. У просеку стуб је дебљине око 65 m.

Брече се експлоатишу као изванредан АГ-камен у Крутама, због чега су добиле ово име. Слојевитост је тешко уочљива због раног фрагментирања супра и интратајдалног муља и вишеструког трошења седимената у емерзионим условима као и због интензивне доломитизације. Ријетки фосилни трагови су без икаквог стратиграфског значаја.

**Формација Вољујица (Вл/К<sub>2</sub><sup>4,5</sup>)** је откривена од М. Горана, преко Карастановића до Маслина. Други, шири појас је северно од Пеликовића, преко Вукића, јужним ободом Мрковског поља, испод Печурица, до увале Велики Пијесак. Од Ујтиног

Потока пружа се преко Могила, Филина Туза, и излазлази на рт Вољујице. На простору Вољујице формација достиже дебљину од 587 m и садржи добро откривени емерзиони хоризонт дебљине до 5 метара. Емерзиони хоризонт се пружа од Вољујице преко Горка ка Заљеву.

тични векстони/пакстони (СМФ-9). Навише је смеђесива микритска стијена са алгалним уситњеним кршом и фораминиферама. Банци се смјењују са средњеслојевитим мадстонима/векстонима у којима се јавља сет финоламинарне грађе посебно при врху слоја. Карбонатне стијене измијењене су



Сл. 1. Геолошка карта (ГК-50) истражног простора са легендом, радна верзија.

Fig. 1. Geologic Map (GK-50) of study are, working version.

Доминира дебелослојевити (ds = 30 до 60 cm) или банковити (1,2 m) рудистни кречњак, свијетлосмеђе до свијетлосиве боје, карактеристичне унутрашње грађе. Дуж оштре таласасте или равне доње границе, јављају се тањи сетови органског нагомилања рудиста. Преко ових танких лумакела (СМФ-12) је неколико пута већи дио слоја од мање или више рудистног уситњеног крша, кокина или биоклас-

каснодијагенетским процесом доломитизације. Грумуљаста и рекристалizaciona структура доломита је последица интензивног процеса дедоломитизације.

Бројна је заједница бентоских фораминифера: *Moncharmontia apenninica* (DE CASTRO), *Murgella lata* (SINNI), *Rotobrinelle scarsellai* (TORRE), *Idalina antiqua* (SCHLUMBERGER & MUNIER-CHALMAS), *Pseudocyclammina*

*sphaeroidea* (GENDROT), *Chrysalidina gradata* (D'ORBINY) и *Miliolida* sp. Поред рудиста и бентоских фораминифера у микритским типовима јављају се *Decastronema kotori* (DE CASTRO) алга *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI), хидрозоје, гастроподе и остракоде. Таложни процеси у почетку наслаге одвијали су се у условима заштићене платформе, односно у плитком подплинском појасу лагуна (ФЗ-7 и 8). Муљеви у супратајдалном појасу (ФЗ-9) се излажу ерозији. Ова кратка израњања талоба, брзо нестају и највећи дио формације талоби се на плиматској равници, на којој егзистирају гњездасти спрудови рудиста који су стално разарани. Упркос релативно брзој репродукцији талоба (разарање биострома, итд.) задржавање дна у дубљем литоралу је обезбијеђено трансгресивним поплавама које су интензивне у овом интервалу (горњи сенон, доњи кампан).

**Формација Либурнија (КЛи/К<sub>2</sub><sup>5,6</sup>-Пц?),** обухвата 5 m дебелог емерзионског хоризонта, слојеве изнад емерзије и тоне испод квартара у Барско поље. Дебљина је 360 m. Старије су банковите (дс = 1–0,8 m), и дебелослојевите (20 до 60 cm). Боја седимента је смеђесива, сива до тамносива. Најчешћи литолишки типови, измењени рекристаллизацијом рјеђе и доломитизацијом су: алгални (тамутопорелски) биоинтрапелмикроспарит, фораминиферски биоопелмикрит, биокластични (ехинодерматски) биоопелмикроспарит, доломитични (хидрозојски) биоопелмикрит, биоинтрапелмикроспарит.

У доњем дијелу стуба јављају се рудисти, средином бентонске, а крајем планктонске фораминифере. Одређене су: *Rhapidionina liburnica* (STAC?), *Pseudocyclammina sphaeroidea* (GENDROT), *Moncharmontia apenninica* (DE CASTRO), *Murgella lata* (SINNI), *Idalina antiqua* (SCHLUMBERGER & MUNIER-CHALMAS), *Dicyclina schlumbergeri* (MUNNIER – CHALMAS), *Acordiella conica* (FARINACI), *Textularidae* sp., *Miliolidae* sp., *Rotalia* sp., *Globotuncena arce* (CUSHMAN), *Globotruncana lapparenti lapparenti* (BOLLI), *Rotalia viennoti* (GREIG), *Rotobrinella scarsellai* (TORRE), *Pararotalia* sp. *Sulcoperculina*. Крајем стуба јављају се векстони са скелетима цијанобактерије *Decastronema barattoloi* (DE CASTRO) и ријетко алгом *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI).

Средина талобења је већином у плитком рестриктивном, заштићеном појасу унутрашње платформе. Старост јединице је од горњег кампана, мастрихта до средњег еоцена?

## Закључак

У оквиру истражног простора издвојено је пет неформалних основних јединица нове ГК-50. Формација Ујтин Поток је дебљине 195 m, обухвата седименте сантона. Доминирају дебелослојевити и банковити мадстони и векстони са скелетом цијанобактерије аеолисакуса алги тауматопорелла и милиолидама као и крш од рудиста. Луштица фор-

мација, дебљине 228 m, је изграђена од рудистних флоутона са којима се стално смењују алгални ламинити-строматолит, фенестрални микрит у метарским циклусима. Са рудистима је заједница бентоских фораминифера, алги и цијанобактерија. Брече Крута, граде стуб дебљине 65 m изграђен од интраатајдалних и супратајдалних седимента претворених у интраформацијске или колапс брече. Формација Вољуица, дебљине 587 m, је изграђена од слојевитих до дебелослојевитих фораминиферских пакстона, често и грајнстона у смјени са банковитим биокластичним векстоном/пакстоном. Јасно се издвајају два дијела јединице, доњи са интензивним касним процесом доломитизације и горњи са честим рудистним биошримама. Крај јединице је на оштрој таласастој (шкрапе) подлози емерзионског хоризонта. Формација Либурнија (360 m) је са најчешћим литолишким типовима од микрита измењеног у кратким емерзионским фазама рекристаллизацијом, рјеђе и доломитизацијом. Присуство цијанобактерије *Decastronema barattoloi* (DE CASTRO), упућује и на палеоценску (дан) старост горњег дијела ове јединице.

Еађоју ађу у сачињавају формације Луштица, Брече Крута, Вољуица и доњи дио Либурније, плиткомарински платформни депонати са педогеним модификацијама. Карсне шупљине разне величине на терену и у анализираним узорцима указују на постојање стратиграфских празнина.

У карсној групи честе су емерзије локалног карактера (Луштица, брече Крута и тд.). Током ових емерзија платформа је била само мало изнад нивоа мора. Регресивни дио метарских циклуса недостаје због пост-таложног сакаћења. Циклуси се обично дешавају у Миланковићевој временској скали око 21 000 година.

Дуга субаерска изложеност платформе се догодила почетком средњег кампана (око 80 Ma) што се поклапа са главним падом морског нивоа на јужној Тетиској маргини. База следеће горњокредне јединице је касни кампан (око 75 Ma). Вољуица емерзија је од регионалног значаја. По старости, интезитету, палеоталу, мјесту у седиментном низу, еквивалент је Ловречиной емерзији са острва Брача.

Највећи дио простора је дуге седиментне празнине која траје од краја горње креде (око 66 Ma) до почетка лутетског ката (49 Ma). Ова емерзија је планетарног значаја. Преко различите горњокредне подлоге су тапете микрокодијума и боксит. Ову емерзију је изазвао удар астероида, познат као К-Т догађај, што је довело до изумирања бројних мезозојских врста.

## Литература

- ČOSOVIĆ, V., DROBNE, K., OGORELEC, B., MORO, A., KOIĆ, M., ŠOŠTARKO, I., TARLAO, A. & TUNIS, G. 2008. *Decastronema*

- barattoloi (DE CASTRO), characteristic fossil of the Palaeocene and the Eocene peritidal sediments from the Adriatic carbonate platform. *Geologia Croatica*, Vol. 61 No. 2–3, Zagreb.
- ДИМИТРИЈЕВИЋ, М. Д. 1995. Геологија Југославије. Геоинститут и БАРЕС, Београд, 205 стр, Београд.
- DUNHAM, R.J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Amer. Ass. Petrol. Geol. Mem*, 1, 108–121, 7 Pls, Tulsa.
- EMBRY, A.F. & KLOVAN, J.E. 1972. Absolute water depth of late Devonian paleocological zones. *Geol. Rundschau*, 61/2, 672–686, Stuttgart.
- FLÜGEL, E. 2004. *Microfacies of carbonate rocks*. 976 pp, 330 Figs, and 151 Plates, some in color, Berlin Heidelberg New York (Springer).
- FOLK, R.L. 1959. Practical petrographic classification of limestones. *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull*, 43/1, 1–38, 41 Figs, Tulsa.
- GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. 1990. Upper Cretaceous Stratigraphy of the Island of Brač. *Djela Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti*, 69, 1–160, Zagreb.
- ŠTRIBAR LJ. & PLANIČAR, I. 1990. Zgornjo kredne cenozone v jugozahodni Sloveniji. *Geologija*, 33, 171–205, Ljubljana.
- МИРКОВИЋ, М. КАЛЕЗИЋ, М. & ПАЈОВИЋ, М. 1976. Основна геолошка карта СФРЈ 1:100,000. Лист Бар К 34-63. Савезни Геолошки Завод, Београд.
- GOLUBIĆ, S. RADOJIĆ, R. & SEONG JOO LEE. 2008. Decastro-nema katori gen.nov. comb. *Nov. Bollettino*, vol 127 number 2.
- WILSON, J.L. 1975. Carbonate facies in geologic history. 471 pp, 183 Figs, 30 Pls, New York (Springer).



## Палеоген Јужнојадранске зоне (Црна Гора)

### Paleogene in Southern Adriatic Zone (Montenegro)

ДАМЈАН ЧАЂЕНОВИЋ<sup>1</sup>, ЈЕЛЕНА МИЛУТИН<sup>1</sup>, ЗОРАН КИЛИБАРДА<sup>2</sup> & НОВО РАДУЛОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Палеогени депонати су испитивани у Јужнојадранској зони на простору покривеног топографским картама размере 1:25000, Бар и Стари Бар. Издвојене су основне картиране јединице: Нумулитски кречњак (НК/Е<sub>2,3</sub>), Префлишни лапорац (ПЛ/Е<sub>3</sub>) и Јадрански Флиш (ЈФл/Е<sub>3</sub>-Ол).

Из горње креде заостаје медиолиторална зона у којој, уз кредно копно бујају алге-цијанобактерије *Decastronema barattoloi* (DE CASTRO) чији су уситњени делови повучени у нешто дубљу воду.

На горњокредној подлози са палеокарстом су тапете *Microcodium elegans* (GLUCK). Вероватно су то остаци корења специфичне врсте васкуларних биљака из пионирске палеоценске заједнице које колонизују суву за живот сиромашну кредну подлогу.

Почетком средњег еоцена на нашем простору долази до постепене трансгресије и преплављивања копна и формирања унутрашње платформе чија ивица стално тоне.

Током горњег еоцена дошло је до потпуног распада плоче и формирања уских гребенских басена. Флишна седиментација је почела пред крај еоцена. Предлажемо много млађу старост Јадранског Флиша од раније додељене.

**Кључне речи:** Јужнојадранска зона, еоцен, *Microcodium*, Нумулитски кречњак, Јадрански флиш.

**Abstract.** Paleogene rocks were studied in a southern Adriatic zone in the area of Bar and Old Bar. Three lithostratigraphic units were described: Nummulitic Limestone (NK/E<sub>2,3</sub>), Marl (PL/E<sub>3</sub>) and Adriatic Flysch (JFl/E<sub>3</sub>-Ol).

The exposed Upper Cretaceous carbonates were undergoing karstification and land plant colonization, whose presence is revealed on the surfaces that contain *Microcodium elegans* (GLUCK).

This is the first report of Paleocene sedimentation in the southern part of the Adriatic Carbonate Platform, which is based on the presence of cyanobacteria *Decastronema barattoloi* (DE CASTRO) in the upper part of the Nummulitic Limestone.

These cyanobacteria populated shallow coastal waters, but their debris was also found scattered in deeper water sediments. The disintegration of the Adriatic Carbonate Platform began during the Middle Eocene.

By the Upper Eocene several narrow basins along the southern platform edge were already deep enough to host marl sedimentation. The flysch sedimentation commenced near the end of Eocene. We suggest a lot of younger age Adriatic Flysch of the earlier assigned.

**Key words:** Southern Adriatic Zone, Eocene, *Microcodium*, Nummulitic limestone, Adriatic Flysch.

## Увод

У радовима до сада преко сенонских кречњака одређени су детритични фораминиферски кречњаки горњег дела средњег Еоцена. Дебљина ових кречњака је 30 m до 100 m. Из ових кречњака преко

узане зоне лапоровитих и бречастих кречњака и зелених лапораца развија се флиш. Флиш је одређен као горње еоценски депонат.

Постоје давна као и новија мишљења, да овај флиш припада и млађој старости. Део ове јединице припада и Олигоцену ЋАНОВИЋ & ЂОРЂО-ТОМИЋ (1958).

<sup>1</sup> Завод за геолошка истраживања Црне Горе, Крушевац бб, 81000 Подгорица. E-mails: cadjenovic@t-com.me; jelenamilutin@gmail.com

<sup>2</sup> Indiana University Northwest, 3400 Broadway, Gary, IN 46408, USA, E-mail: zkilibar@iun.edu

У Пазинском басену (Истра, Спољни Динариди) наведена је могућност и доњо олигоценске старости еоценског флиша (ВАВИЋ & ЖУРАНЧИЋ 2008).

Новији радови третирају и млађу старост флиша Унутрашњих Динарида (Словенија, Хрватска, Босна и Херцеговина и Црна Гора) на основу појаве нанофосила по којима флишна депозиција траје до зона NN4-6 (MIKES *et al.* 2008).

## Материјал и методе

Рад се заснива на подацима прикупљеним израдом ГК-50, систематског регионалног картирања, геолошких и стратиграфских снимања профила испитиваног подручја и корелацији на терену и окружењу.

Лабораторијски радови састоје се од специјалности биостратиграфија, микропалеонтологија, седиментологија.

На основу прихваћених генетских класификација: DUNHAM (1962), EMBRY & KLOVAN (1972), FOLK (1959, 1962), PETHUJOHN (1972) дефинисане су седиментне стене. Одредба стандардних микрофација карбоната платформе (СМФ), и депозиционих простора (ФЗ), рађена је по шеми, WILSON (1975) и FLÜGEL (2004). Фације као и средине депозиције турбидита класификоване су по моделу MUTTI *et al.* (1972–1975).

Почетни материјал за наш истраживачки рад била је Основна геолошка карта СФРЈ 1:100,000. Лист Бар К 34-63, са својим Тумачем, МИРКОВИЋ *и др.* (1976).

## Палеоген

Прекид маринске седиментације на граници К–Т је присутан у северном делу Јадранске карбонатне платформе, ВЛАНОВИЋ *et al.* (2005). Међутим, плитка платформна седиментација у Херцеговини, РАДОЈЧИЋ *et al.* (1989) и Истри, ЋОСОВИЋ *et al.* (2004) настављена је кроз Палеоцен.

Северним рубом Вољујце према Заљеву горњи део низа плитководних депоната је изгубљених кредних таксона (на.пт.рудиста) са присуством *Decastronema barattoloi* (DE CASTRO) и другог што упућује на палеоценску старост.

У локалностима: Спахићи, Комина, Круте, Куња и тд, у палеокарсту горњокредне подлоге су тапете *Microcodium elegans* (GLUCK). Формације са тапетама *Microcodium* настају у времену ране фазе развоја палеогла, вероватно представљају специфичне врсте васкуларне биљке из пионирске заједнице које су могле колонизирати суву за живот сиромашну кредну подлогу.

Почетком средњег еоцена на нашем простору долази до постепене трансгресије и плавањења

копна, формирања унутрашње платформе чија ивица стално тоне.

**Нумулитски кречњак (НК / E<sub>2,3</sub>)** је откривен у три узана појаса пружања од југоистока према северозападу. Први појас са падина Враћет Гнијезда, пролази испод Лесковца, Дабезића до Вељег Села. Други појас од Спахића, падинама брда Повара и Кутина прелази у атар села Комине. Трећи појас готово паралелан са предходним, пружа се од М. Горана преко Куња, Страном излази на Осац. Јединица је добила име по најзаступљенијем карактеристичном, фосилу.

Почетак Нумулитских кречњака изграђују слојевити смеђесиви или сиви (дс = 0,3–0,5 m) фораминиферски векстони/пекстони. Кречњак је са биокластима шкољака, гастропода, остракода и са честим добро очуваним крупним и до 1 mm микритизираним милиолидама. Јављају се пелети и микритски интракласти. Крајем овог првог пакета који је дебљине 21 m јављају се добро очуване алвеолине. Стуб од 21 до 40 m је од средњеслојевитих и дебелослојевитих смеђесивих пекстон/греинстона. При крају су са нумулитима.

Остали дио стуба је изграђен од дебелослојевитих до банковитих нумулитско-дискоциклинских пекстона. Дискоциклине су величине и до 1 cm, заједно су са нумулитима, милиолидама, црвеним алгама итд. Крајем стуба у грудвастих кречњацима доминирају планктонске фораминифере са ређим нумулитима, дискоциклинама и алгама. Честе су крупне (дсm ширине) биотурбације у нодуларним слаболапоровитим кречњацима. На врху грудвастих кречњака има зеолита, мангана, пирита, кондезоване фауне, корозионих шупљина и другог са тврдог дна.

Кречњаци садрже бентоске фораминифере: *Nummulites aturicus* (JOLY ET LEMERIC), *Nummulites anomala* (DE LA HARPE), *Discocyclina discus* (KAUFMANN), *Discocyclina sella* (D'ARCHIAC), *Discocyclina archiaci* (SCHLUMBERGER), *Asterocyclina ex gr. radians* (D'ARCHIAC), *Discocyclina dispansa* (SOWERBY), *Discocyclina augustae* (WELDEN), *Sphaerogypsina cf. globulus* (REUSS), *Asterodiscus stellatus* (GUEMBEL), *Alveolina elongata* (D'ORBIGNY), *Orbitolites complanatus* (LEMARC), *Rotalia cf. vienoti* (GREIG), *Lituonella roberti* (SCHLUMBERGER), *Assilina placentula* (DESHAYES), *Praerhapydionina cf. delicata* (HENSON), *Asterigerina rotula* (KAUFMANN), *Operculina alpina* (DOUVILLE), *Orbitolites* sp., *Sphaerogypsina* sp., *Miliolidae* sp., *Rotalia* sp., *Alveolina* sp., *Cuneolinae* sp., биокласти скелета и бодљи од ехинида.

Бројна је заједница родофита: *Lithothamnium moreti* (LEMONE), *Lithoporella melobesioides* (FOSILIES), *Archeolithothamnium dallonii* (LEMONE), *Lithophyllum ligusticum* (AIROLD), *Lithophyllum cerpathicum* (LEMONE), *Lithophyllum densum* (LEMONE), *Lithophyllum cf. contii* (MASTORILLI), *Lithophyllum simplex* (LEMONE), *Lithophyllum giammerini* (MAST), дазикладацес: *Pratulonella salernitana* (BARATTOLO), *Thaumatoporella pervovesiculifera* (RAINERI).



Са крајем стуба јављају се плантонске фораминифере: *Globorotalia aragonensis* (NUTTAL), *Pseudohastigerina micra* (COLE), *Hantkenina* cf. *alabamensis* (CUSHMAN), *Turborotalia* ex. gr. *cerroazulensis* (COLE), *Globigerina* sp. Бројна је и друга фауна: бриозое, остракоде, гастроподе, скелета и бодљи ехинида итд.

Фосилна заједница лутетског ката удружена је са врстама из горњег батонијана-доњег до средњег приабониана ко на. пр. *Nummulites aturicus* (LEYMERI), из СБЗ-18-19.

Фосилна заједница заузима просторе везане за спољну ивицу унутрашње платформе, (милиолиде и алвеолине). За унутрашњост затвореног дела морине више су карактеристичне дискоциклине него нумулити. Рубни део платформе је са обиљем нумулита, спаритским фораминиферама са којима се удружују црвене алге. Глобигерински пекстони су са спољнег дела изоловане платформе.

**Префлишни лапорци (ПЛЕ<sub>2,3</sub>)** су на контакту нумулитских кречњака и зато су истог пружања и распрострањења. Хоризонт дебљине 30 m зелених лапораца је преко тврдог дна. Хоризонт је масиван али показује и танке интеркалације око 1 cm дебљине калциаренита. Слабо изражена цикличност је изазвана већим или мањим присуством калцитске компоненте. Лапорци су богати планктоном: глобороталије, глобигерине, питонеле, радиоларије, наноплактон итд. Њихов положај као и састав је одредио име ове јединице. Постепено прелазе у флиш.

**Јадрански Флиш (ЈФл/ЕЗ- Ол)** заузима знатно простраство у две зоне. Прва зона од Шушња иде северним и источним ободом Барског поља, падинама Лисиње, између Липовњака, М. Калимана, Лесковца, окружује Врање Гнијездо одакле се шири преко Крута према Албанији. Друга зона је јужно од предходне од села Комине, преко Куња, М. Горана, Пелинковића и Клезне пружа се према Шатском језеру.

Три су доминантне групе фација као талози депозиционих средина које се смењују кроз простор и време на што је указао и KILIBARDA *et al.* (2009).

Седименти средње лепезе граде два пакета (0–110 m и 160–260 m). Јасно се уочавају Боумине секвенце проксималног турбидита. Средњезрне, средњеслојевите сиве или сивозелене грауваке, фелдпаске грауваке су са плитким удубљењима cm до cm дубине. Преко ових ерозионих површина су исти пешчари са танким сетом градације (Та), дебелим ламиноидним сетом углавном укрштене, косе, таласасте слојевитости (Тц). Почетак слоја ја и са сетом грубе ламинације. Честе су потпуне секвенце Табце, јер знатан део секвенци почиње интервалом Та. Доминирају секвенце са  $\frac{3}{4}$  ламинираних сетова Табц, Тбц, ређе Тцд. Између слојева пешчара је танкослојевит финозрни седимент са горњим интервалом фино хоризонталне ламинације понегде и сетом таласасте ламинације (секвен-

це Тде, Тцде) и са прослојцима алевролитских глинаца или лапораца.

Прелаз од средње лепезе према спољној лепези даље према басенској равни је обележен танкослојевитим ситнозрним пешчарима или алевролитима у смени са глиновитим лапоровитим прослојцима. У активном делу доминирају дистални турбидити (фација Д). Секвенце су дебљине пар cm до cm. Овај део стуба је са подсеченим секвенцама Тцде, Тде, ређе Тбцд. Честа је вертикална и хоризонтална биотурбација бушења, све то хомогенизације. Два су пакета дисталних турбидита од 110–155 m и од 260 до 300 m.

Горњу унутрашњу лепезу карактерише каналска фација. Дубоки канал који је отворен катастрофичним догађајем је од 155 до 160 метра стуба. Канал је запуњен већ литификованим седиментима не само дисталне фације. Постепеног је прелазу у песковиту фацију средње лепезе.

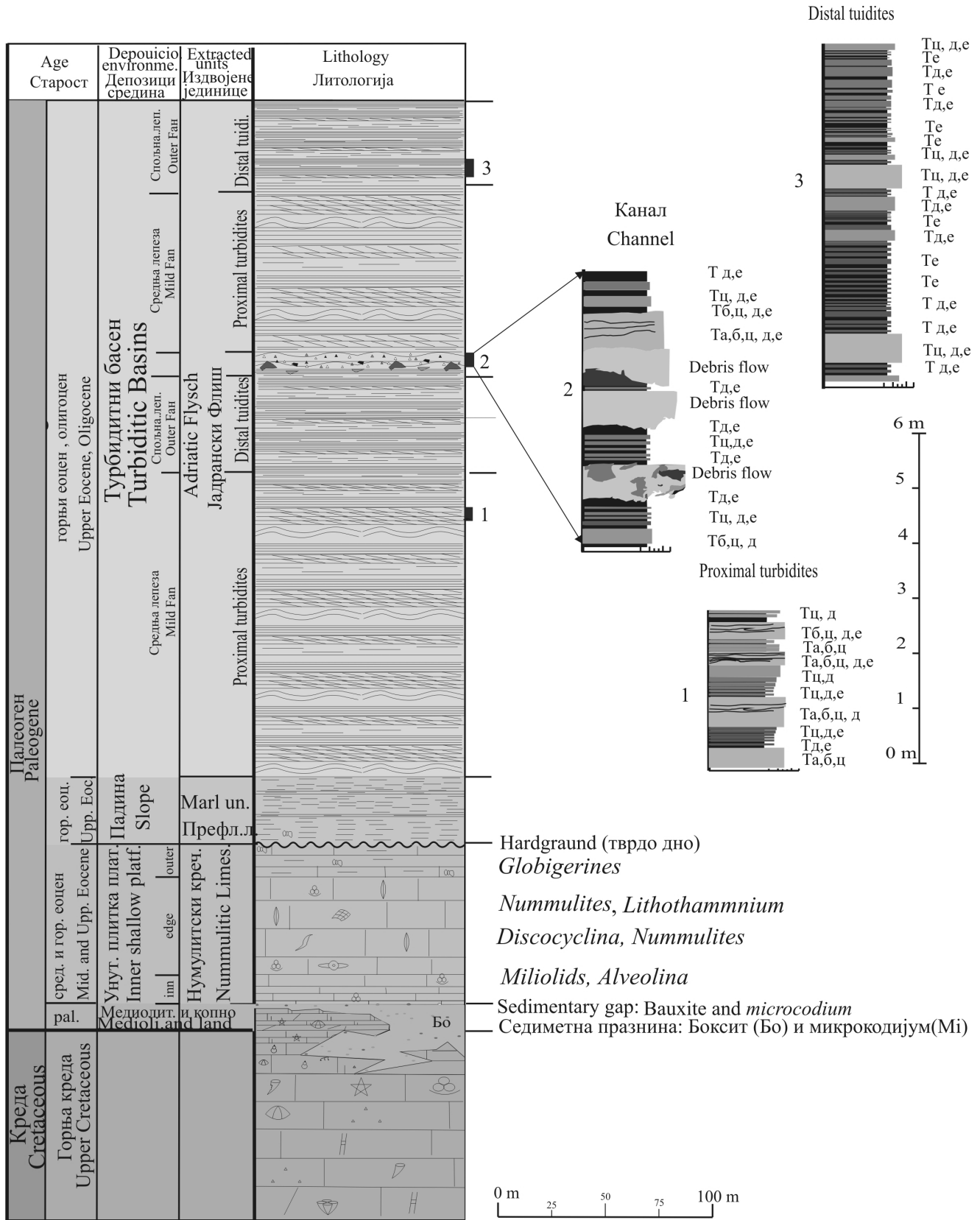
Први слој овог канала са ерозионом базом је неорганизован са кластима подине величине и до 0,5 m око којих је биокалкарениски или биокалкрудитни матрикс. Слој је без унутрашње слојевитости. Следећи дебели слој је преко глиновите, лапоровите подлоге, показује грубу градициону слојевитост и доњи интервал хоризонталне ламинације.

На бази детаљних осматрања, издвојени су пет Боуминих интервала. Интервал градације –Та, са градициом састојака и без друге интерне структуре. Доњи интервал паралелне ламинације –Тб, је од смене грубих ламина углавном истог састава. Контакт према интервалу Та је постепен. Горњи интервал паралелне ламинације –Тц је од сетова косе, таласасте, вијугаве слојевитости или конволуција. Интервал је маркантан. Горњи интервал паралелне ламинације –Тд, чест је у дисталним турбидитима. Контакт према Тц је увек јасан у проксималним секвенцама. Интервал Те је пелашког или хемипелашког садржаја глиновитог или лапоровитог састава.

Јадрански флиш садржи и бројне органске и неорганске структуре настале из мутног тока.

Отисци трагова течења су на доњим површинама секвенци које почињу аренитским интервалом Тб ређе Тц. Трагови течења су језичасти до вретенасти дужине 5 cm до 10 cm, у плану су симетрични до слабо закривљени, јављају се у групама. Спирални отисци трагова вртложења су пречника 3 cm до 5 cm а дебљина 1 cm до 3 cm. Доње површине слојева (Тц) прекривају отисци уздужних бразди са ширином гребена 5–15 mm. Систем је потпуно паралелан али се јављају и одступања. Отисци трагова вучења су танки, линеарни у ситнозрном седименту дужине до пар cm, ширине од пар cm до пар mm, висине до 1 cm.

Трагови кретања организама су многобројни на горњој површини слоја ламинарне текстуре: *palaeodictyon*, *palaeophycus kochi ludw*, *palaeochorda marina emmons*, *climactichnites wilson*, *palaeobullia* и *helminthoides labyrinthica heer*.



Сл. 1. Литостратиграфски стуб палеогена са детаљима из флиша  
Fig. 1. Paleogene lithostratigraphic column detailing the flysch

Карактеристична је велика расутост правца палеотраспорта са североистока  $5^{\circ}$ – $35^{\circ}$ . У горњем делу стуба (од 160 m) правац се знатно помера према истоку до  $80^{\circ}$ . У овом делу аренити садрже класе серпентина, базичних вулканита са офиолитског појаса Албаније.

## Закључак

Уз кредно копно у зони плиме и осеке (медиолиторал), обилно је присуство *Decastronema baratoloi* (DE CASTRO) што поред другог указује и на рано палеогенску старост плиткомаринских карбоната око Волујице.

Формирање тапете *Microcodium elegans* (GLUCK) се догодило током ране фазе развоја палеотала. Вероватно су то остаци корена специфичне врсте васкуларних биљака из пионирске палеоценске заједнице које колонизују суву за живот сиромашну кредну подлогу.

Почетком средњег Еоцена на овом простору долази до постепене трансгресије и формирања унутрашње платформе. Створен је депозициони простор идеалан за живот бентоских фораминифера.

Током горњег Еоцена дошло је до потпуног распада плоче и формирања уских басена у којима се преко пелашких лапораца развија турбидит. Басени су пуњени турбидитним дотоком са североистока и истока.

## Литература

BABIĆ, L.J. & ŽUPANČIĆ, J. 2008. Evolution of a river-fed foreland basin fill: the North Dalmatian flysch revisited (Eocene, Outer

- Dinarides). *Nature Croatica*, VL. 17, No. 4, 357–374. Zagreb.
- ČANOVIĆ, M. & ĐORĐO-ĐOVIĆ, R. 1958. Vorläufige Mitteilung über die oligozane Mikrofauna aus der Bohrung Us-6 bei Ulcinj (Montenegro). *Bulletin Geologique*, livre II. Institut geologique di Montenegro, Titograd.
- ĆOSOVIĆ, V. DROBNE, K. and MORO, A. 2004. Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian peninsula). *Facies*, 50, 61–75.
- ДИМИТРИЈЕВИЋ, М.Д. 1995. *Геологија Јужославије*. Геоинститут и BAREX, Београд, 205 стр, Београд.
- FLÜGEL, E. 2004. *Microfacies of carbonate rock*. 976 pp, 330 Figs, and 151 Plates, some in color, Berlin Heidelberg New York (Springer).
- KILIBARDA, Z. ČAĐENOVIĆ, D. and RADULOVIĆ, N. 2009. Deep sea sedimentary environments revealed in Crnjak Cove Turbidites (Middle Eocene-Miocene), Southern Montenegro. *Geological Society of America*, Abstracts with Programs, Vol. 41, No. 7, p. 120.
- МИРКОВИЋ, М. КАЛЕЗИЋ, М. & ПАЈОВИЋ, М. 1976. Основна Геолошка Карта СФРЈ 1:100,000. Лист Бар К 34-63. Савезни геолошки завод, Београд.
- RADOJČIĆ, R. DE CARO, & D'ARGENIO, B. 1989. Late rather than early Tertiary deformation of External Dinarides. Stratigraphic evidence from Montenegro. *Rendiconto dell' Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche Napoli*, 56, 41–59. (In Italian with English abstract).
- MIKES, T. BALDI-BEKA, M. KAZNER, M. DUNKL, I. & VON EYNATTEN, H. 2008. Calcareous nannofossil age constraints on Miocene flysch sedimentation in the Outer Dinarides (Slovenia, Croatia, Bosnia-Herzegovina and Montenegro). *Geological Society*, London, Special Publications, 298, 335–363.
- VLAHOVIĆ, I. TIŠLJAR, J. VELIĆ, I. & MATIČEĆ, D. 2005. Evolution of the Adriatic Platform: Paleogeography, main events and depositional dynamics. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, v. 220, 333–360.



## **Реконструкција типа станишта на основу остатака фосилних сисара (примери са плеистоценских локалитета Србије)**

КАТАРИНА БОГИЋЕВИЋ<sup>1</sup>, ДРАЖЕНКО НЕНАДИЋ<sup>1</sup>, ЗОРАН МАРКОВИЋ<sup>1</sup>,  
ЗОРИЦА ЛАЗАРЕВИЋ<sup>1</sup> & ЈЕЛЕНА МИЛИВОЈЕВИЋ<sup>1</sup>

Остаци сисара, а нарочито глодара, се у последњих пар деценија веома користе за реконструисање услова животних средина, и то пре свега, температуре, влажности и типа станишта. У овом излагању покушали смо да извршимо реконструкцију типа станишта на основу остатака сисара са неколико плеистоценских локалитета у Србији: Баранице, Врелске, Васиљске, Смолушке и Хаџи Проданове пећине (горњи плеистоцен) и пукотине Камењак на Венчацу (средњи плеистоцен).

Постоји више начина да се на основу састава фауне глодара и других сисара одреди тип средине у којој су живели. Овде ће бити размотрена три начина. Први је да се сви глодари поделе у поједине еколошке групе, на основу средине у којој углавном живе. Ово је најједноставнији и најчешће коришћени начин. Други начин је прецизнија варијанта првог и подразумева израчунавање ТН индекса, а трећи је израда ценограма на основу маса животиња које су нађене на локалитету.

Резултати добијени помоћу ових метода су упоређени и продискутовани, као и могућност и ограничења њихове примене на локалитетима плеистоценске старости.

**Кључне речи:** реконструкција средина, сисари, плеистоцен, Србија.

---

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Бушина 7, Београд.

## New Data on the Age of the Limestones at Rakova Bara Stream Near Turija (NE Serbia)

IVANA CAREVIĆ<sup>1</sup>, DARIVOJKA LJUBOVIĆ-OBRAĐOVIĆ<sup>2</sup>,  
MONIKA BOŽINOVIĆ<sup>3</sup> & VELIMIR JOVANOVIĆ<sup>4</sup>

Upper Jurassic carbonate deposits have a large extent and thickness in north-eastern Serbian Carpatho-Balkanides. Except for some formations, the biostratigraphy and detailed lithology of the Jurassic are generally poorly known. This is due to the scarcity of biostratigraphic markers within these deposits and their recrystallization caused by the late Senonian (Laramian) tectonics. Up to now, the presence of deep-water Upper Jurassic deposits in the west limestone belt of eastern Serbia between the Rivers of Danube and Pek is only being identified by sparse geological investigations. The shallow-water sediments of the same age are the first time evidenced.

The section is located at Rakova Bara stream near the village of Turija on the left side of the road Turija-Rakova Bara (coordinates: N- 44°31'13,1", E-21°38'40,2", Z-168 m). The village of Turija is located not far from the city of Kučevo. Detailed sedimentologic and micropalaeontologic investigations have been carried out at the column thick 15 m. On the geological column of the Rakova Bara stream section the following characteristic four microfacies subtypes of wackestone are present: MF 1a. Recrystallized peloidal wackestone with transition to recrystallized lithoclastic and intraclastic wackestone with rare foraminifera: *Verneuilinidae*, *Pseudocyclamina sp.*, *Valvulina cf. Valvulina lugeoni* (SEPTFONTAINE), *Miliolidae*, altered algae structures, fragments of bivalves and *Tubiphytes sp.*; MF 1b. Recrystallized bioclastic wackestone with transition to bioclastic peloidal wackestone with rare altered fragments of foraminifera: *Protoperoplis striata* (WEYNSCHENK), *Verneuilinidae*, *Miliolidae*, *Glomospira sp.*, fragments of echinoids and *Tubiphytes sp.*; MF 1c. Bioclastic wackestone with *Protoperoplis striata* (WEYNSCHENK), *Mesoendothyra sp.*, *Lenticulina sp.*, *Verneuilinidae*, *Lagenidae*, *Miliolidae* and *Tubiphytes sp.*, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINIERI); MF 1d. Recrystallized bioclastic peloidal wackestone with *Protoperoplis striata* (WEYNSCHENK), *Mohlerina basiliensis* (MOHLER), *Globuligerina?*, *Lenticulina sp.*, *Miliolidae*, *Ophtalmididae*, *Lagenidae*, *Valvulinidae*, microproblematica: *Decastroporella inconstans* (RADOIČIĆ), *Tubiphytes sp.* and very altered tintinnids.

Microfacies subtypes MF 1a, MF 1b and MF 1c were probably formed during Oxfordian-Kimmeridgian in a shallow subtidal environment (low-energy protected lagoon), while the limestones of microfacial subtype MF 1d were deposited during Tithonian in peritidal environment (inner open, more or less protected platform lagoon).

**Key words:** Late Jurassic, Limestones, Micropaleontology, Sedimentology, Turija, NE Serbia.

---

<sup>1</sup> Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, 11000 Belgrade. E-mail: carevic.ivana@gmail.com

<sup>2</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade. E-mail: monika.bozinovic@gmail.com

<sup>3</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade. E-mail: monika.bozinovic@gmail.com

<sup>4</sup> Faculty of Geography, Studentski trg 3/3, 11000 Belgrade. E-mail: jocavj@gmail.com

## Neotektonska aktivnost u jugozapadnom Banatu

IVAN DULIĆ<sup>1</sup>, VLADISLAV GAJIĆ<sup>2</sup>, MILAN RAŠKOVIĆ<sup>3</sup> & BORISVA VUČKOVIĆ<sup>4</sup>

U radu su analizirane glavne faze neotektonske aktivnosti u jugozapadnom Banatu. Geološku građu ovog dela Banata čine tvorevine mezozoika (jura i kreda), neogena i kvartara. Na osnovu detaljnih mikropaleontoloških analiza miocenskih sedimenata, utvrđen je razvoj donjeg miocena (otnang, karpata), donjeg badena, gornjeg badena, donjeg sarmata, panona i pontata.

Na osnovu biostratigrafske interpretacije i podataka dobijenih kartiranjem jezgara, utvrđen je diskordantni odnos donjeg miocena i donjeg badena, donjeg badena i gornjeg badena, donjeg sarmata i panona. Pomenute granice jasno se mogu prepoznati i na 2D seizmičkim profilima. Granice između panona i donjeg pontata, odnosno, donjeg pontata i gornjeg pontata, biostratigrafski nisu dovoljno proučene, ali su precizno utvrđene na osnovu interpretacije seizmičkih profila.

U jugozapadnom Banatu (kao i na širem prostoru Vojvodine) paleontološki je dokumentovano pretaložavanje donjeg miocena u baden i mlade sedimente; donjeg badena u gornji baden i mlade sedimente; badena u sarmat i mlade sedimente; badena i sarmata u panon i mlade sedimente; badena, sarmata i panona u pontat i mlade sedimente, različitih stratigrafskih nivoa miocena u pliocen.

Na osnovu geoloških podataka iz bušotina, seizmičke interpretacije, kao i na osnovu ukupne geološke građe šireg regiona, zaključeno je da su gornjokredno–paleogena kompresiona geodinamička zbivanja nastavljena i kroz neogen i kvartar i da ona i danas traju. Naročito se jasno uočavaju intenzivne kompresione geodinamičke faze na granici donjeg i srednjeg miocena; donjeg i gornjeg badena (na istražnom prostoru nedostaje srednji baden), različitih stratigrafskih nivoa badena i sarmata, sarmata i panona-starijeg pontata. Vreme mladog panona i starijeg pontata predstavlja početne faze formiranja mlademiocensko-pliocenskih depresija u jugoistočnom delu Panonskog basena.

Tokom kvartara traje poslednja kompresiona neotektonska faza – naročito su dobro prepoznatljive lokalne inverzije basena, koje i danas utiču na formiranje morfologije juzapadnog Banata, Istočnog Srema i šire okoline Beograda.

**Ključne reči:** Neotektonika, miocen, pliocen, kompresija, inverzija basena, seizmika, Jugozapadni Banat.

---

<sup>1</sup> NIS-Naftagas, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, e-mail: ivan.dulic@nis.rs

<sup>2</sup> NIS-Naftagas, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, e-mail: vladislav.gajic@nis.rs

<sup>3</sup> Milice Šuvaković 4/14, 11000 Beograd

<sup>4</sup> NIS-Naftagas, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, e-mail: borisa.vuckovic@nis.rs

## Jurassic Radiolarians From the Grocka Borehole (Belgrade Area)

NEVENKA ĐERIC<sup>1</sup>, ŠPELA GORIČAN<sup>2</sup>, NATAŠA GERZINA<sup>1</sup>, OLIVERA KRUNIĆ<sup>1</sup>

The exploratory drillhole N 6267 (G-1, Grocka) is located 20 km southeast of Belgrade and at the western border of the Eastern Vardar Ophiolitic Unit, immediately adjacent to the Sava Zone further to the west according to the compilation map of SCHMID et al. (2008). It is the deepest hydrogeological and geothermal drillhole within the territory of Belgrade. Thus it offers a unique opportunity to study rocks that elsewhere are largely covered by thick Cenozoic, mostly Miocene sediments. Sediments of Mesozoic age were found below the oldest Cenozoic deposits (Oligo-Miocene lacustrine sediments) at depths between 1300 to 1804 m. The upper part of this Mesozoic (1300-1375 m) consists of brownish-red claystone and sandstone, severely crushed in places. The lower part of the Mesozoic sediments (1378-1804 m) mostly consists of clayey brown-red radiolarian chert and claystone (PERIĆ & MILIVOJEVIĆ 1984, 1986). The drillhole ended in serpentinite (?) below the chert at a depth of 1804 meters. These sediments and the underlying ultramafics most probably are part of the Eastern Vardar Ophiolitic Unit in the sense of SCHMID et al. (2008), corresponding to the “Central Vardar Subzone” of DIMITRIJEVIĆ (1997) and the “Main Vardar Zone” of KARAMATA (2006). According to SCHMID et al (2008) this zone represents a slice of MORB-type oceanic lithosphere that was obducted onto the Dacia Mega Unit with European affinities in Jurassic times. The age of the overlying claystones and sandstones most probably represents the Cretaceous cover, referred to as Paraflysch by DIMITRIJEVIĆ (1997). The age of the underlying Eastern Vardar ophiolites has been constrained only for the Guevgueli ophiolites in northern Greece, where Oxfordian radiolarians were found in association with basic extrusives (DANELIAN et al., 1996). Modern radiometric dating of granitoid igneous rocks that intrude the Guevgueli ophiolites reveals ages between 164 Ma and 155 Ma (Callovo-Oxfordian) (ANDERS et al. 2005).

Jurassic radiolarian associations were identified in samples taken at depths of 1378 and 1400 m from the cherts that overlie the ultramafics. Investigations of the extracted radiolarians confirmed the presence of radiolarites at several geological intervals in this area. Dark-red pelitic radiolarian chert was sampled from the drillhole at a drilling depth of 1378 m. The radiolarian assemblage includes: *Belleza decora* (RÜST), *Semihsuum* sp. A, *Praewilliriedelum robustum* (MATSUOKA), *Mirifusus diana*e s.l. (KARRER), *Spongocapsula palmerae* PESSAGNO. The radiolarian association indicates the UAZ 7 (Late Bathonian-Early Callovian) of BAUMGARTNER et al. (1995). From a radiolarite horizon sampled at a drilling depth of 1400 m, we isolated a relatively diverse and moderately preserved radiolarian fauna of Late Jurassic age: *Parapodocapsa amphitreptera* (FOREMAN), *Cinguloturris carpatica* DUMITRICA, *Eucyrtidiellum ptyctum* (RIEDEL & SANFILIPPO), *Archaeodictyomitra minoensis* (MIZUTANI), *Protunuma japonicus* MATSUOKA & YAO, *Zhamoidellum ovum* DUMITRICA, *Hiscocapsa hexagona* (HORI). According to this radiolarian association, the radiolarites were deposited between the Middle Oxfordian and the Early Tithonian (UAZs 9-11). Radiolarian dating clearly shows that the succession of cherts in the Grocka borehole is in overturned position. The cherts and the underlying ultramafics are thus in tectonic contact or they represent blocks in ophiolitic mélangé.

The Grocka borehole provides the most complete radiolarian record so far reported from the Eastern Vardar Zone. Fully pelagic conditions indicated by radiolarian cherts persisted at least from the Callovian to the end of the Oxfordian. The sea-floor spreading in the area must have thus started prior to the Callovian and the ophiolite nappe emplacement certainly post-dates the Oxfordian. It is likely that emplacement of the Eastern Vardar Ophiolitic Unit took place shortly after deposition of cherts, because Upper Jurassic shallow water carbonates are found above the ophiolites elsewhere. Evidence for carbonate platforms on top of emplaced ophiolites is found in Serbia and in the South Apuseni Mountains in Romania (SCHMID et al. 2008). In Serbia these ophiolites, including the radiolarian cherts, were overstepped by Upper Jurassic reef limestones (KARAMATA 2006) immediately after obduction onto the Serbo-Macedonian Massif and succeeded by Cretaceous flysch (“Paraflysch”; DIMITRIJEVIĆ 1997).

<sup>1</sup> Faculty of Mining and geology, Kamenička 6, 11000 Belgrade. E mail: Djeric.ne@sbb.rs

<sup>2</sup> Paleontoloski Institut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia. E-mail: spela@zrc-sazu.si



## References

- ANDERS, B., REISCHMANN, T., POLLER U. & KOSTOPOULOS, D. 2005: Age and origin of granitic rocks of the eastern Vardar Zone, Greece: new constraints on the evolution of the Internal Hellenides. *Journal of the Geological Society*, London 162, 857–870.
- BAUMGARTNER, P.O., BARTOLINI, A., CARTER, E.S., CONTI, M., CORTESE, G., DANELIAN, T., DE WEVER, P., DUMITRICA, P., DUMITRICA-JUD, R., GORIČAN, Š., GUEX, J., HULL, D.M., KITO, N., MARCUCCI, M., MATSUOKA, A., MURCHEY, B., O'DOHERTY, L., SAVARY, J., VISHNEVSKAYA, V., WIDZ, D., YAO, A., 1995. Middle Jurassic to Early Cretaceous radiolarian biochronology of Tethys based on Unitary Associations. In: BAUMGARTNER, P.O., O'DOHERTY, L., GORIČAN, Š., URQUHART, E., PILLEVUIT, A., DE WEVER, P. (Eds.), *Middle Jurassic to Lower Cretaceous Radiolaria of Tethys: Occurrences, Systematics, Biochronology. Mémoires de Géologie (Lausanne) 23*, 1013-1038.
- DANELIAN, T., ROBERTSON, A.R. & DIMITRIADIS, S. 1996: Age and significance of radiolarian sediments within basic extrusives of the marginal Guevgueli Ophiolite (northern Greece). *Geol. Mag.* 133 (2), 127-136.
- DIMITRIJEVIĆ, M.D. 1997: Geology of Yugoslavia. *Geological Institute GEMINI Special Publication*, Belgrade, 187 pp.
- KARAMATA, S. 2006: The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwana and Eurasian units. In: ROBERTSON, A.H.F. & MOUNTRAKIS, D. (Eds.): *Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region. Geological Society London Special Publications 260*, 155–178.
- PERIĆ, J. & MILIVOJEVIĆ, M. 1984: Report on the results of the I phase of geothermal investigations in Grocka. *Faculty of Mining and Geology*, Internal report, Unpublished (In Serbian)
- PERIĆ, J. & MILIVOJEVIĆ, M. 1986: Report on the results of drilling the exploratory geothermal drillhole G1 in Grocka in the interval 1400-1804 m. *Faculty of Mining and Geology*, Internal report, Unpublished (In Serbian)
- SCHMID, M.S., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K., 2008: The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 1: 139-183.

## Mesozoic Radiolarians from the Dinarides (Bosnia and Serbia)

NEVENKA ĐERIĆ<sup>1</sup>, VALENTINA S. VISHNEVSKAYA<sup>2</sup>, STEFAN M. SCHMID<sup>3</sup>, NATAŠA GERZINA<sup>1</sup>

The territories of Serbia and Bosnia are very interesting for studies of Mesozoic Radiolaria. Radiolarian ages determined in the Dinarides reveal the following age clusters: Middle to Late Triassic, Middle Jurassic, Late Middle to Late Jurassic, Late Jurassic to Early Cretaceous and Late Cretaceous. No Early Jurassic faunas were found.

In the internal Dinarides radiolarian cherts can generally be found in 3 different tectonic settings: (1) Radiolarian chert sequences that are a part of an ophiolitic *mélange* formed during the Late Jurassic, underlying obducted (Dinaric or West Vardar) ophiolites of Jurassic age. Within blocks, the radiolarites are often in original stratigraphic contact with basalts. Therefore, such blocks either represent gravitationally emplaced olistoliths, or alternatively, tectonically emplaced slivers. Interestingly, the *mélanges* often contain Triassic (Ladinian and Carnian to Norian) as well as Jurassic radiolarite sequences, both of them occasionally associated with basalts. This indicates that the *mélange* underlying the obducted Jurassic ophiolites also incorporated blocks that represent the remnants of Triassic-age ocean floor (Maliac-Meliata ocean). These occur side by side with blocks that are derived from the obducted Dinaric and West Vardar ophiolites. We interpret the Triassic and Jurassic ophiolites within the *mélange* to be a part of one and the same Triassic-Jurassic oceanic domain. (2) Jurassic-age radiolarian cherts are also found as an integral part of a still preserved in situ passive margin sedimentary sequence in the footwall of the ophiolitic *mélange* (East-Bosnian-Durmitor and Drina Ivanjica units). Deposition of radiolarites onto Triassic to Early Jurassic platform carbonates of the distal Adriatic margin indicates drowning of the platform below the CCD initiating in the Aalenian. The onset of drowning predates final obduction which occurred soon afterwards (i.e. at the end of the Jurassic). The radiolarian faunas from different localities in Serbia indicate ages that range from the Aalenian to the Tithonian. (3) Radiolaria may also occur within the so-called "Radiolarite Formation" and within the background sediments of the "Flysch Bosniaque" (or Vranduk Flysch) in Bosnia. The Radiolarite Formation represents a very thick sequence of radiolarites that were sheared off their original substratum that belongs to the Adriatic margin. This formation yielded ages ranging from the Bajocian to the Berriasian and the earliest Valanginian. These radiolarites are tectonically overlain by the ophiolitic *mélange*. In contrast to the *mélange* no Triassic radiolarians were found. The radiolarite formation probably represents the detached cover of the East Bosnian Durmitor unit, since both directly underlie the ophiolitic *mélange* formation. The radiolaria found within the Vranduk flysch, located in the footwall of the Radiolarite Formation are of Oxfordian age and indicate that this flysch basin, which is characterized by ophiolitic detritus, came into existence in the Oxfordian.

Radiolarites contained in Scaglia Rossa type sediments were dated as Campanian. These form the matrix of MORB-type pillow basalts that are part of the Sava Zone. This Sava Zone forms the suture zone between the Dinarides and the Tisza and Dacia blocks. This latter age group provides evidence that the final collision between Adria and Tisza did not take place before Latest Cretaceous times.

<sup>1</sup> Faculty of Mining and Geology, Kamenička 6, 11000 Belgrade. E mail: Djeric.ne@sbb.rs

<sup>2</sup> Geological Institute, RAS, Moscow, Russia.

<sup>3</sup> Geologisch-Paläontologisches Institut, Basel University, Switzerland

## Overview of Paleozoic and Mesozoic Sites With Macroflora in Serbia

DESA ĐORĐEVIĆ-MILUTINOVIĆ<sup>1</sup>

Generally speaking, the region of Serbia is very rich in fossil macroflora. It is particularly important to note that macroflora in this area is known from almost all geological ages from Devonian to Holocene. The fossil plant remains recorded in the region of Serbia originated in Devonian, Carboniferous, Carboniferous-Permian, Triassic, Triassic-Jurassic, Cretaceous, Paleogene and Neogene. In theory it is possible to successfully follow some of the main vegetation and climatic changes in this area during the last 400 million years, especially if palynological analyses are included. However in practice the Cenozoic flora is much better studied than the floras of Mesozoic and Paleozoic, and we may conclude that the studies of Paleozoic and Mesozoic floras are marginalized, as they are rarely mentioned and they were never systematized and presented in one place. Therefore this paper is an overview of all published studies of Paleozoic and Mesozoic floras from the territory of Serbia.

Most localities with Paleozoic and Mesozoic plant remains are situated in Eastern Serbia (e.g. Stara Planina Mt., Vrška Čuka, Suva Planina Mt, Svrljiške Planine Mts. and the area between rivers Mlava and Pek), while in Western Serbia there are only a few sites of Carboniferous ages (e.g. river Pecka, Belotić).

**Devonian:** Plants of Middle and Upper Devonian were recorded in the area of Svrljiške planine Mts. and in vicinity of Zvonacka banja. Although the fossils were abundant, they were quite poorly preserved due to the large-grained sediment. The most abundant group is lycopsids (*Cyclostigma*, *Stygmaria*, *Protolpidodendron*), while *Psyllophyton*, *Arecheopteris*, *Sphenophyllum* etc. are present in smaller numbers.

**Carboniferous:** Most of the localities included plants of Stephanian age. The records show that the best-represented were *Cordaites*, *Linopteris*, *Pecopteris/Asterotheca*, *Odontopteris*, and partially *Alethopteris. Annulari* and *Asterophyllites*. The plants of Westphalian and Namurian age were present in much smaller numbers. They were dominated by *Lepidodendron sensu lato*, *Sigillaria* and *Neuropteris*. In the phytocenological sense, floras of Stephanian and Westphalian are clearly distinct from each other.

**Triassic:** the Triassic plants (*Equisetites*, *Schizoneura*, *Voltzia* and *Yuccites*) were recorded in small numbers and only at a single locality at Stara Planina Mt.

**Triassic-Jurassic:** The Rhaeto-Liassic flora is poor in number of specimens but exceptionally well-preserved. It is dominated by leaf imprints of *Nillsonia*, *Otozamites*, *Zamites*, *Podozamites* and tree ferns (e.g. *Cladophlebis*). The Ginkgoales were represented by *Baiera* spp. Seed ferns appear only sporadically and are probably remains of relict forms.

**Cretaceous:** The Lower Cretaceous (in vicinity of Belgrade) was dominated by tree ferns, cycads, bennettites and conifers, while flora of Upper Cretaceous (in vicinity of Knjaževac) was absolutely dominated by angiosperms (*Credneria*, *Eucalyptus*, *Myrica* and *Monocotylophyllum*). This contrast in composition of floras in Lower and Upper Cretaceous of Serbia is so distinct that it is the best possible indicator of the vegetation change that happened in Cretaceous due to expansion of angiosperms

**Key words:** Devonian, Carboniferous, Rhaeto-Lias, Cretaceous, Serbia, paleoflora.

---

<sup>1</sup> Natural History Museum, Njegoševa 51, 11000 Belgrade, Serbia, desadjm@nhmbeo.rs

## Proterozojske i starijepaleozojske planktonske palinomorfe zapadne Srbije

SLAVICA DŽAJIĆ<sup>1</sup>

Prilikom izrade GK Srbije 1:50 000 u okviru biostratigrafskih istraživanja paleozojskih sedimenata na listovima Valjevo 4, Višegrad 4 i Pljevlja 2, u metasedimentima (metaalevroliti, metapeščari, hloritski škriljci), otkrivene su asocijacije planktonskih palinomorfa sferomornog oblika, koje ukazuju na proterozojsku i kambrijsku starost.

Na listu Valjevo 4, 1:50 000 u metasedimentima Jelove gore – drinska formacija, u nekolicini uzoraka su dobijene brojne i relativno dobro očuvane akritarhe isključivo iz grupe *Sphaeromorphytae* koje ukazuju na najstarije, prepaleozojske sedimente.

Gotovo potpuno indentične asocijacije akritarha, su konstatovane u metasedimentima Linskog paleozoika (list Pljevlja 2, 1:50 000) i metasedimentima Javorja (list Višegrad 4, 1:50 000).

Microflorističke asocijacije, koje su dobijene, čine akritarhe, isključivo iz grupe *Sphaeromorphytae*. Uočen je veliki broj dobro očuvanih oblika, u kvantitativnom smislu, vrlo jednoličnih. Čine ih uglavnom sferične forme različitih veličina, od 10-70 mikrona, sa tankom egzinom na kojoj se uočavaju brojni nabori. Izostaju svi drugi organizovaniji oblici akritarha iz grupa: *Netromorphytae*, *Histrichosphaeridae*, *Polygonomorphytae*, *Diacromorphytae*, koje se javljaju kasnije i koje bi ukazivale na mlađe odeljke

Koliki je značaj ovih podataka govori činjenica da na prostoru Srbije, a i šire, do sada nije paleontološki dokumentovana prepaleozojska, proterozojska starost sedimenata. Postoje samo pretpostavke i sugestije pojedinih autora (B. MILOVANOVIĆ i B. ĆIRIĆ, 1962, 1968) da su paleozojske stene drinske oblasti starije od paleozojskih sedimenata jaderske oblasti, ali one do sada nisu paleontološki dokumentovane.

---

<sup>1</sup> Geološki institut Srbije, Rovinjska 12, 11000 Beograd, email: slavica\_djajic@yahoo.com

## A new Late Bathonian terebratulide brachiopod from Gebel Engabashi, northern Sinai

HOWARD R. FELDMAN<sup>1</sup>, BARBARA V. RADULOVIĆ<sup>2</sup>,  
ADEL A. A. HEGAB<sup>3</sup> & VLADAN J. RADULOVIĆ<sup>2</sup>

A brachiopod fauna of Late Bathonian age recovered from Late Bathonian strata in a thick Pliensbachian–Oxfordian sedimentary sequence at Gebel Engabashi in northern Sinai consists of six species (two rhynchonellides and four terebratulides) referred to six genera, of which one genus and species are new: *Globirhynchia sphaerica* (Cooper, 1989), *Daghanirhynchia angulocostata* Cooper, 1989, *Cooperithyris circularis* n. gen et n. sp., *Ectyphoria* sp., *Avonothyris* sp., and *Ptyctothyris* sp. The shell of the new species is distinguished by its medium size, circular to elongate oval outline, moderately equibiconvex valves, sulcinate anterior commissure, short and small erect beak, slightly labiate and large permesothyrid foramen, partly visible symphytium, and folding confined near anterior commissure. Internally it differs by bilobed cardinal process, small crural bases, thin and wide, dorsally inclined hinge plates, loop 0.48 of dorsal valve length, highly arched and broad transverse band, and moderately long terminal points. All these suggest placement of the new genus in the family Loboidothyrididae.

The sediments from which this fauna was collected consist of ochre wackestones with scattered patches of packstones and sporadically dispersed ferruginous grains. In addition to the brachiopods, faunal constituents include: fine benthic foraminifers (lagenids and trocholinids), bivalves, gastropods and microgastropods. The sedimentary environment was mid-neritic on a gently sloping carbonate ramp.

As no further ammonites were found preserved with the fauna, a Late Bathonian age is however supported by the presence of two rhynchonellide species, *Globirhynchia sphaerica* (Cooper, 1989) and *Daghanirhynchia angulocostata* Cooper, 1989, also known from Bathonian of Saudi Arabia (Cooper, 1989) as well as the Late Bathonian–Callovian genus *Ectyphoria* Cooper, 1989.

The brachiopod association mentioned herein comprise a fauna located at the northern part of the Indo–African Realm within the Jurassic Ethiopian Province. The present records extend the geographic distribution of those taxa that show great affinity with the Jurassic brachiopod fauna from Saudi Arabia described by Cooper (1989).

**Key words:** Brachiopoda, Terebratulida, new genus *Cooperithyris*, Late Bathonian, Gebel Engabashi, northern Sinai, Ethiopian Province.

---

<sup>1</sup> Division of Paleontology (Invertebrates), American Museum of Natural History, 79th Street at Central Park West, New York, NY 10024-5192, USA. E-mail: feldspar4@optonline.net

<sup>2</sup> Department of Paleontology, Faculty of Mining and Geology, 6 Kamenička, P. O. Box 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: vrad@eunet.rs; brad@net.co.rs

<sup>3</sup> Department of Geology, Faculty of Science, Assuit University, 71516 Assuit, Egypt. E-mail: hegella46@hotmail.com

## Potential Recovery of Microvertebrates in Serbia Using “Blind Washing” Techniques

JEFFREY GLENN EATON<sup>1</sup>

The author has developed a method referred to as “blind washing” to recover microvertebrate fossils from poorly exposed or what may appear on the surface to be unfossiliferous horizons. This involves taking test samples (25-50 kg) of preferably mudstones and wet screen-washing the samples through nested screens. The coarse screen consists of standard galvanized window screen nested in a fine screen (0.6 mm mesh). The samples may be treated in dilute acid to remove calcium carbonate cements or hydrogen peroxide to removed organic cements. Often the samples are washed multiple times to remove clays. The resulting concentrate is then picked under a microscope (keeping the two size fractions separate). If the horizon appears to be produce microvertebrates, much larger samples (250-2000 kg or even more) are collected, processed, and sorted. This process has been extremely successful in Cretaceous nonmarine rocks in Utah, U.S. A. There, horizons that show no bone on the surface, have produced thousands of teeth and fragmentary bones of frogs, lizards, fish, dinosaurs, crocodilians, and mammals. Also recovered in the concentrate were small gastropods and abundant ostracodes. The horizons typically sampled in Utah are gray-green siltstones showing only minor paleosol development. Bleached or red horizons tend to indicate considerable diagenesis and are not sampled. Sometimes basal lags in meandering stream sandstones are rich in fragmentary vertebrates and these can be sampled, but these coarse deposits result in abundant concentrate that is very time consuming to pick. In 2003-2004 the author attempted to apply this technique to the Peruc-Korycany Formation (Late Cretaceous, Cenomanian) of the Bohemian Cretaceous Basin in the Czech Republic. The Peruc-Korycany Formation contains coal bearing fluvial and tide-influenced fluvial facies, as well as estuarine intertidal and subtidal, lower shoreface and offshore facies. Only the fluvial facies were sampled. The results were very disappointing. No bone or shell fragments were recovered, only pyrite molds of invertebrates, leaf cuticle, and charred wood were recovered. This may be the result of several factors including dissolution of bone and shell by high acidity ground waters accompanied by a high ground water table with further dissolution from subsequent diagenetic episodes. In 2004, under the guidance of Dr. Nenad Banjac, I sampled two poorly exposed localities in the Cenomanian part of the Poganovo Paralic Series near Vlasi, southeastern Serbia. The samples were very small, only a few kg, and although no vertebrate material was recovered both samples produced invertebrate shell fragments and one sample produced a well preserved gastropod. This is very encouraging and indicates that the Cenomanian part of the series is fossiliferous and any time I have recovered delicate invertebrate shell material, vertebrate material is also present. This would be significant, as Cenomanian vertebrates are poorly known throughout Eurasia. There are other units of considerable potential in the region for which “blind washing” methods could be applied, such as the lower Triassic and lower Jurassic continental deposits and Cenozoic volcanoclastic rocks.

**Key words:** microvertebrates, Cretaceous, screen-washing.

---

<sup>1</sup> Department of Geosciences, Weber State University, Ogden, Utah 84408-2507, USA. E-mail: jeaton@weber.edu

## Генеа офиолитског меланжа северозападне Србије

Ивица Филиповић<sup>1</sup>, Даривојка Љубовић-Обрадовић<sup>2</sup>,  
Марко Крстић<sup>2</sup> & Ненад Протић<sup>2</sup>

У геолошкој литератури, као и на новим геолошким картама размере 1:50000, сходно дефиницији М.Д. и М.Н. ДИМИТРИЈЕВИЋ (1973, 1979), Дијабаз-ројначка формација и мањи офиолитски комплекси се третирају као “олистостромски меланж”. Како овако схватање није потврђено нашим детаљним истраживањима на подручју Подрињско-ваљевских планина, то ћемо укратко приказати наше резултате за које сматрамо да су значајни за сагледавање генезе офиолитског меланжа СЗ Србије.

У проучаваном делу Вардарске зоне могуће је јасно разликовати два екстремно различита офиолитско-седиментна појаса и то:

1. Јужни појас обухвата венац Ваљевских планина, који је у источном делу изградјен искључиво од перидотских комплекса Маљена и Суворора. У централним делу овог појаса перидотите смењују габрови који преко габродиабаза, прелазе у веће дијабазне комплексе. Западни део изграђују веће масе дијабаза и Дијабаз-ројначка формација, одн. једна типична јурска седиментно-вулканогена формација која се састоји од већих маса пешчара са бројним добро очуваним пешчаним куглама различитих димензија, затим глинаца, разнобојних ројнаца и дијабаза. На источним падинама Повлена, у пределу Беле воде - Мравинци преко јурске дијабаз-ројначке формације трансресивно леже ценомански конгломерати са преталоженим материјалом из подинске седиментно - вулканогене формације. На крају, треба истаћи, да у оквиру дијабаз-ројначке формације нема хаотичних творевина са гравитационим блоковима, па се не може третирати као офиолитски олистромски меланж.

2. Северни офиолитски појас северозападне Србије прати тектонски суток Јадарског егзотичног блок терана са Вардарском зоном. Доступан је посматрању од Борањског гранодиорита на западу до Бање Врујици на истоку. Овај изразито тектонизирани офиолитски меланж континуирано је откривен на дужини од око 70 км, са просечном ширином 2-3 км. Најинструктивнији профили за сагледавање карактеристика овог меланжа откривени су на југозападним падинама Соколских планина, где се најчешће у смрвљеним дијабазима налазе блокови и класти интезивно убраних горњокредних кречњака. Од бројних репрезентативних профила истичемо следеће локалитете: Јовићи (код школе у Рујевцу), затим Павловићи, Томићи, Постење, Лазе и др. Микропалеонтолошким испитивањима Д. Љубовић Обрадовић утврђен је горњи турон – конијак у Томићима, доњи сенон у Подриду и Миловановићима, сантон у Рујевцу, а доњи сенон (конијак) у Павловићима.

Према подацима Р. РАДОЋИЋ (1997) у некада активном руднику антимона у Рујевцу заступљени су аренити, алевролити, ројнаци и кречњаци малм – доњокредне старости. Седименти су смрвљени, садрже хаотично распоређене класте и блокове различитих димензија, па су издвојени као “хаотична формација”.

Описани појас тектонског меланжа Соколских планина ка истоку континуирано прати тектонски контакт Јадарског терана са Вардарском зоном. У области Ребеља, некадашњег рудника бакра, откривен је већи изданак доњотријаских кречњака који генетски припадају Јадарском блок терану. Кречњаци су интезивно убрани и израседани, и у оквиру су меланжирани дијабаз-ројначке формације.

Још даље ка истоку у офиолитском меланжу, у усеку пруге на десној обали реке Забаве, откривен је блок фузулинидских кречњака горњокарбонско-аселске старости. Они представљају један од најмаркантнијих чланова Јадарског терана.

Највећа кречњачка маса која потиче из Јадарског блока налази се крај пута Мионица – Дивчибаре, изнад изворишта Крчмарске реке. То је већи комплекс тријаско-лијаских тектонски уложен у офиолитски меланж.

<sup>1</sup> Авалски пут 81, 11000 Београд (Врчин), Србија

<sup>2</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11000 Београд, Србија

Крајњи источни профил офиолитског тектонског меланжа налази се низводно од Паштрићке цркве, недалеко од улаза у клисуру реке Рибнице. Откривени профил офиолитског меланжа састоји се од тектонских мугла чврстих перидотита у здробљеним и ушкриљеним серпентинитима.

## Закључак

У северозападној Србији тектонски офиолитски меланж настао је смештањем -доковањем Јадарског егзотичног блок терана у Вардарску зону. Под притиском више стотина метара дебелих кречњачких наслага млађег тријаса, који изграђују јужни обод Јадарског терана, литолошки различите офиолитско-седиментне творевине су интезивно здробљене, раскомадане, ушкриљене са најчешће хаотичним распоредом интезивно убраних кречњачких стена. Према томе, офиолитски меланж је тектонска творевина настала при доковању једног сегмента земљине коре – Јадарског терана који је некада чинио целину са Динаридима и Јужним Алпима. Будући да су у Јадарском терану најмлађе стене мастрихтске старости, а могуће и палеоценске, офиолитски меланж северозападне Србије је палеогене старости.

Јужни појас обухвата венац Ваљевских планина, почев од Суворора на истоку па до Малог Повлена на западу. Карактерише се непоремећеним односима офиолитско-седиментних комплекса, без и једног уметка егзотичних блокова. У западном делу јавља се дијабаз-ројначка формација јурско-доњокредне старости (?) која је типично седиментно-вулканогена творевина.

## Литература

- DIMITRIJEVIĆ, M.D., DIMITRIJEVIĆ, M.N. 1973: Olistostrome mélange in the Yugoslavian Dinarides and Mesozoic Plate Tektonics. Jour. Geol. (Chicago), 81, 328-340.
- DIMITRIJEVIĆ M.N., DIMITRIJEVIĆ M.D. 1979: The Olistostrome, Polyphaze and Recycled Ophiolite Melange. Zbornik radova, IV godišnji znanstveni skup sekcije za naftu JAZU, Ser. A, knj. 7, 101-117, Zagreb.
- FILIPOVIĆ, I. 2005: Spatial distribution of geological resources in northwestern Serbia (Jadar block terrane) and tectonic structures. Geol. Anali Balk. Poluostrva, LXVI, 217-220, Beograd.
- RADOIČIĆ, R. 1997: On the Rujevac - Veliki Majdan Chaotic formation (Western Serbia). Vesnik Zavoda za geol. i geof. istraž., ser. A, 47, 53-61, Beograd.



## Jurassic Radiolarians from the Radiolaritic-Ophiolitic Mélange of the Zlatibor Area (Dinaridic Ophiolite Belt, SW Serbia)

HANS-JÜRGEN GAWLICK<sup>1</sup>, MILAN N. SUDAR<sup>2</sup>, SIGRID MISSONI<sup>1</sup>,  
HISASHI SUZUKI<sup>3</sup>, DIVNA JOVANOVIĆ<sup>4</sup> & RICHARD LEIN<sup>5</sup>

The Dinaridic Ophiolite Belt of western and south-western Serbia is made of ophiolites and widespread mélanges containing different components up to nappe-size, interpreted as radiolaritic-ophiolitic trench fills in front of advancing nappes. Matrix ages of the different mélange complexes are very rare, but play a crucial role in the reconstruction of the emplacement of the ophiolite nappes. From the radiolaritic matrix between different ophiolite, radiolarite and rare carbonate blocks of the ophiolitic mélange in two southern Zlatibor areas (**a.** south of Trnava in the valley of Katušnica River and **b.** south of Ljubiš in one double road curve in direction to Gornja Bela Reka) we isolate radiolarians of Early Callovian to Middle Oxfordian age: *Archaeodictyomitra rigida*, *Archaeodictyomitra* sp., *Eucyrtidiellum unumaense*, *Eucyrtidiellum unumaense unumaense*, *Gongylothorax favosus*, *Gongylothorax* sp. C, *Helvetocapsa* cf. *matsuokai*, *Praezhamoidellum* aff. *buekkense*, *Striatojaponocapsa conexa*, *Striatojaponocapsa* sp., *Theocapsomma* cf. *cucurbiformis*, *Theocapsomma medvednicensis*, *Theocapsomma* sp., *Unuma latusicostatus*, *Unuma* cf. *gordus*, and *Williriedellum dierschei*. In both regions therefore the age of this Trnava/Ljubiš mélange can be dated as Early Callovian to Middle Oxfordian. Blocks of ribbon radiolarites in the mélange are of Middle and Late Triassic age; indicated by Capnuchosphaeridae, Muelleritortiididae, and Capnuchosphaeridae.

According to this radiolarian data the age of this radiolaritic-ophiolitic mélange corresponds to the age of the Sjenica ophiolitic mélange further south. Also the component spectrum is similar. The whole mélange succession in the area between Trnava and Ljubiš (Gornja Bela Reka) is interpreted to be a primary sedimentary synorogenic radiolaritic trench-fill sequence that formed simultaneously with nappe emplacement and ophiolite obduction/accretion, overprinted by contemporaneous and younger tectonics forming a typical mélange. This mélange was deposited during the late Middle to early Late Jurassic period contemporaneous with ophiolite nappe thrusting in the Neotethys realm. The depositional area could be interpreted to have been a deep-water trough in front of advancing nappes.

Of special interest is the overlying mélange sequence, which consists of different carbonate blocks of Triassic age. The carbonatic mélange in the Sirogojno area is relatively matrix-free, only in some fissures in blocks remnants of the matrix are preserved, similar to the matrix occurrences in Krš Gradac near Sjenica. The carbonatic mélange topped the ophiolitic mélange. The derivation of the carbonate blocks should be the Drina-Ivanjica Unit high further to the east. We consider therefore westward transport of the ophiolitic mélange and the ophiolite nappes as well as westward transported carbonatic mélange on top. Westward directed ophiolite obduction and thrusting in Jurassic times occur widespread in the Dinaridic-Albanide realm, but the exact age of the emplacement is a matter of discussion: Middle to early Late Jurassic of latest Jurassic to earliest Cretaceous. Our new data confirm the Middle to early Late Jurassic formation of the radiolaritic-ophiolitic mélange in the Dinaridic Ophiolite Belt and their westward transport in Jurassic times. A younger, second westward thrusting phase is documented by underlying radiolarite sequences with intercalated shallow-water debris of Kimmeridgian to Tithonian age, in both regions, e.g. in the villages Trnava and Ljubiš (Gornja Bela Reka) in the area of the Trnava/Ljubiš mélange and near Krš Gradac in the area of the Sjenica mélange. In both regions these occurrences are tectonic windows below the overthrust ophiolitic and carbonatic mélanges. Therefore both mélanges are the same.

---

<sup>1</sup> University of Leoben, Department for Applied Geosciences and Geophysics, Prospection and Applied Sedimentology, Peter-Tunner-Strasse 5, 8700 Leoben, Austria; E-mail: hans-juergen.gawlick@mu-leoben.at; s.missoni@daad-alumni.de

<sup>2</sup> University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Palaeontology, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia; E-mail: sudar@eunet.rs

<sup>3</sup> Otani University, Koyama-Kamifusa-cho, Kita-ku, Kyoto 603-8143, Japan; E-mail: hsuzuki@res.otani.ac.jp

<sup>4</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia; E-mail: djdivna@gmail.com

<sup>5</sup> University of Vienna, Centre for Earth Sciences, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria; E-mail: richard.lein@univie.ac.at

## Cenomanian Vasiljevići Limestone

BOJAN GLAVAŠ-TRBIĆ<sup>1</sup>

Up to now, only scarce data have been published regarding Cenomanian deposits in central parts of Jadar block, NW Serbia (important but brief note of PEJOVIĆ and RADOIČIĆ, 1978) or its presence has been completely denied. This poster shows characteristic lithologies and microfossil content of Middle-Upper Cenomanian shallow-water sediments investigated in Vasiljevići and Jovanovići localities at Krasava (Radevina region).

The Cenomanian deposits are transgressive over underlying Lower Triassic and Upper Permian sediments, and are unconformably overlain either by Štira Limestone of Turonian – Lower Senonian age in Vasiljevići, or by Voćnjak Formation of Maastrichtian age in Jovanovići (RADOIČIĆ and GLAVAŠ – TRBIĆ in JOVANOVIĆ *et al.*, 2007). They are represented with marly to clayey limestone and nodular limestone that contain rich fossil assemblage: *Pseudorhapydionina dubia*, *Pseudolituonella reicheli*, *Vidalina radoicicae*, *Pseudorhipidionina casertana*, *Cribrostomoides paralens*, *Biconcava bentori*, „*Cylindroporella*“ *kochanskyae* etc.

The imposing appearance of *Charophyta* stems together with *Pyrgulifera* gastropods in the upper intervals of Vasiljevići succession could be connected with periodical freshwater influxes on somewhat restricted shallow-water environments that started during Upper Cenomanian (ARTHUR *et al.*, 1987).

At Mićanovsko brdo locality near Zavlaka, hemipelagic limestone containing numerous *Stomiosphaeridae*, *Calci-sphaerulidae* etc. is deposited near the Cenomanian/Turonian boundary (respectively in Lower Turonian). This sediment partly comprise the stratigraphic gap between Vasiljevići and Štira formations in Krasava.

**Key words:** NW Serbia, Cenomanian, Vasiljevići Limestone, microfossil assemblage, hemipelagic deposits, Cenomanian/Turonian boundary, Mićanovsko brdo

### References

- ARTHUR, M., SCHLANGER, S., JENKYN, H. 1987: The Cenomanian – Turonian Oceanic Anoxic Event, II. Palaeoceanographic controls on organic-matter production and preservation. – *Marine Petroleum Source Rocks, Geol. Soc. Spec. Publication, 26, 401-420, Blackwell Scientific Publications, London.*
- PEJOVIĆ, D., RADOIČIĆ, R. 1978: New data for the stratigraphy of the Upper Cretaceous of Radjevina, Jadar and Gučevo. – *Glas SANU Cl. sc. nat. et math.*, 43, 53-62, Belgrade.
- RADOIČIĆ, R., GLAVAŠ – TRBIĆ, B. (in: JOVANOVIĆ, D., et al.) 2007: Kasnoalpska sukcesija (Late Alpine succession) – *Ann. report on production of geol. map of Serbia, 1:50 000 scale for Zvornik 2 map-sheet. Fond of proff. documents of Geol. Inst. of Serbia, internal report, Belgrade.*

---

<sup>1</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade. E-mail: bojan.glavas@gis.co.rs

## Geological Map of the Northern Part of the Trieste-Komen Plateau (Slovenia) 1:25 000

BOGDAN JURKOVŠEK<sup>1</sup>

The Trieste-Komen plateau extends in the dinaric direction (NW-SE) above the Trieste Bay, the northernmost part of the Adriatic Sea. It is better known as Kras and occupies a special place among the Slovenian karstic areas, since from this regional name the international scientific term karst (kras) was derived, and accepted as such together with the first idea on what the karst is: a rocky desolate barren land with densely distributed dolines.

In the broad sense, the Trieste-Komen plateau is a part of the External Dinarides that extended on the karstic terrains of Italy, Slovenia, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Montenegro and Albania. In the paleogeographic sense, the present External Dinarides, comprising the major part of the southwestern Slovenia, were a part of the Adriatic-Dinaric Carbonate Platform, which was one of the largest Mesozoic platforms of the Perimediterranean region. It is generally considered that the Adriatic-Dinaric Carbonate Platform was geotectonically relatively stable, without any larger paleogeographic and paleoecologic changes, so that up to its disintegration in Late Cretaceous or in Paleogene it successfully maintained the equilibrium within the dynamic region between Laurasia and Gondwana. Rocks of the Trieste-Komen plateau, which were formed on the internal part of the carbonate platform bear evidence of its paleogeographic homogeneity.

The Geological Map of the northern part of the Trieste-Komen plateau 1:25 000 (JURKOVŠEK 2008, 2010) supplements the Geological Map of the southern part of the Trieste-Komen Plateau 1:50 000 (JURKOVŠEK *et al* 1996). The map presents all significant geological events of local, regional and global character. Among the latter there is the Aptian-Albian emersion phase as the beginning of new megasequence of the carbonate platform, the Cenomanian-Turonian pelagic episode with contemporary influence of the second Cretaceous oceanic anoxic event (OAE 2), the Santonian-Campanian pelagic episode with approximately synchronous influence of the third Cretaceous oceanic anoxic event (OAE 3) and the Early Cretaceous emersion that represents the upper boundary of the megasequence. Maastrichtian and Paleogene strata are redefined and made consistent with new results. They are ranged into the Kras Group (KOŠIR 2003). The Eocene hemipelagic beds (Transitional Beds) and deep water clastites (Flysch) resting at the margin of Kras are considered only informatively as they represent the termination of the platform sedimentation.

Significant contribution in the field of paleontology and stratigraphy is the study of laminated and platy carbon rich limestones, such as the Komen Limestone (KA), Komen Limestone with Pelagic Fossils (KPA), and Tomaj Limestone (TA), which appear within different formations ranging from Cenomanian to Late Santonian, or to Early Campanian in some places. These strata have already been studied in a past as a potential source for hydrocarbons. Today they are, owing to the new geological map, clearly defined, which enables the research of their genesis as well revision of stratigraphy and evolution of new and historic fossil vertebrates, mainly fishes.

The map was elaborated according to the formation principle and is based on modern knowledge about sequence stratigraphy. The field work was done on finer scale maps (1:5000). That was also basis for GIS data capture.

### References

- JURKOVŠEK, B., 2008. Geological Map of the Northern Part of the Trieste-Komen Plateau (Slovenia) 1:25.000. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- JURKOVŠEK, B., 2010. Geological Map of the Northern Part of the Trieste-Komen Plateau (Slovenia) 1:25.000; Explanatory Book. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- JURKOVŠEK, B., TOMAN, M., OGORELEC, B., ŠRIBAR, L., ŠRIBAR, LJ., POLJAK, M. & DROBNE, K., 1996. Geological Map of the Southern part of the Trieste-Komen Plateau 1:50.000: Cretaceous and Paleogene carbonate rocks. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, Ljubljana, 143 pp.
- KOŠIR, A., 2003. Litostratigrafska revizija zgornje krede in jugozahodni Sloveniji. *Geološki zbornik* 17, 92-98.

---

<sup>1</sup> Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenia. E-mail: bogdan.jurkovsek@geo-zs.si

## Permian-Triassic Boundary Interval of NW Serbia: New Micropaleontological Data From the Komirić Section

MILAN SUDAR<sup>1</sup>, TEA KOLAR-JURKOVŠEK<sup>2</sup>, DIVNA JOVANOVIĆ<sup>3</sup>,  
GALINA P. NESTELL<sup>4</sup> & SYLVIE CRASQUIN<sup>5</sup>

Permian and Triassic deposits are widespread in the Jadar Block, NW Serbia and they have been intensively studied micropaleontologically and sedimentologically. The Jadar Block is located at the southern margin of the Pannonian Basin and it is, as an exotic terrane, a part of the Vardar Zone Western Belt. The shallow water marine carbonates of this block belonging to the Permian–Triassic boundary in NW Serbia are rich in fossil associations, but lacking ammonoids. The main interest of the micropaleontological studies that have been going on during the last several years, was to establish presence of conodonts and other microfauna in the Permian-Triassic sediments. The investigated Komirić section is composed of Upper Permian „Bituminous Limestone“ and Lower Triassic Svileuva Formations. A diversified microfauna composed of conodonts, ostracods and foraminifers was recovered from the „Bituminous Limestone“.

Conodont fauna is represented by: *Ellisonia* sp., *H. praeparvus*, *H. typicalis*, *H. cf. latidentatus*, *Hindeodus* sp. and it is attributed to the Lower *praeparvus* Zone (Changhsingian, latest Permian).

The collected association enabled recognition of several new species of foraminifers: *Hemigordius komiricensis*, *H. smiljkae*, *Multidiscus vlasicensis*, and *Eomarginulinella serbica*, as well as of ostracods: *Basslerella jadarensis*, *Acratia serbianella*, and *Knoxiella vardarensis*.

Conodont fauna compares well with the faunas in Hungary (Bükk Mountains, Transdanubian Range), Slovenia as well as Dolomites where absence of gondolellids is noteworthy. A correlation of upper Permian levels of Komirić and Meishan D section can be done, based on the FAD of *H. praeparvus* in the Komirić section, because the first appearance of *H. praeparvus* is recorded in sample MS 1203/2, and in bed 24c in the Meishan section, respectively.

The studied foraminiferal association is most similar to coeval foraminiferal assemblages from the upper Changhsingian of the NW Caucasus and in NE Hungary. However, it is less similar to foraminiferal associations of the same age from the Carnic Alps, Central Taurides of Turkey, Transcaucasia and China. In Serbia, Caucasus and NE Hungary, the latest Permian foraminiferal assemblage is represented by numerous specimens of each species of hemigordiopsids with a subordinate quantity of nodosariids and other groups of foraminifers. Such a ratio of hemigordiopsids/nodosariids points to a very shallow water environment. This conclusion is supported by the absence of ammonoids in the uppermost part of the Permian of these regions.

Ostracod fauna shows certain similarities with Late Permian faunas of Bükk Mountains, NE Hungary and of Western Taurus, Turkey, as well as of Dolomites, Italy and of Meishan section (South China). The presence of three common species, *Acratia visnyoensis*, *Bairdia deweveri* and *?Paraparchites chenshii*, exhibits the paleobiogeographical links between south-eastern part, central part and northern part of the Palaeo-Tethys during the Late Permian. All analysed ostracod assemblages are typical from platform environment with a depth lower than 50-100 m. Four levels contain ostracod assemblages which testify more internal zone.

The recovered Late Permian fauna from the Komirić section, i.e., conodonts of the *Hindeodus–Isarcicella* population, foraminifers and ostracods, are first report from the area and also in central part of the Balkan Peninsula. The studied microfauna from the NW Serbia is of significant importance for biostratigraphic correlation of this region with other localities of the Tethyan Realm.

<sup>1</sup> Department of Paleontology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Đušina 7, P.O.Box 62, 11000 Belgrade, Serbia; E-mail: sudar@eunet.rs

<sup>2</sup> Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, SLO-1000 Ljubljana, Slovenia; E-mail: tea.kolar@geo-zs.si

<sup>3</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia; E-mail: djdivna@gmail.com

<sup>4</sup> Department of Earth and Environmental Sciences, University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019, USA; Faculty of Geology, St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia, E-mail: gnestell@uta.edu

<sup>5</sup> CNRS, UPMC Université Paris 06, UMR 7207 CR2P, Laboratoire de Micropaléontologie, T.46-56, E.5, case 104, 75252 Paris cedex 05, France; E-mail: sylvie.crasquin@upmc.fr

## The palaeogeographic position of the Jadar Block in the context of Early Carboniferous plate distribution

DIETER KORN<sup>1</sup>, MILAN N. SUDAR<sup>2</sup>

The distribution of Palaeozoic terranes between the supercontinents Laurussia and Gondwana is not well-understood. Particularly the palaeogeographic position of the occurrences of Carboniferous sedimentary rocks on the Balkan Peninsula is an unsolved problem.

Analyses time-equivalent ammonoid assemblages may help to understand the relationships between the various regions with Carboniferous rock successions. We analysed the faunal spectrum of two time intervals, which are widely represented by faunas, (1) the early Late Viséan (middle Asbian), and (2) the latest Viséan/early Serpukhovian (Pendleian) with respect to similarity and dissimilarity between the regions. Based on the occurrence of genera, a cluster analysis was achieved, and the results can be discussed in the context of geological data.

Up to now, only one occurrence of Early Carboniferous ammonoids is known from the Jadar Block, and only one further occurrence has been described from the Balkan Peninsula. The latter is the locality Prača near Sarajevo (Bosnia and Herzegovina), and the first is Milivojevića Kamenjar in the Družetić village near Valjevo (NW Serbia), in which two ammonoid horizons are exposed: (1) an early Late Viséan horizon containing the genera *Entogonites*, *Beyrichoceras*, *Goniatites*, and *Prolecanites*, and (2) a horizon with around the Viséan-Serpukhovian boundary with *Dombarites*, *Rhymmoceras*, *Irinoceras*, and *Uralopronorites*. Both intervals can rather precisely be correlated with the other ammonoid occurrences in Central and North-western Europe, North Africa, the South Urals, western United States, etc.

The cluster analysis reveals that, for the early Late Viséan (Fig. 1), three major provinces of occurrences of ammonoid genera can be separated, (1) an eastern North American province (including Alaska and the Antler Foreland Basin), (2) a North Variscan province (Central and North-western Europe, Portugal), and (3) a South Variscan/North Gondwanan province with the Anti-Atlas and the Jadar Block. This analysis is not very stable because of the low number of co-occurring ammonoid genera and their rather cosmopolitan distribution pattern. *Goniatites*, for instance has an almost global distribution and *Entogonites* has been reported from Alaska, Utah, Ireland, England, Germany, Poland, the Czech Republic, Bosnia and Herzegovina, Serbia, and Morocco. This means that correspondence of these shelf areas must have existed in this time interval.

The distribution is different in the early Serpukhovian. Two major realms can be separated, both with two provinces. A south-eastern realm includes (1) a Uralian-North Gondwanan province (including the South Urals and the Bechar Basin of Algeria) and (2) a South Variscan province (Cantabrian Mountains and Jadar Block). A north-western realm is composed of a North Variscan province (Central and North-western Europe) and a North American province (American Midcontinent and Antler Foreland Basin). This analysis is much more robust because of the high number of ammonoid genera (in total 40) and their limited palaeogeographic range.

It can be concluded that the single ammonoid occurrence at Milivojevića Kamenjar site (Družetić near Valjevo) indicates, for the early Late Viséan and early Serpukhovian (Fig. 2), close relationships to other South Variscan–North Gondwanan occurrences. While for the early Late Viséan a correspondence with the Central and North-western as well as North American occurrences can be postulated, clear separation took place until the early Serpukhovian, for which the spectrum of genera suggests a South Variscan position of the Jadar Block.

---

<sup>1</sup> Museum für Naturkunde, Leibniz Institute at the Humboldt University Berlin, Invalidenstraße 43, 10115 Berlin, Germany; E-mail: dieter.korn@mfn-berlin.de

<sup>2</sup> University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Palaeontology, Đušina 7, PO Box 62, 11000 Belgrade, Serbia; E-mail: sudar@eunet.rs

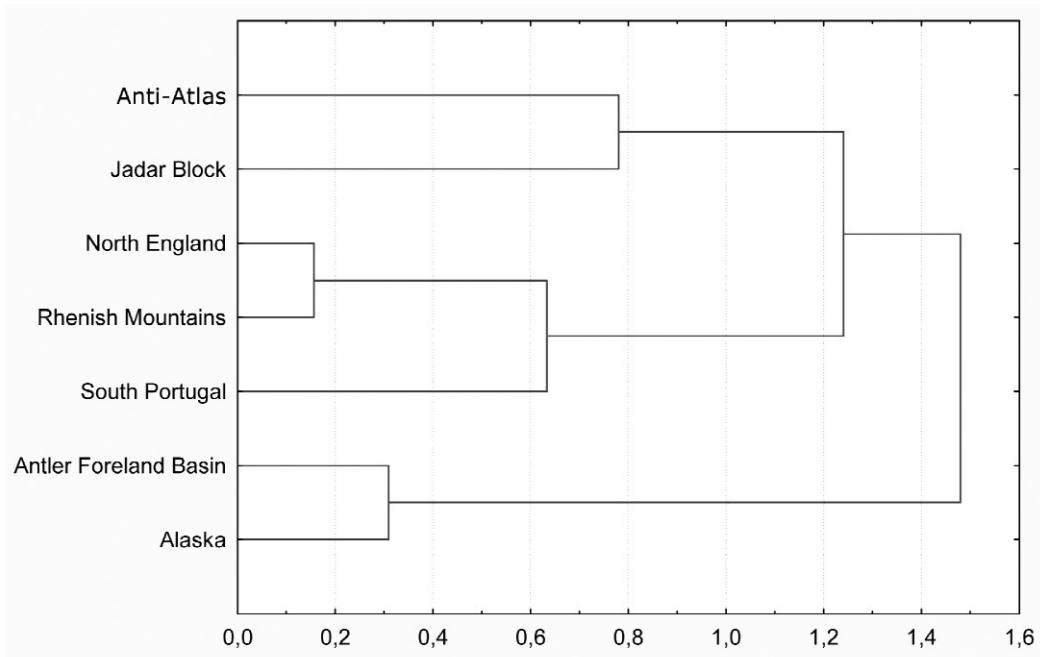


Fig. 1. Dendrogram of a hierarchical cluster analysis using Ward's linkage algorithm for the early Late Viséan ammonoid occurrences.

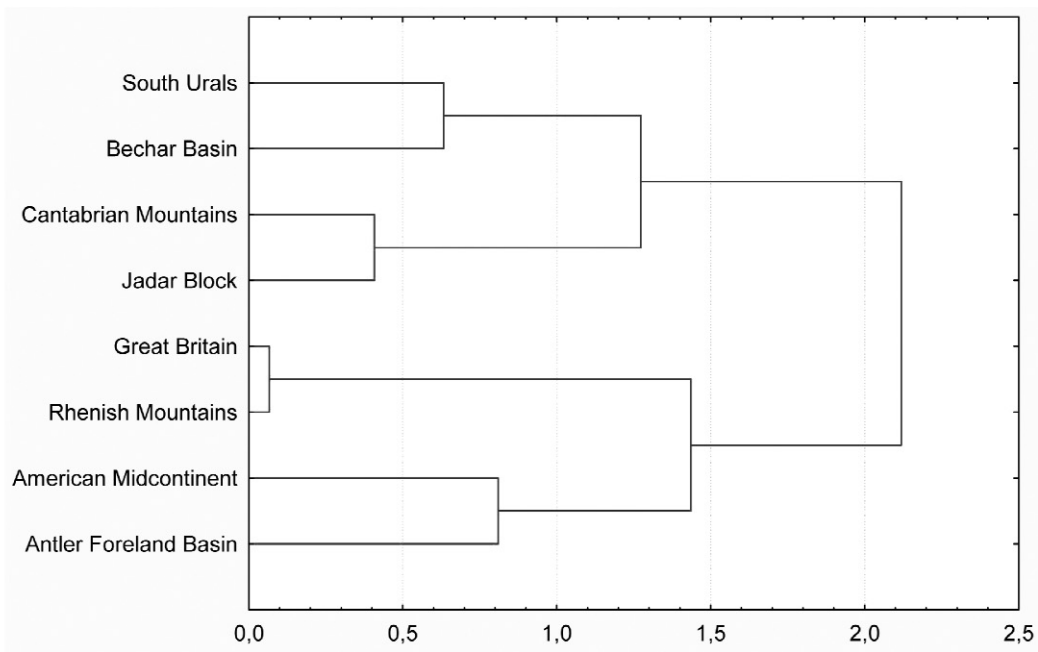


Fig. 2. Dendrogram of a hierarchical cluster analysis using Ward's linkage algorithm for the ammonoid occurrences at the Viséan-Serpukhovian boundary.

## Evolution of the Wetterstein Carbonate Platform in the Zlatibor Mountain (Sirogojno, SW Serbia)

SIGRID MISSONI<sup>1</sup>, MILAN N. SUDAR<sup>2</sup>, HANS-JÜRGEN GAWLICK<sup>1</sup>,  
DIVNA JOVANOVIĆ<sup>3</sup> & RICHARD LEIN<sup>4</sup>

Triassic shallow- and deep-water carbonates occur together with Triassic radiolarites widespread as olistoliths and slides in the Middle to early Late Jurassic *mélange* of the Dinaridic Ophiolite Belt in the Zlatibor Mountain. These slides occur tectonically on top of the Drina-Ivanjica Palaeozoic and the late Middle to early Late Jurassic ophiolitic *mélange* respectively the ophiolites and not below as interpreted before. These slides were interpreted to derive from the Drina-Ivanjica Unit, where they should have formed the original sedimentary cover, disintegrated in the Late Jurassic. According to our investigations the slides of this carbonate-clastic *mélange* differ in age, facies and palaeogeographic origin. The carbonate rocks are originated from a relatively broad shelf in the Triassic facing the Neotethys Ocean to the east, maybe reaching from the adjacent Drina-Ivanjica Unit further to the east. In contrast, the Triassic radiolarites and the ophiolitic rocks, which occur mostly below the carbonatic *mélange*, derive from the Neotethys Ocean basin floor. These mixtures of different rocks forming *mélanges* are part of the Dinaridic Ophiolite Belt.

A kilometre-sized block in the Zlatibor carbonate *mélange* provides a complete succession of the Wetterstein Carbonate Platform (WCP) evolution, dated by means of conodonts. The complete section of the WCP evolution starts in the Klisura Quarry with bedded cherty limestones on top of a bentonite layer, which forms a thrust on top of Late Anisian Bulog Limestones and can be followed along a forest road in westward directions and then along the road from Sirogojno to Rožanstvo. The lower part of the succession is preserved in the Klisura Quarry and the upper part of the succession including the drowning event is preserved in an old quarry and few other places along the main road in direction Rožanstvo. The age range of the Wetterstein Formation as part of Wetterstein Carbonate Platform remains until now enigmatic and is estimated as Ladinian to Late Carnian. The Wetterstein Formation should pass directly in the Norian/?Rhaetian Dachstein Limestone without interruption of e.g., siliciclastics, drowning-sequences or longer lasting gaps.

According to our new data the platform starts to prograde in Early Carnian times over hemipelagic Late Ladinian cherty limestones with fine-grained alldapic limestones (Trnava Formation). Shallow-water reef-slope and reefal limestones evolved in the Early Carnian (Wetterstein Formation). The top of the platform is recrystallized by karstification and partly dolomitized. After a period of omission caused by uplift, new subsidence started in early Late Carnian. This is documented by a drowning/flooding sequence of same age. The evolution of the onset and the drowning of the Wetterstein Carbonate Platform prove a palaeogeographic derivation of this block in the *mélange* from the more outer shelf area, but still in a shallow-water carbonate platform position; this palaeogeographic position is especially confirmed by the new pulse of subsidence in the Late Carnian after a long lasting phase of omission. The evolution of the Wetterstein Carbonate Platform in the Inner Dinarides corresponds perfectly to successions known from the southern parts of the Northern Calcareous Alps or the southern West Carpathians.

---

<sup>1</sup> University of Leoben, Department for Applied Geosciences and Geophysics, Prospection and Applied Sedimentology, Peter-Tunner-Strasse 5, 8700 Leoben, Austria; E-mail: hans-juergen.gawlick@mu-leoben.at; s.missoni@daad-alumni.de

<sup>2</sup> University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Palaeontology, Đušina 7, P.O. Box 62, 11000 Belgrade, Serbia; E-mail: sudar@eunet.rs

<sup>3</sup> Geological Institute of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia; E-mail: djdivna@gmail.com

<sup>4</sup> University of Vienna, Centre for Earth Sciences, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria; E-mail: richard.lein@univie.ac.at

## Профил квартарних творевина приобаља Саве код Београда

ДРАЖЕНКО НЕНАДИЋ<sup>1</sup>, КАТАРИНА БОГИЋЕВИЋ, МЕРИ ГАНИЋ,  
ЈЕЛЕНА МИЛИВОЈЕВИЋ, ЗОРИЦА ЛАЗАРЕВИЋ

Квартарне наслаге приобаља Саве на потезу *Макиш - Ада Циџанлија - Нови Београд* углавном су представљене алувијалним творевинама плеистоценске старости преко којих дискордантно леже савремене алувијалне наслаге холоценске старости. На основу података из бушотина рађених за потребе грађевинарства или водоснабдевања града Београда може се видети да наведене творевине леже преко старијих плио-плеистоценских наслага терестрично-језерско-барског карактера. Испод ових творевина налазе се миоценски седименти Паратетиса, најчешће лапораци панонског ката.

Најнижи хоризонт квартарних наслага се литолошким саставом и палеонтолошком стерилношћу јасно одваја од наслага неогена у подини и речних творевина плеистоценске старости у повлати. Изграђен је од шарених шљунковитих глина, сивозелених и смеђих алеврита, песковитих и шљунковитих алеврита са честим појавама сочива оксида гвожђа и мангана, местимично са конкрецијама калцијум карбоната, понекад са сочивима и прослојцима песковитог шљунка и сиво-зелених пескова. О овим наслагама, местимично велике дебљине, углавном не постоје подаци у старијој литератури, дефинисане су као кора распадања неогена или им је давана нека друга погрешна интерпретација. Услед немогућности коришћења биостратиграфско-палеонтолошких рашчлањавања, те на основу њиховог стратиграфског положаја, сукцесије неогених и квартарних наслага, а на основу методе суперпозиције, старост им је одређена на граници плиоцен-плеистоцен.

Алувијални седименти, који чине повлату овим најстаријим квартарним наслагама, представљени су класичним флувијалним творевинама шљунковито-песковитог састава у смени са алевритима и местимично глинама. Често се у њима, посебно у нижим хоризонтима, запажа циклично смењивање творевина корита, поводња и старча, због чега се у новијој литератури обично дефинишу по називом *полициклични речни седименти*. Палеонтолошким испитивањима утврђено је да се у оквиру ове јединствене генетске целине могу издвојити две јасно одвојене стратиграфске једнице, творевине старијег плеистоцена и холоцена. Критеријум за раздвајање литолошки сличних флувијалних творевина старије плеистоценске и холоценске старости представља присуство шкољака рода *Corbicula*, чије се постојање везује само за речне седименте формиране током старијих одељака квартара.

**Кључне речи:** квартар, речне наслаге, копнено-језерски седименти, бушотине, приобаље Саве, Београд.

---

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Бушина 7, Београд.



## Sarmatian Limestones of the Vicinity of Negotine

SREBRENKA PETROVIĆ<sup>1</sup> & LJILJANA TANASKOVIĆ<sup>2</sup>

A large number of local geological columns Sarmatian in age were recorded in the vicinity of Negotine. They are made of terrigenous clastic sediments and carbonate rocks. Petrological investigations of carbonate rocks showed that (based on Folk's classification from 1959, 1962) these rocks are allochemsparite, allochemomicrite and orthochemical calcarenite limestones and calcrudite. According to Dunham classification (1962) these rocks are rudstone, grainstone, packstone and mudstone.

**Allochemsparite limestones** - are biosparite, oosparite, biooointrasparite, oo(intra)sparite and biooosparite. Biosparites (rudstone) are located in Volinian and Bessarabian substages. These limestones consist of biogenic allochem, detrital component and sparite orthochem. Allochems of Volinian limestones consist of oriented mollusk fragments. Fragments of gastropods (*Hydrobia sp.*), foraminiferas (*Miliolidae?* *Porosonion sp.*) and algae are also present.

Oosparite (grainstone) are present only in Volinian. Difference between oosparites is in size of allochems. Grains of terrigenous material (such as granitoides, intermediate volcanic rocks, schist, plagioclase and quartz) are found as nucleus in ooliths with coatings.

These limestones have no free biogenic allochems, as it is all found in oolite nuclei. They are rare foraminiferas and mollusks (*Pirinella sp.*).

Fine-grained oosparites have one coating around the nucleus. Quartz, feldspar, pyroxene and rarely epidote occur as a nucleus. Fauna is represented by fragments of gastropods (*Pirinella sp.*), small foraminiferas (*Miliolidae*), and rare ostracods. Terrigenous component is present in a concentration of about 20%.

Biooointrasparite (grainstone) occur only in Bessarabian. These are rocks with complex allochem composition with equal presence of oolite, the remnants of fauna and intraclasts. Fauna is presented by *Elphidium sp.*, *Quinqueloculina sp.*, rare ostracods and gastropods. Oolites are concentric in structure with fragments of fauna and terrigenous grains that occur as nuclei. Intraclasts are simple and complex. Terrigenous component is present in small quantity.

Oo(intra)sparite (grainstone) can be found only in Bessarabian. Features of oolites indicate vadose zone. Structure of coatings suggests that there has been growing in city. Oolite cores are mostly built of intraclasts and a small part of fragments of fossils. From the present fauna are rare foraminiferas and gastropods and perhaps the presence of algae *Lithophyllum*.

Biooosparite (grainstone) are found only in Bessarabian. They are built of tightly packed allochem with dominant presence of fauna and oolites. Fauna is presented by *Elphidium sp.*, *Quinqueloculina sp.* and algae *Lithophilium sarmaticum*.

**Allochemomicrite limestones** - sandy biomicrite (packstone) are Volinian in age. Difference between them is in the size of allochem, terrigenous fractions as well as in the association of fossils. Larger allochems consist of large fragments of mollusks, and rare foraminiferas and ostracods. Smaller allochems consist of numerous foraminiferas (*Quinqueloculina sp.*, *Triloculina sp.*, *Elphidium sp.*), ostracods (*Leptocytera sp.*, *Xestoleberis sp.*, *Cyprideis sp.*) and bryozoans. Sandy component is fine-grained and well sorted.

Pelbiomicrite (packstone) is Bessarabian in age. Allochems of pellets are dominant. Fossils are *Miliolidae* and ostracods.

**Orthochemical limestones** are micrites (mudstone) and are located in the Volinian and Bessarabian. They consist of micrite calcite with low content of organic matter and fossils.

Special types of limestones are calcarenites and calcrudites and they occur only in Hersonian. They are built of mixture of terrigenous and allochem components cemented with sparite.

<sup>1</sup> Geološki institut Srbije, Rovinjska 12, 11000 Beograd, E-mail: srebra.petrovic@gis.co.rs

<sup>2</sup> Geološki institut Srbije, Rovinjska 12, 11000 Beograd, E-mail: ljiljatanaskovic@gis.co.rs

Allochems present oolite, intraclasts and fossils (foraminiferas., and fragments of gastropods and mollusk's shells). Terrigenous part consists of quartz, feldspars (orthoclase, microcline, zonal plagioclase), chloritized biotite, muscovite, pyroxene, amphiboles, hornblende, zircon, epidote and fragments of gabbroids and schists. Large amount of heavy minerals indicate that the origin of terrigenous material was near.

The different types of limestone present in the Sarmatian imply that conditions during sedimentation were changing. The presence of oolitic limestone in Volinian and Bessarabian indicate that the limestones were formed in the warm, shallow water environment, with occasional changes in energy intensity of water. The presence of pellets also indicates the shallow water environment with very low energy of water. Intraclasts are result of erosion and destruction of poorly cemented carbonate sediments within the sedimentary basin soon after deposition. The presence of terrigenous fractions of arenite and rudite dimensions indicates that occasional transport of clastic materials from the mainland occurred from time to time. Transport was carried out through shock.

**Key words:** Sarmatians, limestones, Negotin, allochemsparite, allochemomicrite

## Meteoritic Component in the Cretaceous-Paleogene Boundary Fish Clay at Højerup (Stevns Klint, Denmark): the Ir Abundance

PAVLE I. PREMOVIĆ<sup>1</sup>, BUDIMIR S. ILIĆ<sup>1</sup> & NIKOLA D. NIKOLIĆ<sup>1</sup>

The lowermost Danian Fish Clay Member of the Rødvig Formation near the village of Højerup (hereafter referred as the Fish Clay) at Stevns Klint is a classic Cretaceous-Paleogene boundary section. ALVAREZ *et al.* (1980) have first reported an anomalously high Ir (29 ppb) concentration in the Fish Clay, explaining this enhanced Ir proposing an impact of extraterrestrial bolide (ca. 10 km in diameter) occurring at the Cretaceous-Paleogene boundary. Many researchers consider that this impactor formed the ca. 180 km crater at Chicxulub (Yucatan Peninsula, Mexico), one of the largest impact structures on Earth. Numerous experimental evidences indicate that the impact occurred in a continental crust. It has been suggested that the impactor was a carbonaceous chondrite-type body.

The lithology of the Fish Clay characterizes five distinctive layers within this boundary section: a bottom Maastrichtian bryzoan-rich limestone, a black marl, brown-to-grey marl, the top light-grey marl. The light-grey marl is overlain by the Danian Cerithium limestone. The black marl and partly grey marls are here considered to constitute the main part of the boundary section at Højerup containing about 80 % of the total Ir in the Fish Clay, PREMOVIĆ (2009).

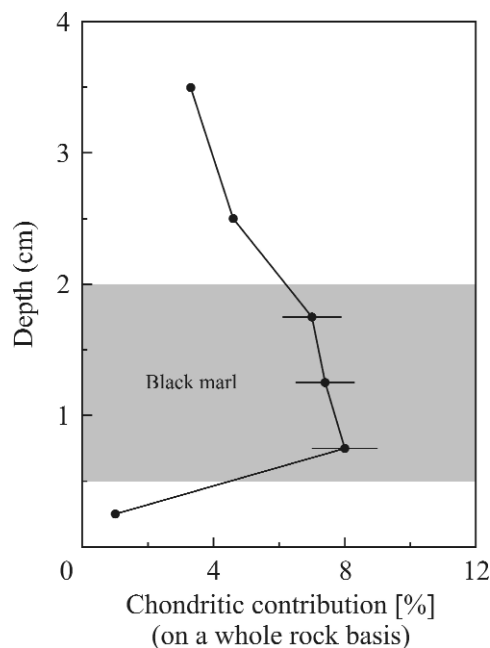


Fig. 1. Chondritic contribution (on the whole rock basis).

Enrichment of Ir in the KPB clays is generally regarded as indicative of the presence of a meteoritic component. Hence, Ir is a very sensitive means of examining impactor contribution to the boundary clays. Ir is a good choice for geochemically identifying a meteoritic component because of the much greater concentration of Ir in carbonaceous chondrites compared

<sup>1</sup>Laboratory for Geochemistry, Cosmochemistry and Astrochemistry, University of Niš, P.O. Box 224, 18 000 Niš, Serbia. E-mail: pavle.premovic@yahoo.com

to the crustal target rocks. For example, carbonaceous chondrites typically contain 406.0-849.4 ppb Ir, while most continental crustal rocks contain <0.2 ppb Ir.

SCHMITZ (1988) reported the INAA data for Ir in the carbonate-free phase across the Fish Clay as this metal is wholly located in this part. The carbonate content of the black marl is between 35- 45 %. Assuming that all the Ir found in the Fish Clay originated from anhydrous carbonaceous chondritic component (average Ir = 608.5 ppb), we estimate that chondritic contribution in the carbonate-free fraction of the Fish Clay ranges between about 5-9 % (with an average of about 7 %) chondritic material to this marl (on a whole-rock basis) (Fig. 1).

## References

- ALVAREZ, L. W., ALVAREZ, W., ASARO, F., MICHEL, H. V. 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208, 1095-1108.
- PREMOVIĆ, P. I. 2009. The conspicuous red “impact“ layer of the Fish Clay at Højerup (Stevns Klint, Denmark). *Geochemistry International*, 47, 513-521.
- SCHMITZ, B. 1988. Origin of microlayering in worldwide distributed Ir-rich marine Cretaceous/Tertiary boundary clays. *Geology*, 16, 1068-1072.

## Heterogeneous Distribution of the Displacement Gradient Along Normal Fault System and Possibilities of a Model Prediction, an Example From Eastern Austria (Burgenland)

DARKO SPAHIĆ<sup>1</sup>, ULRIKE EXNER<sup>1</sup>, MICHAEL BEHM<sup>2</sup>, BERNHARD GRASEMANN<sup>1</sup>,  
ALEXANDER HARING<sup>3</sup> & HERBERT PRETSCH<sup>1</sup>

In a gravel pit at the eastern margin of the Eisenstadt-Sopron Basin, a satellite of Vienna Basin (Austria), Neogene sediments are exposed in the hanging wall of a major normal fault. The anticlinal structure and associated conjugated secondary normal faults were previously interpreted as a rollover anticline above a listric normal fault. The spatial orientation and distribution of sedimentary horizons and crosscutting faults was mapped in detail on a laser scan of the outcrop wall, and in order to assess the 3D distribution and geometry of this fault system, a series of parallel ground penetrating radar (GPR) profiles were recorded behind the well-studied outcrop wall. Both outcrop and GPR data were compiled in a 3D structural model, providing the basis for a kinematic reconstruction of the fault plane using balanced cross section techniques. However, the kinematic reconstruction results in a normal fault cutting down- and up-section, which has no geological meaning. Additionally, no evidence for a weak detachment horizon can be identified in stratigraphic profiles. Instead, the observed deflection of stratigraphic horizons may be caused by displacement gradients along a planar master fault. Accordingly, the observed deflection of markers in the hanging wall – and in a nearby location in the footwall of the normal fault – is interpreted as large-scale fault drag along a planar fault with a displacement gradient, instead of a rollover anticline related to a listric fault.

**Key words:** Listric fault, fault drag, ground penetrating radar, balanced cross section

### Applied methodology

In order to extend the information of the two-dimensional exposure in the St. Margarethen gravel pit in the third dimension with the aim to construct a three-dimensional structural model, ground-penetrating radar (GPR) measurements were carried out using different transmitter antennae of 40 MHz (Reiss et al., 2003, Sauer., 2004). Additionally we used a RIEGL LMS-Z420i system, consisting of a high performance long-range 3D laser scanner and an attached calibrated high-resolution digital camera to obtain a 3D orthophoto. The entire dataset was assembled in Paradigm 3D modeling software. The constructed 3D model constrained most accurate path providing a high quality input data, a framework used later to geometrically reconstruct detachment according to depth-to-detachment balancing method.

The depth-to-detachment balancing method is based on a 2D geometrical reconstruction connecting an observed marker (i.e. Figure 1) to a supposed detachment. The shear angle of listric faults is frequently estimated using the Mohr-Coulomb Theory resulting in dip angles between 60°-70° (Tearpock and Bischke 2003). The bed thicknesses along the shear planes remain fixed and therefore this technique always results in a hanging wall area-balanced reconstruction. Practically, the marker horizon is divided into domains of constant dip and the amount of displacement between the dip domains is defined by the distance along the plane between the reconstructed and the deformed geometry of the marker horizon.

### Results

The reflection of particular marker horizons and their offset along faults with offsets are clearly mapped from 2D radargram sections using line-based fault and horizon picking techniques. Depicted sections of the fault planes enabled extrapolation of the surface data providing the input parameters for a geometrical balancing method.

---

<sup>1</sup> Department for Geodynamics and Sedimentology, University of Vienna, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria

<sup>2</sup> Institute of Geodesy and Geophysics, Vienna University of Technology, Gusshausstrasse 27-29, 1040 Vienna, Austria

<sup>3</sup> Christian Doppler Laboratory for “Spatial Data from Laser Scanning and Remote Sensing”, Vienna University of Technology, Gusshausstrasse 27-29, 1040 Vienna, Austria

The resulting balanced solution revealed that the detachment solution is in this case geologically meaningless. Balanced reconstruction along with a fact that there is no weak detachment (i.e. ductile salt layer) directly and indirectly questioned the listric fault model in this particular case. Instead, we propose a different solution where a normal fault of finite length normal is associated with large-scale fault drag both in hanging wall and footwall of a planar normal fault (SPAHIĆ *et al.*, submitted).

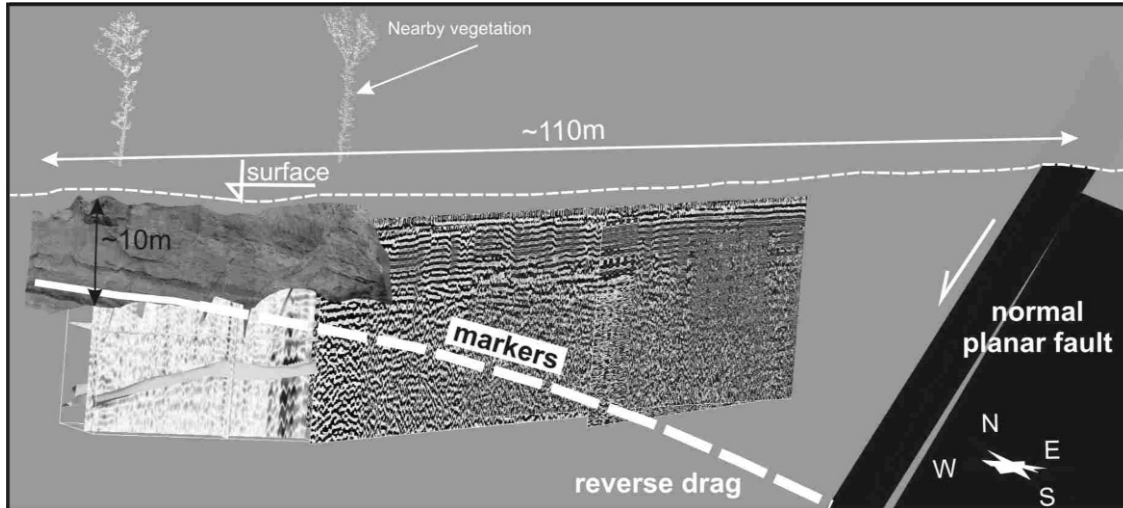


Fig. 1. The 3D model of the investigated area. Snapshot of the extrapolated marker revealing the large-scale reverse drag accommodated near normal fault

## References

- REISS, S. REICHERTER, R.K. AND REUTER, C.-D. (2003): Visualization and characterisation of active normal faults and associated sediments by high-resolution GPR, from: Bristow, C.S. & Jol, H.M. (eds) *Ground penetrating radar in Sediments. Geological Society Special Publications*, 211, 247-255.
- SAUER, R., SEIFERT, P., WESSELY, G., PILLER, W. E., KLEEMANN, E., FODOR, L., HOFMANN, T., SAUER, D. AND FELIX-HENNINGSSEN, P. (2004): Application of ground penetrating radar to determine the thickness of pleistocene periglacial slope deposits. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 167, 752-760.
- SPAHIĆ, D., EXNER, U., BEHM, M., GRASEMANN B., HARING A., PRETSCH H. (SUBMITTED): Listric versus planar normal fault geometry: an example from the Eisenstadt-Sopron Basin (E Austria). *International Journal of Earth Science*.
- TEARPOCK, D.J., BISCHKE, R.E. (2003). *Applied Subsurface Geological Mapping*. pp 821.

## « Earth Before Dinosaurs » Impact of the Book on Earth Science Diffusion

J. SEBASTIEN STEYER<sup>1</sup>

The book « Earth Before Dinosaurs » (STEYER, 2009) deals with the origin and evolution of tetrapods from the Devonian to the Triassic, as well as methodologies used in Palaeontology, including Sedimentary Geology. Edited by Belin Eds, Paris, and printed in 2009, this book is the only synthesis available on the subject, at least in Europe. It contains five chapters: Chapter 1 deals with sarcopterygian fishes closed to tetrapods; Chapter 2 deals with evo-devo and origin of digits; Chapter 3, evolution of amphibians and the problem of the lissamphibian origin; Chapter 4, origin and evolution of the early reptiles; and Chapter 5 presents methodologies used in Palaeontology, from prospections using Geology to 3D morphological analyses.

Written in French, but translated in Czech and Dutch till now, it was presented in various Book's International Meetings (Paris, Geneva, Brussels) and numerous conferences in scientific and scholar institutions (Natural History Museums, High

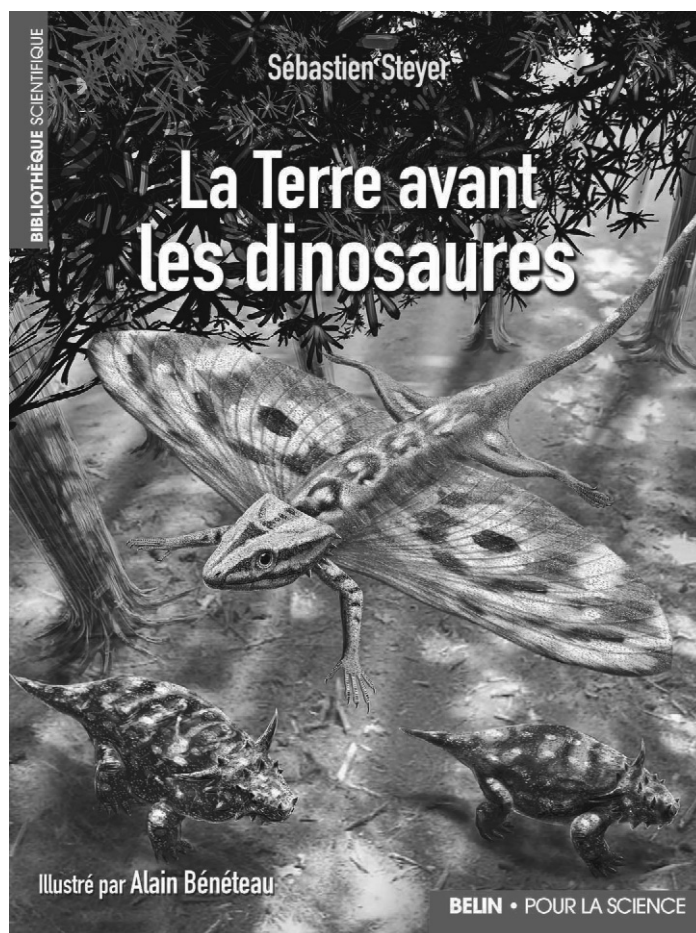


Fig. 1. Cover page of the original French version of the book “Earth before dinosaurs” dealing with Evolution, Palaeontology and Sedimentary Geology.

<sup>1</sup> CNRS-Muséum national d’Histoire naturelle, Département Histoire de la Terre, CP38, 75005 Paris cedex 5, France

Schools...). This book is very well accepted by the critics of Science Magazines, Newspapers, radios and TV channels (Synaps TV), and is still ranked among the best-sellers in Amazon.com, Earth Sciences section. Today, around 5000 exemplaries have been sold in France.

This relative « success » could be explained by the fact that Palaeontology is often summarized, unfortunately, as the study of dinosaurs and pre-humans only. The reader therefore « discovers » a new, ante-dinosaurian world, and learns that Palaeontology, together with Geology, are equally important to reconstruct the evolution of the first tetrapods. At least, this book is highly illustrated, with developed legends which remain independent from the text: this allows a large spectrum of public reading and understanding it, from the popular to the university level.

**Key words:** Early tetrapods, Palaeozoic, Triassic, evo-devo, palaeoenvironments, sedimentary Geology.

### ***Acknowledgments***

I would like to thank the Illustrator, Alain Bénétou ([www.paleospot.com](http://www.paleospot.com)) and my Editor, Stéphane Frey for their great help and cooperation.

### **Reference**

STEYER, J.S. 2009. La Terre avant les dinosaures. 250 pp. Editions Belin Pour la Science, Paris, (In French).



## Формациона основа лежишта бакра Бор Formational Base of the Bor Copper Deposit

ИВАН АНТОНИЈЕВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Основу разорене структуре Борског лежишта граде делови карбонатне параплатформе Источне Србије (субподинска формација Великог крша) и ободне структуре Тимочког палеорифта (моноклинала Великог крша). У повлати ових структура ређају се хомогене стенске масе: подинске, интерформационе (бакроносне) и повлатне формације лежишта. Геолошку основу лежишта бакра Бор изграђује подинска Кривељска формација. Лежи трансгресивно и дискордантно преко моноклинале Великог крша. Еквивалентна је Леновачкој формацији Тупижнице и алб-ценоману. У њеној повлати дискордантно лежи туронски вулканогени комплекс Тимочке формације, са лежиштима бакра, и епикластични сенон, еквивалентна Метовничкој формацији, јужно од Бора. Суперповлатне формације лежишта граде две, приближно хомогене, стенске масе, ранга формација: алтернирајућа формација борских пелита и туfoва и конгломерати Бора.

**Кључне речи:** лежиште бакра, Бор, Формације: подинска, интерформациона (рудоносна), повлатна, пирокластити (турон), епикластити (сенон), алб-ценоман.

**Abstract.** The base of the destroyed Bor copper deposit structure is made of the parts of the Eastern Serbian carbonate para platform (the sub-footwall formation of Veliki Krš) and the Timok Paleorift peripheral structures (the Veliki Krš monocline). Homogeneous rock masses of the deposit: sub-footwall, interformation (copper-bearing) and hanging wall formations line up in the hanging wall of these structures. The Krivelj footwall formation is the geological base of the deposit. It lies transgressively over the Veliki Krš monocline, and is equivalent to the Lenovac formation of mountain Tupižnica and the Albian–Cenomanian. In its hanging wall, there lies the discordant, volcanic, productive Turonian of the Timok formation with copper deposits, and the epiclastic Senonian equivalent to the Metovnica formation, south of Bor. Super hanging wall formations of the deposit make two different, approximately homogeneous rock masses, the rank of formation: the alternating formation of Bor pelytes and tuffs, and Bor conglomerates.

**Key words:** formation, footwall, ore-bearing, hanging wall, Turonian, Senonian, Albian–Cenomanian, deposit, copper, Bor.

### Увод

Формациони модел представља покушај да се геолошка грађа и металогенија Борског лежишта прикажу формационо у оквиру локалних и регионалних формационих јединица лежишта (Таб. 1).

Модел обухвата неколико хомогених или приближно хомогених стенских маса, односно литогенетских јединица, ранга формације, вишег или нижег реда (групе, формације, чланови и др.).

Формације су размештене суперпозиционо у односу на Туронску вулканогену асоцијацију стена (Тимоцити) тзв. I вулканске фазе и лежишта Бора као: подинске, интрамедијарне (рудоносне), повлатне и суперповлатне.

Њихов развој, међусобни односи и грађа приказани су табеларно у складу са срединама настанка, вулканизмом и седиментацијом у дијапазону вракониен–сенон.

### Формациони модел лежишта

Основе формационог модела Тимочког вулканогеног комплекса поставио је Ђорђевић са сарадницима у студији: „Геологија јужног дела Тимочке еруптивне области“ (1997). Прекретницу у тим истраживањима представља, међутим, епохално откриће стратиформног лежишта бакра „Ново Окно“, јужно од Бора (Мишковић, 1989), и Ђорђевићева

<sup>1</sup> Вјекослава Ковача 14, 11000 Београд

Табела 1. Формациони модел лежишта бакра Бор. vvvv – дискорданција  
Table 1. Formacional model of the Bor Cooper Deposit. vvvv – discordance

Формације групе		Тип формације односи		Састав, грађа		Металогенија		Врменски развој	
Група формација	КОНГЛОМЕРАТИ БОРА		кластична регресивна — vvvv —	конгломерати, пешчари, песковити алевролити		—		мастрихт	
	БОРСКИ ПЕЛИТИ И ТУФОВИ	Субовлатна	Алтернирајућа маринска — vvvv —	пелити, туфови, аугит андезити		—		средњи горњи сепоп	
	ЕПИКЛАСТИЧНА “Тимочка формација”	Повлатна	Субмаринска рудоносна — vvvv —	Брече, псамити, ређе пелит, рудокласти, олигостолити		Олигостромско лежиште <b>Си руда,</b> <b>“Ново Окно”</b>		доњи сепоп горњи туроп	
Рудоносна гр. формација	СУБВУЛКАНОГЕНА ИНТРУЗИВНА “Борска формација”	Интермедјарна	Субвулканогсна Хипоабисалне консолидације — ? —	Андезити дацити диорити кварцдиорити	Хидротермалне алтерације	Порфирска минерализација <b>Лежиште Си</b> <b>Борске реке,</b> <b>Кривељ</b>	турон		
	ПИРОКЛАСТИЧНА “Тимочка формација”	Интермедјарна	Вулканогсна (субабска) — vvvv —	Тимоцити (хорнбленда андезити)		Масивни сулфиди <b>главна лежишта</b> <b>Си руда Бор</b>	турон		
Група формација	“Кривељска формација”	Подинска	Кластична, трансресивна — vvvv —	Глаукозитски пешчари конгломерати		Глаукозит Фосфороспе копкреције		ЦЕНОМАН вракон	
	Формација ВЕЛИКОГ КРША	Субподинска	Карбонатна параплатформа	Биоспарити калкрудити		—		УРГОН	

интерпретација: „Епикластично и пирокластично у првој вулканској фази Тимочке еруптивне области“ (1994).

У том контексту разматрана је формациона и генетска проблематика лежишта бакра Бор и могућности издвајања одговарајућих формационих јединица и њихових чланова.

### Подинска (Кривељска) формација

Геолошку основу Борског лежишта изграђује кластична Кривељска формација, откривена источно и североисточно од Бора (Велики и Мали Кривељ-Кварнана). Лежи трансресивно и дискордантно

преко уругонске карбонатне параплатформе моноклинале Великог крша.

Развој и генеза подинске формације лежишта почиње у средњој креди, процесима рифтогенезе, издизањем и истезањем карбонатне параплатформе источне Србије и великом ценоманском трансгресијом (ANTONIJEVIĆ *et al.* 1974).

Подинска кластична формација лежишта, дискорданција и трагови трансгресије откривени су североисточно од Бора, још 1958. године. Настанак формације почиње у алб-ценоману (вракониен) таложењем глаукозитских кластичних седимената и наставља даље у ценоман (ANTONIJEVIĆ, 1958). То је најстарија Кривељска формација, подина Борског лежишта, односно вулканогене Тимочке формације.

Према локалним профилима и стубовима откривена су три члана формације, укупне дебљине око 115 м.

**Доњи члан.** Глауконитски гвожђевити кластити Кварнане (конгломерати, пешчари, брече). Трансгресија, вракониен. Трагови вулканизма нису уочени;

**Средњи члан.** Глауконитски псамити, фосилоносни алевролити и пелити (цефалоподи *Turrilites bergeri* и др. макро и микрофауна). Стратиграфски и формациони еквивалент Леновачке формације Тупижнице (вракониен). Нису уочени трагови вулканске активности. Садрже киселе плагиокласе реда албит, олигоклас из Горњанског кристалина;

**Горњи члан.** Жућкасти лискуновити пешчари и алевролити Кривељске реке и Великог крша са сферосидеритским конкрецијама (средњи–горњи ценоман). Присутни су трагови „вулканске активности“ са зонарним плагиокласима, реда андезин, лабрадор, Геолошки недовољно проучени део.

Колико горњи члан Кривељске формације (ценоман) залази навише у вулканогени турон, неизвесно је; односи су вероватно дискордантни.

## Интермедијарна формација

Главна формациона јединица у вулканској структури Бора. Субаерска, туронска, са веома израженим вулканитима и пирокластитима и суб-вулканско-интрузивним стенама борског подручја. Рудоносна. Обзиром на сложеност ове јединице и процесе сулфидне рудне минерализације могу се издвојити:

### Тимочка формација

Тимоцитска асоцијација стена хорнбленда-биотит андезита, хорнбледна-биотит дацита и других вулканита, субаерске консолидације, са главним лежиштима бакра масивних сулфида. Прва вулканска фаза ДРОВЕНИКА (1968). Пирокластити ове формације не „прелазе поступно у Борске пелите и туфове, а ови у конгломерате Бора“ (ДРОВЕНИК, 2005).

### Борска формација

Или формација борске реке (условно) са више петрогених чланова субвулканског до хипоабисалног нивоа (диорити, кварцдиорити и др.) и порфирским лежиштима бакра борске реке (Бор-Кривељ). Стене ове формације петрохемијски су блиске творевинама Тимочке формације (МАРИЋ 1975).

### Хидротермално алтерисане зоне

Условно чланови, односно јединице нижега реда, у оквиру предходних вулканогених формација,

нарочито Тимочке, са бројним рудним телима масивних сулфида Си руда, рудним жилицама и главним лежиштима бакра централне рудне зоне (рудно поље Бор), лежиштима северозапада (Брезаник) и лежиштима југоисток, са више рудних тела.

## Повлатна епикластична формација

Вулканогени комплекс Бора разаран је и еродован, истовремено, вероватно у субмаринским условима сенонског мора (подводна клижења, ручеви и др.). Тако је настала повлатна епикластична формација лежишта, у Бору недовољно позната и петролошки непроучена, са више чланова.

Стратиграфски и формациони еквивалент Метовничкој формацији турон-доњи сенон, јужно од Бора (ЂОРЂЕВИЋ & БАНЈЕШЕВИЋ 1997). Услојени, епикластични, субмарински седименти (епикластични агломерати, брече, конгломерати), интеркалисани сенонским пелитима и туфовима.

У епикластитима ове формације налазе се преталожене фрагменти свих старијих формација, рачунајући и рудне фрагменте, а на потезу лежишта бакра југоисток, у тим епикластитима, формирано је олигостромско сенонско лежиште бакра „Ново Окно“, данас откопано, са редепонованим рудокластима „А и Б“ масивних сулфида (олистоликти) из централне зоне Борског рудишта.

Лежи дискордантно преко продуктивне туронске групе формација Тимочке и Борске, укључујући и зоне хидротермалне алтерације. Иако је материјално „слична“ Тимочкој формацији пирокластита издвајамо је као посебну литогенетску јединицу епикластита борског подручја, ранга формације.

## Суперповлатна група формација

У даљој еволуцији Борске структуре, у повлати епикластита и продуктивних формација Борског лежишта, образовани су марински Борски пелити и туфови, као алтернирајућа горњосенонска формација модела, а у суперповлати најмлађа, регресивна, формација борских конгломерата.

### Борски пелити и туфови

Алтернирајућа интрасенонска формација кампанске старости. Лежи дискордантно у повлати рудоносних формација и епикластита. Горњи делови ове формације, у Бору, изграђени су од пирокластита претежно пироксен андезит-базалтског састава, због чега се у студији ЂОРЂЕВИЋА I \_\_\_\_\_ (1997, стр. 87) третирају као члан андезит-базалтске формације Дубраве, западно од Бора.

## Борски конгломерати и пешчари

Најмлађа формација Борског лежишта (мастрихт). Лежи дискордантно преко пелита и туфова и других старијих формација. Тектонски инверсна у односу на продуктивне формације лежишта. Настала је у фази оплићавања и регресије сенонског мора, са два члана: а. Конгломерати и конглобрече и б. Пешчари и песковити конгломерати. Садржи све фрагменте из околине лежишта укључујући и рудне. Алевролитски седименти из нижих делова конгломерата садрже фораминиферску микрофауну средњег мастрихта (Djordjević, 1997. стр. 126).

Суперповлатне формације лежишта: Борски пелити и конгломерати млађе су од туронских пирокластита Тимочке формације и не могу да буду везане „поступним прелазима“ са тим творевинама, како пише Drovenik (2005).

## Пирокластично и епикластично

У првој вулканској фази Тимочке еруптивне области (Тимоцитска асоцијација стена, Drovenik 1961; Antonijević 1961; Drovenik *i dr.* 1962) дуго нисмо разликовали епикластично од пирокластичног. Све је то била једна, материјално недељива асоцијација стена, у Бору позната као прва вулканска фаза, тако истраживана и картирана на терену, у јама и у бушотинама.

Извесно је да се у таквој асоцијацији стена, у циљу даљих истраживања и усмеравању истражних радова, у Бору, морају издвојити одговарајуће литогенетске јединице, потенцијално различите: епикластична сенонска и вулканогена туронска.

**Епикластична јединица**, описана као повлатна, сенонска јединица лежишта, са пелитима, туфовима и фрагментима свих стена подинских формација, укључујући локално и рудне фрагменте, и, нарочито, редепоноване рудокласте (олистолоити) масивних сулфида бакра у лежишту „Ново Окно“.

**Вулканогена јединица**, субаерска, претежно пирокластична уз локално учешће лавичних и субвулканско-интрузивних стена и продуката хипоабисалне консолидације, хидротермалне алтерације и сулфидних лежишта бакра (рудна тела масивних сулфида) и порфирских руда лежишта Борске реке. У предходном тексту приказана је као интермедијарна продуктивна формациона јединица Борског лежишта.

## Закључак

Формациона основа лежишта бакра Бор представља покушај да се геолошка грађа и металогенија лежишта прикажу формационо у оквиру

локалних и регионалних јединица: подинских, интермедијарних (рудоносних) и повлатних формација. Геолошку основу лежишта изграђује подинска Кривељска формација. Лежи трансгресивно и дискордантно преко моноклинали Великoг Крша; еквивалентна је Леновачкој формацији Тупижнице и алб-ценоману. У повлати кластичне Кривељске формације лежи продуктивни вулканогени турон Тимочке и Борске формације са лежиштима бакра масивних сулфида и порфирских руда, и епикластичан сенон, еквивалентан Метовничкој формацији, јужно од Бора. Суперповлатне формације лежишта граде две различите, приближно хомогене стенске масе ранга формације: алтернирајућа формација Борских пелита и туфова и конгломерати Бора.

## Литература

- ANTONIJEVIĆ, I. 1958. Donja kreda između Krivelja i Bučja. *Geološki vesnik*, knj. XVI, Beograd.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1961. Geološka gradnja Timočko-pečke eruptivne oblasti III Kongres geologa FNR Jugoslavije Budva, knj. I, Titograd.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1973. Stratigrafija i tektonika Velikog Krša i Stola u Istočnoj Srbiji. *Rasprave Zavoda za Geol. i Geof. Istraživanja*, Beograd.
- ANTONIJEVIĆ, I. 1974. Gornjokredni paleorift Istočne Srbije. *Metalogenija i koncepcija geotek. razv. Jugoslavije*. Rudarsko-geološki Fak. Beograd.
- DROVENIK, M. 1961. Geološko-petrološka studija šire okolice rudnika bakra Bor. Neobjavljena Doktorska disertacija. Univerzitet u Ljubljana.
- DROVENIK, M., ANTONIJEVIĆ, I., MIČIĆ, I. 1962. Novi pogledi na magmatizam i geološku gradnju Timočke eruptivne oblasti. *Geološki Vesnik Ser. A*. Knj. XX, Beograd.
- DROVENIK, M. 1968. Razvoj magmatskih in piroklastičnih kamnin v okolici bakrovega rudšča Bor. *Geologija, Rasprave in poročila*, Ljubljana.
- DROVENIK, M. 2005. Origin of Bor and other Copper Deposits in its surroundings (E. Serbia). *Razprave IV, raz. SAZU XLVI-1*.
- DJORDJEVIĆ, M. 1994. Piroklastično i epiklastično u „prvoj vulkanskej fazi“ Timočke eruptivne oblasti. *Geološki Vesnik, Ser. A, B Geologija*, Knj. 46, Beograd.
- DJORDJEVIĆ, M., BANJEŠEVIĆ, M. 1997. Geologija južnog dela Timočke eruptivne oblasti. *Sav. Min. za Privredu. SR. Jugoslav.*, Beograd.
- DJORDJEVIĆ, M. 2005. Volcanogenic Turonian and epiclastic of Senonian in the Timok Magmatic Complex between bor and the Tupižnica Mountain (eastern Serbia). *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, Knj 66 (2004-2005), Beograd.
- МАРИЋ, Ј. 1957. Магматити у ужем подручју рудника Бор у источној Србији. *Посебна издања САН-у*. Књ. ССХ-СVI, Београд.
- MIŠKOVIĆ, V. 1989. Geneza ležišta bakra „Novo Okno“ u borskom reonu. *Rud. Geo. Fak.* (Disertacija, nepublikovano) Beograd.

## Геолошке карактеристике лежишта угља “Поље Звиздар” у Колубарском басену

### Geological Characteristics of Coal Bearings of the “Polje Zvizdar” in the Kolubara Basin

МИЛАН БАБИЋ<sup>1</sup> и ВЛАДАНА АРСЕНИЈЕВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Резултати овог рада презентују: положај, кратак опис геолошке грађе, резултате петрографских анализа угља, и осврт на резерве лежишта “Поље Звиздар”. Циљ је да се укаже на потенцијалност поменутог лежишта угља у смислу проширења минерално сировинске базе угља наше земље.

На основу теренских истраживања и резултата лабораторијских испитивања на простору “Поља Звиздар” могу се издвојити три значајна стенска комплекса: стене палеорељефа, стене неогена и стене квартара.

Основни предуслов за стварање угља Колубарско-Тамнавског басена постојање бујне мочварне вегетације на ободу Панонског мора. Угљену серију “Поља Звиздар” чине два сложена угљена слоја који су раслојени, тако да ово поље припада раслојеном типу слојевитих лежишта угља.

Угаљ “Поља Звиздар” је ксилитског литотипа са местимичним прослојцима барског угља. Доминантни мацерали су текстинит и улминит чија је заступљеност са преко 50 %

У северозападном делу лежишта “Поље Звиздар” од око 4 km<sup>2</sup>, доистраживаном, детаљним геолошким истраживањима 2009. године добијене су резерве угља од око 50×10<sup>6</sup> t, за сада то треба схватити као процењене резерве. Обзиром да је истражни простор поменутог лежишта вишеструко већи, као и површина простирања угљене серије, геолошке резерве читавог лежишта су знатно веће.

**Кључне речи:** геолошка грађа, раслојена угљена серија, петрографски састав, резерве.

**Abstract.** The results of this article comprises position, short description of geologic structure, the results of petrographic analysis of coal, and the reference on the reserves of bearing of the “Polje Zvizdar”. The aim of this work is to point out on mentioned potential bearing of coal in the sence of widen of mineral raw-material coal basis of our country.

Based on field studies and the results of laboratory tests in the area, “Polje Zvizdar” can be singled out three major rock complexes: paleorelief rocks, rocks of Neogene and rocks Quarternary.

The basic precondition for the creation of the coal basin Kolubara–Tamnava existence of lush marsh vegetation at the edge of the Pannonian Sea. Coal series “Polje Zvizdar” complex consists of two coal layers that are decomposed, so that this field belongs to the decomposed type of layered deposits of coal.

Coal “Polje Zvizdar” is ksilit litotip with periodic laminaes bar coal. Dominant macerali are tekstinit and ulminit whose presence with over 50%.

In the northwestern part of the deposit “Polje Zvizdar” of about 4 km<sup>2</sup>, detailed geological surveys 2009. the coal reserves were obtained of about 50×10<sup>6</sup> t, for now it should be understood as the estimated reserves. Since the investigating space-mentioned deposit area several times larger, and the propagation of surface coal series, geological reserves of the entire deposit is much greater.

**Key words:** Geological settings, interbedded coal series, coal petrology, reserves.

## Увод

Рад се заснива на анализи резултата извршених геолошких истраживања, а такође и резултата детаљних геолошких доистраживања дела лежишта

“Поља Звиздар” изведених 2009. године, чиме је проширено сазнање о поменутом лежишту угља.

“Поље Звиздар”, обухвата атар села: Тврдојевац, Гуњевац, Мургаш, Бајевац, Врховине, Звиздар и Докмир и налази се у непосредној околини града Уб.

<sup>1</sup> ПДРБ “Колубара”, Одељење за пројектовање и надзор, Буре Јакшића 2, Лазаревац. E-mail: milan.babic@rbkolubara.co.rs

<sup>2</sup> ПДРБ “Колубара”, Одељење за пројектовање и надзор, Буре Јакшића 2, Лазаревац. E-mail: vladana.arsenijevic@rbkolubara.co.rs

Западни део Колубарског басена у чијем саставу се налази “Поље Звиздар”, налази се у југозападном делу Колубарског басена између реке Колубаре на истоку и реке Тамнаве на западу и захвата површину од око 70 km<sup>2</sup>. Налази се између “Поља Трлић” на северу, “Поља Радљево” на североистоку и “Поља Рукладе” на истоку.

Први подаци о старости и појави угља на овом терену датирају из 1893.

Пре првог светског рата вршени су истражни радови на отварању угљенокопа. Истраживања су настављена између два рата као и после рата. Од 1974. до 2009. године изведено је 144 истражне бушотине, од чега је 17 бушотина обухваћено детаљним геолошким истраживањима 2009. године.

### Кратак приказ геолошких карактеристика лежишта угља “Поља Звиздар”

На простору “Поља Звиздар” могу се издвојити три значајна стенска комплекса: стене палеорелефа, стене неогена и стене квартара. Преко палеозојских шкриљаца дискордантно залежу неогени седименти, преко којих је наталожена серија квартарних седимената (сл. 1).

осталом делу лежишта њена просечна вредност дебљине 11,14 m. Дебљина главног угљеног слоја износи 1–22,20 m, а његова просечна дебљина је 8,90 m. Дебљина подинског угљеног слоја је 1–8,95 m, а његова просечна дебљина износи 4,17 m. Угљевите глине, глине и ређе пескови изграђују међуслојну и интраслојну јаловину дебљине од неколико центиметара до неколико метара.

Настанак угља поменутог лежишта условљен је формирањем пространих мочвара плавлених слатком водом, као и бујне биљне вегетације услед суптропске климе по ободним слатководним деловима Панонског басена (врло плитки водени басени тј баруштине које су обрасле бујном барском вегетацијом у чијој се води налази слободан кисеоник али у врло ограниченој количини, представљају средину за акумулацију остатака виших биљака, а самим тим и стварање тресета) (Ђорђевић 1965). Вишефазна седиментација поменутог биљног материјала у горњем понту, условила је дебљину и изглед слојева угља у оквиру угљене серије. Раслојеност угљеног слоја је поузрокована палеорелефом, тако да је у западном делу терена, где је издигнут терен, мања раслојеност, већа дебљина, док је у источном делу терена раслојеност већа, а дебљина угљених



Сл. 1. Геолошки профил кроз “Поље Звиздар”

Fig. 1. Geological profile through “Polje Zvizdar”

У литолошком погледу горњи понт представљен је: песковима, глиновитим песковима, алевритима, песковитим глинама, глинама, и угљеном серијом. Најзаступљеније су песковите глине, док сивоплави пескови изграђују најниже делове литостратиграфског стуба.

Угљену серију “Поља Звиздар” чине два сложена угљена слоја који су раслојени интраслојном јаловином, а раздвојени су међуслојном јаловином тако да ово поље припада раслојеном типу слојевитих лежишта угља (Ђорђевић 1965). Укупна дебљина продуктивне угљене серије (збирна дебљина главног и подинског угљеног слоја) креће се од 1–30,31 m (Бабич 2008), у северозападном делу њена просечна вредност је 20,21 m (Оцокољић 2009), док је у

слојева мања. Треба истаћи да је у просторима где је угљ мање раслојен, поменути настао на лицу места (аутохтони тип стварања угља), док је на местима где је угљ више раслојен, долазило до већег транспорта биљног материјала (алохтони тип стварања угља) (Груличич 1986).

Шумске мочваре су средине са доминацијом крупних стабала и то: *Taxodium*, *Quercus*, *Acer* и др. Ова средина производи велику количину дрвенасте материје (ксилит) која даје најквалитетније делове у угљеном слоју. То су обично дебљи хоризонти угља мрке боје. Овакав угљ је крупнијег детритуса.

На подручју “Поља Звиздар” могу се издвојити регионалне и локалне руптурне структуре. Регионалне руптурне структуре представљају раседи

пружања североисток–југозапад (убски расед – река Уб) и исток–запад (кладнички расед – река Кладница). Локалне руптурне структуре стоје углавном управно на регионалне, односно представљају њихове терасне пукотине (ТАНЧИЋ 1965).

### Петрографски састав угља “Поља Звиздар”

Петрографска анализа узорака угља рађена је на 41 узорку из 10 бушотина (ПУЛЕКОВИЋ 1987) и показала је уједначеност у саставу мацерала и минерала код свих посматраних узорака угља. Треба нагласити да су посматрани узорци угља **ксилитског литотипа** са местимичним прослојцима **барског угља**. Средњи садржај ксилита износи 65%, а креће се од 45% до преко 80%.

Доминантни мацерали су текстинит и то код узорака угља из плићих делова бушотина (до 60 m) и улминит код узорака угља са веће дубине (преко 80 m) и они су заступљени са преко 50%. Садржај осталих мацерала је променљив тако да се хумдетринит јавља са око 8–12 %, а више је заступљен атринит. Садржај гелинита се креће од 2,0 до 7,5% и заступљенији је код узорака са дубине од 100 m и дубље. Садржај липтинита се креће око 5,5%. Инертинити су представљени фузинитом и инертдетринитом. Фузинит се јавља у виду самосталних зрна док се инертдетринит јавља расејан у хумдетриниту. На основу добијених резултата петрографских анализа констатовано је да код посматраних узорака угља степен гелификације органске материје није исти. Код узорака угља дубине од 50–80 m индекс гелификације се креће око 0,50–0,80 док код узорака са веће дубине од 100 m индекс гелификације износи и до 1,30. (ПУЛЕКОВИЋ 1987).

У бушотини Н1m-87,5 доминантно су заступљени детрит 33,2% и текстит 33,5%, затим гелит 11,6%, фузит 8,99%, смола 4,95% а прате их у значајнијем садржају пирит 6,5% и нешто глине 2,4% (ОЦОКОЉИЋ 2009)

### Резерве

У северозападном делу лежишта “Поље Звиздар” од око 4 km<sup>2</sup>, доистраживаном, детаљним геолошким истраживањима 2009. године добијене су резерве угља од око 50 × 10<sup>6</sup> t, за сада то треба схватити као процењене резерве. Обзиром да је истражни простор поменутог лежишта – већи, као и површина простирања угљене серије, геолошке резерве читавог лежишта су знатно веће.

### Закључак

На основу теренских истраживања и резултата лабораторијских испитивања на простору “Поља

Звиздар” могу се издвојити три значајна стенска комплекса: стене палеорељефа, стене неогена и стене квартара.

Важно је истаћи да је основни предуслов за стварање угља Колубарско-Тамнавског басена постојање бујне мочварне вегетације на ободу Панонског мора. Угљену серију “Поља Звиздар” чине два сложена угљена слоја који су раслојени, тако да ово поље припада раслојеном типу слојевитих лежишта угља.

Према значају и величини издвојена су два типа руптурних структура. Регионалне структуре имају пружање северо-исток – југо-запад. Пружање локалних структура је северо-запад – југо-исток.

Угаљ “Поља Звиздар” је ксилитског литотипа са местимичним прослојцима барског угља. Доминантни мацерали су текстинит и улминит чија је заступљеност са преко 50%.

У северозападном делу лежишта “Поље Звиздар” од око 4 km<sup>2</sup>, доистраживаном, детаљним геолошким истраживањима 2009. године добијене су резерве угља од око 50 × 10<sup>6</sup> t, за сада то треба схватити као процењене резерве. Обзиром да је истражни простор поменутог лежишта вишеструко већи, као и површина простирања угљене серије, геолошке резерве читавог лежишта су знатно веће.

У данашње време када је битна свака тона угља, овај сажет опис геолошких карактеристика Поља “Звиздар” представља покушај да се укаже на значај овог лежишта као потенцијалног ресурса за експлоатацију угља.

### ЛИТЕРАТУРА

- БАБИЋ, М. 2008. Пројекат детаљних геолошких истраживања угља лежишта Поља “Звиздар” у Звиздару СО Уб. Фондовска документација геолошке службе РБ “Колубара”, Лазаревац, 1–20.
- ГРУЛИЧИЋ, В. 1986. Документациони елаборат о основним геолошким истраживањима угља у “Пољу Звиздар”. Фондовска документација геолошке службе РБ “Колубара”, Лазаревац, 1–27.
- ЂОРЂЕВИЋ, Ж. 1965. Геологија угљева (Геологија каустобиолита, књига III и IV). Завод за геолошка и геофизичка истраживања и Савезни геолошки завод, Београд, 53–171.
- ОЦОКОЉИЋ, М. 2009. Документациони елаборат о изведеним геолошким истраживањима лежишта “Звиздар” у Колубарском угљоносном басену. Фондовска документација ЕПС, Београд, 1–15.
- ПУЛЕКОВИЋ, Д. 1987. Петрографска анализа узорака угља Звиздар-Колубарски басен. РО Геолошки завод, Београд, 20–21.
- ТАНЧИЋ, Ј. 1965. Тамнавски рудници лигнита-јама “Звиздар”. Фондовска документација геолошке службе РБ “Колубара”, Лазаревац, 5–8.





## Geološka istraživanja u Stanarskom ugljenom basenu Geological Exploration of the Stanari Coal Basin

TATJANA BLAGOJEVIĆ<sup>1</sup>, ALEKSANDRA MITROVIĆ<sup>2</sup> & RADA ČEREK<sup>3</sup>

**Apstrakt.** U cilju usmeravanja eksploatacionih radova i dokazivanja postojeće i povećanja sirovinke baze potrebno je da se vrše detaljna geološka istraživanja. Najčešće je u stanarskom ugljenom basenu vršeno istražno bušenje sa malim brojem analiza za utvrđivanje kvaliteta, a bez prethodno, na odgovarajućim geodetskim podlogama, urađenih geoloških karata ležišta, situacionih karata pozicija istražnih radova i obračunskih blokova i dr.

Za pravilnu ocenu rezervi i kvaliteta ugljeva neophodno je raspolagati velikim brojem podataka dobijenim istražnim bušenjem i uzorcima dobijenim u procesu jezgrovanja produktivnih intervala slojeva uglja. Pouzdanost podataka o rezervama uglja, na bazi kojih se donose odluke o izgradnji termoenergetskih objekata, ocenjuje se prema stepenu istraženosti bilansnih rezervi i stepenu istraženosti celog ležišta.

Na osnovu svih do sada izvedenih istražnih radova i stepena poznavanja ležišta, izvršen je proračun geoloških rezervi uglja A, B, C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> kategorije. U cilju potvrđivanja rezervi i kvaliteta uglja u stanarskom basenu, „EFT-Rudnik i Termoelektrana Stanari“, d.o.o. ulaže izuzetne napore i sredstva za izvođenje istražnih radova i stalno proširenje baze podataka.

**Ključne reči:** Ugljeni basen Stanari, geološki istražni radovi, rezerve.

**Abstract.** For the purpose of directing of exploitation, proving of stability and increasing of raw material base, there is a necessary to perform detailed geological explorations.

In Stanari's basin was performed drilling exploration with small numbers of qualitative analysis, but before its were not formed geological maps of deposits, situation's maps of explorations, and other important maps on appropriate geodetic base.

If we want proper evaluation of coal reserves, and quality of coal, it is necessary handling with large numbers of exploration data and large numbers of samples in productive interval of coal layers.

Reliability coal reserves data, which are the base for making decisions about construction of thermal power facilities, are evaluated toward the degree of exploration balance reserve, and exploration degree of whole deposit.

Calculation of geological coal reserves of A, B, C<sub>1</sub> and C<sub>2</sub> was made on the basis of all previous drilling explorations and the degree of deposit knowledge.

Joint Stock Company "EFT- Mine and Termal Power Plant of Stanari", invests outstanding efforts and resources to carry out researching works and is constantly expanding data bases.

**Key words:** Stanari Coal Basin, Geological Explorations, Reserves.

### Uvod

Ležišta Raškovac i Ostružnja predstavljaju zapadni i južni deo stanarskog ugljenog basena. U okviru ležišta urađen je veliki broj istražnih radova (geoloških, hidrogeoloških, manje geomehaničkih i geofizičkih), na osnovu čijih rezultata su proračunate rezerve uglja, procenjen kvalitet uglja, utvrđene hidrogeološke i geomehaničke karakteristike i na

kraju definisan način eksploatacije. Primenjeni sistem istražnog bušenja u ovom ležištu je najrasprostranjeniji način izvođenja radova kod osnovnih, prethodnih i detaljnih istraživanja. Dobijena jezgra poslužila su za utvrđivanje litološkog sastava, paleontološka ispitivanja i razna laboratorijska ispitivanja. Rezultati ovih ispitivanja omogućili su kompleksno sagledavanje svih relevantnih parametara kod procene rezervi i kvaliteta uglja. Tokom istražnog bušenja

<sup>1</sup> "EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari" d.o.o., Stanari, BiH-Republika Srpska. E-mail: tatjana.blagojevic@eft-stanari.net

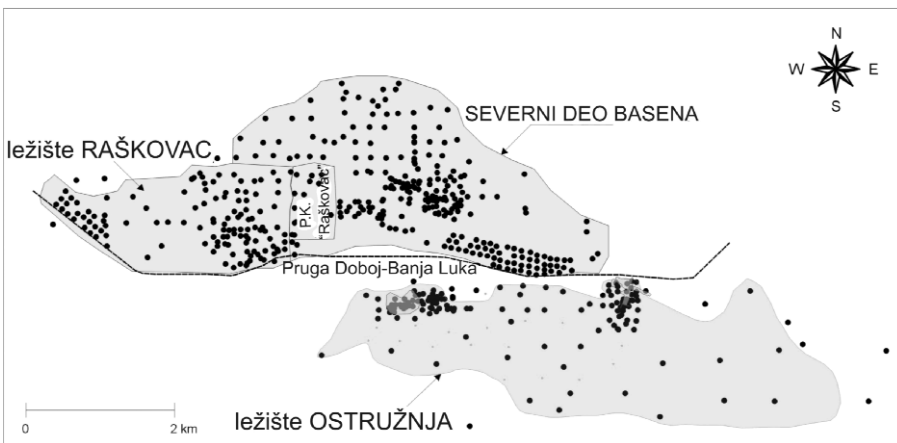
<sup>2</sup> "EFT-Rudnik i termoelektrana Stanari" d.o.o., Stanari, BiH-Republika Srpska. E-mail: aleksandra.mitrovic@eft-stanari.net

<sup>3</sup> "Rafinerija nafte" a.d., Bosanski Brod, BiH-Republika Srpska. E-mail: rada.cerek@rafinerija.com

vršena su hidrogeološka ispitivanja radi utvrđivanja zavod-njenosti ležišta (meren je NPV) i uticaj pojave i priliva vode tokom eksploatacije uglja. Rezultati ovih ispitivanja omogućili su zaštitu od dotoka vode u jamu, a kasnije prelaskom na površinsku eksploataciju i na P.K. "Raškovac".

U stanarskom ugljenom basenu na izdancima uglja prvo je započeta eksploatacija jamskim radovima, a potom i manjim površinskim kopovima otvorenim u potocima Raškovac i Živkovac. Radi usmeravanja eksploatacionih radova i dokazivanja postojanosti sirovinke baze za povećanje dotadašnje proizvodnje odmah se krenulo sa detaljnim geološkim istraživanjima. Najčešće je zbog nedovoljnih finansijskih sredstava izvođenje istražnog bušenja praćeno malim brojem analiza za utvrđivanje kvaliteta, a bez prethodno, na odgovarajućim geodetskim podlogama, urađenih geoloških karti ležišta, situacionih karti pozicija istražnih radova i obračunskih blokova i dr.

Pored istražnog bušenja, u središnjem reviru severnog dela basena i u blizini Ostružnja u južnom delu basena, izveden je i ograničeni obim podzemnih rudarskih istražnih radova o kojima nema pisanih podataka.



Sl. 1. Pregledna karta Stanarskog ugljenog basena sa položajem ležišta uglja  
Fig 1. Review map of Stanari coal basin with locations of coal deposits

U periodu od 1951–1990. godine u ugljonosnom basenu Stanari izbušeno je oko 844 istražnih bušotina sa ukupnom metražom od oko 35.544 m.

Na osnovu svih do sada izvedenih istražnih radova i stepena poznavanja ležišta, izvršen je proračun geoloških rezervi uglja A, B, C<sub>1</sub> i C<sub>2</sub> kategorije. Na osnovu ovoga se može zaključiti da je gustina istražnih radova - istražnih bušotina kao i stepen istraženosti pojedinih dijelova basena neujednačen.

## Geološki istražni radovi

Prva istražna bušenja u ugljenom basenu Stanari početa su 1951. godine (1953, 1956, 1962, 1966–1967, 1969, 1972, 1976, 1978–1982, 1984, 1986–1988) i vršena su sa povremenim i kraćim prekidima sve do 1990. godine.

Od tada nastaje prekid od 7 godina zbog nedostatka finansijskih sredstava i građanskog rata. U periodu od 1990–2004. godine samo je vršeno eksploataciono istraživanje tj. uzimanje uzoraka uglja metodom grube brazde sa P.K. „Raškovac“. Devedeset procenata ovih istražnih radova izvedeno je od strane „Rudnika lignita Stanari“. U periodu 1951–1970. godine bušenja su vršena ručnim garniturama tipa „Crellious“, a u periodu od 1970 do 1989. godine mašinskim garniturama tipa „GRR-150“ i „GDR-150“. Sva bušenja je obavila geološka priprema Rudnika Stanari (uglavnom rotacionim bušenjem sa jezgrovanjem).

Neka istraživanja su rađena na P.K. „Raškovcu“ u periodu 1996–1997. godine. Dodatna istraživanja su vršena u ležištu Ostružnja 2005. godine. Istražno bušenje tokom 2005. godine na prostoru ležišta Ostružnja je vršeno bušačim garniturama „BA-150“ i „BA-300“. Bušenje je izvedeno sa kontinuiranim jezgrovanjem i isplakom. Početni prečnik bušenja bio je 146 mm, završni prečnik 86 mm, a procenat ukupno izvađenog jezgra uglavnom je iznosio preko 75%. U ugljenom sloju procenat izvađenog jezgra kreće se u intervalu od 80 do 100 %. Na ležištu „Raškovac“ istražno bušenje je vršeno garniturom „JANEZ 600“.

U 2005. godini su izvršeni istražni radovi na ležištu Ostružnja i na osnovu izvađenog jezgra, tj. uzetih pojedinačnih proba uglja i kompozita, izvršena analiza kvaliteta uglja, debljina slojeva uglja i utvrđene rezerve, tj. urađen Elaborat o rezervama uglja u ležištu Ostružnja sa stanjem 31.12.2005. godine.

U 2006. godini izvršena su geomehnička, hidrogeološka i geofizička istraživanja na lokaciji TE „Stanari“ i urađen Elaborat sa prikazom rezultata istraživanja.

U 2007. godini urađena su detaljna geomehnička i hidrogeološka istraživanja na lokaciji TE

„Stanari“. Takođe su urađena istraživanja u centralnom delu ležišta Raškovca (5 bušotina) sa pratećim laboratorijskim ispitivanjima.

Istraživanja na području ležišta „Raškovac“, do 2005. godine, vršena su na tehnički korektan način, uz zamerku da nije čuvana polovina izvađenog jezgra. Sem pisanih profila bušotina i laboratorijskih izveštaja nema drugih dokumentacionih materijala iz kojih bi se uzele kontrolne probe, već moraju da se rade nova doistraživanja.

Glavne primedbe na istraživanja izvršena do 2005. godine odnose se na ispitivanje kvaliteta i to:

- veoma mali broj analiziranih uzoraka,
- način uzimanja uzoraka i
- odsustvo kontrolnih analiza.

U ležištu „Ostružnja“ tokom 2008–2009. godine izvršena su geomehnička i hidrogeološka istraživanja (15 geomehničkih bušotina i 7 hidrogeoloških), na osnovu

kojih će se obezbediti neophodni podaci i podloge za izradu Glavnog rudarskog projekta P.K. „Ostružnja“.

Takođe su izvršeni istražni radovi na ležištu Raškovac (35 istražnih geoloških bušotina) u periodu od aprila do jula 2009. godine. Geološkim kartiranjem terena i istražnim bušenjem dobili su se osnovni podaci o geološkoj građi, genezi, tektonici i položaju ugljenih slojeva. Ovo istraživanje je vršeno sa ciljem da se dobiju podaci o kvalitetu uglja, izvrši kontrola postojećih parametara kvaliteta uglja i detaljno upozna geološka grada ugljenog sloja, a na kraju izvrši proračun rezervi za celo eksploataciono polje, tj. za čitav stanarski ugljeni basen.

Na lokaciji buduće termoelektrane i dela ležišta Raškovac 2009. godine izbušeno je 14 istražnih i geomehaničkih bušotina.

Istraživanjima koja su izvedena tokom 2008. i 2009. godine uzet je veći broj pojedinačnih i kompozitnih proba za laboratorijska ispitivanja nego što to nalaže Pravilnik (Sl. gl. Republike Srpske 51/04) sa ciljem detaljnog definisanja kvaliteta uglja. Polovina jezgra bušotina je ostavljena u sanducima na trajno čuvanje. Laboratorijska ispitivanja dala su zadovoljavajuće rezultate.

U ležištu su izdvojeni sledeći litološki članovi: povlatni sedimenti izgrađeni od humusa, kvartarne gline, peska, šljunka, ugljeni sloj (rovni ugalj i selektivna jalovina) i podinski sedimenti. Na osnovu uzetih pojedinačnih proba uglja i kompozita izvršena je analiza kvaliteta uglja. Sve ovo predstavlja veoma važan deo za izradu novog elaborata o rezervama uglja u stanarskom ugljenom basenu. Izvršiće se prekategorijska rezervi uglja i na osnovu potvrđenih rezervi uglja dalje će se vršiti planiranje investicija, načina rada, proizvodnje i prerade, a takođe planirati novi geološki istražni i eksploatacioni radovi.

Istraživanja izvedena u ležištu uglja u Stanarima imala su za cilj da se upoznaju i utvrde uslovi ležišta, zaleganje i prostiranje ugljenih slojeva, oblik i grada ležišta, kvalitativna i tehnološka svojstva uglja, kao i da se utvrde hidrogeološki i geomehanički parametri u obimu koji omogućava dobijanje osnovnih elemenata za buduću eksploataciju.

Istražni radovi izvedeni kroz dosadašnja istraživanja stanarskog ugljenog basena obuhvatali su sledeće radove: geodetske, geološke, hidrogeološke i rudarske istražne radove.

Prilikom ranijih istraživanja (do 1990. godine, a tako i 2005–2009. godine) geološki radovi sastojali su se u geološkom nadzoru nad istražnim bušenjem (usmeravan je rad na bušenju), preprojektovanju detalja, kartiranju jezgra i oprobavanju jezgra kroz ugljene slojeve i na kraju laboratorijskoj analizi i obradi svih ranijih i novodobijenih podataka na osnovu kojih je izvršen proračun rezervi i urađen elaborat o rezervama uglja (kako za ležište uglja Raškovac (sa stanjem 31. 12. 2004. godine), tako i za ležište Ostružnja (sa stanjem 31. 12. 2005. godine).

Ležište Raškovac je podeljeno na zapadni, centralni i istočni dio. U istočnom delu debljina ugljenog sloja se kreće između 3 i 7 m sa proslojcima gline. Ova oblast je eksploatisana jamskim radovima. U zapadnom dijelu debljina sloja je nešto veća i kreće se od 7 do 15 m, ali sa promenljivom debljinom i brojem proslojaka jalovine. Ovi

proslojci predstavljeni su uglavnom bentonitom, mekom plastičnom glinom nastalom alteracijom staklastog eruptivnog materijala, obično tufa ili vulkanskog pepela. Nova studija Jantar Grupe je obuhvatila zapadni deo ugljenog basena, kao najperspektivniji. Oni su prikazali da se debljina ugljenog sloja u zapadnom dijelu kreće od 5 do 13 m.

Na osnovu istražnih radova u ležištu Ostružnja (2005. godine) utvrđeno je da se debljina ugljenog sloja kreće od 5 do 8 m. Proslojci koji se javljaju unutar ugljenog sloja izgrađeni su od gline, peskova i šljunkova.

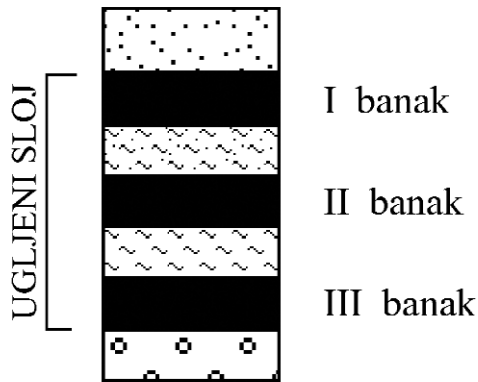
Kartiranje jezgra bušotina vršeno je na licu mesta, u toku bušenja bušotine, a crtani profili bušotina rađeni su u razmeri 1:100, ili 1:200. U periodu istraživanja do 1961. godine izbušeno je oko 474 bušotina (preko 56% ukupnog broja bušotina) čiji su profili sadržavali samo oznaku broja bušotine, dubinu intervala i debljinu litološkog člana. Za indentifikaciju litoloških članova data je zajednička grafička legenda sa veoma šturim opisom materijala (humus, pesak, glina, šljunak, ugalj, konglomerat itd.). Svi ostali podaci, veoma bitni za interpretaciju bušotine, su izostavljeni.

Od 1963. godine, kada istraživanje počinje da finansira i nadzire Savezni geološki zavod, profili bušotina su prikazivani u odvojenim (pojedinačnim) grafičkim priložima sa potpunijim tehničkim podacima, ali još uvek sa nepotpunim opisom nabušenih litoloških članova. Najčešće je dat uprošćen naziv materijala i povremeno njegova primesa i boja (pesak-glinovit-crven ili glina-sivozelena), a izostavljena je naznaka sastava, veličine zrna, plastičnost, intervali uzetih proba i rezultati analiza. Na osnovu toga, iz profila bušotina ne može se videti način oprobavanja i kvalitet uglja kao ni prisustvo pratećih mineralnih sirovina (bentonitskih glina, kvarcnog peska i šljunka određene granulacije). Obzirom na dati pristup u identifikaciji pratećih litoloških članova i nedostatka bilo kakvih analiza iz ovih materijala, vidljivo je da se u ranijim istraživanjima, sem uglja, nije posvećivala pažnja na prisustvo i drugih pratećih mineralnih sirovina i mogućnosti njihove uporedne eksploatacije. U okviru ovih radova, dopunskim istraživanjima severnog dela basena, iz 1996. i 1997. godine izvršena je dopuna postojećih profila bušotina sa upisivanjem kota krovine i podine ugljonosnog sloja, rezultata tehničkih analiza uglja, kao i detaljno kartiranje na PK “Raškovac”.

Iz detaljno kartiranih profila na PK “Raškovac” na poziciji detaljnog profila otkriven je ugljeni sloj sa 3 banka (označeni kao I, II i III banak – skica 1).

Na osnovu svih dosadašnjih geoloških istražnih radova dobijeni su neophodni podaci na osnovu kojih se sada formira baza podataka. Ona predstavlja neophodnu osnovu za projektovanje rudarskih radova. Svaka bušotina ima svoj naziv. Pozicija svake do sada urađene bušotine u prostoru je određena koordinatama x, y i z. Svaka bušotina ima i strukturalna obeležja po visini sa elementima kvaliteta:

- dubina;
- naziv strukture;
- debljina strukture;
- fizičko-mehaničke karakteristike;
- kvalitet.



Sl. 2. Šematski prikaz ugljenog sloja zapadnog dela stanarskog basena

Fig. 2. Sheme of coal layer in the western part of coal basin

U toku kartiranja bušotina uzimane su probe uglja za analizu kvaliteta (u određenim intervalima na određenim dubinama-pojedinačne probe ili kompoziti).

## Zaključak

Tokom istražnih radova izvedenih u periodu od 2005. godine do danas u stanarskom ugljenom basenu vršen je detaljan geološki nadzor i detaljno kartiranje jezgra, izrada pisanih profila, uzimanje uzoraka uglja za ispitivanja kvaliteta (geološki nadzor se vrši i danas kada je u toku istražno bušenje). Na taj način se poboljšava kvalitet bušenja, a sa time vrši kontrola izvođenja istražnih radova (uzimanje jezgra iz bušotine). Dobrim pristupom istražnim radovima i izvođenju istražnih radova, tj. istražnom bušenju sa odgovarajućim garniturama za bušenje, dobija se kvalitetnije jezgro, a samim tim i pouzdani podaci koji su potrebni za dalji rad.

Eksploatacija uglja je još uvek znatno jeftinija u mnogim zemljama, a primarna energija uglja glavna sirovina u proizvodnji električne energije. Time se povećava mogućnost za dalje istraživanje i usavršavanje načina istraživanja. Najviše se radi na tome da se proizvodnja uglja površinskom eksploatacijom ne samo održi na visokom nivou, nego i povećava. Kontinuiranim izvođenjem geoloških istražnih radova dobiće se kvalitetniji podaci o ležištu, kvalitetu uglja i rezervama. Kvalitetnim izvođenjem istražnih radova (modernizacijom opreme za bušenje) dobiće se pouzdani podaci potrebni za dalji rad i eksploataciju mineralne sirovine.

## Literatura

- LEKIĆ, B. 2006. Dopunski rudarski projekat P.K. "Raškovac"-Stanari. RI Banja Luka, 11–13.
- NOVAKOVIĆ, V. 2006. Elaborat o hidrogeološkim, inženjersko-geološkim i geomehaničkim karakteristikama lokacije za potrebe izrade idejnog projekta TE Stanari. Bijeljina, 29–33.
- NOVAKOVIĆ, V. 2007. Elaborat o rezervama i kvalitetu pitke i industrijske vode ležišta Dragalovci kod Stanara, opština Dobo. Bijeljina, 17–34.
- OLUJIĆ, J. 2005. Elaborat o klasifikaciji kategorizaciji i proračunu rezervi uglja stanarskog ugljenog basena sa stanjem 31.12.2004. godine. Republički zavod za geološka istraživanja, Zvornik, 43–45.
- SIMIĆ, D. 2008. Elaborat o rezultatima geoloških istraživanja po projektu "Detaljna geološka istraživanja uglja u ležištu "Raškovac" kod Stanara" (I istraživačka godina). Jantar grupa, Beograd, 33–35.
- SIMIĆ, D. 2009. Elaborat o geološkim istraživanjima u ležištu Raškovac-jug kod Stanara (II istraživačka godina). Jantar grupa, Beograd, 31–35.
- ŽIVOTIĆ, D. 2006. Elaborat o rezervama uglja u ležištu "Ostružnja" kod Stanara. Jantar grupa, Beograd, 29–33.

## Могућности и услови експлоатације минералних сировина на лежишту угља ”Поље Е”

Possibilities and conditions of mineral resources exploitation  
on designed open pit ”Ore-field E”

БОГОЉУБ ВУЧКОВИЋ<sup>1</sup> & ВЕСНА БОГДАНОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Лежиште угља ”Поље Е” представља веома битан минерално-сировински потенцијал производње угља у Колубарском угљоносном басену у блиској будућности. Време започињања првих радова на отварању и разради лежишта се неумитно примиче, а самим тим интензивирају се радови везани за претходна и детаљна пројектовања, као и остале видове разматрања. Основна корисна минерална сировина је нискокалорични меки мрки угљ – лигнит са око 325М t експлоатационих рудних резерви. Осим лигнита, лежиште изграђују и пратеће корисне неметаличне минералне сировине као што су кварцни пескови и шљункови. Геолошка истраженост лигнита је релативно задовољавајућа и резултати геолошких истраживања обезбеђују полазне податке за прелиминарна и претходна сагледавања и пројектовања. Део рудних резерви угља се може сврстати у резерве, а део због недовољне истражености у ресурсе. Значајне масе међуслојних кварцних пескова (око 145М m<sup>3</sup>) и шљунка (око 90М m<sup>3</sup>) се услед ниског степена геолошке истражености могу сврстати у ресурсе. У сваком случају, скоро целокупне масе ових НМС се ионако откопавају као откривка на површинском копу. Осим наведених корисних НМС, у подини главног угљеног слоја појављују се и подински кварцни пескови. Они су локално индицирани, а локално се њихово развиће може пратити на основу њиховог присуства у пољу ”Д”. Процењене количине ових кварцних пескова су неколико десетина милиона m<sup>3</sup>. Могућа финансијска и остале врсте добити произишле из овакве производње су несумњиво од изузетног значаја.

**Кључне речи:** угљ, поље Е, кварцни песак, шљунак.

**Abstract.** Lignite ore-field ”E” represent a very significant mineral resource potential of open pit exploitation in Kolubara coal basin in a nearest future. A timing of first open pit works is rapidly incoming. The base economic resource is a lignite with 325M mt exploitation reserves. Also, quartz sands and gravels represent a complementary mineral resources suite in the deposit. Results of previous geological explorations on coal provides conditions for preliminary and feasibility designing. A part of a coal masses could be determined as ore reserves, another part is still a resource. Significant masses of intrabeded quartz sands (about 145M m<sup>3</sup>) and gravels (about 90M m<sup>3</sup>) according to it’s poor previous geological explorations could be seated only in a non-metallic resources. In any case, almost all of those mentioned sands and gravels intend to be excavated as overburden on designed open pit. Further, just below the main coal bed, are indicated additional quartz sands layers, with increasing of quality. Estimated resources of this are few tens millions m<sup>3</sup>. Financial and other type of benefits in that ”all-together” resources exploitation are obvious and significant.

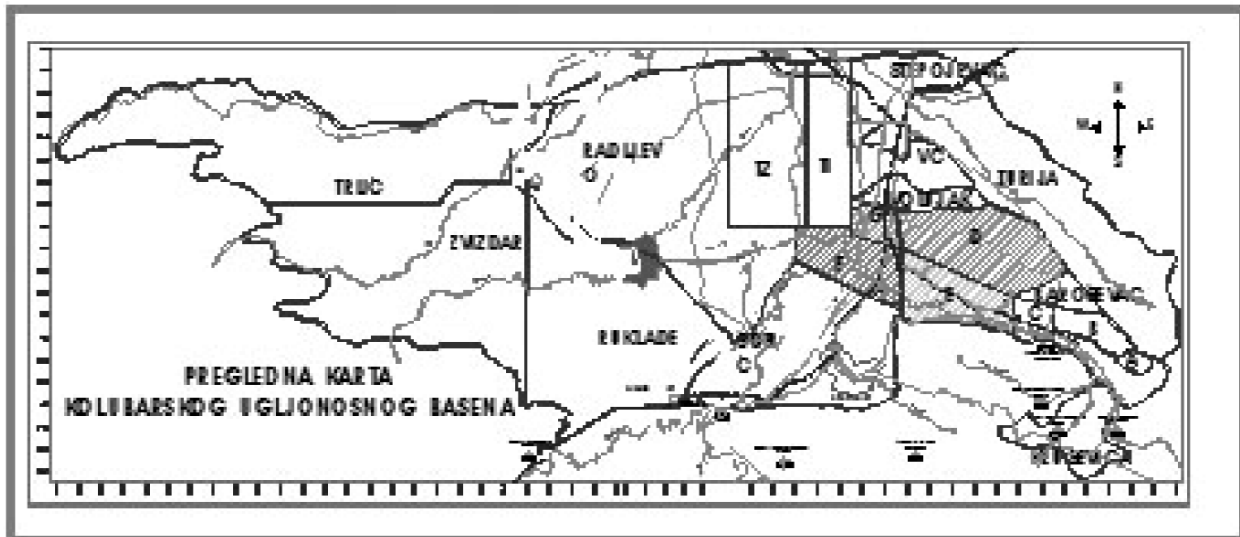
**Key words:** coal, orefield ”E”, quartz sands, gravels.

### Увод

Лежиште лигнита ”поље Е” је интегрални део јединствене сложене угљоносне серије Колубарског

басена. Колубарски угљоносни басен је површине од око 600 km<sup>2</sup>, налази се у западној Србији, на око 50 km југозападно од Београда. У оквиру продуктивног дела басен је подељен 19 засебних истражно-

<sup>1</sup> ЕПС, ПД РБ ”Колубара”, ”Колубара-Пројект”, Лазаревац, Србија. Е-mails: Bogoljub.vuckovic@rbkolubara.co.rs; Vesna.bogdanovic@rbkolubara.co.rs



Сл. 1. Прегледна карта Колубарског угљоносног басена са истражно-експлоатационим пољима, поље "Е" шрафирано жутом бојом

Fig. 1. Schematic draw of Kolubara Coal Basin with exploration-exploitation ore fields, ore field "E" yellow textured

експлоатационих поља. Поље "Е" се налази у крајњем југоисточном делу басена (сл. 1), површине је око 10 km<sup>2</sup>. У већем делу вештачким границама је одвојено од осталих поља, у јужном делу ооконтурено је границом природног исклињења угља.

### Геолошка грађа Колубарског угљоносног басена

Колубарски басен изграђен је од стена палеозојске, мезозојске и кеонозојске старости (сл. 2). Подлогу (фундамент) подручја изграђују палеозојске шкриљаве стене. Локално се у ободним деловима басена могу регистровати седиментне и магматске стене, вероватно мезозојске старости. Трансгресивно преко њих таложена је мио-плиоценска серија седиментних стена продуктивна у погледу угља. Као завршни члан седиментације у највишим нивоима појављују се квартарне глине и песковито-шљунковити седименти. У јужном ободном делу басена регистровано је подручје дубоког залегања угљених слојева. Овај простор је асиметрична синклинала чија је подлога формирана у далекој тектонској руптурној прерудној фази. Слојеви угља поља "Е" заједно са осталим песковито-глиновитим седиментима такође формирају структуру асиметричне синклинале пратећи у потпуности палеорељеф.

### Методe истраживања лежишта

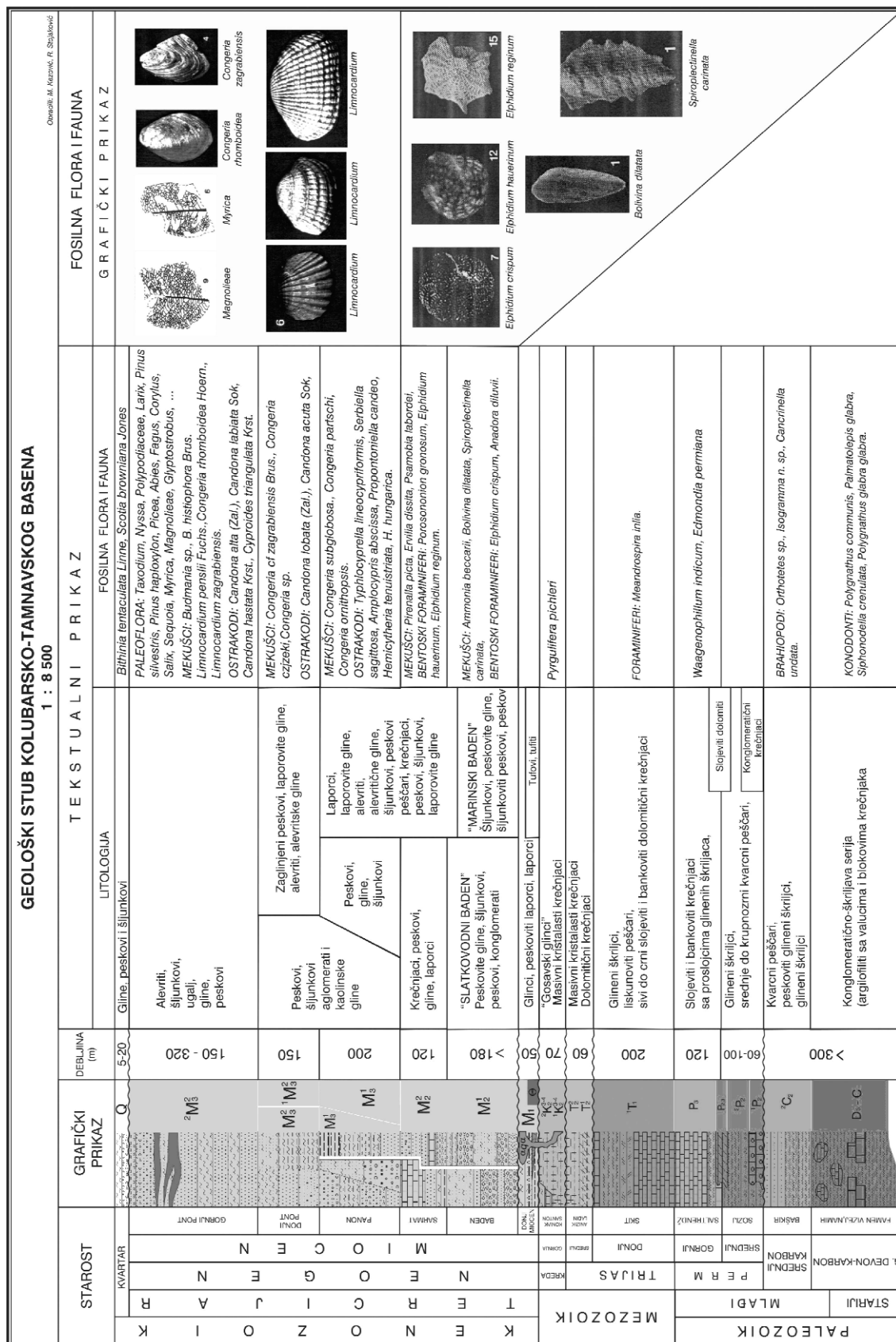
Детаљна геолошка истраживања изводе се дуже од 50 година, избушено је преко 250 бушотина, односно око 37.000 m, уз обимна комплетна и комплексна геолошка и лабораторијска испитивања. До 1964. године лежиште је истраживано у фази основних

истраживања са мањим бројем бушотина, по мрежи 1000×1000 m. У периоду 1975./1980. реализована су детаљна истраживања са погушћењем мреже истражних бушотина на 500 × 500 и 250×250 m. Током 2008./2009. године у централном и крајњем источном делу лежишта извршена су додатна детаљна истраживања бушењем 25 бушотина, те је овај део лежишта боље истражен. Истражне бушотине коришћене су за истраживање угља, али и за геотехничка, хидрогеолошка, седиментолошка, петрографска, палеонтолошка и палинолошка испитивања угља и пратећих седимената. Узето је и лабораторијски обрађено око 1.000 појединачних проба за квалитет угља са више од 10.000 резултата појединачних мерења. Такође су и геотехничка испитивања реализована у великом обиму са преко 25.000 појединачних резултата физичко-механичких испитивања угља и пратећих седимената. Према геолошкој сложености и променљивости слојева угља лежиште је сврстано у I подгрупу II групе лежишта угља. Прорачунате геолошке резерве износе око 435M t A+B+Ц<sub>1</sub> категорије.

### Геолошка грађа лежишта

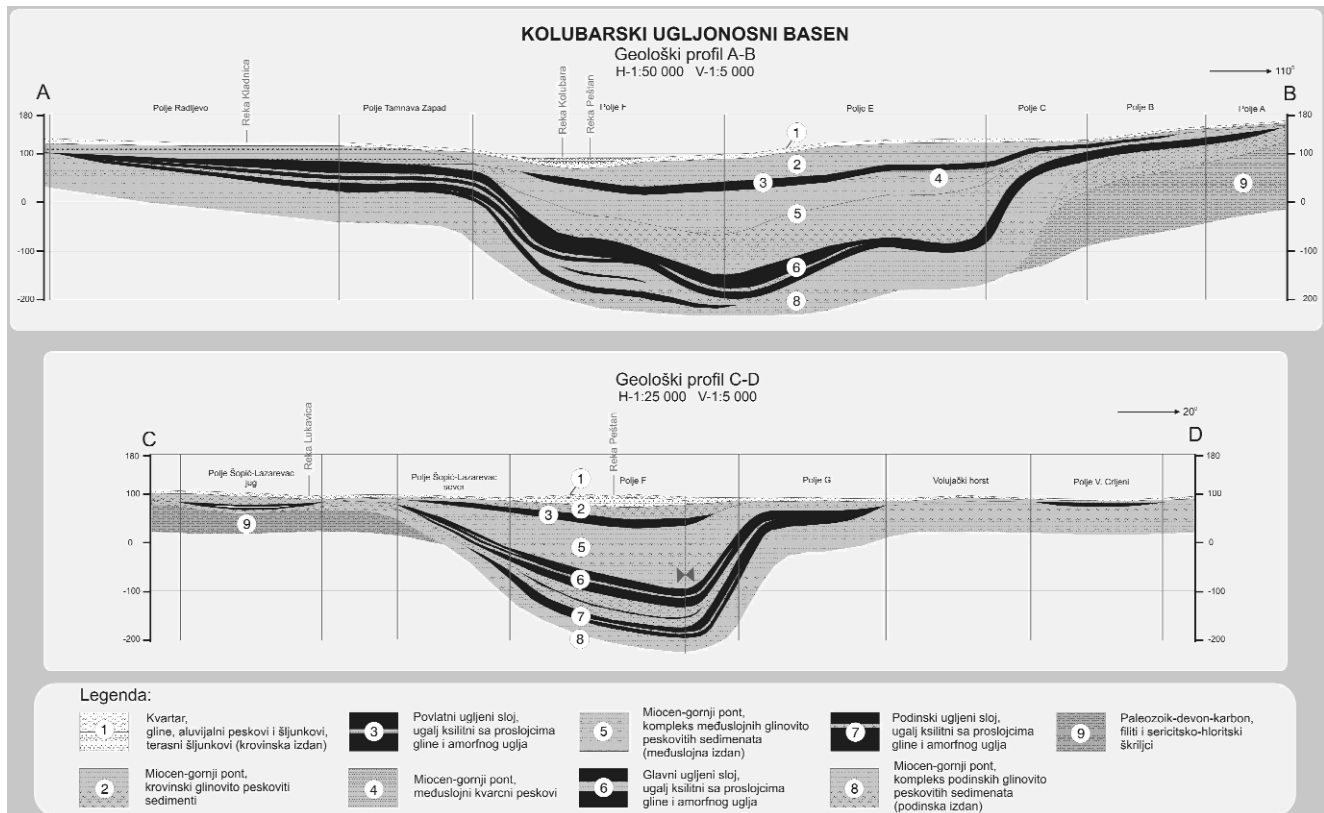
На основу резултата истражног бушења, закључено је да се лежиште, идући одоздо навише, састоји од:

- Палеозојског шкриљавог фундамента у подлози (велики број бушотина је набушио шкриљаве стене),
- Прелазне зоне распаднутих шкриљаца интимно измешаних са мио-плиоценским седиментима,
- Мио-плиоценских седимената у подини главног угљеног слоја,
- Главног угљеног слоја миоценске старости,



\* Geološki stub Kolubarsko-tamnavskog basena je urađen na osnovu podataka OŠK, listi Obrenovaci i Vladimirci i ličnih zapisa.

Sl. 2. Geološki stub Kolubarsko-Tamnavskog basena  
Fig. 2. Kolubara Coal Basin lithostratigraphic suite column



Сл. 3. Геолошки профили АБ и ЦД; Легенда: 9. Сиво – палеозојски фундамент; 8, 5, 4, 2. Жуто – миоценско/плиоценски седименти, 3. Црно – повлатни угљени слој; 6, 7. Црно – Подински угљени слој, 1. Светлосиво – Квартарни седименти  
Fig. 3. Kolubara Coal Basin vertical cross sections AB and CD; Legend : 9. Gray – Paleozoic suite; 8, 5, 4, 2. Yellow – Miocene/Pliocene sedimentary sands, clays, gravels; 3. Black – Upper coal bed; 6, 7. Black – Deep main coal beds; 1. Light gray – Quartary sands, gravels, clays

– Миоценских седимената између два угљена слоја (такозване међуслојне јаловине, са значајним масама Q песка),

– Повлатног угљеног слоја миоценске старости,

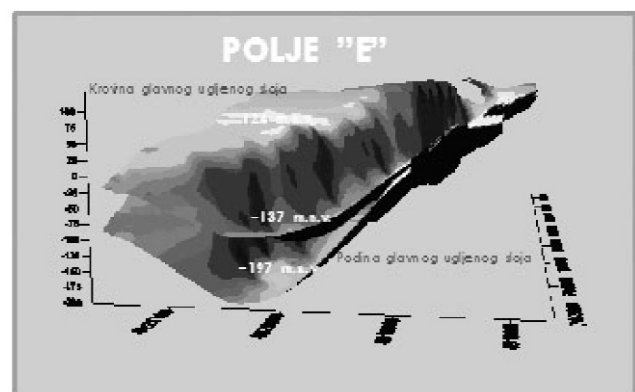
– Миоценских седимената у кровини горњег угљеног слоја,

– Квартарног покривача (са значајним масама шљунка, завршни члан седиментације подручја).

На простору лежишта региструју се два засебна угљена слоја (сл. 3) и то повлатни и подински угљени слој. Угљени слојеви простиру се у континуитету на целом простору лежишта. Представљају део јединствених угљених слојева Колубарског угљоносног басена. Просторно налазе се у његовом југоисточном делу.

### Кратки приказ услова и могућности откопавања угља

На пољу "Е" региструју се два угљена слоја. Први је на мањој дубини и лошијег је квалитета. Економску вредност лежишта одређује други угљени слој (главни) који је на већој дубини, веће је



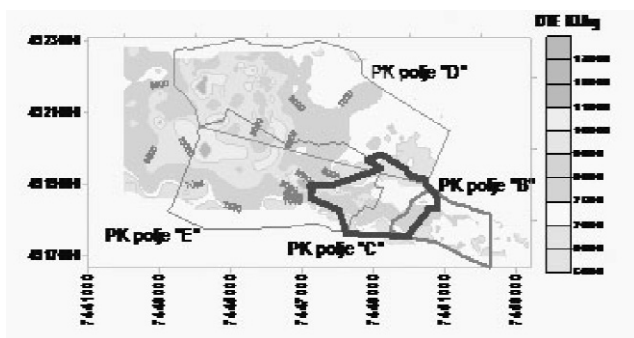
Сл. 4. Блок-дијаграм кровине и подине главног угљеног слоја (верт. размера 1:500, хор. размера 1:5.000)  
Fig. 4. Ffloor and roof 3D block-diagram of main coal bed (vert. scalling 1:500, hor. scalling 1:5.000)

дебљине и бољег је квалитета. Поседује облик асиметричне синклинале (сл. 4).

У плану је експлоатација оба угљена слоја површинском копом до дубине од 300 метара испод садашње површине терена. Просторно, површин-



ски коп ”поље Е” преклапа се са постојећим површинским коповима који су у његовом непосредном суседству (сл. 5).



Сл. 5. Просторни положај са квалитетом главног угљеног слоја ”Е” и непосредног окружења, пројектовани ПК Е назначен зеленом бојом

Fig. 5. Designed and active open pits in nearest neighborhood of ore field ”E”, designed open pit ”E” green line marked

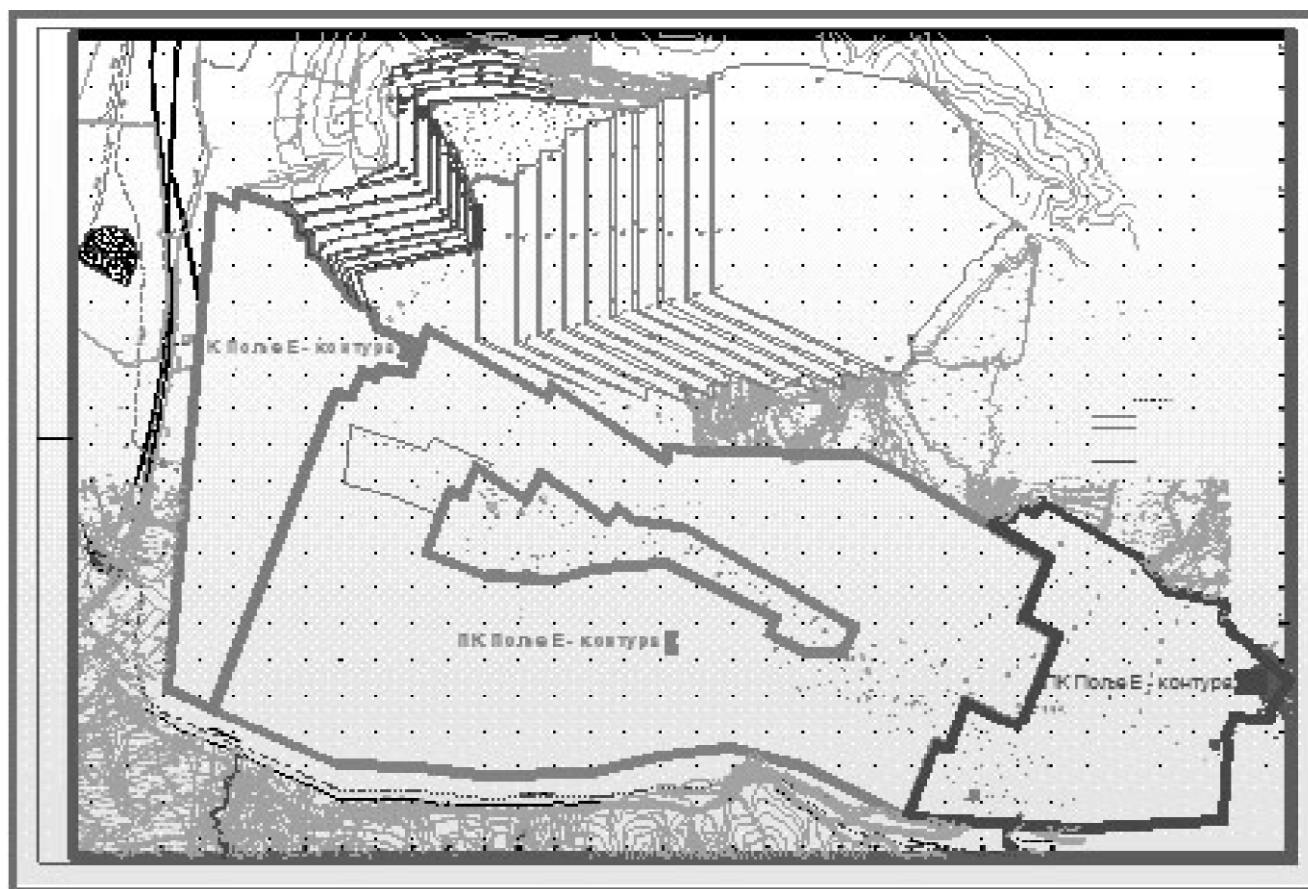
Овако оконтурен површински коп (сл. 6) са годишњим капацитетом откопавања од 12M t угља, односно укупно око 330M t угља са више од 1Mrd m<sup>3</sup> откритке и остале жаловине. Уз обимна инвести-

циона улагања од око 320.000.000 еура и трошкове производње од око 8 еура/t угља, неопходна продајна цена угља уз остваривање добити износи више од 10 еура/t угља. Укупни приходи од продаје угља могли би износити 3.300.000.000 еура. Овако планирана производња је на граници рентабилитета.

### Приказ услова и могућности откопавања и прераде корисних НМС

Осим поменутог угља, у лежишту се изнад и између слојева угља налазе значајне масе пратећих корисних неметаличних минералних сировина. У првом реду кварцног песка и шљунка. Нажалост, ове минералне сировине поседују низак степен геолошке истражености, те се пре може говорити о ресурсима него о резервама. Након геолошког моделовања, прорачуном су добијене количине од око 145M m<sup>3</sup> кварцног песка и око 90M m<sup>3</sup> шљунка, а све у контури пројектованог површинског копа.

Обзиром на то да се техником и технологијом откопавања морају откопати пре угља, њихово откопавање је у потпуности осигурано. Селективно откопавање ових корисних минералних супстанци би се вршило у континуитету са континуалним одлагањем на за то раније припремљним локација-



Сл. 6. Просторни положај пројектованог површинског копа поља ”Е”, фазе развоја I, II и III

Fig. 6. Designed open pit ”E”, development phases I, II and III

ма. Тиме би се формирало једно или више спољашњих одлагалишта кварца и шљунка, у близини водотока. Прерада овако великих количина НМС, као и њихов пласман, нису могући упоредо са њиховом експлоатацијом. Прелиминарна оцена указује да би се у првих 20 година рада копа могле откопати скоро све наведене масе сировина. Просечно годишње 5 до 10М m<sup>3</sup> кварцног песка и до 5М m<sup>3</sup> шљунка.

Прерада би се организовала дисконтинуално по потреби, или континуално по предвиђеним капацитетима. Локације капацитета прераде би се могле изнаћи непосредно уз јужну ободну ивицу површинског копа, а у близини реке Пештан, чиме би се обезбедиле потребне количине техничке воде. Уз све могуће непредвиђене и предвиђене губитке током откопавања и прераде, које овом приликом предвиђамо и до 30%, као финални производ можемо очекивати:

- 100М m<sup>3</sup> сепарисаног кварцног песка, односно 160М t;
- 65М m<sup>3</sup> сепарисаног шљунка.

При продајној цени од 10 Е/t кварцног песка могући приход износи 1.600.000.000 еура.

При продајној цени од 10 Е/m<sup>3</sup> шљунка песка могући приход износи 650.000.000 еура.

Укупно од кварцног песка и шљунка 2.250.000.000 еура.

Претходним бројним радовима (студије, пројекти, програми, стручна документација ЕПС-а, ...) у више наврата дошло се до закључака да је производња угља из овог дубоког површинског копа скупа и да се остварује на граници рентабилитета. Овим "додатним" приходом би се у сваком случају побољшала рентабилност рудничке производње, те би се у наредном периоду планирања и пројектовања могло "слободније" приступати разради геолошких истраживања и рудничке производње.

Укупни могући приходи/расходи овако организоване производње могли би износити:

Приход од угља	3.300.000.000 Еура, 59,9% од укупног прихода
Приход од НМС	2.250.000.000 Еура, 40,1% од укупног прихода
Расходи на угљу	око 3.000.000.000 Еура, 99% расхода

Инвестициона улагања за НМС

око 20.000.000 Еура, < 1% расхода.

**Добит око 2.520.000.000 еура.**

Ова разматрања везана за НМС комплекс су геолошки и рударски делимично обрађена, а технолошки су разрађена методом аналогije са постојећим капацитетима, условима и резултатима прераде. Економска обрада (за део НМС) је условна и прелиминарног је карактера.

У сваком случају, резултати овог сагледавања могу да послуже даљим конкретнијим геолошким, рударским, технолошким, економским и планско-стратешким разматрањима.

## Закључак

Осим угља, који је несумњиво главна корисна минерална суспензија и која одређује економску вредност лежишта, као пратеће корисне НМС појављују се шљунак и кварцни песок.

Значајне масе шљунка и кварцног песка могу обезбедити додатни теоретски приход од сса 2,25Мlrd Е, и то без значајнијих инвестиционих улагања нити текућих трошкова производње.

## Литература

- БАБИЋ, М., ВУЧКОВИЋ Б. и др. 2008. *Елаборација о резервама угља поља Е, Колубарски угљоносни басен, Србија, сјање 31.12.2006. године*, стр. 236; ЕПС, РБ Колубара, Колубара-Површински копови, Барошевац, 2006.
- ЛЕВТИЋ, Б., ВУЧКОВИЋ, Б., и др. 2005. *Студија Избор о ограничења и остварања површинског копа поља Е за капацитет од 12 милиона тона угља годишње*, стр. 275; РБ Колубара, Колубара-Пројект, Лазаревац, 2005.
- КИТАНОВИЋ, Б., ВУЧКОВИЋ, Б. и др. 2008. *Идејни програм са студијом о оправданости остварања и изградње површинског копа поља Е*. стр. 260, РБ Колубара, Колубара-Пројект, Лазаревац, 2007.
- ВУЧКОВИЋ, Б., БОГДАНОВИЋ, В., РАДОВАНОВИЋ, Б., и др. 2006. *Пројекат геолошких истраживања лежишта угља поља Е, колубарски угљоносни басен*. стр. 259, РБ Колубара, Колубара-Пројект, Лазаревац, 2006.
- Стручна и фондовска документација ЕПС Београд.
- Стручна и фондовска документација РБ "Колубара",
- Стручна и фондовска документација "Колубара-Пројект".

## Могућности максималног искоришћења минерално-сировинског потенцијала лежишта угља Велики Црљени, Колубарски угљоносни басен

Mineral resources maximum recovery of coal deposit Velki Crljeni, Kolubara Coal Basin

ЗОРАН ДРАШКО<sup>1</sup>, БОГОЉУБ ВУЧКОВИЋ<sup>2</sup>,  
БИЈАНА РАДОВАНОВИЋ<sup>3</sup> & ДРАГАН ТРОБОЗИЋ<sup>4</sup>

**Апстракт.** Лежиште угља “Велики Црљени” саставни је део колубарског угљоносног басена. Налази се у источном делу басена, површине је око 8,5 km<sup>2</sup>. Границе поља су повучене на основу простирања угљеног слоја. Поред угља, у лежишту су у значајној мери заступљени несортирани шљункови, који се налазе непосредно изнад слоја угља. Количине од 18.000.000 m<sup>3</sup> геолошких резерви, од чега је 10.000.000 m<sup>3</sup> експлоатабилно, представљају значајан потенцијал проширења постојеће минерално-сировинске базе рударског басена Колубара и обезбеђују додатни приход површинским коповима.

**Кључне речи :** Велики Црљени, угаљ, шљунак, приход.

**Abstract.** Veliki Crljeni coal deposit is an integral part of Kolubara Coal Basin suite. Deposit seated in eastern parts of basin, with 8.5 km<sup>2</sup> area. Coal wide spreading defines a deposit’s limits. Beyond the coal, as a dominant mineral resource, there are significant quantities of gravels, seated just beneath the coal bed. 18.000.000 m<sup>3</sup> geology reserve amounts, which 10.000.000 m<sup>3</sup> are exploitable, represent significant mineral resources increase in Coal Mine “Kolubara” and provides additional income in open pits production.

**Key words:** Veliki Crljeni, coal, gravel, income.

### Увод

Колубарски угљоносни басен налази се у западној Србији на око 50 km југозападно од Београда, површине је око 600 km<sup>2</sup> реком Колубаром подељен је на источни и западни део.

У његовом источном делу налазе се активни површински копови поље “В” и “D”, затворени површински коп поље “А”, и истражна поља “С”, “Е”, “G”, “F”, “Шопић” и “Велики Црљени”. У западном делу басена налазе се површински копови у раду “Тамнава-Источно поље” и “Тамнава-Западно поље”, као и истражно поље “Радљево”. Поље “Велки Црљени” налази се у источном делу басена и обухвата његов северни део, површине је око 8,5 km<sup>2</sup> (сл. 1).

### Геолошка грађа

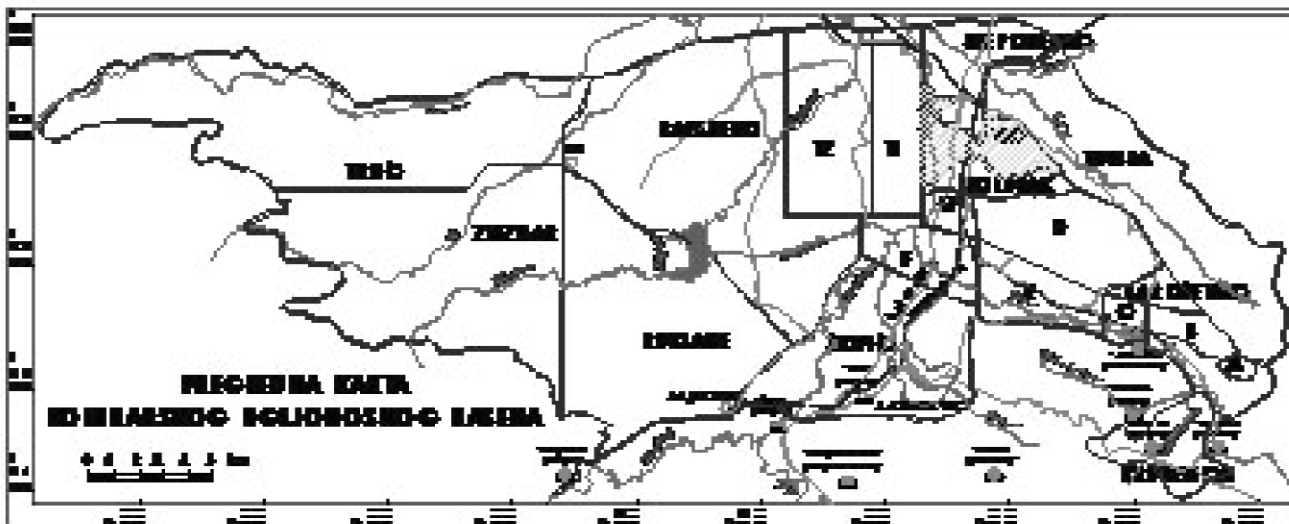
Геолошким истраживањима утврђено је да геолошку грађу лежишта чине неогени миоценски седименти, прекривени квартарним покривачем (сл. 2). Према до сада познатим подацима у истраживањима поља “Велики Црљени” утврђено је континуирано таложје седимената од средњег миоцена до доњег плиоцена. Миоценски седименти су представљени баденским, сарматским и панонским катом, као и понтским катом у коме се налазе огромне насlage угља.

Баденски кат (M<sub>2</sub><sup>2</sup>) је на највећој дубини, сачињен је од литотамнијских кречњака, лапоровитих и песковитих глина и глинаца, ретко и ситноозрни

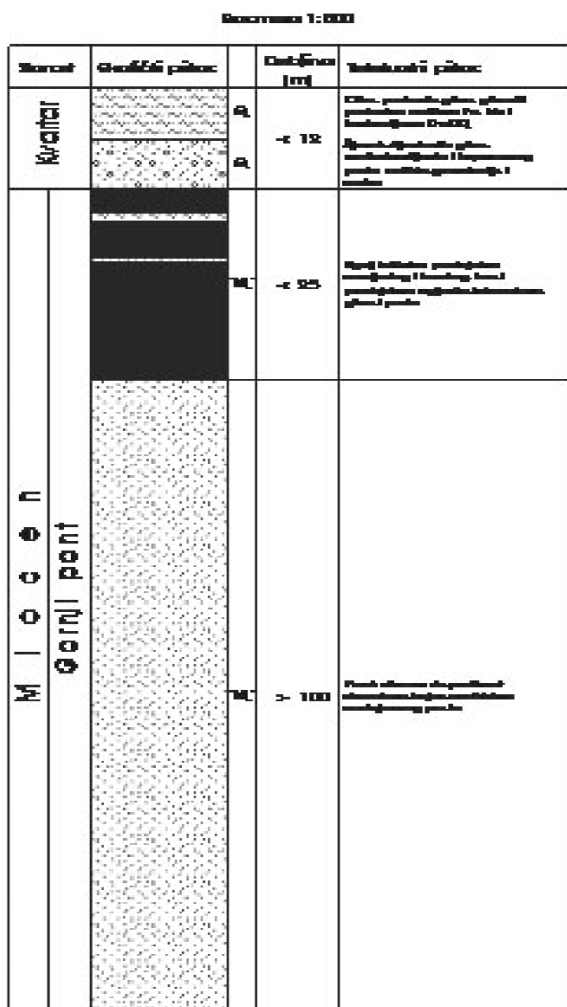
<sup>1</sup> РГФ Београд, Катедра за Економску Геологију, Београд. E-mail: zdrashko@rgf.bg.ac.rs,

<sup>2</sup> ЕПС, ПД РБ “Колубара”, “Колубара-Пројект”, Лазаревац. E-mails: Bogoljub.vuckovic@rbkolubara.co.rs; biljana.radovanovic@rbkolubara.co.rs,

<sup>3</sup> Geoconsulting, Beograd. E-mail: Trobozic@sbb.rs



Сл. 1. Прегледна карта Колубарског угљоносног басена са истражно-експлоатационим пољима, поље Велики Црљени шрафирано  
 Fig. 1. Schematic draw of Kolubara Coal Basin with exploration-exploitation ore fields, ore field “Veliki Crljeni“ textured



Сл. 2. Геолошки стуб поља Велки Црљени  
 Fig. 2. Geology lithostratigraphic column of Veliki Crljeni coal deposit

пескови, крајња дебљина није утврђена. Сармат (M<sub>3</sub><sup>1</sup>) је непосредно изнад баденског ката, чине га песковите глине, које се смењују са разним врстама кречњака и пескова, дебљина им није прецизно утврђена. Преко сармата леже седименти панона (M<sub>3</sub><sup>2</sup>). Представљени су песковитим глинама и глиновитим песковима. Ова серија седимената је промелјиве дебљине, појављује се испод 150 m дубине.

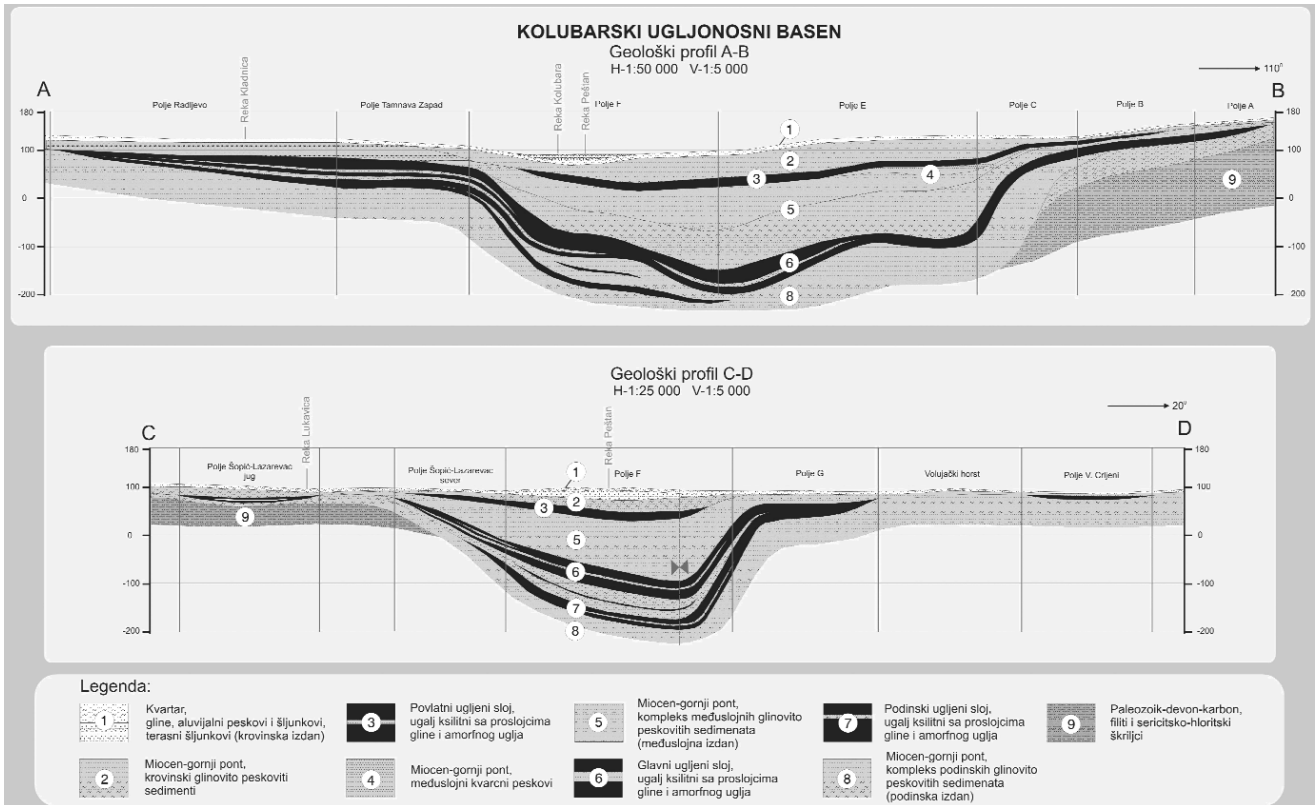
Понтски кат (M<sub>3</sub><sup>2</sup>) представљен је серијом алевритских, прашинастих, ситнозрних итд. пескова, локално са сиво-жутиим опекарским глинама. Сматра се да почиње на око 150 m од површине терена па навише. Скоро све истражне бушотине на лежишту су веома плитке (30 до 50 m), циљ им је био да набуше угљени слој који је на малој дубини испод површине терене, те је само неколико бушотина остварило дубине од 100, 200 или 300 m.

У оквиру понтског ката налази се и слој угља који и одређује економску вредност целог лежишта (сл. 2).

На простору лежишта региструје се један угљени слој једноставне геолошке грађе (сл. 3). Угљени слој простире се у континуитету на целом простору лежишта. Представља део јединствених угљених слојева Колубарског угљоносног басена. Просторно налази се у његовом централном делу.

### Приказ услова и могућности откопавања угља и НМС

На пољу Велики Црљени крајем 2008. године започели су радови на отварању лежишта и припрема за експлоатацију угља. За три месеца 2008. године откопано је 1.900.000 m<sup>3</sup> јаловине. Током 2009. године радови су вршени искључиво на јаловини.



Сл. 3. Геолошки профили АВ и CD; Легенда: 9. Сиво – палеозојски фундамент; 8, 5, 4, 2. Жуто –миоценско/плиоценски седименти 3, 6, 7. Црно – Углени слојеви, 1. Светлосиво-квартарни седименти  
 Fig. 3. Kolubara Coal Basin vertical cross sections AB and CD; Legend : 9. Gray – Paleozoic suite; 8, 5, 4, 2. Yellow – Miocene/Pliocene sedimentary sands, clays, gravels; 3. Black – Upper coal bed; 6, 7. Black – Deep main coal beds; 1. Light gray – Quartary sands, gravels, clays



Сл. 4. Изглед радне етаже на угљу у крајњем западном делу лежишта, усек отварања непосредно уз Тамнаву-Источно поље, дец 2008. год.  
 Fig. 4. Working étage on coal in peripheral western parts of deposit (just near Tamnava-East field deposit, Dec. 2008.)

Осим угља, корисну НМС на лежишту представљају и наслагe шљунка. Оне су субхоризонталне и конкордантно налажу преко слоја угља.

У плану је експлоатација угљеног слоја у контури захвата пројектованог површинског копа, при чему је могуће откопати око 30.000.000 t угља. Током откопавања угља, неминовно је откопавати и знатне масе шљунка из непосредне кровине угљеног слоја. Овим начином могуће је селективно откопати и одложити око 10.000.000 m<sup>3</sup> шљунка.

Овако оконтурен површински коп је са годишњим капацитетом откопавања угља од 4.000.000 до 5.000.000 t, односно укупно 30.000.000 t током целог периода рада. Осим угља биће откопано и 10.000.000 m<sup>3</sup> откритке, као и 10.000.000 m<sup>3</sup> шљунка. Из приказаних природних параметара уочава се да се из лежишта добија око 40.000.000 m<sup>3</sup> корисних минералних сировина уз само 10.000.000 m<sup>3</sup> јаловине, чиме се добија изузетно повољан коефицијент откритке од 0,25.

Уз обимна инвестициона улагања од 103.000.000 евра и трошкове производње од 9,04 €/t угља, неопходна продајна цена угља износи 13,28 €/t, односно 1,659 €/GJ. Овим се обезбеђује интерна стопа рентабилности од 16,53% што је прихватљиво. Просечна добит износи 4,24 €/t угља.

Главним рудраским пројектом, Инвестиционим програмом отварања површинског копа и осталим планским документима, као и економском анализом пројекта, усвојено је да се осим угља, за ко-

рисну минералну сировину погодну за продају уврсте и скромне масе шљунка, односно 100.000 m<sup>3</sup> годишње. За период рада копа укупно 700.000 m<sup>3</sup>. За то време ће на депонији шљунка бити одложено око 8.500.000 m<sup>3</sup> шљунка и представљаће мртви капитал предузећа. Уз могућност мокре и суве сепарације шљунка, са губицима од 15%, могуће је произвести око 7.500.000 m<sup>3</sup> сепарисаног шљунка. При продајној цени од 10 €/t сепарисаног шљунка могући приход износио би око 75.000.000 €.

Претходним бројним анализама (студије, пројекти, програми, ...) у више наврата дошло се до закључка да је производња угља из угљенокопа Колубаре све скупља и да се остварује на граници рентабилитета. Овим додатним приходом из пратећих корисних НМС би се побољшала рентабилност рудничке производње, те би се у наредном периоду планирања, пројектовања и извођења радова могло слободније приступити разради геолошких истраживања и рудничке производње.

Укупни могући приходи/расходи овако организоване производње могли би износити :

Приход од угља	398.000.000 €, 84,1 % од укупног прихода
Приход од шљунка	75.000.000 €, 16,9 % од укупног прихода
Расход на угљу	око 270.000.000 €, 99 % расхода
Инвестициона улагања у НМС	око 1.000.000 €, < 1 % расхода.
<b>Добит</b>	<b>око 202.000.000 €.</b>

Ова разматрања везана за НМС комплекс су геолошки и рударски у великој мери поуздано

обрађена, а технолошки су разрађена методом аналогije са постојећим капацитетима, условима и резултатима прераде. Економска обрада (за део НМС) је условна и прелиминарног је карактера.

У сваком случају, резултати овог сагледавања могу да послуже даљим конкретнијим геолошким, рударским, технолошким, економским и планско-стратешким разматрањима.

## Закључак

Осим угља, који је несумњиво главна корисна минерална сировина и који одређује економску вредност лежишта, као пратећа корисна НМС појављује се шљунак.

Значајне масе шљунка могу обезбедити додатни приход од сса 75.000.000 €, и то без значајнијих инвестиционих улагања.

## Литература

- Вучковић, Б., Буквић, Б., Бељић, Н. и Радовановић, Б., 2010. *Елаборација о резервама угља лежишта Велики Црљени, Колубарски угљоносни басен, стање 31.12.2008. године*, стр. 180, РБ Колубара, Колубара-Пројект.
- Нешић, Д., Радовановић, Б., Вучковић, Б., 2006. *Главни рударски пројекат иовршинског копа Велики Црљени*, стр. 648, РБ Колубара, Колубара-Пројект.
- Стручна и фондовска документација ЕПС Београд.
- Стручна и фондовска документација РБ "Колубара".
- Стручна и фондовска документација "Колубара-Пројект".

## Место и улога неметаличних минералних сировина Србије у развоју органске пољопривредне производње

### The Role of Non-Metallic Mineral Resources in Agricultural Production

ЦВЕТКО ЖИВКОВИЋ<sup>1</sup>, МИЛОВАН МИЛАНОВИЋ<sup>1</sup> и ЈЕЛЕНА КОКОТ<sup>1</sup>

**Апстракт.** На територији Србије постоји велики број у геолошком смислу истражених лежишта природних неметаличних сировина, које могу да се користе у пољопривредној производњи за побољшање особина земљишта (мелиорацију) и обогаћивање биогеним елементима (фертилизацију) како у конвенционалној (постојећој пољопривредној производњи, тако и по процедури органске пољопривреде. У овом смислу природне неметаличне минералне сировине (кречњаци, доломити, zeолити, бентонити, каолин, креда, гипс-анхидрит, битуминозни шкриљци, дијатомејска земља...) су стене са повећаним садржајем корисних микроелемената.

**Кључне речи:** Неметаличне минералне сировине, органска производња.

**Abstract.** In Serbia, there are many geological explored deposits of nonmetals mineral raw materials, used in agricultural production to improve soil, enrichment of biogenic elements, both in conventional and organic agriculture. In this sense, nonmetals natural mineral raw materials (limestone, dolomite, zeolite, kaolinite, chalk...) are rocks with increased content of useful micronutrients.

**Key words:** mineral resources, agricultural production

### Предмет и значај валоризације неметаличних минералних сировина у органској пољопривредној производњи

Велике површине деградираних земљишта и велик дефицит биогених елемената у земљишту у значајном проценту смањују продуктивност и квалитет у биљној производњи.

Применом конвенционалних минералних ђубрива смањује се дефицит биогених елемената, али се повећавају трошкови производње (било зато што се за нека конвенционална минерална ђубрива увозе сировине – фосфати), или се пак за синтетизовање неких минералних ђубрива (што је и чињено у прошлости) увози природни гас, долази до смањења продуктивности гајених биљака и угрожава се животна средина.

Савремена и интензивна пољопривреда све више намеће потребу устаљеног приноса и квалитета истог, што се (са повећаном киселошћу и заслањено-

шћу и природно и антропоконтаминираним земљиштима штетним елементима и слично) не постиже.

Имајући све напред речено у виду и сазнање да на простору Р. Србије располажемо са значајним налазиштима природних неметаличних минералних сировина, која у досадашњој пракси нису нашла довољно простора за њихову примену и то посебно за случајеве побољшања и довођења до оптималних особина деградираних земљишних површина (мелиоративна употреба) и за супституцију конвенционалних минералних ђубрива као извора биљних хранива (фертилизација земљишта), предлажемо да се хитно сагледа појединачна вредност природних неметаличних минералних сировина.

Примена природних неметаличних минералних сировина, после извршене провере у пољским огледима, нашла би се у најширој пољопривредној (одрживој) производњи, као и у специфичној такозваној “органској пољопривреди”.

У сусрет изнетом треба рећи да је донет Закон о

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11050 Београд. E-mail: cvetko.zivkovic@gis.co.rs

органској пољопривреди и да је светски тренд да се у технологији пољопривредне производње примене природни субстрати и тиме створе претпоставке да се готов пољопривредни производ (примарне пољопривредне производње или прерађен у прехранбеној индустрији) може да декларише (цертификује) као биолошки вреднији производ који је све више тражен како на нашем тако и иностраном тржишту развијених земаља.

Законом о органској пољопривреди (Сл. лист СРЈ, бр. 28/2000) и одређеним бројем пратећих прописа (правилника) детаљније се уређују процедуре којих се морају придржавати сви учесници произведених производа цертификовани као “ЈУ-храна производ из органске пољопривреде”. Светски је тренд о потреби за пољопривредним и прехранбеним производима произведеним по поступцима и процедурама органске пољопривреде, односно да се производња свих пољопривредних и прехранбених производа произведе тако да се у технологији производње обезбеди што је могуће више симулација услова као да су ти производи из природне популације. У овом смислу и Међународна организација за органску пољопривреду (ИФОАМ) донела је прописе и стандарде у поступку контроле и издавања сертификата за органске производе. На нивоу земаља Европске Уније (ЕУ) органска пољопривреда је уређена “Правилником Савета (ЕЕЗ) бр. 2092/91 о органској производњи пољопривредних производа и индикацијама које се односе на пољопривредне производе и намирнице” објављеног у Анексу III А.

Конвекционална (постојећа) пољопривредна производња и прехранбена индустрија најешће не обезбеђују храну за исхрану људи високе нутритивне вредности уз истовремено испуњавање свих критеријума здравствено - безбедне хране уз очување животне средине у ненарушеном стању.

Претпоставке за органском пољопривредом у нашој земљи су значајне из простог разлога што је ниво укупне и пољопривредне контаминације значајно мањи од земаља изузетно интензивне пољопривредне производње.

Органску пољопривреду између осталих карактеришу и следећи принципи везани за земљиште, и то:

- подстицање активности биолошких процеса у земљишту,
- очување и побољшање плодности земљишта,
- смањење загађивања и ерозије земљишта, а тиме и имобилизацију и испирање неопходних хранљивих елемената из земљишта.

Од начина управљања овим ресурсом (земљиштем) зависи да ли ће се његово коришћење обезбедити на дужи рок или ће неке површине земљишта бити изгубљене за пољопривреду оупште, а тиме и органску пољопривреду.

Значи, управљање земљиштем као природним ресурсом је кључ одрживости пољопривреде.

Коришћење пољопривредног земљишта уз примену природних неметаличних минералних сировина било за поправку његових физичких, хемијских и биолошких особина (мелиоративним поступцима) или за допуну недостајућих количина биогених и неопходних елемената за раст и развиће гајених биљака (фертилизацијом), чини само један од прописаних услова у производњи хране по процедури предвиђеној у органској пољопривреди.

Други услов који мора да буде испуњен да би производ био цертификован као производ добијен у органској пољопривреди су предузете мере и примењена хемијска средства у заштити пољопривредног биља од болести, штеточина и корова.

### **Перспективност проналажења неметаличних минералних сировина за потребе био-производње у Србији**

Према резултатима досадашњих истраживања, у Србији већ сада постоји већи број, у геолошком смислу, истражених лежишта неметаличних минералних сировина, које би се уз незнатна допунска испитивања “одмах” могле користити у био-производњи. Поред тога констатован је и већи број посебно атрактивних сировина за напред наведене потребе чија је истраженост, обзиром да се ту углавном ради о нетрадиционалним сировинама, врло ниска. На бази ових познатих показатеља и према општим критеријумима прогнозирања и геолошко-економске оцене, у табели бр. 1 је сачињена прелиминарна прогнозна оцена перспективности проналажења неметаличних минералних сировина за потребе органске производње у Србији.

### **Закључак**

Неке од природних неметаличних минералних сировина у блиској прошлости почеле су да се користе у побољшању особина деградираних пољопривредних земљишта, а пре свега то су: кречњаци, зеолити и тресети. Међутим, значајан број истражених лежишта великог броја природних неметаличних минералних сировина које се могу употребити у пољопривредној производњи за:

1. побољшање неких од особина деградираних површина пољопривредног земљишта (мелиоративна употреба) и
2. надокнаду биогених и неопходних минералних материја потребних биљкама (фертилизациона употреба) за успешно развиће, раст и остваривање максималних приноса задовољавајућег квалитета гајених биљака, нису оупште примењене у пољопривредној производњи.



Табела 1. Прелиминарна прогнозна оцена перспективности проналажења неметаличних минералних сировина за потребе био-производње у Србији

Врста сировине	Генетски тип	Степен истражености		Перспектива проналажења
		лежиште	појаве	
1. зеолит	вулканогено-седиментна хидротермална	да не	да да	велика мала
2. бентонит	вулканогено-седиментна	да	да	велика
3. глауконит	седиментна	не	да	мала
4. вермикулит	хидротермална	не	да	средња
5. тресет-вивијанит	седиментна	не	да	средња
6. сапропели	седиментна	не	да	мала
7. синирити	магматска	не	не	врло мала
8. карб. сировине: -кречњак -доломит -долом. кречњак -језерска креда	седиментна седиментна седиментна седиментна	да да да да	да да да да	велика велика велика мала
9. дијатом., трепел	седиментна	да/не	да	мала
10. палигорскит гл.	седиментна	не	да	мала
11. магмат. стене: -гранитоиди -базалти -трахити	магматска магматска магматска	не не не	да да да	велика велика средња
12. перлити	вулканогена	не	да	врло мала
13. талк. магнезит	метаморфна	не	да	средња
14. сепиолит	седиментна хидротермална	не не	да да	средња средња
15. метафосфорит	метаморфна	да	да	велика
16. гипс-анхидрит	седиментна	да	да	велика
17. битум. шкриљ.	метаморфна	да	да	велика
18. хаклојзит. глина	хидротермална	не	да	средња
19. стене са повећ. садрж. микро- елемената	различита	не	да	средња

Из изнетог разлога “Геолошки институт Србије” д.о.о. из Београда је у сарадњи са познатим и признатим стручњацима из пољопривредне струке посебно из области педологије, агрохемије, исхране и физиологије пољопривредног биља сагледао могућност укључивања већег броја природних неметаличних минералних сировина у пољопривредној производњи, било за мелиорацију или фетилизацију или истовремено и мелиорацију и фелтизацију пољопривредног земљишта. Ово пре свега са становишта стварања претпоставки за отпочињање производње пољопривредних производа, које захтевају принципи органске пољопривреде, где се не искључује њихова употреба и у конвенционалној пољопривредној производњи.

Да би природне неметаличне минералне сировине могле да буду употребљене у пољопривредној производњи, неопходно је проверити у пољским

демонстрационим огледима и на основу тих провера дати исцрпна обавештења о свакој природној неметаличној минералној сировини.

Употребом природних неметаличних минералних сировина у пољопривредној производњи створиће се низ позитивних утицаја:

1. ствара се претпоставка за отпочињање пољопривредне биљне производње (а она је основа и за сточарску производњу) по принципима органске пољопривреде, што има за последицу добијање пољопривредних производа високе биолошке (еко) вредности, тражених како на нашем, тако и на тржиштима развијених земаља;
2. реално се ствара могућност да спољнотрговински биланс буде позитиван, а тиме и реалне претпоставке за повећана финансијска улагања у пољопривредну производњу;

3. ослобађа се држава од увоза неких сировина (фосфата) за производњу минералних ђубрива, као и увоза енергената (природног гаса) за производњу неких минералних ђубрива;
4. повећаће се упосленост наше радне снаге у експлоатацији природних неметаличних минералних сировина, намењених пољопривредној производњи;
5. повећаће се рационално коришћење површина деградираних пољопривредних земљишта у пољопривредној производњи;
6. обезбедиће се, поред производње биолошки вредније (еко) хране поштујући принципе органске пољопривреде и потпуна заштита животне средине.

Изнете предности природних неметаличних минералних сировина довољни су разлози о потреби провере њихових вредности да би биле коришћене у биљној пољопривредној производњи, посебно следећи принципе органске пољопривреде.

## Литература

- ВАКАЊАЦ, Б. 1984. Геологија лежишта нових типова неметаличних минералних сировина. *Руд. геол. и металур.* (Техника), год. 35, бр. 3, Београд, 317–322.
- ВАКАЊАЦ, Б. 1988. Нове и нетрадиционалне неметаличне минералне сировине у Југославији. *Руд. геол. и металур.* (Техника), год. 39, бр. 9, Београд, 805–808.
- ВАКАЊАЦ, Б. 1990. Геологија лежишта нових типова неметаличних минералних сировина (II разматрање). *Руд. геол. и металур.* (Техника), год. 41, бр. 7–8, Београд, 417–426.
- ВАКАЊАЦ, Б. 1990. Актуелни проблеми лежишта НМС Србије. Реферати XII Конгреса геол. Југославије, књ. III, Охрид, 213–223.
- Живковић, Ц. 2006. Годишњи извештај о извршеним радовима по студији стања и перспективе развоја сировинске базе нетрадиционалних минералних сировина на подручју А.П. војводина и могућност њихове валоризације у органској пољопривредној производњи. 150 Фонд Геолошког института Србије, Ровињска 12, Београд, 100–135.
- Живковић, Ц. 2009/2010. Пројекат о валоризацији неметаличних минералних сировина у мелиорацији и фертилизацији пољопривредног земљишта као прве и основне претпоставке у заснивању (отпочињању) органске пољопривредне производње у Р. Србији (за период 2009–2010. год.). 52, Фонд геолошког института Србије, Ровињска 12, Београд, 28–44.

## Резултати новијих проучавања јувелирских минералних сировина околине Београда

### Results of Recent Study of Gem Raw Materials in the Vicinity of Belgrade

МИЛОЈЕ ИЛИЋ<sup>1</sup>, ЗОРАН МИЛАДИНОВИЋ<sup>2</sup> и ГОРАН ЗЛАТАНОВИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** У раду су приказани резултати геолошких и гемолошких проучавања јувелирских минералних сировина околине Београда, обављених од стране аутора, у периоду 2008–2009. године. У том периоду откривено је више појава различитих јувелирских минералних сировина, од којих су најзначајније појаве јасписа (једнобојног – поглавито плавичастосивог, вишебојног и сликовито шареног „пејзажног јасписа”), а, затим, појаве племенитог серпентинита и племенитог калцита и калцитске брече. Проучене су геолошке карактеристике ових појава и узети су репрезентативни узорци за гемолошка испитивања. Ова испитивања, као и потоња јувелирска обрада узорака, су показали да се поменуте јувелирске минералне сировине могу користити за израду накита, као и украсно-употребних предмета.

**Кључне речи:** јувелирске минералне сировине, околина Београда.

**Abstract.** Results of recent geological and gemmological studies of gem raw materials in the vicinity of Belgrade, carried out by the authors in the period 2008–2009, are presented in this paper. In that period occurrences of various gem raw materials were discovered, the most significant of which were occurrences of jasper (unicoloured – mainly bluishgray, multicoloured and pictoresquely variegated „landscape jasper”) and, afterwards, of precious serpentinite and of precious calcite and calcite breccia. Basic geological characteristics of the occurrences were studied and representative specimens for gemmological tests were taken. These tests and the following jeweller’s processing of the specimens proved that the gem raw materials could be used for the manufacture of jewellery as well as of decorative-usable articles.

**Key words:** gem raw materials, vicinity of Belgrade.

### Општи осврт

И поред тога што је околина Београда дуго (више од једног века) геолошки проучавана и истраживана, са различитих аспеката и од стране многобројних аутора, јувелирским (и њима блиским галантеријским) минералним сировинама није посвећивана посебна пажња. Неке податке о овим минералним сировинама налазимо код Б. ДИМИТРИЈЕВИЋА (1931: о појавама аксинита на Авали) и Н. МАЛШЕВИЋА (1984: о појавама племенитог епидозита).

Геолошка и гемолошка проучавања јувелирских минералних сировина околине Београда започели су М. ИЛИЋ и З. МИЛАДИНОВИЋ 2008. године и наставили су их 2009. године, у сарадњи са Г. ЗЛАТАНОВИЋЕМ.

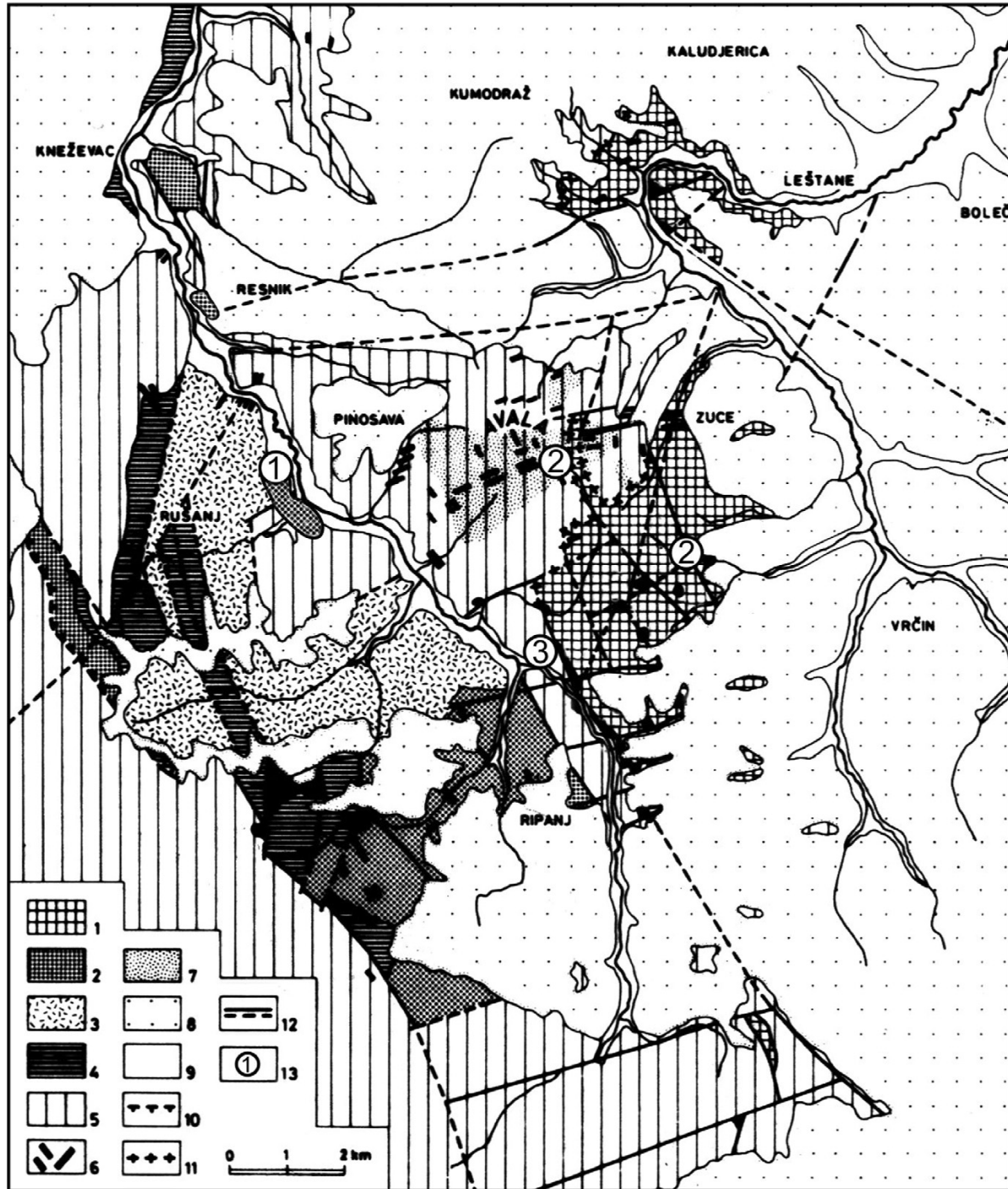
Првопоменути аутори су 2008. године главну пажњу посветили горњојурској вулканогено-седиментној формацији у којој су открили значајне појаве јасписа (једнобојног – првенствено плавичастосивог, вишебојног и сликовито шареног „пејзажног јасписа”), које су проучили са геолошког и гемолошког аспекта (Илић и Миладиновић 2009).

Г. ЗЛАТАНОВИЋ је, у сарадњи са горе поменутим ауторима, 2009. године обавио посебну проспекцију јувелирских минералних сировина ширег подручја Авале и том приликом су откривене и појаве других племенитих минерала и стена: племенитог серпентинита, племенитог калцита и калцитске брече, као и мање појаве зеленог калцедона и белог и жутоцрвенкастог прозрачног кварца. И ове појаве су проучене са геолошког и гемолошког аспекта (Златановић 2009).

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Бушина 7, Београд. E-mail: milojeilic@yahoo.com

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Бушина 7, Београд. E-mail: zoran\_m@rgf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, Београд. E-mail: goran.zlatanovic@gis.co.rs



Сл. 1. Прегледна геолошка карта шире околине Београда (према АНЂЕЛКОВИЋ 1975, МИЛИВОЈЕВИЋ 1982) са означеним најважнијим појавама јувелирских минералних сировина. Објашњење у тексту. Легенда: 1. серпентинити; 2. горњојурске творевине (вулканогено-седиментна „дијабаз-рожначка” формација, спрудни кречњаци, аптишки слојеви); 3. малм-неокомски флиш; 4. доњокредни флиш; 5. горњокредни флиш; 6. неогени вулканити (дацити, андезити, кварцлатити); 7. контактнометаморфне стене; 8. неогени (миоценски и плиоценски) седименти: кречњаци, пескови, шљункови, глине; 9. алувијални седименти; 10. реверсни расед; 11. тектонски контакт; 12. расед (утврђен или претпостављен); 13. појаве јувелирских минералних сировина: 1. јаспис; 2. племенити серпентинит; 3. племенити калцит.

Fig. 1. A synoptic geological map of a wider vicinity of Belgrade (according to ANĐELKOVIĆ 1975, MILIVOJEVIĆ 1982) with locations of most important occurrences of gem raw materials. Explanation in the text. Legend: 1. Serpentinite; 2. Upper Jurassic rocks (volcanic-sedimentary „Diabase-Chert” formation, reef limestone, „Aptychus Beds”); 3. Malm–Neocomian flysch; 4. Lower Cretaceous flysch; 5. Upper Cretaceous flysch; 6. Neogene volcanic rocks (dacite, andesite, quartzlatite); 7. contact-metamorphic rocks; 8. Neogene (Miocene and Pliocene) sediments: limestone, sand, gravel, clay; 9. alluvial sediments; 10. reverse fault; 11. tectonic contact; 12. fault (established or inferred); 13. occurrences of gem raw materials: 1. jasper; 2. precious serpentinite; 3. precious calcite.

Творевине горњојурске вулканогено-седиментне формације (тзв. „дијабаз-ројначке формације“), у којој се налазе најзначајније појаве јувелирских минералних сировина, у околини Београда имају знатно распрострањење: заступљене су у долини Топчидерске реке, између села Пиносаве и Рипња, уз поток Паланка, све до железничке станице Клење у доњем току Беле реке (сл. 1). Изграђене су од танкослојевитих пешчара браон или жуте боје, местимично силификованих, листастих глиених шкриљаца сиве, црне или браон боје, обично јако убраних, и силицијских маса („ројнаца“) разних боја (сиве, плавичасте, браон, црвене), слојевитих до банковитих, које се као оделите партије јављају међу напред поменутих седиментима (Основна геолошка карта СФР Југославије, М. АНЂЕЛКОВИЋ, 1975). Ове силицијске масе су једре, а од ретких фосилних остатака садрже само лоше очуване радиоларије (са прекристалисалим скелетима).

У свету су широко распрострањени слојеви јасписа који се јављају у оквиру спилит-дијабазних вулканогно-седиментних формација. Највероватније су настали преображајем органогених (поглавито радиоларијских) или органогено-хемогених силицијских седимената у условима регионалног метаморфизма фазије зелених шкриљаца.

### Кратак приказ новооткривених појава

Геолошким и гемолошким проучавањима и потоњом проспекцијом јувелирских минералних сировина у околини Београда аутори овог рада су у периоду 2008–2009. године открили више појава племенитих минерала и стена. Међу њима најзначајније су појаве јасписа – племенитог варијетета кварца (једнобојног – поглавито плавичастосивог, вишебојног и сликовитог шареног „пејзажног јасписа“), а, затим, појаве племенитог серпентинита и племенитог калцита и калцитске брече, као и мање појаве неких других јувелирских минералних сировина: зеленог калцедона и белог и жутоцрвенкастог прозрачног кварца. Проучене су геолошке карактеристике ових појава и узети су репрезентативни узорци за гемолошка испитивања и јувелирску обраду.

Јаспис се јавља у оквиру силицијских творевина у јурској вулканогено-седиментној формацији (тзв. „дијабаз-ројначкој формацији“) и може бити једнобојан, вишебојан и сликовитог шарен.

Јаспис је, као што је познато, варијетет кварца који се јавља у виду једрих маса – агрегата микрокристалистих честица кварца са садржајем до 20% страних примеса (глине, оксида и хидроксида гвожђа и мангана, органске супстанце и др.). Непровидан је и различито обојен. Према боји и шари издвајају се различити подваријетети јасписа.

Једнобојни јаспис је најчешће представљен плавичастосивим подваријететом чије су најзначајније

појаве у атарима села Пиносаве и Ресник. Пошто је ово теренско подручје у великој мери покривено хумусом и вегетацијом, појаве овог подваријетета јасписа најбоље су откривене на профилима дуж железничке пруге Београд–Бар и то у виду спорадичних изданака и елувијалних и делувијалних фрагмената. Ређе су појаве жутоцрвеног и црвеног подваријетета јасписа (у атару села Рушња).

Вишебојни јаспис се одликује смењивањем различитих боја (црвене, жуте, браон, плавичасте, сиве) на кратким растојањима.

Пејзажни јаспис је шарен: основне боје су му браон (у разним нијансама) и плавичастосива, а садржи необичне шаре у тамнијим тоновима истих ових боја, тако да се на углачаним пресецима добијају сликовите композиције, које наликују на пејзаже насликане људском руком.



Сл. 2. Пејзажни јаспис – у сировом стању и након јувелирске обраде.

Fig. 2. Landscape jasper – raw and after jeweller's processing.

Представници свих горе описаних подваријетета јасписа из околине Београда су увек једри, тврди и непровидни.

Појаве племенитог серпентинита лепе зелене боје (у различитим тоновима) налазе се на југоисточним падинама Авале, у виду изданака у локалности „Стари римски коп“ и у виду делувијалних фрагмената у локалности Џевер камен (у викенд насељу Карагача).

Појава племенитог калцита беле и ружичастобеле боје откривена је у Степашиновачком каменолому у атару села Рипањ. Племенити калцит се јавља у виду жица у горњокредним кречњацима. У овом каменолому заступљена је и калцитска бреча.

Поред тога, у подручју топионице некадашњег рудника живе „Шупља Стена“ местимично се налазе фрагменти гемолошки интересантних примерака: зеленог калцедона и белог и жутоцрвенкастог прозрачног кварца.

Прикупљени узорци из проучаваних појава јувелирских минералних сировина у околини Београда подвргнути су стандардним гемолошким испитивањима, а, потом, јувелирској обради, која је показала да се они могу користити као јувелирски камен и као галантеријски камен. Најатрактивнији изглед након полирања имају пејзажни јаспис, племенити серпентинит и ружичастобели калцит.

Даља, детаљнија проучавања јувелирских минералних сировина околине Београда су у току.

## Литература

- АНЂЕЛКОВИЋ, М. 1975. Геологија Србије II-2 (Мезозоик). Завод за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, 127–135.
- ДИМИТРИЈЕВИЋ, Б. 1931. Авала – петрографско-минералозна студија. Српска краљевска академија – посебна издања, књ. LXXXV, Природњачки и математички списи, књ. 23, Београд, 150 стр.
- ИЛИЋ, М. 2006. Јувелирске минералне сировине и њихова налазишта у Србији, 2. изд. – Југословенско гемолошко друштво, Београд, 152 стр.
- ИЛИЋ, М. и МИЛАДИНОВИЋ, З. 2009. Прелиминарни резултати геолошких проучавања јувелирских минералних сировина околине Београда, VIII Међународна конференција „Неметали 2009“, Бања Врујци, 14–17. X 2009.
- МАЛЕШЕВИЋ, Н. 1984. Извештај о истраживањима полудрагог камења на територији СР Србије без покрајина за 1983. годину. Геозавод ИМС, 44–45, Београд.
- МИЛИВОЈЕВИЋ, М. 1982. Пелеохидрогеотермалне појаве Авале. ООУР – Група за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета, Београд, 203 стр.
- ЗЛАТАНОВИЋ, Г., 2009: Годишњи извештај по пројекту „Геолошка истраживања јувелирских минералних сировина ширег подручја Авале“ за 2009. годину, Фонд Геолошког института Србије, Београд, 30 стр.
- Основна геолошка карта СФР Југославије, листови са тумачима: Београд Л34-113 (1985), Обреновац Л34-125 (1980), Панчево Л34-114 (1975), Смедерево Л34-126 (1980). Савезни геолошки завод, Београд.

## Металогенетска рејонизација металних минералних ресурса Србије Metallogenic Reonization of Metallic Mineral Resources of the Serbia

РАДЕ ЈЕЛЕНКОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Прва, савремена металогенетска рејонизација терена Србије и суседних области, извршена је средином XX века. Каснијих година, са порастом сазнања о геолошкој еволуцији и металогенетском развоју терена Србије, металогенетско рејонирање њене територије вршено је у више наврата, на основи различитих критеријума. Резултат претходног је да данас и поред вишедеценијских изучавања не постоји јединствена класификациона шема минералних ресурса Србије са униформно издвојеним металогенетским јединицама. Током 2006–2009. године, на основи анализе 26 изабраних, посебних и општих геолошких обележја минералних ресурса, металогенетски је проучено и оцењено 1773 лежишта и појава металних минералних сировина Србије. Извршено је њихово груписање у 4 металогенетске провинције и 8 металогенетских зона, 19 рудних рејона, 2 рудне зоне и басена, 115 рудних поља и 51 групу појава. У раду је приказана новопредложена класификациона шема металних минералних ресурса Србије са асоцијацијом главних рудних елемената.

**Кључне речи:** металогенетска рејонизације, лежиште, појава, Србија.

**Abstract.** First, up to date metallogenic reonization of the territory of Serbia and surrounding areas was performed in middle of the XX century. Latter, according to new knowledge of geological evolution and metallogenic development of terrain of the Serbia, metallogenic reonization of its territory on the basis of different criteria was performed several times. During to 2006–2009, on the base od 26 selected, special and general geological indicators of mineral resources, 1773 metallic mineral deposits and occurrence were studied in detail. All of them are grouped in 4 metallogenic provinces, 8 metallogenic zones, 19 ore districts, 2 ore zone and basins, 115 ore fields and 51 groups of mineral occurrences. In this paper, new clasiffication sheme of metallic mineral resources of Serbia with association of main ore elements is presented.

**Key words:** metallogenic reonization, mineral deposit, occurrence, Serbia.

### Увод

Прва савремена тумачења просторне, генетске и временске везе металних минералних ресурса Србије са геолошким и геотектонским јединицама које се налазе на њеној територији и, шире, на простору бивше СФР Југославије, налазе се у раду ЈАНКОВИЋ (1967). Каснијих година, сагласно порасту нивоу сазнања о металним минералним ресурсима Србије и развојем мисли о њеној геолошкој еволуцији, металогенетско рејонирање терена Србије вршено је на различите начине, на основи различитих критеријума за металогенетске јединице различитог таксонометријског нивоа. Остварени резултати металогенетског рејонирања приказивани су у

виду посебних публикација (ЈАНКОВИЋ 1990; ЈАНКОВИЋ *и др.* 2003 и др.), као и металогенетских и других карата различитих размера (ПЕТКОВИЋ *и др.* 1982; ОМАЉЕВ *и др.* 1982; ЈЕЛЕНКОВИЋ и ЈАНКОВИЋ, 199...; ЈЕЛЕНКОВИЋ 2000 и др.).

Металогенетско рејонирање металних минералних ресурса Србије је двојног карактера: академског, који се огледа у потреби изучавања металогенетске еволуције терена Србије и генезе њених минералних ресурса, и апликативног који се огледа у оцени минералне потенцијалности терена и усмеравања даљих геолошких истраживања. Имајући претходно речено у виду, у периоду 2006–2009. године извршена је металогенетска рејонизација металних минералних ресурса Србије на основи већег

<sup>1</sup> Рударско геолошки факултет, Бушина 7, Београд. E-mail: radej@rgf.bg.ac.rs

броја претходно успостављених заједничких и посебних геолошких критеријума.

### **Металогенетска рејонизација металних минералних ресурса Србије**

Разврставање металних минералних ресурса Србије у одређене металогенетске јединице у претходном временском периоду вршено је на основи различитих критеријума, односно везе лежишта са: 1- са регионалном геотектонском средином; 2- одређеним продуктима магматизма, седиментације и метаморфизма у различитим геотектонским срединама; 3- палеогеолошким условима стварања терена; 4- временским периодима њиховог стварања у одређеним геолошким срединама; 5- главним контролним факторима просторног положаја рудне минерализације у одређеној геотектонској (геолошкој) средини; 6- одређеним геолошким и рудоносним формацијама; 7- генетским класификацијама лежишта одређених асоцијација рудних минерала и елемената; 8- комбинације појединих или свих претходно поменутих критеријума.

Последица претходно поменутог приступа је да у Србији и поред вишедеценијских изучавања данас нема јединствене класификационе металогенетске шеме њене територије, са прецизно издвојеним рудним пољима, односно лежиштима и појавама металних минералних сировина у оквиру њих. Основни разлози за поменуто стање су следећи: 1- непостојање јединствене, опште прихваћене и стандардизоване номенклатуре металогенетских јединица; 2- различита схватања појединих термина металогенетских класификација од стране различитих истраживача; 3- различита схватања геотектонског и металогенетског развоја територије Србије; 4- различит степен металогенетске изучености територије Србије; 5- различита схватања о времену формирања појединих типова лежишта и појава металних минералних сировина у теренима Србије; 6-недовољно изучене рудне формације у оквиру различитих металогенетских јединица и 7- недовољно дефинисани критеријуми издвајања металогенетских јединица и др.

Карактеристично је, такође, и да је степен поузданости издвајања металогенетских јединица на територији Србије неуједначен. Док су схватања о јединицама вишег таксонометријског нивоа (металогенетски појас, металогенетска провинција) у високом степену уједначена и релативно поуздано одређена, јединице нижег реда којима припадају рудна поља, делом зоне и рејони су на територији Србије издвојени са различитим степеном поверења. Шта више, за поједине металогенетске јединице релативно високе металогенетске изучености у којима се налазе лежишта металних минералних сировина која су у вишегодишњој експлоатацији, у литератури се често срећу различити називи. Тако

на пример, Борска металогенетска зона у којој се налазе наша економски најзначајнија лежишта бакра, у геолошкој литератури је позната и под називима: 1- Борско-средњегорска зона, 2- Борско-средњегорска област, 3- Северни сектор Борско-средњегорске металогенетске зоне, 4- Борска рудна област, 5- Борски рудни рејон, 6- Тимочка рудна област, 7- Тимочка рудна зона, 8- Тимочка металогенетска област, 9- Рудна зона Бор-Мајданпек и др. Слична ситуација је са Копаоничком металогенетском зоном и др. Иако поменути називи нису круцијалног значаја за металогенетско расчлањавање територије Србије, сматрамо да је неопходно да се исти уједначе и у даљем раду третирају као “пречишћени”. Ово је неопходно и из разлога даљег коришћења класификационих шема металогенетских јединица не само у Геолошком информационом систему Србије, већ и у правилном везивању металних минералних ресурса са металогенетским јединицама различитог таксонометријског нивоа.

Сматрамо да се у свим даљим разматрањима металогенетских јединица на територији Србије треба придржавати следећих критеријума: 1- јасно издвојених металогенетских јединица и критеријума за њихово разврставање у одређене категорије (таксонометријске нивое); 2- установљавања временске везе између издвојених металогенетских јединица са одређеним периодима у развоју Земљине коре и припадајуће рудне минерализације; 3- савремених схватања о генези металних минералних ресурса Србије; 4- савремених схватања геотектонског и металогенетског развоја терена Балканског полуострва; 5- јасно дефинисане везе металогенетских јединица и геолошких, рудоносних и рудних формација; 6-задржавања преовлађујућих назива појединих металогенетских јединица од стране већине аутора (опште прихваћених назива) али и увођење нових, стандардизованих ознака ради лакшег укључивања у Геолошки информациони систем Србије.

У периоду од 2006–2009. године, извршена је нова металогенетска рејонизација металних минералних ресурса Србије на основи претходно успостављених 27 карактеристичних обележја, односно заједничких критеријума. Анализирано је укупно 1689 лежишта и појава металних минералних сировина и извршено је њихово груписање у 4 металогенетске провинције, 8 металогенетских зона, 19 рудних рејона, 2 рудне зоне и басена, 115 рудних поља и 51 група појава и рудних минерализација (табела 1). За сваку издвојену металогенетску јединицу дати су основни подаци о: 1- просторном и металогенетском положају; 2- припадности рудне минерализације металогенетској епохи; 3- геолошким, рудоносним и рудним формацијама; 4- типу минералне сировине (основне и пратеће); 5- регистру лежишта и појава минералних сировина; 6- генетским типовима лежишта и 7- прелиминарној процени минералне потенцијалности.



Табела 1: Металогенетска рејонизација Србије. Металогенетске јединице: рп – рудно поље; гп – група појава. ГТ - Доминантан генетски тип: кдиф – кристалizacionи диференцијати (подиформна); лсег - ликвидни сегрегати; пег – пегматитска; грј – грајзенска; ск – скарновска; хгр – хидротермална везана са гранитоидним комплексима – плутогена); пор – порфирска; хви (хидротермална везана са вулканигено-интрузивним комплексима); хеп – епитермална (претежно Au-Ag); хвс – хидротермална вулканогено-седиментна; мсед – механички седименти; сед – седиментна; лат – латеритска; инф – инфилтрациона; пр – прображавање у супергеним условима; рмет – регионално метаморфисана. АРЕ - Асоцијација рудних елемената (главни и пратећи /курзив/). БО- број анализираних лежишта и појава. МЕ – металогенетска епоха (одређена или предпостављена).

Table 1. Metallogenic reonization of Serbia. Metallogenic unts: рп - ore field; гп - ore occurrences. ГТ - Prevailing genetic type: кдиф - podiform; лсег - liquid segregations; пег - pegmate; грј - greissen; ск - skarn; хгр - hydrothermal plutogene; пор - porphyry; хви - hydrothermal volcanogenic; хеп - epithermal (mostly Au-Ag); хвс - volcano-sedimentary; мсед - mechanical sediments; сед - sedimentary; лат - lateritic; инф - infiltration; пр - supergene transformations; рмет - regional metamorphosed. АРЕ - Association of ore elements (dominant and accompanied). БО- number of analysed ore deposits and ore occurrences. МЕ -metallogenic epoch (defined or assumed).

	Металогенетска јединица	БО	МЕ	ГТ	АРЕ
<b>I</b>	<b>Карпато-балканска металогенетска провинција</b>				
<b>I-1</b>	<b>Поречко-старопланинска металогенетска зона</b>				
<i>I-1.1</i>	<i>Рудни рејон Старе Планине</i>				
I-1.1.1	<i>рп</i> Градиште–Ст. Корито	9	х	кдиф, хгр	Fe-Ti. Cu-Bi-Au. Pb-Zn-Au. Fe-W-As
I-1.1.2	<i>рп</i> Јања	20	к, х	хгр	U
I-1.1.3	<i>рп</i> Иново	2	х	инф-сед, рмет	U ( <i>Mo, Cu</i> )
I-1.1.4	<i>рп</i> Кална–Б. Бериловац	1	а	мсед	Au
I-1.1.5	<i>рп</i> Дојкинци – Сенокос	5	х, км, а	сед-инф	U. Cu ( <i>Mo</i> )
I-1.1.6	<i>рп</i> Сребрна Глава	4	б	хвс	Pb-Zn ( <i>Au-Ag-Cu</i> )
I-1.1.7	<i>рп</i> Видлич	2	км	сед	Fe
I-1.1.1	Црни Врх – С.п.	2	б, х	хвс, хгр	Pb-Zn. Au ( <i>V</i> ). Cu
I-1.1.2	<i>гп</i> Алдинац – Репушница	3	х	хгр	U ( <i>Mo, Cu</i> ). Cu-Au-Ag. W-Mo-Bi-Fe ( <i>Sn</i> )
I-1.1.3	<i>гп</i> Вратарница – М.Извор	6	б, <i>рем</i>	хвс, рмет	Pb-Zn-Au-Ag-Cu
I-1.1.4	<i>гп</i> Ошљане – Н. Корито	3	а	хгр, сед?	Cu-Au
I-1.2	<i>Рудни рејон Дели Јован</i>				
I-1.2.1	<i>рп</i> Дели Јован – југ	10	х	хгр	Au
I-1.2.2	<i>рп</i> Дели Јован – север	5	х	кдиф	Cr. Fe-Ti
<i>I-1.3</i>	<i>Рудни рејон Пореч</i>	55	? б, х, км, а	лсег, хгр, гви, хвс, мет	Cu ( <i>Fe, Au-Ag, Mo-Au-Ag</i> ). Cu-Ni-Fe. Fe ( <i>Mn</i> ). Au. U
<i>I-1.4</i>	<i>Рудни рејон Горњане</i>	30	х?	хгр, пег, ск	Fe. Au. W-Mo. Mo-Cu
<i>I-1.5</i>	<i>Рудни рејон Текија</i>				
I-1.5.1	<i>рп</i> Уровица	3	к-х	рмет	Mn
<b>I-2</b>	<b>Борско-средњегорска металогенетска зона</b>				
<i>I-2.1</i>	<i>Рудни рејон Мајданпек</i>				
I-2.1.1	<i>рп</i> Мајданпек	7	к, а	пор, хви, ск, пр	Cu. Au-Ag. Fe, Pb-Zn
I-2.1.2	<i>рп</i> Тилва Тома	12	к, а	хви, ск	Cu ( <i>Mo, Au, Fe</i> )
I-2.1.3	<i>рп</i> Влаоле-Јасиково	30	к, а	хви, пор, хеп	Cu. Pb-Zn. Au
<i>I-2.2</i>	<i>Рудни рејон Бор</i>				
I-2.2.1	<i>рп</i> Бор	6	к, а	пор, хви	Cu ( <i>Au-Pb-Zn-Mo</i> и др). Pb-Zn
I-2.2.2	<i>рп</i> Велики Кривељ	1	к, а	пор, ск	Cu ( <i>Au</i> )
I-2.2.3	<i>рп</i> Церово-Мали Кривељ	10	к, а	пор, хви, ск, пр	Cu ( <i>Au, Pb-Zn</i> )
I-2.2.4	<i>рп</i> Брестовац	1	к, а	хви, ор, хеп	Cu. ( <i>Pb-Zn-Au</i> )
I-2.2.1	<i>гп</i> Метовница	14	к, а	хви	Cu
<i>I-2.3</i>	<i>Рудни рејон Црни Врх</i>				
I-2.3.1	<i>рп</i> Црни Врх	23	к, а	пор, хви, ск, хеп	Cu ( <i>Au, Mo</i> ). Au-Ag. Fe-Cu. Pb-Zn
I-2.3.2	<i>рп</i> Тилва Њагра	6	к, а	хеп, пор, ск	Cu, Au
I-2.3.3	<i>рп</i> Злот	7	к, а	пор, хви мс, ск	Cu ( <i>Pb-Zn</i> ). Au ( <i>Pb-Zn</i> )
<i>I-2.4</i>	<i>Рудни рејон Марков Камен-Градиште</i>				
I-2.4.1	<i>рп</i> Марков Камен-Савинац	4	к, а	пор, хви, хеп	Cu ( <i>Pb-Zn</i> ). Au
I-2.4.2	<i>рп</i> Градиште	14	к, а	пор, хви, хеп	Cu ( <i>Pb-Zn</i> ). Au
<i>I-2.5</i>	<i>Рудни рејон Борово-Доње Невље</i>				
I-2.5.1	<i>рп</i> Доње Невље	1	к, а	пор, ск	Cu ( <i>Fe</i> )

<b>I-3</b>	<b>Нересничко-бељаничка металогенетска зона</b>				
<b>I-3.1</b>	<b>Рудна зона Благојев Камен</b>				
I-3.1.1	<i>рп</i> Добра	16	х, б, а	хгр?	Pb-Zn (Cu-Au-As). Pb, Zn, As (Cu-Au-Ag). As (Cu-Pb-Zn-Au-Ag; Mo-Cu-Pb-Zn-Au). As, Pb, Zn (Cu-Au-Ag). Au. Cu. Cu (Mo; Zn-Mo-Au-Ag; Au-Ag). Cu, W (Au).
I-3.1.2	<i>рп</i> Бродица	15	б, к-х, к, а	хгр?	Au; Au-Pb-Zn; Au-W.
I-3.1.3	<i>рп</i> Благојев Камен	22	б, к-х, к, а	хгр?	Au Ag-W.
<b>I-3.2</b>	<b>Рудни рејон Нереснице</b>				
I-3.2.1	<i>рп</i> Брњица	7	х?	хгр	As (Pb-Zn-Mo-Au-Ag). Pb-Zn (As-Cu-Ag-Au; Cu-Au-Ag). Cu (Mo; Au; Mo-Au-Ag-Zn-Pb). Au.
I-3.2.2	<i>рп</i> Нересница-север	2	х, а	хгр, мсед	Au-W. Монацит.
I-3.2.3	<i>рп</i> Нересница-југ	9	х, а	хгр, пег, мсед	Au (Pb-Zn, Cu). Монацит.
I-3.2.4	<i>рп</i> Лазница	3	к-х	рмет хвс	Mn
<b>I-3.3</b>	<b>Рудни рејон Бељаница-Кучај</b>				
I-3.3.1	<i>рп</i> Бељаница	5	к-х	рмет хвс	Fe
I-3.3.2	<i>рп</i> Кучај	2	к-х	хвс (сед?)	Fe
I-3.3.3	<i>рп</i> Бабушница – запад	9	а	сед	Al
I-3.3.1	<i>гп</i> Бабушница – исток	2	а	сед	Al
I-3.3.2	<i>гп</i> Гребен планина	>10	а	сед	Al
<b>I-4</b>	<b>Риданско-крепољинска металогенетска зона</b>				
I-4.1	<i>рп</i> Кучајна	5	км, а	ск, хви, инф	Cu (Pb-Zn; Pb-Zn-Cu). Pb-Zn (Au-Ag). Au. Mn
I-4.2	<i>рп</i> Решковица	10	км, а	хив, ск	Fe. Pb, Zn (Cu-Mo; Au; Bi-W). Cu (Cu-Fe). Sb.
I-4.3	<i>рп</i> Осаница	1	км, а	хви	Sb. W. Sb-W. Pb-Zn (Ag).
I-4.1	<i>гп</i> Ридан	4	км, а	хви, ск	Cu (Pb-Zn). Fe.
I-4.2	<i>гп</i> Крепољин <i>гп</i>	3	км, а	сед, инф-сед	Fe. Mn.
I-4.3	<i>гп</i> Сиге – Кустур <i>гп</i>	2	км, а	хви, пр	Cu
I-4.4	<i>гп</i> Зубрава <i>гп</i>	2	км, а	хви, пр	Cu (Mo).
I-4.5	<i>гп</i> Вавило <i>гп</i>	7	км, а	хви, пр	Cu (Fe-Mo). U.
I-4.6	<i>гп</i> Крчевине <i>гп</i>	7	км, а	хви, пр	Cu (Fe)
I-4.7	<i>гп</i> Каз. поток – Столовац	12	км, а	хви, пр, инф-сед	Cu. U. Sb (As).
I-4.8	<i>гп</i> Матејевац	>2	км, а	хви, пр	Cu
I-4.9	<i>гп</i> Банцарево	5	км, а	хви, инф-сед	Cu. U.
I-4.10	<i>гп</i> Студена	2	км, а	хви, пр	Cu
I-4.11	<i>гп</i> Космовац	2	км, а	хви, пр	Cu. Fe.
I-4.12	<i>гп</i> Руј планина	>5	км, а	хви	Cu
<b>II</b>	<b>Српско-мекадонска металогенетска провинција</b>				
<b>II-1</b>	<b>Бесна Кобила – Осогово металогенетска зона</b>				
II-1.1	<i>рп</i> Рупље	24	а	хви	Pb-Zn. Pb-Zn (Cu; Au-Ag-Cd-As-Bi; Au-Ag-Cu-Bi-As; Au-Ag-Cu-Cd-Bi). Cu (Au-Ag-As-Bi-Pb-Zn). Mo (Fe).
II-1.2	<i>рп</i> Мачкатица	18	а	хгр, хви	Mo. Mo (Cu-Fe-Re-W; W-Cu-Au-Ag; Cu-Au-Ag-Zn-Fe; Cu-Au-Ag). Pb-Zn. W (Au-Ag?).
II-1.3	<i>рп</i> Радовница	12	а	хви	Pb-Zn (Cu-Au-Ag)
II-1.4	<i>рп</i> Караманица	39	а	хви	Pb-Zn (Fe-Cu-Ag). Pb-Zn-Cu (Fe-Ag-Cd). Fe.
II-1.5	<i>рп</i> Црноок	10		пег, ск, хгр	W (Fe-Ni-Co).
II-1.6	<i>рп</i> Благодат	57	а	ск, хгр, хви	Pb-Zn. Pb-Zn, Ag (Cd ± Cu-Au). Cu-Mo (Fe ± Au-Ag-Pb-Zn). Cu, Zn (Ag). Cu, Fe (Ag). Cu, Pb, Zn (Ag). Zn. Cu. Mo (Au-Ag-Cu ± Pb-Zn). Fe. Fe, Mo (Au-Ag-Cu ± Pb-Zn). Au (Ag-Cu-Pb-Zn).
II-1.1	<i>гп</i> Сурдулица-Масуричка река	25	а	хгр, хви	Cu (Mo-Pb-Zn ± Au-Ag). Mo (Cu-Pb-Zn ± Au-Ag; W-Cu-Pb-Zn ± Au-Ag; Cu-Pb-Zn). W (Mo-Cu, Pb-Zn ± Au-Ag). Pb-Zn (Mo-Cu ± Au-Ag; Cu-Mo ± Au-Ag-W).
II-1.2	<i>гп</i> Бистрица	1	а	хви	Pb-Zn
II-1.3	<i>гп</i> Брод	4	а	хви	Mo (Pb-Zn-Cu). Cu (Mo-Pb-Zn).
II-1.4	<i>гп</i> Нови Глог-Сурлица	10	а	хгр, хви	Mo (Cu-Pb-Zn). Mo, Cu (Fe-Pb-Zn). Pb-Zn (Cu-Mo-Ag). Fe. U.
II-1.5	<i>гп</i> Власина	14	б	рмет хвс	Fe (Ti)
II-1.6	<i>гп</i> Црна Трава	34	б	рмет хвс	Fe (Ti)

<b>II-2</b>	<b>Шумадијска металогенетска зона</b>				
II-2.1	рп Авала – Космај	20	а	ск, хгр, хви, сед	Pb, Zn (Cu-Ag). Hg (Pb-Zn). Sn. Fe (Cr, Ni). U.
II-2.2	рп Букуља	24	а	хгр, сед, пег	U. Sn. W. Be.
II-2.3	рп Јеловик	7	а	инф-сед	U
II-2.4	рп Драча	6	а	хвс, инф-сед	Mn (Fe).
II-2.5	рп Липовац	3	а	лат, сед, лсер?	Fe (Ni-Cr). Fe. Ni.
II-2.6	рп Рудник	5	а	ск, хви	Pb-Zn (Ag; Cu). U.
II-2.7	рп Борач	11	а	хви, инф	U
II-2.8	рп Котленик	7	а	хви, инф	Pb-Zn. Cu. U
II-2.9	рп Таково	18	а	хви	Sb. Sb (Hg; Pb-Zn). Pb-Zn (Sb). U.
II-2.1	гп Фрушка Гора	16	а	хви, лат	Ni (Co). Fe (Mn-Cr). W. Cu (Au-Ag-Pb-Zn). Pb-Zn (Cu-Au-Ag).
II-2.2	гп Београд	5	а	сед	Fe
II-2.3	гп Трбушница	3	а	хви,	Sb (Pb-Zn). Sb. Pb, Zn.
II-2.4	гп Медведњак	2	а	хви, инф	U
<b>II-3</b>	<b>Српско – македонска маса</b>				
II-3.1	рп Житни поток	16		рмет хвс	Fe
II-3.2	рп Влахово	3		рмет хвс	Fe
II-3.3	рп Статовац – Буколорам	4	к-х	рмет хвс	Fe
II-3.4	рп Чар Седлар-Десивојци	8	б	рмет хвс	Fe
II-3.1	гп Ђуковац – Кале	5	а	хгр?	Pb-Zn
II-3.2	гп Гарваница – Болевик	6	х?	кдиф, хгр	Ti
II-3.3	гп Видојевица - Пасјача	9	б?	кдиф, хгр	Ti
II-3.4	гп Добросин гп	>15	х	хгр	W
II-3.5	гп Вршачки брег гп	7	х	хгр	W (Mo-Au). Pb (Zn). Cu.
II-3.6	гп Моравска зона гп	16	б, к-х, а	рмет хвс, сед	Cu (Zn-Au-Ag). Au.
<b>II-4</b>	<b>Офиолитски комплекси Српско-македонске металогенетске провинције</b>				
II-4.1	рп Маљен – Суворбор	4	к	кдиф	Cr
II-4.2	рп Зимовник – реј.Трнаве	>20	к	кдиф	Cr
II-4.3	рп Трнава – рејон Трнаве	>20	к	кдиф	Cr
II-4.4	рп Голица – рејон Трнаве	>10	к	кдиф	Cr
II-4.4	рп Троглав	3	к	кдиф	Cr
II-4.5	рп Лојане – Трново	20	к	кдиф	Cr
II-4.6	рп Јагњеница	4	к	кдиф	Cr
II-4.7	рп Доброшевац	4	а	лат	Ni (Co)
II-4.8	рп Голеш	3	а	лат	Ni (Co)
II-4.9	рп Велуће	> 1	а	лат	Ni (Co)
II-4.10	рп Руђинци	4	а	лат	Ni (Co)
II-4.11	рп Радановци – Таор	10	к	хвс	Cu (Fe-Au-Ag-Co-Ni)
II-4.12	рп Ребел – Новаковача	> 2	к	хвс	Cu (Fe-Au, Ag-Co, Ni)
II-4.13	рп Станча	> 1	к	хвс	Cu (Fe-Au-Ag-Co)
II-4.14	рп Толишница	> 1	к	хвс	Cu (Fe-Au-Ag-Co)
II-4.15	рп Планиница	2	к	хвс	Cu (Fe-Au-Ag-Co)
II-4.16	рп Прањани	>10	к	хвс	Cu (Fe-Au-Ag-Co)
II-4.1	гп Куршумлија	9	км, а	хвс	Cu. Pb-Zn
II-4.2	гп Велуће	30	к	кдиф	Cr
<b>II-5</b>	<b>Леце – Халкидик металогенетска зона</b>				
II-5.1	рп Ђавоља Варош	14	а	хви, пор, хеп	Cu (Au-Ag-Pb-Zn-Mo-Fe). Pb-Zn, Cu (Au-Ag-Mo-Fe). Pb-Zn, Au (Ag). Au.
II-5.2	рп Леце	21	а	хви	Pb-Zn, Au (Ag). Au.
II-5.3	рп Туларе	15	а	пор, хви, хеп	Cu (Au-Ag-Pb-Zn). Pb, Zn (Au-Ag-Cu-Mo-Fe).
II-5.4	рп Дрaжња–Пропаштица	1	а	хви	Pb-Zn (Cd-Bi-Ag-Au-Mn). Mn (Fe-Pb-Zn-Ag). Fe, Mn (Pb-Ag). Fe (Pb-Zn-Mn-Ag-Au).
II-5.5	рп Ново Брдо	6	а	хви, пр	Pb-Zn (Mn-Fe).
II-5.1	гп Сијеринска Бања	2	а	хви	Cu (Au-Pb-Zn). Pb-Zn (Cu-Ag-Ag).
II-5.2	гп Крварске планине	5	а	хви, пор?	Cu (Au-Ag-Pb-Zn-Mo-Fe). Pb, Zn (Cu-Au-Ag). Au-Ag (Pb-Zn-Cu).
II-5.3	гп Глама	>1	а	хви	Ag-Au. Pb-Zn. Fe-Mn.

<b>II-6</b>	<b>Копаоничка металогенетска зона</b>				
II-6.1	<i>рп</i> Жељин <i>рп</i>	7	а	хгр, хви	Pb-Zn. Cu, Ni (Co). Sb.
II-6.2	<i>рп</i> Кремић <i>рп</i>	8	а	хгр, хви	Cu (Pb-Zn-Au-Ag). Fe (Cu). Cu, Au (Fe, Ag).
II-6.3	<i>рп</i> Централни Копаоник	12	а	ск, хви, пр	Fe (Cu-Bi). W (Mo). Mo (W). Pb-Zn. Cu (Mo). Mn.
II-6.4	<i>рп</i> Рашка	25	а	хви, пор?	Pb-Zn (Ag, Ag-Au). Cu-Fe-Au. Au-Sb-As-Bi-алунит. Au-As-Pb/Zn-Cu-кварц
II-6.5	<i>рп</i> Бело Брдо	11	а	хви, ск	Pb, Zn (Ag-Cd-Bi). Pb, Zn, Cu. Mn.
II-6.6	<i>рп</i> Крива Река	6	а	хви	Pb, Zn (Ag-Au).
II-6.7	<i>рп</i> Копорић – Шгаве	16	а	хви, ск	Pb, Zn (Ag-Cd; Au-Ag; Mn; Sb). Fe. Sb (Pb-Zn-Au-Ba-Tl; Fe).
II-6.8	<i>рп</i> Трепча	15	а	ск, хви, пр	Pb, Zn, Ag, Pb, Zn (Mn). Mn (Fe, Pb, Zn).
II-6.9	<i>рп</i> Ајвалија – Кишница	10	а	хив, ск, пр	Pb, Zn. Pb, Zn, Mn. Mn-Fe.
II-6.10	<i>рп</i> Рогозна	4	а	ск, хви	Pb-Zn (Cu-Au-Ag).
II-6.11	<i>рп</i> Гоч	6	к, а	хгр, хви	Au (Cu-PGE).
<b>II-7.1</b>	<b>Голијски рудни рејон</b>				
II-7.1.1	<i>рп</i> Лиса – Радуловац	9	а	ск, хгр, хви	W (Pb-Zn-Au-Ag-Cu-Fe-Bi). Fe (Mn-Cu-Fe-As-Bi). Pb, Zn (Cu-Au-Ag-Fe). Fe (Pb-Zn). U.
II-7.1.2	<i>рп</i> Голијска река		а	ск	Bi-W (Cu-Sn). Pb-Zn (Au-Ag).
II-7.1.3	<i>рп</i> Остација – Избура	12	а	хви	Pb-Zn (Cu-Au-Ag).
II-7.1.4	<i>рп</i> Ивањица	>2	а	хви	Sb (Au).
II-7.1.1	<i>гп</i> Калудра	7	а	хви	Pb, Zn (Cu ± Au-Ag; Sb; Cu ± Au-Ag; Cu ± Au-Ag-Sb).
II-7.1.2	<i>гп</i> Мухово	3	а	хви	Pb-Zn. U.
II-7.1.3	<i>гп</i> Асаново Село	1	а	хви	Fe, Ni, Cu, Pb-Zn, Ag.
II-7.1.4	<i>гп</i> Придворица	3	а	хви	Pb-Zn (Cu-Au-Ag).
II-7.1.5	<i>гп</i> Хајдучко брдо	>5	а	хви	Sb
<b>II-7.1</b>	<b>Подрињски рудни рејон</b>				
II-7.1.1	<i>рп</i> Борања	29	а	ск, хгр, хви	Fe (Bi-Cu-Mo-As; Cu-Bi-As-Mo-Pb-Zn-Mn). W. W (Fe-Mo-Bi-Cu). Cu, Mo (Ag-Au-Pb-Zn-Fe; Fe-Pb-Zn-Ag-Au). Mo (Cu-Au-Ag-Pb-Zn). Pb-Zn (Cu-Fe-Mo-As). Sb (Pb-Zn). Hg (Pb-Zn-As-Sb).
II-7.1.2	<i>рп</i> Цер	12	а	грј, хгр, пег, м сед, инф-сед	Sn (Ta-Nb-Li-RE). W. U.
II-7.1.3	<i>рп</i> Иверак	5	а	инф-сед	U
II-7.1.4	<i>рп</i> Брасина	11	а	хви	Sb (Pb-Zn-As).
II-7.1.5	<i>рп</i> Зајача	50	а	ск, хви	Sb (Pb-Zn-Cu-As-Ba-Hg; Pb-Zn; Cu-Pb-Zn-Fe). Pb-Zn (Cu-Sb-Au-Ag; Cu-Au-Ag). Fe (Cu; Cu-Pb-Zn-Sb?). Fe (Pb-Zn-Cu-Sn-Mo).
II-7.1.6	<i>рп</i> Постење – Тисовик	18	а	ск, хви, хвс?	Pb (Zn-Sb-Fe-Au-Ag). Fe (Au-Sb-Ag-As). Pb-Zn-Sb (Fe-Au-Ag-As). Fe. Hg (BaSO <sub>4</sub> ). Cu (Au-Ag-Mo-Pb-Zn-Fe).
II-7.1.7	<i>рп</i> Рујевац	2	а	хви	Sb. Zn-Sb-As-Pb. Sb-Pb.
II-7.1.8	<i>рп</i> Велики Мајдан	2	а	хви	Pb-Zn. Sb (Hg). Fe (As). Ni-Co. U
II-7.1.9	<i>рп</i> Завлака	3	а	хви	Pb-Zn (Cu, Fe, Sb, As).
II-7.1.10	<i>рп</i> Поћута	12	а	сед	Al
<b>III</b>	<b>Динаридска металогенетска провинција</b>				
<b>III-1</b>	<b>Рудна зона Средњег Полимља</b>				
III-1.1	<i>рп</i> Чадиње, <i>рп</i>	8	к	хви	Pb-Zn. Cu (Au-Ag).
III-1.1	<i>гп</i> Велика Жупа, <i>гп</i>	5	к	хви	Cu
III-1.2	<i>гп</i> Сопотница, <i>гп</i>	5	к	хви	Cu
<b>III-2</b>	<b>Велики Рзав рудни рејон</b>				
III-2.1	<i>рп</i> Дрежник	12	к	х-вс	Mn
III-2.2	<i>рп</i> Сврачково	6	к	х-вс	Mn
		5			
<b>III-3</b>	<b>Лим-Увац рудни рејон</b>				
III-3.1	<i>рп</i> Јасеново-Божетићи	8	к	хвс	Mn
III-3.2	<i>рп</i> Коморани-Мишевићи	5	к	хвс	Mn
III-3.1	<i>гп</i> Зона Сјеница-Тутин	7	к	хвс	Mn

<b>III-4</b>	<b>Златиборски рудни рејон</b>				
III-4.1	<i>рп</i> Брезна	8	к	кдиф	Cr
III-4.2	<i>рп</i> Јабланица	23	к	кдиф	Cr
III-4.3	<i>рп</i> Шљивовица	11	к	кдиф	Cr
III-4.4	<i>рп</i> Семегњево	52	к	кдиф	Cr
<b>III-5</b>	<b>Ђаковички рудни рејон</b>				
III-5.1	<i>рп</i> Ораховац	38	к	кдиф, лсег	Cr, Cu (Ni)
III-6.1	<i>рп</i> Тара	5	к	сед	Al
		6			
III-6.2	<i>рп</i> Мачкат	6	к	сед	Al
		6			
III-6.3	<i>рп</i> Гребник	>60	к	сед	Al
III-7	<i>зп</i> Метаморфикум Дринске области	15	б, к-х, а	рмет хвс, рмет сед, хвс	Fe, Pb-Zn-Cu.
III-8	Басен Мокра Гора	6	к, а	сед	Fe
<b>IV</b>	<b>Дакијска металогенетска провинција</b>				
IV-1	<i>зп</i> Метриш	3	а	мсед	Au

Један од основних проблема при издвајању металогенетских јединица нижег реда и њиховог сврставања у металогенетске епохе, огледао се у недостатку егзактних података о старости минерализације и стенских комплекса за које је она просторно, генетски и временски везана. Припадност металогенетским епохама често је само предпостављена, вероватно са знатним грешкама у односу на стварну старост минерализационог процеса. У домаћим условима посебан проблем представља и временски неједнозначно издвајање металогенетских епоха истог назива. Део аутора се придржава металогенетских епоха приказаних у раду Смирнов (1976): архајска (3500–2500 м.г.), ранопротерозојска (2.500–1800 м.г.), средњепротерозојска (1800–1650 м.г.), каснопротерозојска (1650–900 м.г.), рифејска (900–600 м.г.), каледонска (600–400 м.г.), херцинска (400–225 м.г.), кимеријска (225–100 м.г.), алпијска (100–0 м.г.), део према радовима Грубић и Петковић (1982), Вакањац (1992): пребајкалска “пб” (?–1000 м.г.), бајкалска “б” (1.000–530 м.г.), каледонско-херцинска “к-х” (530–300 м.г.), херцинска “х” (300–230 м.г.), кимријска “км” (230–67 м.г.) и алпијска “а” (0–67 мил. год.), док део аутора минералне ресурсе везује за геотектонске циклусе: алпски, херцински (варисцијски) и каледонски, односно одговарајуће дијасрофизме, сагласно Илић и Пешић (1992) и др. У раду је прихваћена подела према Грубић и Петковић (1982), односно Вакањац (1992).

## Закључак

Приказана металогенетска рејонизација металичних минералних ресурса Србије заснована је на резултатима геолошких истраживања већег броја аутора из различитих геолошких институција Србије у периоду 1945–2006. године, као и на резултатима сопствених истраживања аутора рада из периода 1986–2006. године. Прикупљени подаци о

геолошким и металогенетским карактеристикама 1689 лежишта и појава металичних минералних сировина, као и за више десетина недовољно изучених зона рудне минерализације из различитих геолошких средина Србије, су у периоду 2006–2009. године систематизовани, металогенетски анализирани и геолошко-економски оцењени. Тежиште активности током металогенетског рејонирања било је на издвајању рудних поља у размери 1:100.000, као и на њиховој прогнозно-металогенетској анализи.

Издвојене контуре дефинисаних металогенетских јединица у датој размери карте могу се сматрати поузданим. У крупнијим размерама, међутим, њихове просторне контуре су апроксимативне и са повишењем степена изучености геолошке грађе терена и његовог металогенетског развоја, подложне су променама. У односу на раније спроведене металогенетске рејонизације металичних минералних ресурса Србије, многа претходно издвојена рудна поља су услед ниског степена металогенетске и геолошке изучености терена на коме се налазе или њиховог недовољно дефинисаног минерално-сировинског потенцијала, у периоду 2006–2009. године третирана као групе појава. На овај начин створена је реалнија геолошко-економска слика о металичном минерално-сировинском потенцијалу наше земље. Са друге стране, раније позната и новопронађена лежишта и појаве металичних минералних сировина, груписана су металогенетске јединице различитог таксонометијског нивоа, сагласно савременим принципима металогенетске рејонизације и постојећем нивоу познавања металогенетске еволуције терена Србије.

## Литература

CISSARZ, A. 1956. Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien (Рудна лежишта Југославије). *Рацирава*

- Завода за геолошко и геофизичко истраживање Н.Р.Србије*, Св. VI, 237 стр.
- ИЛИЋ, М. и ПЕШИЋ, Л. 1992. Преглед најзначајнијих дијастрофизама у Земљиној историји. *Геол. анали Балк. полуострва*. Књ. LV/1, Београд, 45–56.
- ЈАНКОВИЋ, С. 1967. Металогенетске епохе и рудоносна подручја Југославије. *Рударско-геолошки факултет и Рударски институт*, Београд.
- ЈАНКОВИЋ, С. 1990. Рудна лежишта Србије: регионални металогенетски положај, средине стварања и типови лежишта. *Рударско-геолошки факултет*, Београд, 760 стр.
- ЈАНКОВИЋ, С., ЈЕЛЕНКОВИЋ, Р. и ВУЛИЋ, С. 2003. Минерални ресурси и прогноза потенцијалности металних и нематалних минералних сировина у СР Југославији. *Монографија – ИАН Србије, Рударско-геолошки факултет, Београд*, 850.
- ЈЕЛЕНКОВИЋ, Р. и др. 2006–2009. Прогнозно-металогенетска и геолошко-економска оцена ресурса и резерви металних минералних сировина Србије – Подпројекат 3: Геолошке, рудне и рудоносне формације, металогенетска рејонизација и генетски модели економских типова лежишта Србије. *Рударско-геолошки факултет, Геолошки институт Србије*.
- ВАКАЊАЦ, Б. 1992. Геологија лежишта нематалних минералних сировина. *Рударско-геолошки факултет, Каџедра економске геологије*, пос. изд. 4, Београд, 323 стр.

## Предлог класификације рудоносних и рудних формација металичних минералних ресурса Србије

### Proposal of Classification of Ore-Bearing Formations and Ore Formations of Metallic Mineral Resources of the Serbia

РАДЕ ЈЕЛЕНКОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У раду су предложени нова класификација рудоносних формација Србије и критеријуми за издвајање рудних формација. Предложена класификација је заснована на анализи специфичних карактеристика геолошке грађе терена Србије, генези рудне минерализације и другим релевантним геолошким обележјима металичних минералних ресурса који се налазе на њеној територији.

**Кључне речи:** рудоносна формација, рудна формација, Србија, металични ресурси.

**Abstract.** New classification of the ore-bearing formation of the Serbia and criteria for selection of the ore formation are presented in this paper. Classification is based on specific characteristics of geological setting of the Serbia, genesis of ore mineralization and other relevant geological indicators of metallic mineral deposits located at its territory.

**Key words:** ore-bearing formation, ore formation, Serbia, metallic mineral resource.

#### Увод

Први подаци о рудоносним и рудним формацијама и анализи њиховог значаја у проспекцији и истраживању лежишта минералних сировина датирају из друге половине XIX (БРАЛТХАУПТ) и прве половине XX века (ОБРУЧЕВ 1928; УСОВ 1931; БЕТЕХТИН 1945; СМИРНОВ 1947; БИЛИБИН 1947, 1955; МАГАКЈАН 1950; ЗАХАРОВ 1953). Све до појаве радова који се односе на класификације лежишта злата (ПЕТРОВСКАЈА 1955), калаја (РАДКЕВИЧ 1956), гвожђа (СОКОЛОВ 1957), молибдена (ХРУЦОВ 1959) и других сировина, термини рудоносне и рудне формације нису шире примењивани у области економске геологије. Са протоком времена, проблематика њиховог издвајања детаљно је разрађивана у радовима бројних истраживача, са различитих аспеката, посебно са становишта формационо-металогенетске анализе и прогнозне, геолошко-економске оцене минерално-сировинске потенцијалности терена. У том смислу, посебно су значајни радови КОНСТАНТИНОВА (1965, 1966) који је међу првима размотрио бројна питања издвајања и анализе генетских редова рудних формација, предложио класификацију лежишта мине-

ралних сировина на формационој основи и размотрио проблематику примене рудно-формационе анализе у регионалним металогенетским истраживањима. Посебан значај дао је објашњењу везе рудних и рудоносних формација са геолошким формацијама, тектоником и геисторијским развојем терена. У другој половини XX века, сазнања о рудним формацијама широко се користе у разматрањима генезе лежишта минералних сировина (СМИРНОВ 1968), што доводи до разраде формационе анализе као основе савремених металогенетских изучавања (ШЧЕГЛОВ 1976; КУЗНЕЦОВ 1975, 1988; КРИВЦОВ 1985, 1989 и др.). Данас се формациона анализа минералних ресурса третира као део науке о геолошким формацијама, односно оним њиховом делу који се односи на рудна лежишта и њихову еволуцију у простору и времену.

#### Рудоносне и рудне формације

Проблематиком формационе анализе минералних ресурса на територији наше земље у прошлости бавио се релативно мали број истраживача. Из

<sup>1</sup> Рударско геолошки факултет, Бушина 7, Београд. E-mail: radej@rgf.bg.ac.rs

поменутог разлога и приказ анализе појмова рудоносна и рудна формација, као и критеријуми њиховог издвајања, налазе у ограничену броју публикација (ГРУБИЋ *и др.* 1974, 1982; ПЕТКОВИЋ и ГРУБИЋ 1984; ВАКАЊАЦ 1992; ЈАНКОВИЋ 1990, 1994; ЈЕЛЕНКОВИЋ 2000; и др.). Анализом поменутих радова, међутим, могуће је закључити да се термини рудоносна и рудна формација у домаћим условима, као и у светским оквирима, често користе неједнозначно, да се мешају и издвајају на основи различитих критеријума чак и за исти генетски тип једне сировине. Претходно доводи до знатних тешкоћа у њиховој широј примени у формационо-металогенетским анализама, тако да су и многе металогенетске карте Србије урађене на геолошкој уместо на формационој основи, без таксативно издвојених рудоносних и рудних формација.

Основни проблеми у издвајању рудоносних и рудних формација су неуједначени критеријуми њиховог издвајања и, често, терминолошко поистовећивање. Под термином “рудна формација”, данас се у већини случајева подразумевају: 1- карактеристични типови рудне минерализације издвојени према минералном саставу, водећој парагенези минерала, жица, рудних тела и, у низу случајева, с узимањем у обзир морфологије рудних тела (жична, цеста итд.); пример: жична пиритско-халкопиритска формација и сл.; 2- лежишта истог минералног састава, структуре (зоналности) и геолошких услова образовања (једног типа); пример: галенит-сфалерит скарновска формација, молибденит-грајзенска формација и сл.; и 3- групе лежишта различитог састава и услова образовања, али повезаних са једном геолошком формацијом; пример: дунит-хромитска формација, габро-перидотит-титаномангнетитска формација и сл. (РУНДКВИСТ 1986).

На овај начин издвојене рудне формације касније се обједињују у сродне групе рудних формација, тзв. “асоцијације рудних формација” (рудне формације повезане са једном геолошком формацијом), “комплекс рудних формација” (група сродних рудних формација, повезана са блиским по саставу геолошким формацијама), “латерални низ (ред) рудних формација” (синхроне формације, које законито смењују једна другу у простору), “генетски низ (еволуциони ред) рудних формација” (асинхроне формације или комплекси, укључујући и оне које се појављују у различитим структурама, али са испољеним међусобним прелазима и повезане истоветним пореклом) и др., што усложњава њихово међусобно повезивање и практичну примену у металогенетским анализама терена.

“Рудоносна геолошка формација” (или “рудносна формација”) је подврста геолошке формације која се одликује специфичним цртама састава и грађе и са којом су просторно и временски, генетски или парагенетски, повезане економски значајне концентрације минералних сировина. Претходно

значи да једна те иста геолошка формација може да буде рудоносна (када је прате економски интересантна лежишта - у целини или у делу геолошке формације) али и стерилна. Према схватањима већине истраживача, рудна минерализација је са геолошком формацијом везана просторно, када је издвојена као карактеристичан скуп минералних парагенеза које представљају саставни део рудоносне геолошке формације и, *генетски али не и просторно*, када је смештена ван граница рудоносне формације (такви су, на пример, односи већине хидротермалних рудних формација и матичних рудоносних интрузија).

Значајан допринос разради критеријума издвајања рудоносних формација дао је КРИВЦОВ (1985, 1989). Поменути аутор је издвојио више типова рудоносних формација (назива их “металогенетским формацијама”), које доводи у везу са различитим процесима генезе рудне минерализације и са различитим геолошким формацијама. Наглашава да је за установљивање улоге геолошких формација у настанку рудне минерализације неопходно извршити њихово упоређивање са главним елементима генетског модела: геолошком средином у којој су лежишта настала, изворима транспортирајућих агенаса, изворима рудне материје и енергије. На тој основи издваја следеће групе металогенетских (рудносних) формација: 1- околорудне рудоносне геолошке формације (ОРФ) које третира као средину депоновања рудне минерализације која потиче из других извора, 2- рудоносне геолошке формације (РНФ, металогенетски специјализиране стене, део ОРФ, тј. формационо једнородне геолошке творевине у којима се налазе формационо једнородни продукти рудогенезе при неједнозначној интерпретацији природе таквих асоцијација; могу да представљају средину депоновања рудне материје али и њен извор одакле се мобилише и редепонује у другим срединама), 3- рудогенерирајуће геолошке формације (РГФ, геолошке формације које су извор рудне супстанце, транспортирајућих агенаса и покретачке енергије) и формације рудоносних стена (РС - извор енергије која учествује у процесу). Према КРИВЦОВУ (1989), односи издвојених формација су сложени. Формацију изграђују различите стене чија улога у генези лежишта може да се означени као: *C*- средина депоновања рудне материје, *T* – извор транспортирајућег агенаса, *B* – извор рудне материје; *E* – извор енергије процеса формирања рудне минерализације. КРИВЦОВ (1989) међусобне односе рудоносних формација за основне типове ендогених лежишта металних минералних сировина, приказује релацијама: 1- ОРФ=РНФ /C+T+B/; 2- ОРФ=РНФ=РГФ /C+T+B+E/; 3- ОРФ+РГФ /C; T+B+E/; 4- (ОРФ=РНФ /C+T+B/)+РС /T+E/; 5- (ОРФ=РНФ) /C+T+B/ + (РС=РГФ) /T+B+E/; 6- ОРФ /C/+ (ОРФ=РНФ=РГФ) /C+T+B+E/.



ВАКАЊАЦ (1992) на основу радова КРИВЦОВА (1985, 1989), РУНДКВИСТА (1986) и других аутора, за серију ендогених лежишта, издваја следеће групе рудоносних формација: рудоносне продуктивне, рудоносне матичне и околорудне формације. Под појмом “рудоносна продуктивна формација” третира ону геолошку формацију која садржи економски интересантну минерализацију као свој саставни део, односно сматра да је она генетски, просторно и временски повезана са одређеном геолошком формацијом.

Под “рудоносном матичном формацијом” подразумева геолошку формацију која у свом саставу не садржи (?) економски интересантну минерализацију, али је у вези с њом образовано неко орудњење у другим блиским геолошким формацијама.

Околорудна (околна формација) је формација у којој се налази економски интересантна минерализација, која, обично, генетски и у структурном погледу није повезана са геолошком формацијом. Такве су, на пример, многе седиментне, метаморфне и друге формације у чијим границама се развијају млађе - праве рудоносне, “продуктивне”, хидротермално-метасоматске формације са неким орудњењем.

Према ВАКАЊЦУ (1992), разлике у схватању геолошких творевина издвајаних као: геолошке формације, рудоносне геолошке формације и рудне формације требало би да нађу одраза и у њиховим називима. Будући да њихова номенклатуре још није разрађена, тамо где је то могуће и где не противуречи укорењеним појмовима у геолошкој литератури, може се користити следећи систем назива: рудоносна геолошка формација - у називу се указује на металогенетску специјализацију формације; на пример, реткометална пегматитска, бакар-андезитска итд. Рудна формација - назив одражава састав главне парагенезе, или њених водећих минерала; у низу случајева, такође, и специфичности структуре. При разноврсном саставу рудних минерала главних парагенеза уобичајено је да се у називу укаже на водећи рудни елемент; на пример: молибденит-дацитска, епитермална злата везана за вулканске комплексе и сл.

Иако у основи прихватљива, приказана класификација рудоносних формација са аспекта металних минералних ресурса испољава низ недостатака и недоречености, односно захтева допуне и измене у случају конкретних генетских типова лежишта металних минералних сировина.

### **Предлог класификације рудоносних и рудних формација металних минералних ресурса Србије**

Класификација рудоносних формација металних минералних ресурса Србије мора да буде спроведена у складу са основним критеријумима издва-

јања геолошких формација чији су рудоносне формације саставни део. Претходно подразумева анализу: 1- геолошке грађе средине у којој се минерални ресурси налазе (литолошки састав, тектонски склоп и др.), 2- процеса и услова стварања стена (магматизам, седиментација, метаморфизам, секундарне промене стене, геоисторијски и геотектонски развој терена, палеогеографски, палеоклиматски услови средине и др.), као и 3- њиховог састава (склоп, минерални састав и др.). Претходно представља предмет обраде фундаменталних геолошких дисциплина, односно Формационе геологије.

Издавање рудоносних формација мора да буде засновано и на анализи карактеристичних елемената генезе металних минералних ресурса који се налазе у датој средини, тј. оних геолошких обележја терена која указују на њихово могуће присуство у одређеној средини (металогенетска изучавања, генеза рудних лежишта и др.). С обзиром на опште прихваћену систематику лежишта минералних сировина према условима њиховог стварања (ендогена, егзогена и метаморфогена), везе са различитим стенским комплексима (различити типови магматских, седиментних и метаморфних стена), условима њиховог стварања и геолошке средине у којој се ти процеси збивају, најједноставније је издвојити групе рудоносних формација на основу њихове везе са различитим стенским комплексима и њиховој улози у процесу стварања орудњења. У складу са претходним, могуће је издвојити следећих 7 основних група и више подгрупа рудоносних формација у теренима Србије:

У оквиру претходно издвојених група рудоносних формација, могуће је извршити њихово даље расчлањавање у подгрупе према типу везе металних минералних ресурса и стенских комплекса који чине формацију. У конкретном случају оне обухватају:

**Група 1- Матичне рудоносне формације** везане за ултрабазичне и базичне магматске комплексе (са навођењем стене: дунит, габро...).

У односу на генетских тип лежишта металних минералних сировина која се у њима налазе, могуће их је разврстати у:

- лежишта – коре распадања Ni, Co..., хидротермална лежишта различитих сировина – Cu, Ni,... и др. Комплекси су класификовани у различите групе и према старости.). Матичну сингенетску творевину је могуће третирати и као *рудоносну продуктивну формацију*.
- *полигенетске формације* (матични комплекси садрже оба типа минерализације – сингенетске и епигенетске. Комплекси су класификовани у различите групе и према старости.). Матичну полигенетску творевину је могуће третирати и као *рудоносну продуктивну формацију*.

**Група 2-** *Матичне рудоносне формације* везане за гранитоидне комплексе (са навођењем стене: дацит, андезит...).

Заједничка карактеристика издвојене групе формација је да садрже минерализацију постмагматског типа - различите врсте хидротермалних типова орудњења – жична и метасоматска, као и групу прелазних магматско-постмагматских типова орудњења – пегматитска лежишта. Комплекси су класификовани у различите групе и према старости. Поменућа група формација се третира као:

- *рудоносна њродуктивна еџџенетска формација* у случају да рудне компоненте воде порекло из матичног комплекса, из њега су мобилисане хидротермалним растворима и редепоноване у самом комплексу (на пример, грајзенска лежишта калаја у гранитима),
- *околорудна формација* у случају да представља “смештајни простор” за рудну минерализацију која води порекло из других извора (на пример, жична хидротермална лежишта бакра који је примарно везан за офиолитске комплексе),
- *рудоносна матична формација* у случају да је гранитоидни комплекс извор рудних елемената који су депоновани у другим геолошким срединама (на пример, хидротермална лежишта калаја у кристаластим шкриљцима).

**Група 3-** *Матичне рудоносне формације* везане за вулканогене комплексе (са навођењем типа комплекса: дијабаз-рожна, спилит-кератофирска).

Заједничка карактеристика издвојене групе формација је да садрже минерализацију постмагматског типа - различите врсте хидротермалних типова орудњења – жична и метасоматска. Комплекси су класификовани у различите групе и према старости, аналогно групи 2. Поменућа група формација се третира као:

- *рудоносна њродуктивна еџџенетска формација* у случају да рудне компоненте воде порекло из матичног комплекса, из њега су мобилисане млађим хидротермалним растворима и редепоноване у самом комплексу (на пример: жична лежишта олова и цинка у дацитско-андезитским комплексима),
- *околорудна формација* у случају да представља “смештајни простор” за рудну минерализацију која води порекло из других извора (на пример, лежишта злата),
- *рудоносна матична формација* у случају да је извор рудних елемената који су депоновани у другим геолошким срединама.

**Група 4-** *Матичне рудоносне формације* везане за вулканогено-седиментне комплексе.

Издвојена је као засебна група формација из разлога специфичних услова средине и процеса стварања рудних лежишта. Заједничка карактеристика издвојене групе формација је да садрже ми-

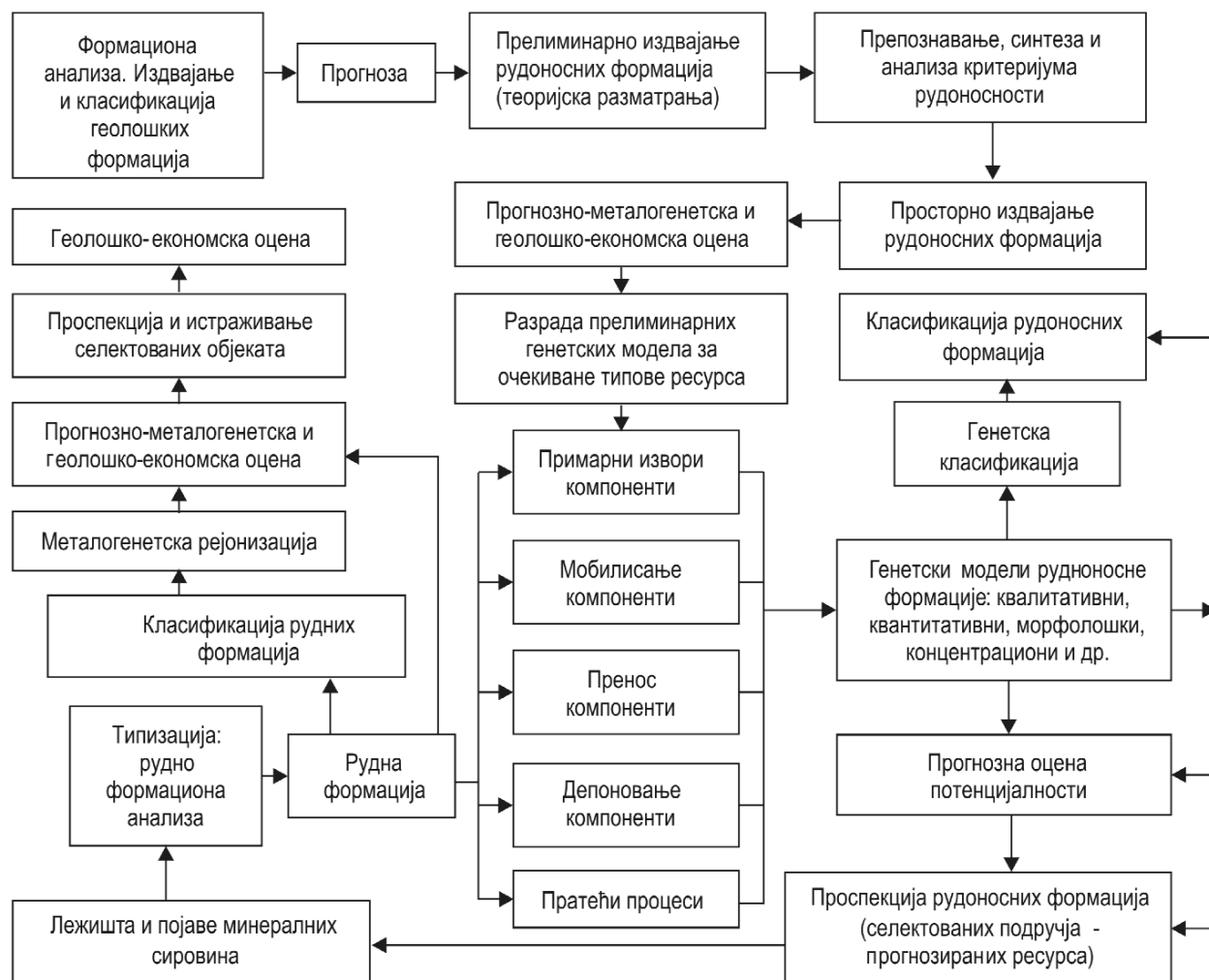
нерализацију постмагматског типа: различите врсте хидротермалних типова орудњења, жична и метасоматска хидротермално-вулканогена, вулканогено-седиментна, хидротермално-седиментна и др. Комплекси су класификовани у различите групе и према старости. Поменућа група формација се третира као:

- *рудоносна њродуктивна еџџенетска формација* у случају да рудне компоненте воде порекло из матичног комплекса, из њега су мобилисане млађим хидротермалним растворима и редепоноване у самом комплексу (на пример, лежишта куроко типа).
- *околорудна формација* у случају да представља “смештајни простор” за рудну минерализацију која води порекло из других извора (на пример, пиритска лежишта у рожнацима); може да се посматра и као *секундарна, околорудна формација*.
- *рудоносна матична формација* у случају да је извор рудних елемената који су депоновани у другим геолошким срединама (на пример, дистална лежишта гвожђа, хидротермално-седиментна лежишта минералних сировина и др.).

**Група 5-** *Депозиционе (седиментне) рудоносне формације*.

Подразумевају геолошке творевине које су настале у процесима седиментације (различите врсте седимената у седиментним басенима различитог типа). Услед различитих услова њиховог стварања и присуства генетских различитих типова лежишта минералних сировина, неопходно је навођење типа седимената, односно наноса (алувијални, речни/механички/ седименти, језерски и др.). Поменућа група формација се третира као:

- *сингенетска формација* (у основи се ради о седиментним творевинама које у себи садрже сингенетски настала лежишта минералних сировина. Карактеристичан пример су хомогено седиментна лежишта гвожђа, мангана, урана и др. Комплекси су класификовани у различите групе према старости седимента и минерализације). Депозициону сингенетску творевину је могуће третирати и као *рудоносну њродуктивну формацију*.
- *еџџенетска формација* (седиментне творевине које у себи садрже лежишта минералних сировина која су млађа од њих; на пример: инфилтрациона лежишта мангана, инфилтрационо-седиментна лежишта урана типа и др. Комплекси су класификовани у различите групе и према старости седимента и минерализације.)
- *џолигенетска формација* (седиментне творевине које у себи садрже оба типа минерализације. Комплекси су класификовани у различите групе и према старости седимента и минерализације.)



Сл. 1. Место и улога рудоносних и рудних формација  
 Fig. 1. Position and role of ore-bearing and ore formations

### Група 6- Секундарне (околорудне, околне) рудоносне формације.

Издвојена група рудоносних формација је честа у природи. Поклапају се са околном (околорудном) формацијом у претходно издвојеним групама. Садржи минерализацију постмагматског (хидротермалног) типа, млађу од стена у којима се налази, односно минерализација је по времену постанка епигенетског карактера. У циљу ближег генетског дефинисања, могуће је њихово издвајање према типу хидротермално-метасоматских промена (даспериодна антимононска, албититска урана, злата у секундарним кварцитима и др.).

Имајући у виду могуће путеве формирања, издвојене су:

- *контактне рудоносне формације* (на пример, скарновске гвожђа, хидротермална олова и цинка у скарновима и др.),
- *дисипалне* (хидротермалне жичне и метасоматске у различитим врстама стена: магматским, седиментним и метаморфним).

### Група 7- Метаморфне рудоносне формације.

Рудна минерализација је локализована у метаморфним комплексима и налази се у вези са процесима њиховог метаморфног преображавања. Издваја се у две основне подгрупе:

- *метаморфисане рудоносне формације* (на пример, регионално метаморфисана примарна вулканско-седиментна лежишта гвожђа) и
- *метаморфне рудоносне формације* (на пример, аутохтона хематитско-магнетитска, алохтона бакра, злата и др.).

Аналогно неуједначеном терминолошком рудоносних геолошких формација, у геолошкој литератури је познато и више начина издвајања рудних формација металичних минералних ресурса. Оне представљају карактеристичан тип орудњења који се издваја са аспекта оцено потенцијалности терена и усмеравања геолошких истражних радова на регионалном плану али и на нивоу лежишта / појаве минералних сировина (на локалном плану). Издвајање рудних формација на регионалном плану врши

се са циљем прогнозне формационо-металогенетске анализе крупнијих металогенетских јединица, односно прогнозне геолошко-економске оцене минералних ресурса на нивоу рудних поља, рејона и др. На нивоу појединачних лежишта и група појава минералних сировина, тј. на локалном плану, рудне формације се издвајају за потребе оцене минерално-сировинског потенцијала (проспекције и истраживања лежишта ради повећања количине рудних резерви / минералног ресурса), као и дефинисања економских типова лежишта и руде, односно могућности њихове рударске и геолошко-економске валоризације (слика 1).

Имајући претходно речено у виду, издвајање рудних формација на уобичајени (као: 1- карактеристичан тип рудне минерализације издвојен према минералном саставу, водећој парагенези минерала, жица, рудних тела и, у низу случајева, с узимањем у обзир морфологије рудних тела; *пример: жична њиритско-халкојиритска формација и сл.* 2- лежишта истог минералног састава, структуре /зоналности/ и геолошких услова образовања /једног типа;/ *пример: молибдениј-џрајзенска формација и сл.* и 3- групе лежишта различитог састава и услова образовања, али повезаних са једном геолошком формацијом; *пример: дунит-хромитска формација*) није потпуно, и у поменутих случајевима довољно за даљу примену у прогнозно-металогенетској анализи и геолошко-економској оцени. Оно мора да садржи основне показатеље рудне минерализације који укључују:

- генетски тип минерализације на нивоу генетске класе лежишта (са циљем одређивања водећег /примарног/ или секундарног економског типа лежишта),
- морфоструктурни тип рудог тела (са циљем доношења прелиминарне одлуке о могућностима експлоатације на регионалном плану, односно прелиминарног избора методе откопавања и предвиђања економских параметара експлоатације и сл.),
- текстурно-структурни варитет руде (ради сагледавања могућности припреме руде и др.)
- минерални састав (главне рудне компоненте).

На претходно описани начин, у контурама рудног поља Рудник, на пример, доминантне рудне формације биле би:

- скарновска, плочаста (стратиформна /псеудо-слојевита/) и сочиваста галенит-сфалеритска ( $\pm \text{Cu}$ ,  $\text{Bi}$ ,  $\text{Ag}$ ) рудна формација;
- скарновска, морфолошки сложена галенит-сфалеритска ( $\pm \text{Cu}$ ,  $\text{Bi}$ ,  $\text{Ag}$ ) рудна формација, морфолошки подтипови: неправилно елипсоидна са плочастим завршецима, неправилно плочаста са задебљањима, неправилно елипсоидна до гнездаста;
- хидротермална, плочаста галенит-сфалеритска ( $\pm \text{Cu}$ ,  $\text{Bi}$ ,  $\text{Ag}$ ) рудна формација и

- хидротермална морфолошки сложена, превасходно метасоматска (неправилно конусна са издужењем у вршном делу) галенит-сфалеритска ( $\pm \text{Cu}$ ,  $\text{Bi}$ ,  $\text{Ag}$ ) рудна формација.
- хидротермална, штокверно-импрегнациона до импрегнациона ураноносна (пехбленда) рудна формација.

## Литература

- БЕТЕХТИН, А.Г. 1945. О минераграфији. Изв. АН СССР. Се, геол. Но 6.
- БИЛИВИН, Ю.А. 1947. Общие принципы металлогенетических исследований. Изв. АН СССР., Сер. геол. Но 5.
- БИЛИВИН, Ю.А. 1955. Металлогенетические провинции и металлогенетические эпохи. М. Л. Госгеолтехиздат.
- ВАКАЊАЦ, Б. 1992. Геологија лежишта неметаличних минералних сировина. Кат. екон. геологије, пос. изд. 4. Рударско-геолошки факултет, Београд.
- ГРУБИЋ, А., ВАКАЊАЦ, Б. и АНТОНИЈЕВИЋ, И. 1974. Геолошке формације и формационо-металогенетска анализа. Зб. рад. Руд.-геол. метал. фак. св. 17, Београд, 31–54.
- ГРУБИЋ, А. и РОМИЋ, К. 1982. Формациона анализа као једна од основа металогенетске карте СФР Југославије 1:500.000. X јубиларни конгрес геолога Југославије, књ 2, Будва, 689–691.
- ЗАХАРОВ, Е.Е. 1953. К вопросу о классификации месторождений полезных ископаемых. Изв. АН СССР. Сер. геол., Но 5.
- ЈАНКОВИЋ, С. 1990. Рудна лежишта Србије. Рударско-геолошки факултет, Београд.
- ЈАНКОВИЋ, С. 1994. Освајање ресурса чврстих минералних сировина Србије: Прогнозирање и оцена минералне потенцијаности – принципи и методе. Кат. екон. геологије, пос. изд. 7/1. Рударско-геолошки факултет, Београд.
- ЈЕЛЕНКОВИЋ, Р. 2000. Карта рудних формација и металогенетска карта Србије. Геолошки атлас Србије 1:2.000.000, бр. 14.
- КОНСТАНТИНОВ, Р.М., 1965. Изучение эндогенных рудных месторождений различных рудных формаций при крупномасштабных металлогенических исследованиях. Изучение закономерностей размещения минерализации при металлогенетических исследованиях рудных районов. Москва, Недра.
- КОНСТАНТИНОВ, Р.М. 1966. Методы изучения и критерии выделения магматогенных рудных формаций при крупномасштабных металлогенических исследованиях. Эндогенные рудные формации Сибири и Дальнего Востока. Москва, Наука.
- КРИВЦОВ, А.И. 1985. Металлогения и прогноз рунодонности. М., изд. МГРИ.
- КРИВЦОВ, А.И. 1989. Прикладная металлогения. Недра. Москва, 283 стр.
- КУЗНЕЦОВ, В.А. 1975. Генетические ряды и серии рудных формаций. У: Современное состояние учения о полезных ископаемых. Ташкент, ФАН, 6–15.

- КУЗНЕЦОВ, В.А. 1988. Проблемы рудно-формационного анализа и металлогении. Наука. АН СССР. Выпуск 709. Новосибирск. 230 стр.
- МАГАКЯН, И.Г. 1950. Главные промышленные семейства и типы руд. Зап. Всесоюз. минералов. 2 сер., вып. 4.
- ОБРУЧЕВ, В.А. 1928. Рудные месторождения. Москва. Изд. Моск. гор. акад.
- ПЕТКОВИЋ, М. и ГРУБИЋ А. 1984. Формациона и металлогенетска карта СФРЈ 1:500.000. Рударско-геолошки факултет, Београд.
- ПЕТРОВСКАЈА, Н.В. 1955. К вопросу о минералогической классификации типов первичных золотоносных руд СССР. Тр. НИГРИ Золото. Вып. 20.
- РАДКЕВИЧ, Е.А. 1956. К вопросу о классификации оловорудных месторождений. Изв. АН СССР. Сер. геол., Но 6.
- РУНДКВИСТ, Д.В. 1986. Специальная металлогения. У књ.: Критерии при прогнозных исследований. Недра, Москва.
- СМИРНОВ, В.И. 1947. Геология ртутных месторождений Средней Азии. Госгеолиздат.
- СМИРНОВ, В.И. 1968. Генезис эндогенных рудных месторождений. Москва. Недра.
- СОКОЛОВ, Г.А. 1957. Типы и условия образования магматогенных железных руд. Москва. АН СССР.
- УСОВ, М.А. 1931. Краткий курс рудных месторождений. Томск: Издатком.
- ХРУЩОВ, Н.А. 1959. Классификация месторождений молибдена. Геология руд. Месторождений. Но. 6.
- ЩЕГЛОВ, Д.А. 1976. Основы металлогенетического анализа. Недра. Москва. 292 стр.



## Израда блок модела лежишта и управљање квалитетом минералне сировине на пројектованом површинском копу кречњака Сува Врела

### Block Modeling and Mineral Resource Quality Conduction on Limestone Designed Open Pit Suva Vrela

ГОРАН КЛЕМЧИЋ<sup>1</sup> и БОГОЉУБ ВУЧКОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Као основа за израду блок модела лежишта кречњака Сува Врела послужили су подаци добијени истражним бушењем, као и резултати детаљних и комплетних лабораторијских и хемијских анализа кречњака из језгра истражних бушотина. Израдом блок модела лежишта могуће је у 3Д простору реалније сагледати најбитније геолошке карактеристике лежишта, као и дистрибуцију квалитета минералне сировине. У фази пројектовања динамике рударских радова накнадним рударским моделовањем могуће извршити апроксимацију тражених улазних параметара квалитета, у овом случају параметара за цементну базу. Овај рад приказује геолошки блок модел лежишта и даје приказ апроксимације средњег садржаја улазних компоненти за цементну базу, насталих просторном интерполацијом резултата хемијских анализа узетих језгара, по етажним равнима садржаним у завршној контури површинског копа Сува Врела.

**Кључне речи:** блок модел, геолошка градја, анализа квалитета, динамика експлоатације.

**Abstract.** Drilling data's, as well as detailed and complete core assays, has been useful in 3D block modeling of limestone deposit Suva Vrela. Computer block modeling allows realistic 3D view in a geological features and in a limestone quality distribution of deposit. During the open pit designing, especially in a mining works dynamics, it is possible to approximate searched input parameters, in this paper case parameters for cement production. Block model of the carbonate deposit Suva Vrela was created by using the data taken from detailed and complete chemical analysis of the core samples. Purpose of this paper is to present the results from block model of the carbonate deposit Suva Vrela through the average content of input components for cement production. The average content is approximated by spatial interpolation of the chemical analysis taken from core samples, individually by the work benches in the open pit mine Suva Vrela final contour.

**Key words:** block model, geology features, analysis of raw materials quality, exploitation dynamics.

## Увод

Фабрика цемента Титан Цементара Косјерић налази се на око 2 km северозападно од варошице Косјерић. У истом правцу на око 0,8 km од фабрике цемента, налазе се лежишта кречњака Сува Врела. Назив лежишта потиче од имена локалитета на којима се лежиште налази. У непосредној близини лежишта протиче река Сечица која се спаја са реком Годљевачом и даље теку као река Скрапеж.

У току 2006. и 2007. године изведена су обимна геолошка истраживања у циљу утврђивања нових,

прекатегоризације постојећих и доказивања квалитета резерви кречњака лежишта Сува Врела. На основу нових и постојећих резултата геолошких истраживања урађен је Елаборат о резервама кречњака као сировине за индустрију цемента и техничког грађевинског камена у лежиштима Сува Врела и Годљево код Косјерића, који је урадио Геолошки Институт Србије 2007. године. Оверене су билансне резерве кречњака лежишта Сува Врела као сировине за индустрију цемента и као техничко-грађевински камен у укупној количини од 60.270.801 t. (Тробоziћ и др. 2003).

<sup>1</sup> Центар за површинску експлоатацију-Београд, Србија.

<sup>2</sup> ЕПС, ПД РБ "Колубара", "Колубара-Пројект", Лазаревац, Србија. E-mails: Bogoljub.vuckovic@rbkolubara.co.rs

## Геолошка грађа лежишта

Геолошке карактеристике лежишта утврђене су на основу геолошког картирања отворених етажа на лежишту, истражног бушења и лабораторијских анализа. Закључак је да је терен изграђен од кречњака који представља квалитетну сировину за цементну индустрију.

Горњокредни кречњаци локално поседују различит литолошки склоп и различити боју али су сви створени на плитководном шелфу затвореног спрудног ареала током сенона (конијачки и сантонски поткат, Пешић 1957). Основу подручја (лежишта) представљају палеозојски серицитски шкриљци, аргилошисти и базалне брече набушене са неколико бушотина. Преко њих налажу сенонски кречњаци. У доњим деловима кречњачке серије су кречњаци сиве боје; преко њих су црвени кречњаци; док су у највишим и завршним деловима серије заступљени светлосиви бречоидни кречњаци. Током картирања етажа и истражног бушења регистроване су појаве стилолита запуњених глиновитим везивом као и бројни подземни крашки облици метарских и декаметарских димензија. Степен карстификације кречњака је висок.

Микропалеонтолошка испитивања рађена су на узорцима сивих кречњака дубљих нивоа кречњачке серије из западног дела лежишта. Констатовано је присуство форминифера рода *Tekkeina anatoliensis* FARINACI & YENIAU. На основу фргамента рудиста пресека орбитоида, планктонских микрофосила *Pithonella ovalis* KUFMAN, одређена је старост кречњака као највероватније сантонски поткат сенонског ката. Дебљина ових кречњака износи око 65 m.

Конкордантно преко овог пакета леже масивни кречњаци црвене боје ( $^2K_2^3$ ), различитих микрофација. Теккстуре су масивне, а структура им је микроструктурална. Све микрофације садрже бројне макро и микрофосиле, као и фрагменте фосила, при чему диоминирају рудисти *Plagioptychus aguilloni* D'ORB, *Hippurites (Vacinitis) zurcheri* DOUVILLÉ, *Hippurites (Vac.) alpinus* DOUVILLÉ, *Hipp. (Vac.) gosaviensis* DOUVILLÉ и *Hipp. (Vac.) inaequicostatus* MÜNSTER, на основу којих је старост одређена као нерашчлањени кампански и мастрихтски поткат сенона. Дебљина ове серије варира од 60 до 95 m.

Поступно, навише црвени кречњаци прелазе у банковите светлоцрвене, сиве и светломрке банковите кречњаке са израженим стилолитима који дају основну текстурну карактеристику. Старост им је дефинисана као вероватни мастрихтски поткат сенонског ката (Живковић 2007), а дебљина им износи од 55 до 65 m.

Преко ових кречњака конкордантно лежи серија светлосивих кречњака која поседује релативно малу дебљину и мало распрострањење.

Завршни члан целе серије стена представљају лапоровити кречњаци и лапорци ( $^5K_2^3$ ) који су издво-

јени као посебна картирана јединица. Лапорци су светломрке боје и доминантан су члан ове серије. Дебљина им износи до 30 m.

## Опис лежишта

Детаљно истражени део лежишта има површину од 35 ha, са средњом дебљином корисне минералне сировине од 55 m. Доњи експлоатациони ниво налази се на коти 435 m; до сада је из лежишта откопано 8,5 Mt. Лежиште је сврстано у I подгрупу I групе лежишта сировина за цементну индустрију; односно у I подгрупу I групе лежишта техничког-грађевинског камена.

Продуктивна серија кречњака обухвата све издвојене микрофације кречњака у лежишту које се налазе испод танког делувилалног наноса а изнад базалних брече и палеозојских шкриљаца.

Квалитет минералне компоненте као база за производњу цемента је један од најважнијих параметара производње са аспекта квалитета и цене готовог производа. Сагледавањем квалитативних карактеристика лежишта кроз адекватну вертикалну поделу и дискретизацију етажа површинског копа остварује се модел планирања и управљања производњом на површинском копу у функцији обезбеђења квалитета минералне сировине.

## Методика моделирања

Тродимензионални модел квалитета направљен је уз помоћ програма RockWare RockWorks 14. Овај компјутерски програм примењује се у областима геологије, рударства, заштите животне средине за пројектовање и анализу радне средине. Програмски алат RockWorks је јако погодан за моделирање лежишта угља, индустријских минерала (агрегата и кречњака) и свих слојевитих лежишта подједнако у фазама истраживања као и у фазама производње.

Моделирање у програму RockWorks омогућено је кроз три основна типа графичких модела и велики број под опција основних типова. Под основним типовима графичких модела подразумева се моделирање мрежама тачака или груписаних мрежа тачака, методом миниблокова или познатије вокселском методом и методе моделирања солида. Презентација и манипулација графичким моделима подржана је кроз комбинацију и манипулацију великим бројем и различитим врстама нумеричких и описних података, прикупљених геолошким опробавањима, мерењима и опажањима. Сваки од ових основних типова модела могуће је трансформисати или груписати са другим типом помоћу већег броја филтера ради, што верније 2Д и 3Д визуелизације и анализе.

Наиме велики број програмских решења за визуелизацију просторних података усвојили су вок-

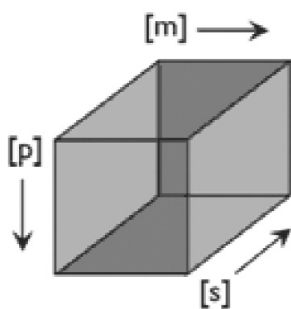


селско моделирање вођени жељом за што реалистичнију и потпунију представу просторних података. Логика је уследила из појма о пикселу који представља основну јединицу оштрине или детаља дигиталне фотографије. Величина пиксела дигиталне фотографије зависи од видног поља и 2Д матрице у коме је приказано поменуто видно поље. У равни величина пиксела дефинисана је као:

$$\text{Величина пиксела} = \frac{\text{видно поље}}{\text{матрица}}$$

Видно поље може бити приказано у одређеној величини пиксела и својим димензијама чиме је предефинисана матрица приказа фотографије од чега зависи и оштрина односно резолуција фотографије. Видно поље исте фотографије може бити и увећано на одређену зону фотографије и приказано истом величином пиксела односно у истој резолуцији. Већим бројем пиксела у одређеном видном пољу повећава се оштрина односно резолуција фотографије.

Истовремено тродимензионални појам пиксела везан је за назив воксел (voxel). Величина воксела представља тродимензионалну резолуцију дигиталне фотографије узимајући у обзир и одсечак одређене дебљине. Величина воксела је обрнуто пропорционална просторној резолуцији. Другим речима већи број воксела мањих димензија у одређеном просторном моделу је еквивалентна већој просторној резолуцији односно оштрини. Графички приказ изгледа једног воксела приказан је на слици 1. Воксел је мали запремински елемент који представља жељену просторну резолуцију.



Слика 1.  
Figure 1.

Трансформацијом модела у солид, један воксел представља јединицу димензије формираног солида као носиоца једног нумеричког атрибута. Над атрибутима садржаним у моделу могуће је вршити већи број филтрирања, трансформација и математичких операција као и операције са два и више формираних модела под условом да су формираны воксели истих димензија и координатних система.

## Тродимензионални модел квалитета кречњака лежишта Сува Врела

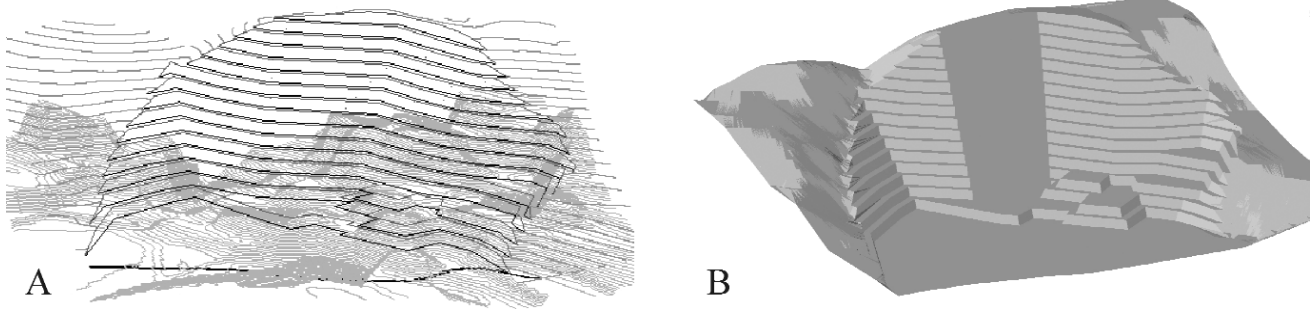
Модел квалитета лежишта Сува Врела састављен је просторном интерполацијом резултата делимичних и комплетних хемијских анализа, презетих из елабората о резервама кречњака као сировине за индустрију цемента и техничког грађевинског камена у лежиштима Сува Врела и Годљево код Косјерића који је урадио Геолошки Институт Србије 2007. године.

Интерполација просторних података извршена је методом инверзних растојања за изотропну средину. Употребом ове методе интерполације програм ће узети све расположиве тачке носиоце атрибута при прорачуну вредности мини блокова односно воксела. Генерално коришћењем инверзних растојања, мини блоковима се додељују вредности базирано на средњој вредности њихових околних тачака, а вредност сваког нумеричког атрибута се узима као резултат његовог инверзног растојања од задате тачке помножене одговарајућим експонентом (уколико је експонент 2 метода је квадратно инверзно растојање, уколико је 3 тада је кубно инверзно растојање и тако даље). Веће вредности експонента смањују утицај удаљенијих тачака на доделу вредности атрибута интерполованих мини блокова. Овај алгоритам је од користи код униформно дистрибуираних података у једнородној средини, а вредност експонента је 2.

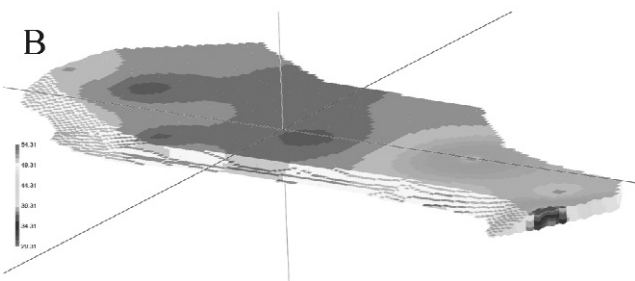
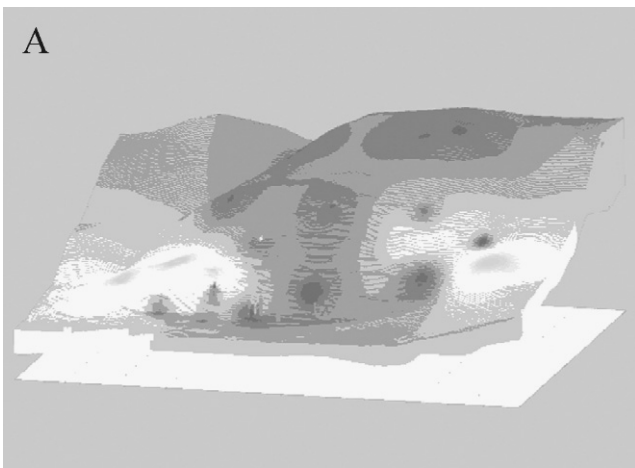
Дискретизација и оптимизација завршне контуре површинског копа пратила је претходну дигитализацију подине кречњака са интерпретационих геолошких профила. Као основа за пројекцију завршне контуре служила је експлоатациона граница површинског копа са једне и комплексно залегање подине кречњака прожете великим броја раседа, а пројекција завршне контуре је урађена у програму AutoDesk AutoCAD Civil 3D Land Desktop Companion 2009. Завршна контура површинског копа лежишта Сува Врела приказана је на слици 2.

Анализа квалитета кречњака за производњу цементне базе извршена је у вертикалној подели према етажним равнима завршне контуре површинског копа. Анализирана су хемијска једињења од утицаја на производњу цемента, а то су  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$  и др. За сваки од наведених једињења формиран је композит односно солид садржан од интерполованих воксела блок модела димензија  $5 \times 5 \times 1$  метар. Солид је исечен полигонима етажних равни садржаних у завршној контури површинског копа и према вертикалној подели копа, а тиме добијени модели квалитета по етажним равнима завршне контуре.

Приказ резултата добијених анализа сведен је у наставку на приказ садржаја  $\text{CaO}$  због обимности излагања. На слици 3. приказан је формиран блок модел садржаја  $\text{CaO}$  и одсечак етажне равни на нивелети 510.



Сл. 2а, 2б. Тродимензионални приказ завршне контуре површинског копа кречњака Сува Врела  
Fig. 2a, 2b. 3D overview of final Suva Vrela open pit mine contour

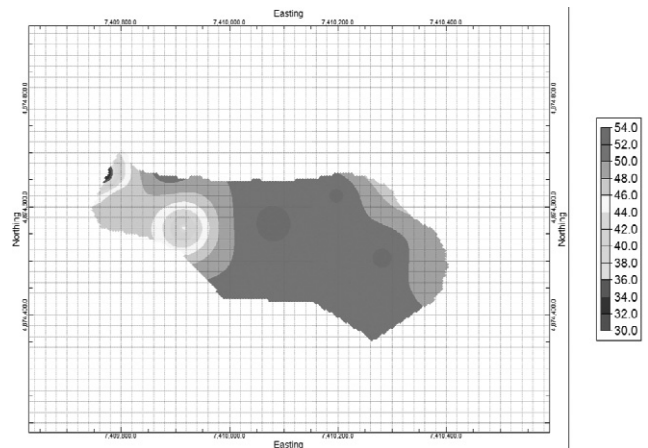


Сл. 3а, 3б. Приказ тродимензионалног модела садржаја СаО  
Fig. 3a, 3b. 3D model of CaO content

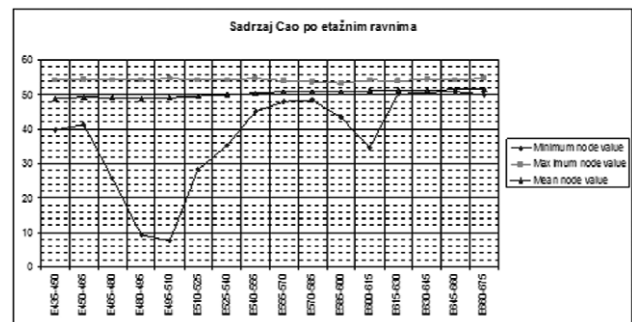
Статистичком обрадом одсечка композита на нивелети 510, добијен је средњи садржај СаО од 49,6%. На слици 4. приказана је карта средњих садржаја СаО на нивелети 510.

Садржај минималне, максималне и средње вредности компоненте СаО по етажним равнима у завршној контури површинског копа приказан је графички на слици 5.

Ове анализе могуће је према изложеном извршити у функцији пројектоване динамике рударских радова, чиме би се пројекту додала динамичка компонента учешћа квалитативних компонената од значаја у производњи.



Сл. 4. Карта средњих садржаја СаО на нивелети 510 површинског копа  
Fig. 4. Average CaO quality chart at open pit 510 level bench



Сл. 5. Садржај минималне, максималне и средње вредности садржаја СаО по етажним равнима  
Fig. 5. Minimal, maximal and average CaO content values by open pit benches

## Закључак

Претходно излагање потврђује сврсисходност анализе квалитета минералних сировина применом блок модела, као аналитички инпут за доношење читавог низа одлука од значаја за управљање процесом производње.

У циљу обезбеђења квалитетног кречњака за потребе фабрике цемента Титан Цементара Косјерић потребно је урадити Студију квалитета експлоатационих резерви кречњака површинског копа Сува Врела за потребе фабрике цемента Титан Цементара Косјерић у функцији избора технолошког система и динамике експлоатације.

Студија квалитета експлоатационих резерви кречњака површинског копа Сува Врела треба да обухвати детаљну анализу геолошких резерви лежишта кречњака, које представљају потенцијалне резерве за површинску експлоатацију, по свим елементима који одређују квалитет кречњака у функцији обезбеђења сировине за производњу цемента. Такође, треба да дефинише минималне и максималне дозвољене вредности квалитативних параметара кречњака у ограниченом простору површинског копа Сува Врела у складу са стандардима који одређују услове за даљу прераду ових сировина и коришћење у производњи цемента.

Основну подлогу за наведену анализу квалитета представља геолошки елаборат који садржи све потребне резултате истраживања који су систематизовани по објектима, начину и врстама испитивања која су примењена у поступку истраживања.

Експлоатационе границе површинског копа у односу на лежиште кречњака треба одредити на ос-

нову идејног решења Студије изводљивости експлоатације лежишта кречњака Сува Врела.

## Литература

- Живковић, Ц. 2007. Елаборат о резервама кречњака као сировине за индустрију цемента и техничког грађевинског камена у лежиштима “Сува Врела” и “Годљево” код Косјерића. Геолошки Институт Србије, стр. 332, Београд.
- Тробозић, Д., Поповић, П. и Гаврилов, С. 2003. Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви кречњака на локацијама “Сува Врела” и “Годљево” код Косјерића, стање 31.12.2000. Рударски Институт, стр. 218, Београд.
- Љубиновић, М. 1995. Допунски рударски пројекат експлоатације кречњака на ПК “Сува Врела”. Рударски Институт, Београд.
- Лекић, Б. 1980. Главни рударски пројекат експлоатације лапорца за капацитет од 600.000 т/год. ФСД ФЦК-Косјерић.
- Лекић, Б. 1980а. Главни рударски пројекат експлоатације лапорца за капацитет од 1.000.000 т/год, ФСД ФЦК-Косјерић.



## Битне геолошке карактеристике и моделирање рудних тела Е и Е-1 рудника „Рудник“

### Significant Geological Characteristic and Modeling of Ore Bodies E & E-1 of the “Rudnik” Mine

БРАНИСЛАВ ПАШАЈЛИЋ<sup>1</sup> и НИКОЛА ПАШАЈЛИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Овај рад има за циљ да покаже применљивост геолошког софтвера ГДМ (Geological Database Management), на примеру истраживања рудних тела Е и Е-1, које је завршено 1972. године, и могућност моделизације сложених полиметаличних лежишта, са или без дефинисане тектонике. Добијени резултати треба да покажу у којој мери је програм употребљив, како код саме моделизације и израде комплетне графичке документације, тако и његову применљивост код пројектовања истражних радова, праћења и планирања експлоатације са свим параметрима које их прате.

**Кључне речи:** истраживање, рудна тела, геолошке карактеристике, графичка документација, моделирање.

**Abstract.** The aim of this paper is to present the applicability of the geological software GDM (Geological Database Management) on the example of the research conducted on ore bodies E and E-1, completed in 1972 and the possibility of modelling complex polymetallic deposits, with or without defined plate tectonics. The gathered data is to show to what extent the programme is applicable, both with respect to the modelling itself and developing of the complete graphic documentation, its applicability to exploration work design, monitoring and planning the exploitation with all accompanying parameters.

**Key words:** research, ore bodies, geological characteristics, graphic documentation, modeling.

## Увод

У савременим условима пословања незамисливо је урадити Елаборат о геолошким истражним радовима или пратити експлоатацију без информатичке подршке и софтверске обраде података. За све ове намене данас је у примени мноштво апликативних софтвера међу које спада и ГДМ.

ГДМ (Geological Database management) у основи се користи код: истраживања и експлоатације минералних ресурса, конципирања тунела, брана, подземних просторија разних намена, урбанистичког планирања, дијагностике загађења земљишта, управљања природним ресурсима и др.

## Приказ ГДМ-а

ГДМ је интегрални 3Д апликативни софтвер, који као улазне податке користи; тачке (Points data sources), слике - (Images data sources), картографске основе - (Base map data sources- WMF, BMAP, JPG, TIF и др.), мреже - (Grid data sources- GDM, Arc/Info.ASEII), криве - (Curves data sources), бушотине - (Drill holes data sources, Drilling, Casing/screens). Захваљујући свом Windows interface-у, ГДМ је веома продуктиван софтверски алат који се једноставно интегрише у информатичко окружење компаније.

Податке екпортује у Map Info (MIF), Autocad (DXF), Drawing files (BGN), Datamine databases (MDB), Esri Shapefiles (SHP), XML files (xml), Tekst files (CSV).

<sup>1</sup> РАСНА d.o.o. Страгари бб, 34323 Страгари. E-mail: pacha@eunet.rs

<sup>2</sup> Студент, Рударско-геолошки факултет, Београд.

Флексибилан и кориснички интуитиван, ГДМ омогућује да се управља подацима било ког типа: бушотине, профили, геолошке и топографске основе, резултатима анализа, дијаграмима, геолошким и структурним подацима, мереним, скенираним или векторским подацима.

На бази унетих података ради поуздане анализе и квалитетну графичку документацију. Апликативни софтвер је модуларног типа и веома отворен јер поседује сет драјвера за директну конекцију на најкоришћеније базе података: Access, Oracle, SOL-Server, конектовање на фајлове Excel, dBase, Texte, неограничен број уноса података (до 256 колона), локалних и географских координата, различитих јединица.

ГДМ узима у обзир раседе, полигоне границе, индикативне променљиве, естимацију тачака или мрежу тачака, или блокова 2Д, осам метода интерполације укључујући криговање, моделирање лежишта у 3Д.

Тамо где нема других података осим података рудних тела, ГДМ врши претварање локалних у географске координате и омогућава израду геолошког модела реалних координата.

## Геолошке карактеристике рудних тела Е и Е-1

Рудна тела Е и Е-1 припадају групи рудних тела која чине структуру „Велики до“, на самој граници са структуром Језеро, која се у последње време и не одваја од Великог дола. То су два врло слична рудна тела, плочасто слојоликог и благо заталасаног облика, која се, генерално посматрано, пружају од истока према западу, са благим падом према југу и југоистоку, под углом од 10 до 30 степени. Рудно тело Е налази се изнад рудног тела Е-1 и добрим делом је еродовано. Рудна тела су скарновског типа са стерилним скарнизираним пешчарима између и околна најзаступљенијим литолошким чланом–бречом, која као пробој пресеца оба рудна тела, утискујући се истовремено испод, изнад и између рудних тела, или пешчара и скарнова. Брече су експлозивне и стерилне утиснуте као дајк у постојеће литолошке чланове и представљају неку врсту „скрана“ депоноване руде, уз коју је готово редовно висок садржај бакра (сл. 1).

Поред експлозивних бреча, рудна тела су, у истом делу, пресечена дацитским дајком правца пружања север–југ са падом према истоку, који додатно компликује интерпретацију.

## Моделирање

Моделирање рудних тела је извршено на бази података екстерне базе бушотина (Accesses), методом



Сл. 1. Бреча са Х91-4, изграђена од крупних фрагмената дацита (1) са уклопцима дубинске стене, вероватно неке грано-диоритске магме (2).

Fig. 1. Breche X91-4, made of big fragments of dacite (1) with fragments of igneous rocks, probably of some granodiorite magma (2).

криговања за линеарни вариограм без одступања. Тамо где је то било могуће, са геолошког плана су скинути параметри дужина ходника, азимута и пада и литологије. Тако припремљени подаци су коришћени као екстерна база бушотина и спојени са већ постојећом базом бушотина коришћени код моделирања и израде графичке документације.

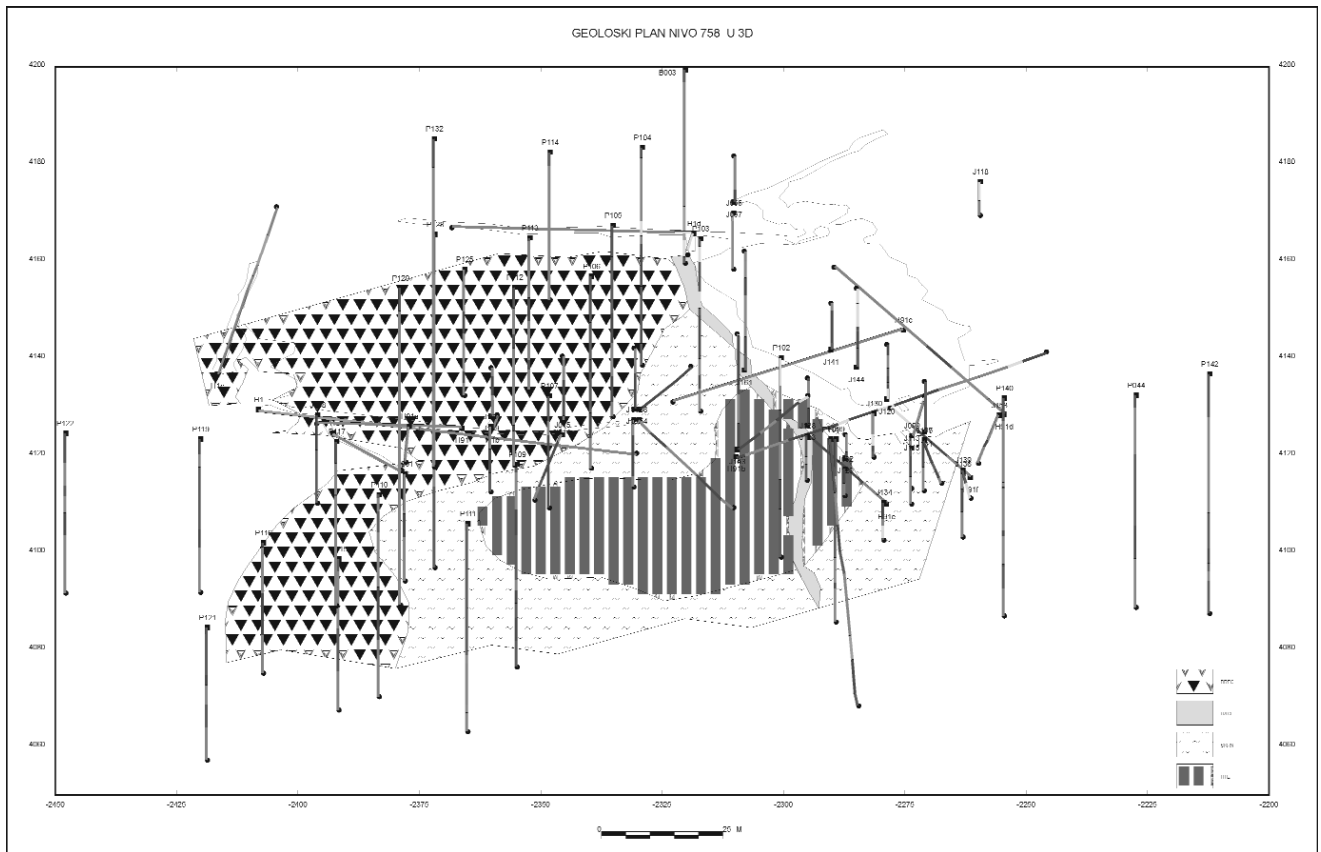
Интерполација топографије је урађена на бази података координата уста бушотина. Кровине, подине, дебљине и квалитет су урађени на бази кодова литолошких чланова, којима су дефинисане формације које смо ограничили контуром лежишта или контуром рудних тела.

Раседи – Дајкови су дефинисани дигитализацијом на профелима.

Израдом модела аутоматски су урађени и прорачуни, запремина и квалитета по елементима, пондерисањем интервала у бушотинама, а затим пондерисањем међу бушотинама. Дефинисањем контура категорија дефинишу се и резерве по тим контурама. Као контролне методе можемо користити методу паралелних профила, или преко површина геолошких планова различитих нивоа.

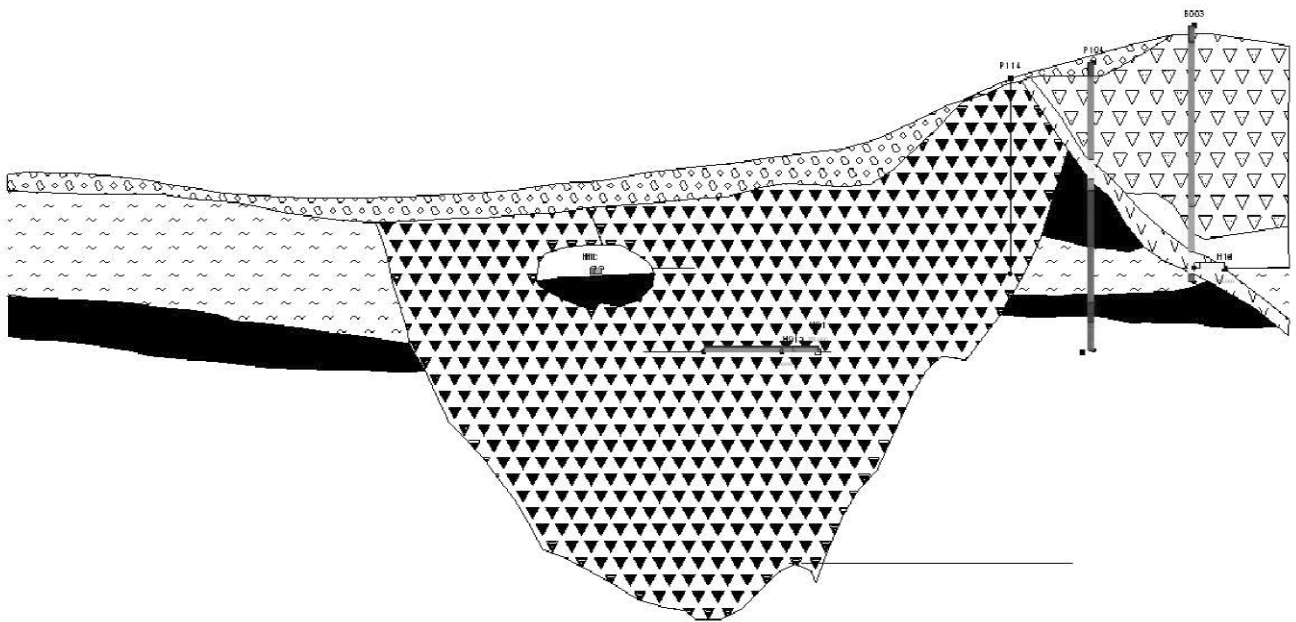
Израда геолошког Плана нивоа 758 је урађена тако што су за све литолошке чланове урађене интерполације кровина и подина за дефинисану кошту 758 m. Дигитализацијом линија кровина и подина добијене су контуре литолошких чланова руде, брече и скарнова (сл. 2)

Израда геолошких профила у ГДМ-у је аутоматска. Повлачењем миша преко десктопа ГДМ аутоматски врши приказ профила по повученој линији. У случају када је на ситуационом плану издефинисано више профилских линија, израдом



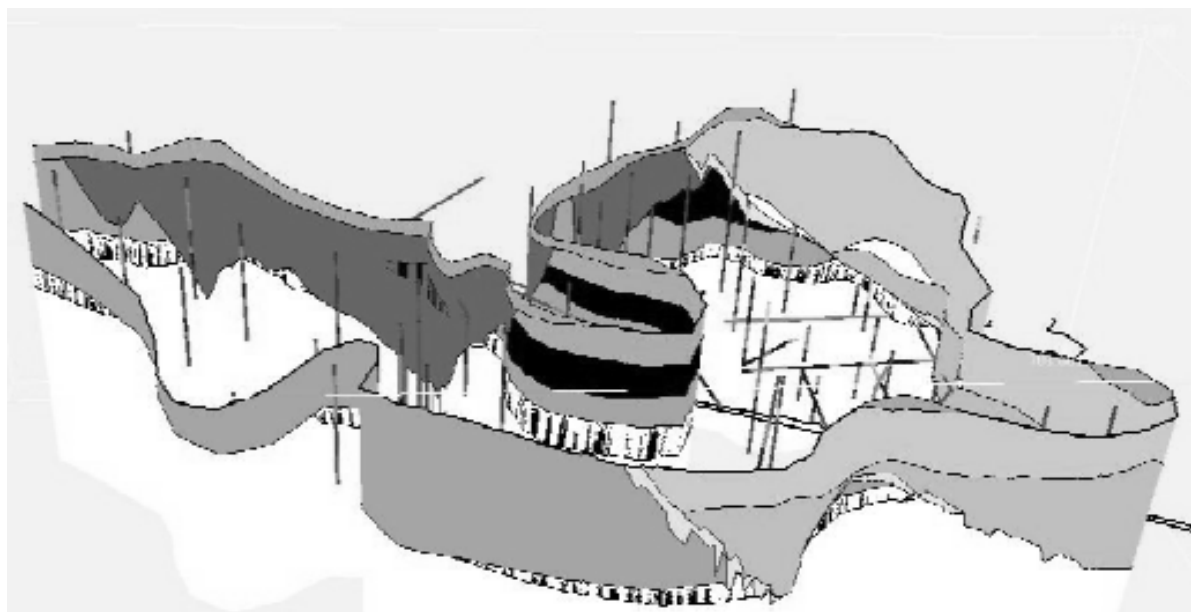
Сл. 2. Геолошки план нивоа 758, урађен на бази интерполација кровина и подина литолошких чланова дефинисаног нивоа.

Fig. 2. Geological 758, Level Plan made on the basis of interpolation of hanging walls and foot walls of lithologic units of defined level

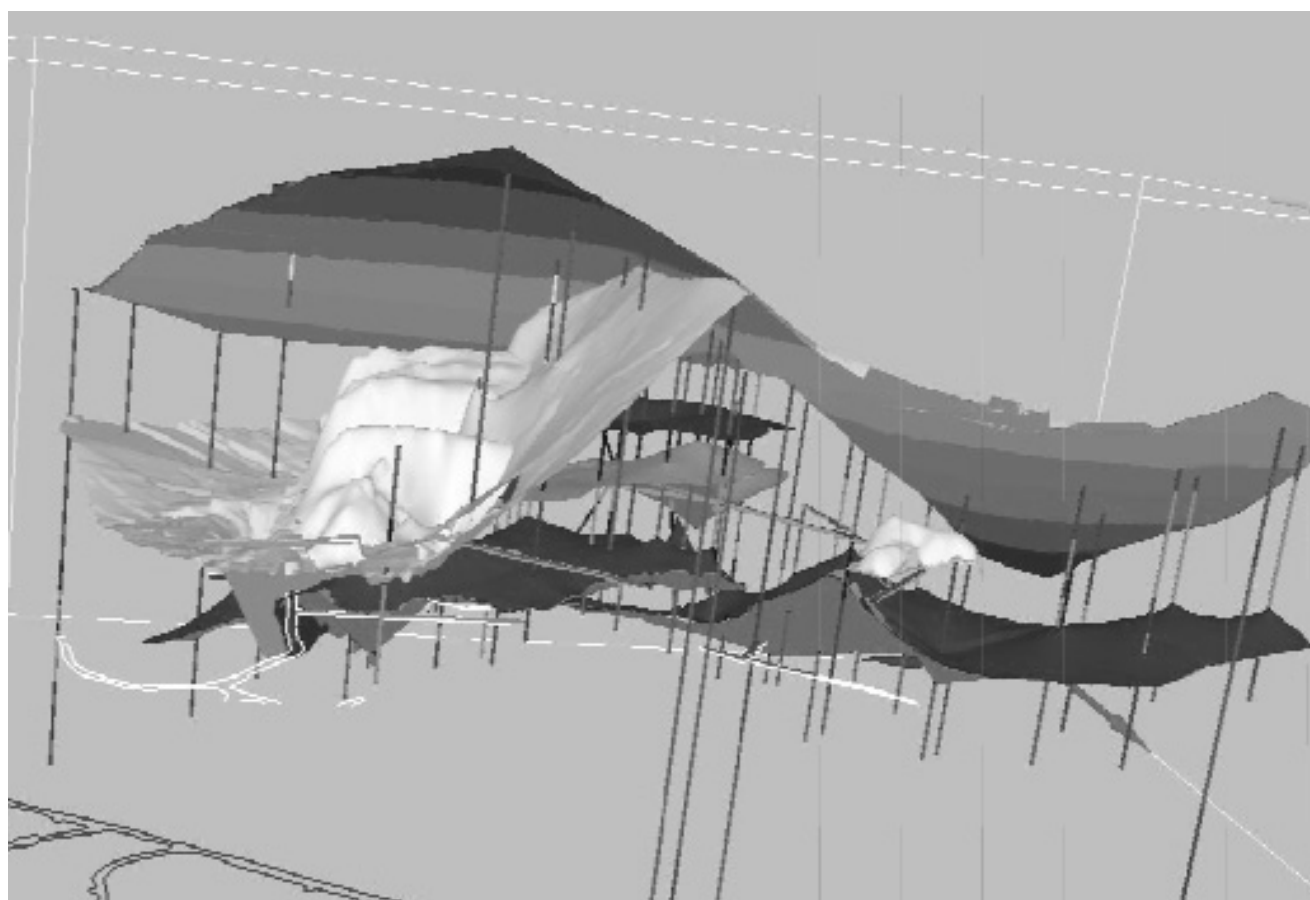


Сл. 3. Аутоматски геолошки профил

Fig. 3. Automatic geological



Сл. 4. Модел 3Д  
Fig. 4. Model 3D



Сл. 5. Модел 3Д  
Fig. 5. Model 3D



графичког документа профила сви профили по свим профилским линијама су истовремено урађени. Променом размере на интерфејсу аутоматски се мења размера на свим профилима истовремено. (сл. 3).

Слике 4 и 5 представљају један те исти 3Д модел рудних тела Е и Е1 на бази истих података, истих кровина и подина али са различитом идејом приказа тих података.

## **Закључак**

Рудна тела Е и Е-1, некада сматрана великим рудним телима, импрегнационог су типа и депонована

у изузетно сложеним тектонско-литолошким условима. Пресечена и поремећена експлозивном бречом, која је као пробој пресекла рудна тела, утискујући се истовремено и међуслојно, са дацитским дајком који је још ту ситуацију искомликовао. Моделирање ових рудних тела је за ГДМ био прави изазов. Још једанпут смо могли да се уверимо у могућности овог изузетног софтвера.

## **Литература**

БРГМ - Упутство за коришћење ГДМ-а.



## Нови подаци о геохемијским и минералолошким карактеристикама опалитисаног туфа у лежишту Стрмош код Пробиштипа, СИ Македонија

New Data on Geochemistry and Mineralogy of Opalized Tuff in the Strmoš Deposit  
near Probištip, NE Macedonia

ОРЦЕ СПАСОВСКИ<sup>1</sup> и ВЛАДИМИР СИМИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** У јужном делу Кратовско-Злетовске вулканске области у непосредној близини села Стрмош налазе се опалитисани и каолинисани бели и црвени туфови, од којих су сада у експлоатацији само бели туфови. Ова минерална сировина је последњих година почела да се примењује у производњи воденог стакла и вештачких зеолита, који имају велику примену у индустрији детерџената и пречишћавању отпадних вода. Серија белих туфова изграђена је од опала, кристобалита, кварца, каолинита и алунита. Основна маса се састоји од вулканског пепела и фрагментираних зрна, и у њој се запажају фенокристали плагиокласа стубастог облика, љуспе биотита, ретко пироксени, као и доста лимонитске материје. Хемијска испитивања показала су да су каолинисани туфови веома обогаћени алуминијом (око 27 %  $Al_2O_3$ ), док су силификовани туфови знатно обогаћени силицијом (90–92 %  $SiO_2$ ). Садржај већине осталих компоненти је низак, осим садржаја  $Fe_2O_3$  који је нарочито висок у каолинисаним туфовима. Садржај испитиваних микроелемената је доста низак, што значи да гасно-течне хидротерме које су деловале на туфове нису биле у значајнијој мери обогаћене рудним елементима.

**Кључне речи:** лежиште Стрмош, опалитисан и каолинитисан туф, геохемија, минералологија, вулканске творевине, алтерације.

**Abstract.** In the southern part of the Kratovo–Zletovo volcanic area, in the vicinity of the Strmoš village, occur opalized and kaolinised white and red tuffs, the white one being in exploitation. In the last year this commodity is used for production of synthetic zeolite for detergent industry and waste water treatment.

White tuff is made of opal, cristobalite, quartz, kaolinite and alunite. Matrix consists of volcanic glass and fragmented grains, with phenocrysts of plagioclase, biotite flakes, rare pyroxen and abundant limonite. Chemical analyses revealed that kaolinised tuff contains a lot of alumina (around 27 %  $Al_2O_3$ ), while silicified tuff is rich in silica (90–92 %  $SiO_2$ ). Content of all other components is low except  $Fe_2O_3$ , which is rather high in kaolinised tuff. Trace elements content is low, which means that hydrothermal fluids were not enriched in ore elements.

**Key words:** Strmoš deposit, opalized and kaolinised tuff, geochemistry, mineralogy, volcanic rocks, alteration.

### Увод

Терен на коме се налазе опалитисани и каолинисани туфови, односно лежиште “Стрмош”-Пробиштип представља јужни део Кратовско-Злетовске вулканске области у СИ делу Републике Македоније.

Први геолошки подаци о широј околини лежишта “Стрмош” датирају још из друге половине 19 века. Из тог периода геолошки подаци налазе се у путописима Ами Буе-а из 1891. године.

Почетком 20 века почињу геолошка испитивања којима је касније обухваћена цела територија Македоније. У периоду од 1961–1972 године шира око-

<sup>1</sup> Факултет за природни и технички науке, Универзитет “Гоце Делчев” Штип, Република Македонија. E-mail: sorce@rgf.ukim.edu.mk

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, 11000 Београд, Ђушина 7, Србија. E-mail: simicv@rgf.bg.ac.rs

лина Кратовско-Злетовске вулканске области проучавана је од стране Завода за истраживање нуклеарних сировина, када су изучавани и туфови лежишта Стрмош. Значајан допринос представљала је и израда геолошке карте и тумача за лист Штип (ПЕНЦЕРОВСКИ *и др.* 1974).

Бели опалитисани и каолинисани туфови лежишта “Стрмош” детаљно су истраживани од стране СТАМБОЛИЕВА (1966–1971). Овај аутор је на основу својих проучавања дао податке о извршеним истражним радовима, квалитету туфова и могућностима експлоатације у лежишту “Стрмош”-Пробиштип.

Исто лежиште истраживао је и НАУМОВ (1982), а општи приказ опалских сировина на подручју СИ Македоније дао је ВАКАЊАЦ (1983). ТАНЕВСКИ (1983) је докторирао на Свеучилишту у Загребу са темом “Користење на опализиран туф од Стрмош за синтеза на молекуларни сита - зеолити”. У новије време податке о геологији и значају опалитисаних и каолинисаних туфова из лежишта Стрмош могу се наћи у радовима ЕФРЕМОВА *и др.* (1987). ЕФРЕМОВА (1993) и СЕРАФИМОВСКОГ (1993).

У ранијем периоду опалитисани и каолинисани туфови су се користили у цементној, хемијској и порцеланској индустрији, индустрији гуме и за добијање ђубрива. Од 2004. године у Пробиштипу је изграђена модерна фабрика воденог стакла и вештачких зеолита компаније “Зеолит БСБ”, капацитета 25.000 т/год, која као сировину користи опалитисани туф. Филтери на бази Стрмошког материјала користе се у системима за пречишћавање вода у Кондову и Рашчу, Република Македонија, на бази технологије фирме ЕКО GEA. Најављени су и нови производи који ће се користити у винарству и производњи млека.

## Геолошке карактеристике

У геолошкој грађи лежишта Стрмош учествују вулканске творевине и продукти поствулканске активности Кратовско-Злетовског вулканског масива.

У самом лежишту могу да се издвоје следеће стене: андезити, дацити, игнимбрити који се третирају као јаловина, затим опалска и туфна бреча и вулкански туф који представља корисну компоненту у лежишту. Највећу површину заузимају вулкански туфови који се по свом изгледу и петрографском саставу деле на: сиве, жуте, црвене и беле компактне туфове (сл. 1). Сви заједно чине једну серију која се протеже правцем СЗ–ЈИ на дужини до 4 km, укупне дебљине од 300–400 m. У подини се налазе сиво-жути трошни пешчари и конгломерати.

На крајњем југоисточном делу у локалитету Озрен јављају се интензивно опалитисани тамно црвени вулкански туфови – јасписи, који су веома маркантни и претстављају подину и кровину белог туфа. На контакту између црвеног и белог туфа

налазе се бречасте туфови који се лако леме и имају шкољкаст прелом. Крајња граница тог туфа је на Селешком риду између Озрена, Светог Спаса и Киселичког потока.

Бели туфови залежу између подинске и кровинске серије црвених туфова. Бели опалитисани и део каолинисаних туфова најбоље су откривени на Белом Брду, где се данас и експлоатишу. Серија се пружа исто као и црвени туфови, али су бели више откривени у правцу села Плешенци и на локалитету Горун. Дебљина серије је променљива и креће се у границама 10–40 m, а на откривеном делу терена личи на плочу која је захваљујући великој отпорности издигнута у рељефу. Серија белих туфова изграђена је од опала, кристобалита, кварца, каолинита и алунига. Основна маса се састоји од вулканског пепела и фрагментираних зрна, и у њој се запажају фенокристали плагиокласа стубастог облика, љуспе биотита, ретко пироксени, као и доста лимонитске материје.

## Резултати и дискусија

Силификовани туф је млечно-беле боје, шкољкастог прелома, са јасним мирисом на силицију при удару и лепи се на језик. Партије туфа које садрже већу количину  $Al_2O_3$  имају бобичав изглед на површинама прелома. Релативно висока количина  $Fe_2O_3$  даје жућкасту боју туфовима, који личе на окер. Овакве партије срећу се дуж пукотина у туфовима у којима је дошло до преноса јона гвожђа циркулацијом површинских вода.

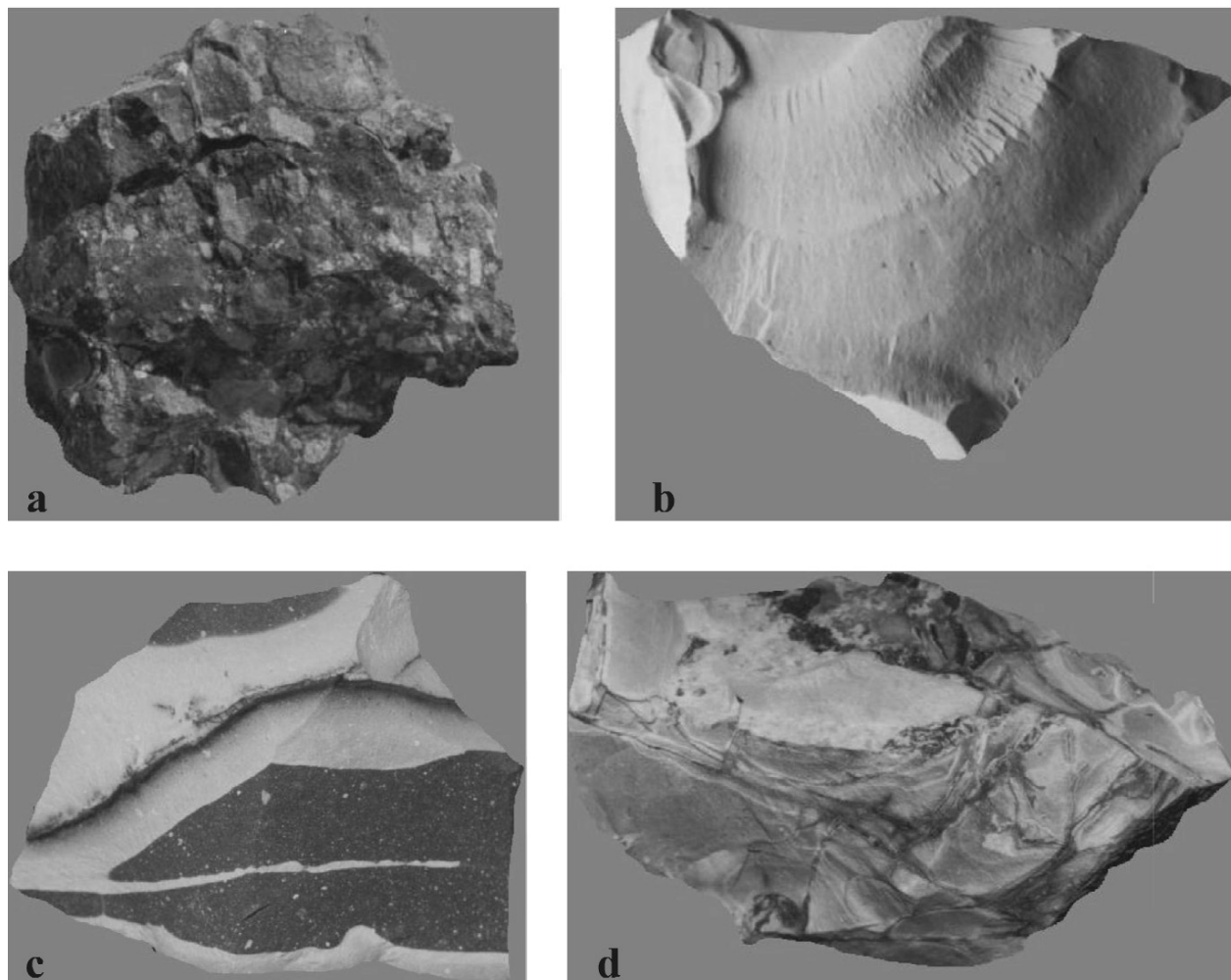
Минералшко-петрографска анализа туфова показала је да представљају стене шкољкастог прелома, изграђене од финозрне изотропне материје и само делимично од крупнозрних фрагмената влакнастог облика, детерминисаних као каолинит, који показују сиве интерферентне боје. Њихови крупни агрегати, то јест контуре указују на то да су настали изменом фелдспата. На основу тих испитивања стена је одређена као хидротермално измењени агломератски туф.

Микроморфолошки облици и начин појављивања главних минерала, као и њихови међусобни односи, приказани су на слици 2.

Како најчешћи минерали се јављају: опал, опал-кристобалит, каолинит, лимонит, кварц, алуниг, пирит и магнетит.

Опал се у петрографским препаратима јавља у коломорфним облицима који запуњавају шупљине, али и у табличастој форми. Примећене су и фазе прекристализације у кристобалит. Нарочито су карактеристичне опалске псеудоморфозе по фенокристалима плагиокласа (сл. 2а).

Опал-кристобалит се у препаратима најчешће налази у неправилним кристалним облицима. Настаје прекристализацијом опала (сл. 2б).



Сл. 1. Фотографије карактеристичних варијетета туфова из лежишта Стрмош: а) каолинсан туф, б) опалитисан туф, с) опалитисан бели и црвени туф, д) опалски туф.

Fig. 1. Photos of typical tuff varieties from the Strmoš deposit: a) kaolinized tuff, b) opalised tuff, c) opalised white and red tuff, d) opal tuff.

Каолинит се у препаратима ретко јавља у кристалним формама, већ најчешће у основној маси заједно са опалском материјом. Настаје хидротермалном трансформацијом плагиокласа.

Лимонит се формира као резултат распадања минерала са гвожђем. Најчешћи је у препаратима стена које су захваћене алтерацијом - лимонитизацијом. Јавља се као пигмент око фенокристала, али и у виду крупних и бречизираних неправилних зрна (сл. 2с).

Кварц се у препаратима ретко јавља, а најчешћи је у виду фенокристала у основној маси, али се налази и као микросталаст или крипстокристаласт.

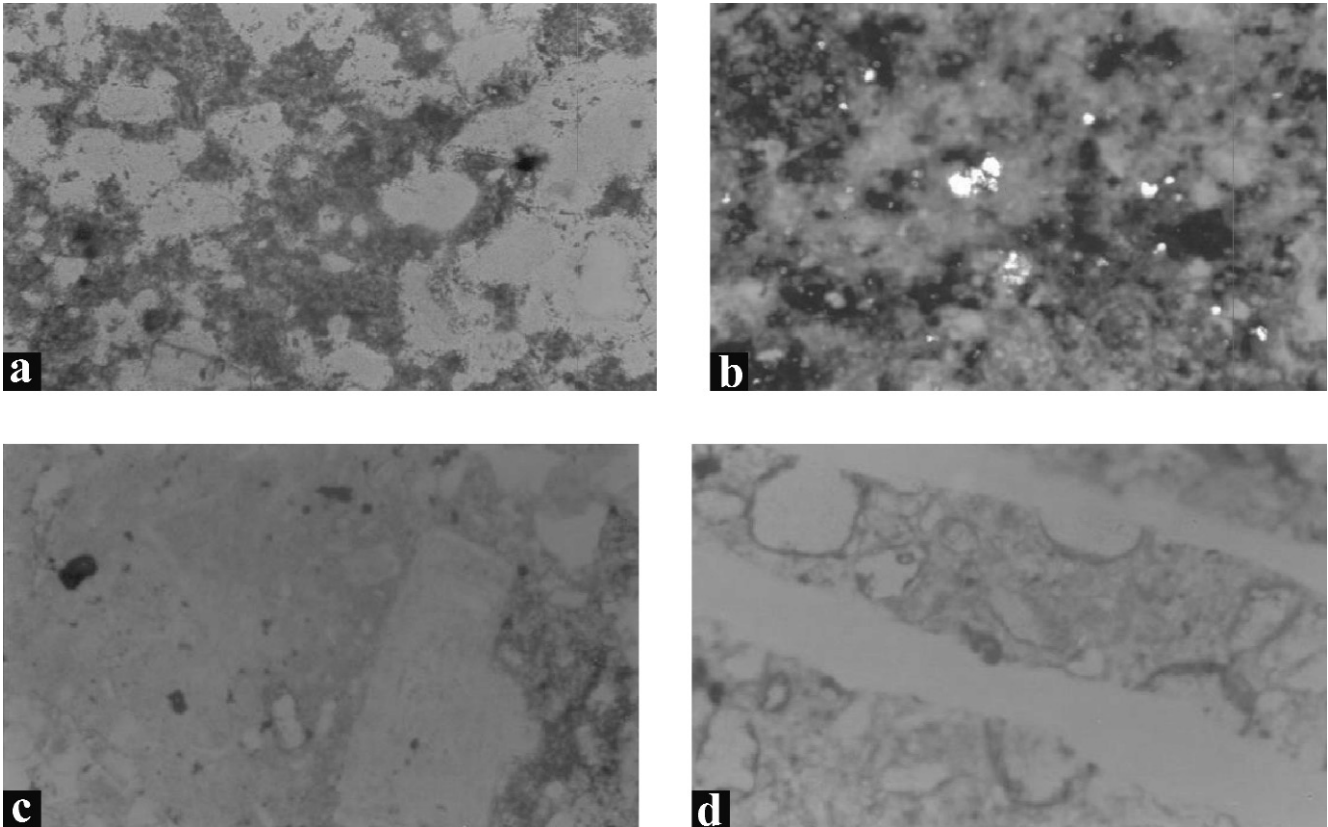
Алунит се налази у облику ситних псеудотесералних ромбодара и плоча. Настаје дејством киселих раствора богатих сумпором на калијске фелспате. У препаратима се среће у веома малим количинама.

Пирит се јавља у виду идиоморфних зрна. Магнетит је такође редак, а јавља се у виду жилица. На појединим местима је забележена мартитизација по магнетиту (сл. 2д).

Да би се испитао хемизам хидротермално измењених вулканских стена урађене су хемијске анализе различитих типова туфова (методом ICP-AES), а добијени резултати приказани су у табели 1. Приметна је разлика у хемизму, при чему су каолинисани туфови веома обогаћени алуминијом (садржај  $Al_2O_3$  око 25 %), док су силификовани туфови знатно обогаћени силицијом (садржај  $SiO_2$  износи 90–91 %). Садржај већине осталих компоненти је низак, осим садржаја FeO који је нарочито висок у каолинисаним туфовима. Овим испитивањима добијене су нешто ниже вредности садржаја силиције у опалитисаним туфовима у односу на просечну вредност у лежишту од 95–96 %, што се може објаснити варирањем хемизма сировине зависно од степена силификације.

На истим узорцима туфова анализиран је и садржај одређених микроелемената, а резултати су приказани у табели 2.

Добијени резултати показују да је садржај испитиваних микроелемената доста низак, што значи да гасно-течне хидротерме које су деловале



Сл. 2. Микроморфолошки облици и начин јављања главних минерала. а) опал у фази прекристализације у кристобалит и псевдоморфозе по плагиокласу, б) неправилна зрна кристобалита настала прекристализацијом опала, с) лимонит као пигмент око фенокрстала плагиокласа и као крупна и неправилна зрна д) лимонитисана маса са жилицама магнетита и мартитизацијом

Fig. 2. Micro morphology and fabric of the main minerals. a) Opal in the phase of recrystallisation into cristobalite and pseudomorphosis over plagioclase, b) irregular cristobalite grains formed as a result of recrystallisation of opal, c) limonite as stains around plagioclase phenocrysts, and as large irregular grains, d) limonitic mass with magnetite veinlets and martitisation

Табела 1. Хемијски састав (у %) каолинисаног и опалитисаног туфа у лежишту Стрмош

Table 1. Chemical composition (%) of kaolinized and opalised tuff from the Strmoš deposit

Компоненте	Каолинисан туф		Опалитисан туф	
	1	2	1	2
SiO <sub>2</sub>	53.470	53.980	90.020	91.300
Ti <sub>2</sub> O	0.669	0.615	0.752	1.221
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.740	25.410	2.150	3.220
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.130	4.060	2.690	0.120
CaO	0.294	0.331	0.216	0.085
MgO	0.606	0.223	0.512	0.065
Na <sub>2</sub> O	0.735	1.129	0.082	0.093
K <sub>2</sub> O	0.312	0.096	0.061	0.072
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.374	0.224	0.041	0.163
SrO	0.760	0.645	0.028	0.055
BaO	0.018	0.012	0.012	0.013
LOI	14.270	12.630	3.220	3.520
Укупно	100.378	99.355	99.784	99.927

на туфове нису биле у значајнијој мери обогаћене рудним елементима.

## Закључак

Лежиште “Стрмош“ налази се у крајњим јужним деловима Кратовско-Злетовске вулканске области. У лежишту је заступљен углавном бели опалитисани туф, а у северозападном делу се налази каолинисани туф. Пружање целе серије туфова је северозапад-југоисток на дужини од око 4 km.

У лежишту се налазе опалска бреча, вулкански туфови и туфна бреча, који представљају минералну сировину, док се андензити, дацити и игнимбри-ти третирају као јаловина.

На основу хемијских анализа утврђено је да хемизам сировине зависи од односа силиције и алуминије. Садржај испитиваних микроелемената је доста низак, што значи да гасно-течне хидротерме које су деловале на туфове нису биле у значајнијој мери обогаћене рудним елементима.

	Каолинисани туф				Опалитисани туф			
	1	2	3	Просек	1	2	3	Просек
Pb	881.17	107.25	143.72	377.38	111.36	3311.46	1988.71	1803.84
Cu	68.46	22.67	16.81	35.98	69.41	11.10	42.75	41.09
Cr	93.56	6.10	6.61	35.42	28.51	12.92	8.58	16.67
Mn	41.77	50.79	17.37	36.64	39.81	10.75	16.25	22.27
Zn	36.64	95.70	16.89	49.74	77.85	11.20	22.98	37.34
Ni	20.92	1.77	<0.1	11.35	21.46	<0.1	2.26	11.86
Cd	4.73	5.71	1.98	4.14	4.17	2.18	3.79	3.38
Co	7.74	7.27	6.36	7.12	20.45	11.40	8.45	13.43
Sc	4.67	3.49	19.42	9.19	<1	3.96	<1	3.96
Ag	1.01	0.47	0.85	0.78	0.09	1.19	1.35	0.88
As	0.92	91.19	464.62	185.58	16.04	25.51	2.19	14.58

Табела 2. Микроелементи (у mg/kg) у каолинисаном и опалитисаном туфу лежишта Стрмош  
Table 2. Trace elements content (mg/kg) in kaolinized and opalised tuff from the Strmoš deposit

Најчешћи минерали су: опал, опал-кристобалит, каолинит, лимонит, кварц, алунит, пирит и магнетит.

У самом лежишту су утврђени следећи типови алтерација: интензивна опалитизација, интензивна лимонитизација и пропицитизација.

Опалитисани и каолинисани туфови претстављају сировину за цементну, хемијску и порцеланску индустрију, а у новије време и сировину за добијање воденог стакла и вештачких зеолита који се користе у производњи детерџената и као филтерско средство за пречишћавање отпадних вода.

## Литература

- ВАКАЊАЦ, Б. 1983. Опалска бреча и опалитисани туф. Зборник радова III Саветовања о неметаличним минералним сировинама, СИТРГМ Југославије, Блед, 348–350.
- ЕФРЕМОВ, И., ТЕРЗИЌ, Д., и др. 1987. Елаборат за рудните резерви на опализиран и каолинизиран вулкански туф Стрмош. ФСД “Стрмош“, Пробиштип.
- ЕФРЕМОВ, И., 1993. Металогенија на Кратовско-злетовската вулканска област. Докторска дисертација, Штип.
- НАУМОВ, Ј. 1982. Наоѓалиште Стрмош – опализиран и каолинизиран туф. РИН Опалит Чешиново, Кочани.
- ПЕНЦЕРКОВСКИ, Ј. и др. 1974. Токувач за основната геолошка карта 1:100 000 за листот Штип. Геолошки завод Скопје.
- СЕРАФИМОВСКИ, Т., 1993. Структурно-металогенетски карактеристики на зоната Леце - Халкидик. Типови на наоѓалишта и реонизација. Посебно издание бр. 2, 235 стр. РГФ – Штип.
- СТАМБОЛИЕВ, А. и СТОЈАНОВ, Р., 1971. Секундарни кварцити, каолински и алунитизирани вулкански стени во КЗВО. Трудови на Геоинститут Скопје.





## Маркетинг менаџмент у актуелним условима у минералном сектору Marketing Management in Current Conditions in Mineral Sector

РАДУЛЕ ТОШОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Успешно функционисање минералног сектора повезано је са условима сталних екстерних промена савременог радног, пословног и економског окружења предузећа минералног сектора. Услед промена у екстерном окружењу, постоји потреба промене стратегијског приступа управљачком процесу предузећем, који ће обухватити и сталну маркетиншку комуникацију са окружењем. Савремени трендови развоја минералних сектора земаља са развијеним минералним економијама намећу, и у домаћим условима, неопходност бржег прихватања и примене менаџмент концепта, концепта маркетинга, али и савременог приступа пословним активностима кроз маркетинг менаџмент. Улога маркетинга је специфична у минералном сектору, а на нивоу предузећа изражена је у постављању приоритета и циљних тржишта, у одређивању маркетинг програма и развоја одговарајуће тржишне културе у организацији. Менаџмент предузећа и тржишно вођење предузећа подразумевају јаку унутрашњу везу између делова организације, затим чланова организације и сталну координацију стратегије у процесу транзиционе трансформације. Потреба управљања маркетингом предузећа је нарочито усмерена на унутрашњу везу између маркетинга и успешног пословања, али и пратеће транзиционе трансформације у актуелном привредном тренутку. Разматрање значаја и функционалних релација маркетинг менаџмента се може извршити посебним обухватањем фаза у пословном процесу предузећа минералног сектора.

**Кључне речи:** менаџмент, маркетинг, маркетинг менаџмент, минерална економија, минерални сектор.

**Abstract.** Successful operation of the mineral sector is linked to conditions of constant external changes of modern work, business and economic environment of mineral sector companies. Due to changes in the external environment need to change the strategic approach to business process management, which will include ongoing marketing communication with environment. Modern trends of development of mineral sector of countries with developed economies impose the mineral, and local conditions, the necessity of quick acceptance and implementation of management concepts, marketing concepts, and modern approach to marketing management. The role of marketing is specific in the mineral sector and at company level is expressed in the setting of priorities and target markets, determine marketing programs and development of appropriate market culture in the organization. Company management and market management companies include strong internal connection between the parts of the organization, then members of the organization and coordination of strategies in the ongoing transitional process of transformation. Marketing management needs of the company is particularly focused on the relationship between internal marketing and successful business, as well as supporting transitional transformation in the current economic times. Consideration of the significance and functional relationship marketing management can be done by considering the special stages of planning, communication and control in business process of mineral sector companies.

**Key words:** Management, Marketing, Marketing management, Mineral economy, Mineral sector.

### Увод

Маркетинг, као научна дисциплина, бави се изучавањем активности од којих зависе ефикасност и ефикасност тржишне размене тј. стабилност пословања одговарајућег привредног субјекта

(KOTLER & KELLER 2006, MILISAVLJEVIĆ 1992). Основна карактеристика маркетинга је интердисциплинарност, која се огледа у употреби различитих метода и знања, а која се веома илустративно може сагледати у маркетингу минералног сектора. Маркетинг истовремено представља и процес

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Катедра економске геологије, Ђушина 7, Београд. E-mail: tosovic@rgf.bg.ac.rs

усмеравања ресурса и циљева предузећа/компаније, ради што бољег искоришћења услова тржишта за остварење успешног пословања. Савремени приступ третира маркетинг као процес планирања и спровођења концепција, идеја, цена, роба и услуга, са циљем да се креира тржишна размена, која би задовољила потребе и појединца и организације. Ово имплицира директан и узрочно последичан однос, између маркетинг менаџмента и тржишне размене, који има посебне специфичности у минералном сектору.

Према актуелном и комплексном приступу (KOTLER & KELLER 2006) маркетинг се посматра као управљачки и друштвени процес. Маркетинг менаџмент, односно управљање маркетингом огледа се у усмеравању пословне активности ка ефикаснијој продаји производа и услуга. Управљачки приступ додатно има за циљ побољшање одлучивања у управљачком процесу. Услов да маркетинг може одиграти своју улогу на тржишту и успешно усмерити све друге пословне функције у предузећу/компанији, је да маркетинг мора постојати у оквиру организационе структуре предузећа/компаније, када има потпуну пословну улогу. Међутим, маркетинг има исто тако важну економску улогу, везану за процес размене на тржишту, усклађивање сопствених потенцијала са тражњом за производима, како би се остварила планирана финансијску добит.

Садашњи привредни и економски развој минералног сектора у Србији повезан је са променама у оријентацији савременог пословања предузећа минералног сектора. Транзициона трансформација минералног сектора Србије је нарочито обележена преласком са доминантно производне оријентације на тржишну оријентацију, са тржишним условима, тржишним критеријумима и тржишном оценом резултата пословања. Специфична тржишна правила и утицај тржишних механизма у минералном сектору Србије, захтевају интензивнију примену како геоменаџмента, тако и маркетинга, али исто тако и маркетинг менаџмента. За уклапање у тржишне токове и успешно пословање предузећа минералног сектора, поред оквира, које намеће законска регулатива, у стратешком делу везаном за минералне ресурсе, веома је битан маркетинг приступ и маркетинг концепција предузећа.

Проблематика третирана овим радом базира на основним поставкама минералне економије, маркетинга, менаџмента и маркетинг менаџмента (CHOEN 1988; CLANCY & KRIEG 2000; FARDON 1998; JOSHI 2005; KELLER 2002; KOTLER & KELLER 2006; KOTLER *et al* 1972, 2002; MILISAVLJEVIĆ 1992, 2006; STEPHEN & COUTLER 2005; TOŠOVIĆ & MILOVANOVIĆ 2008) а делом представља наставак досадашњих ауторских студиозних аналитичко-синтетичких, индуктивно-дедуктивних и систематичних студијских проучавања у домену економске геологије, минералне економије, менаџмента и маркетинга (SCHULTZ & KITCHEN

2000; TOŠOVIĆ, 2004, 2005, 2006; TOŠOVIĆ *i dr.* 2005, 2007; WREN & VOICH 2001), која се реализују на Катедри економске геологије Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду. Основни циљ овог рада је да укаже на значај и улогу маркетинг менаџмента за успешност пословања предузећа у минералном сектору, као и потребу укључивања маркетинг активности и маркетинг концепта у стручне геолошке и друге послове, а у циљу успешнијег пословања у минералном сектору.

## Маркетинг менаџмент

Маркетинг менаџмент представља пословну дисциплину, која је фокусирана на практичну примену маркетинг техника и маркетинга фирме, ресурса и активности (KOTLER & KELLER 2006). За успешно пословање, у условима оштре тржишне конкуренције, додатно подстакнуте процесима глобализације, веома је значајна маркетинг стратегија предузећа. Маркетинг менаџери су одговорни за утицај на ниво, време и структуру тражње купаца, на начин који ће највише допринети пословним циљевима организације. Улога маркетинг менаџера може значајно варирати зависно од величине предузећа, корпоративне културе, индустрије и карактеристика тржишта. Успешан маркетинг менаџмент захтева креирање ефикасне маркетинг стратегије, кроз које фирме дефинишу остварење пословних циљева на одговарајућем тржишту. У анализи наведених питања маркетинг менаџмент се често преклапа са сродним дисциплинама у склопу стратегијског планирања.

Успешно дефинисање и примена одговарајуће маркетинг стратегије захтева добро познавање потреба и захтева потрошача. У зависности од степена задовољења циљева пословања предузећа у мањој или већој мери, успешно се дефинише маркетинг стратегија. За постизање максималног остварења циљева пословања, неопходан је маркетинг менаџмент, односно управљање маркетинг активностима. Маркетинг менаџмент је континуирани процес иницирања, спровођења и усмеравања маркетинг активности са циљем задовољења потреба потрошача, привреде, друштва и стицања добити.

Маркетинг менаџмент обухвата одређене фазе управљања маркетингом, које чине (KOTLER & KELLER 2006; MILISAVLJEVIĆ 1992): (a) истраживање и анализа; (b) планирање; (c) организовање и примена; (d) контрола и ревизија.

Маркетинг менаџментом предузећа/компанија добија одговоре на питања: (i) којим активностима може да се бави; (ii) које пословне активности може најбоље да обавља; и (iii) које пословне активности мора да обавља.

Истраживањем маркетинг средине предузећа/компанија може да предвиди трендове на тржи-

шту међу потрошачима и на основу тога да осмисли маркетинг концепцију, којом ће осигурати себи одговарајуће позиције међу потрошачима на тржишту. Анализом маркетинг средине могуће је сагледати, које позиције предузеће заузима на тржишту, међу конкурентима и међу потрошачима.

Планирање маркетинга подразумева доношење одлука о циљевима и програмима маркетинг активности.

Организовање и примена маркетинга, као фаза процеса маркетинг менаџмента, омогућава реализацију планова зацртаних у процесу планирања.

Контрола и ревизија маркетинг активности представља последњу фазу процеса управљања маркетингом. Контрола маркетинг активности се односи на мерење и упоређивање показатеља остварених нивоа, у односу на планиране маркетинг активности. Ревизија се односи на утврђивање узрока одступања остварених од планираних маркетинг активности. Узроци, који су утицали на неостварење планираних маркетинг активности, служе као корективна смерница у планирању маркетинг активности у наредном планском периоду.

Маркетинг менаџмент представља, на одређен начин, управљање тражњом, јер предузеће/компанија настоји да на најбољи начин одговори својом понудом, на исказане потребе потрошача. Постоје три нивоа управљања маркетингом: (а) реактивни; (б) антиципативни; и (с) креативни маркетинг.

Применом реактивног маркетинга предузећа/компаније реагују на изражене потребе потрошача, али има пасивну посматрачку позицију и реаговања по потреби. Применом антиципативног маркетинга предузећа/компаније унапред дефинишу потребе потрошача и спремно им се прилагођавају. Применом креативног маркетинга предузећа/компаније покрећу и креирају потребе потрошача и на тај начин управљају будућом тражњом.

Маркетинг менаџмент се везује и за типове тражње, које на тржишту могу бити: (а) негативна; (б) латентна; (с) опадајућа; (д) неуједначена; (е) пуна; (ф) прекомерна и (г) штетна.

Сваки од наведених елемената и предочених аспеката маркетинг менаџмента у случају предузећа минералног сектора, има своје специфичности, који захтевају посебну анализу. Ове специфичности утичу и на производне перформансе предузећа, а због њиховог утицаја поједини елементи/аспекти су важнији и доминантнији у маркетинг менаџменту, а други су подређени и мање значајни за предузећа минералног сектора.

## Маркетинг менаџмент и минерални сектор

Целовито и успешно функционисање минералног сектора повезано је, с једне стране са деловањем интерних производних фактора пословања, а

друге стране са условима сталних екстерних промена савременог радног, пословног и економског окружења предузећа минералног сектора. Сталне промене различитог карактера и интензитета у екстерном окружењу, условљавају потребу промене стратегијског приступа у управљачком процесу предузећем, који ће обухватити и сталну маркетиншку комуникацију са одружењем и реаговање на утицаје. Савремени трендови развоја минералних сектора земаља са развијеним минералним економијама неминовно намећу, и у домаћим условима, неопходност бржег прихватања и примене менаџмент концепта, концепта маркетинга, али и савременог приступа активностима кроз маркетинг менаџмент у све геолошке активности, истраживања и проучавања.

Менаџерска реализација планских и пословних задатака у минералном сектору, у домену маркетинг менаџмента, везана је за специфично тржиште минералних сировина и одговарајућих геолошких производа и услуга. У односу на друге врсте производних активности, питање маркетинг менаџмента у минералном сектору има посебне специфичности, које директно зависе од специфичних производа и услуга, које су резултат геолошких проучавања и истраживања металичних, неметаличних и енергетских минералних ресурса.

Генерално се у склопу геолошких студијских и истраживачких послова могу издвојити: (а) фундаментална односно природњачка проучавања; и (б) апликативна, односно инжењерска проучавања. Фундаментална проучавања обухватају проучавања минералног и петролошког састава, палеонтолошка проучавања са утврђивањем врста фосила и генерална проучавања састава и грађе Земљине коре. Апликативна проучавања и истраживања обухватају проучавања и истраживања металичних, неметаличних и енергетских минералних сировина, затим хидрогеолошка истраживања подземних вода, геотехничка истраживања стабилности и инжењерско-геолошких карактеристика терена и геофизичка истраживања, кроз која се утврђују различите врсте аномалија присутних у приповршинским и дубљим деловима терена.

У материјалном смислу главни резултат геолошких истраживања у минералном сектору су резерве металичних, неметаличних и енергетских минералних сировина, односно руде одговарајућег квалитета и цене на тржишту минералних сировина. Друга врста производа су стручно-експертски документи, који настају као резултат стручно-експертског и инжењерског ангажовања, као што су пројекти геолошких истраживања, елаборати о резултатима геолошких истраживања, елаборати о резервама минералних сировина и др. Осим тога резултати су и експертске оцене, геолошко-економске оцене, геолошко-економске карте, геолошке карте, карте оцене потенцијалности простора, формационо-

прогнозне карте, металогенетске карте, минералогенетске карте и др. Непосредним радом на терену, као резултат рада појављују се и истражне бушотине, истражни раскопи, различите врсте проба и други истражни радови, којима се добијају геолошке, генетске или геолошко-економске информације. Ови резултати се могу пласирати на тржишту, послужити као основа за даља истраживања или конкретну дефинисање резерви минералних сировина за производњу на будућим или активним рудницима.

Успешност професионалног геолошког, рударског, технолошког и другог инжењерског рада поред одговарајуће стручности и организацио-менаџерских способности, у савременим условима глобализације тржишта и све веће конкурентности, не може се успешно реализовати без одговарајућег маркетинг концепта и маркетиншких активности. У досадашњем периоду, поред одређених помака у маркетиншкој области, већина геоорганизација и геоменаџера у Србији нису у довољној мери тржишно-маркетиншки оријентисани и не користе у задовољавајућој мери савремену маркетинг стратегију, као окосницу савременог менаџмента у успешном пословању у минералном сектору. Кључни разлози за спорији развој и примену маркетинг менаџмента су различите природе, а као најважнији могу се издвојити следећи: (а) специфичност геолошких производа и услуга, који се појављују на тржишту; (б) релативно постојани услови сигурности пласмана већине произведених минералних сировина; (с) претежно државни карактер највећих предузећа произвођача, које послују и минералном сектору; (д) третирање маркетинга као сувишне и беспотребне пословне активности; (е) недовољна знања о маркетингу, потреби, могућностима и ефектима примене у минералном сектору; (ф) недовољно стручни кадрови за примену маркетинг концепта у пословању у минералном сектору и др.

Маркетинг менаџмент активности представљају неопходну пословну филозофију и пословну функцију, која треба да буде укључена у пословање и функционисање предузећа у минералном сектору Србије. Основне активности маркетинга, као пословне функције, обухватају: стратегијски маркетинг, истраживања и обраду тржишта, набавку, продају и складиштење. Функција маркетинга уско је повезана са функцијом производње и финансијском функцијом, а све три функције заједно представљају основне функције предузећа. Осим везе са извршном функцијом, функција маркетинга повезана је и са функцијама управљања и руковођења. Из маркетинга као пословне филозофије произилази и одговарајућа пословна концепција, односно кроз маркетиншки приступ изучава се тржиште и његове промене, а затим се врше процене кретања на тржишту, које се благовремено достављају управљачкој функцији и функцији

руковођења. То омогућава правовремени избор одговарајуће стратегије предузећа, која треба да обезбеди најповољнији начин остваривања циљева предузећа у тржишним условима.

Припрема, израда и реализација маркетинг-концепта за пословање у минералном сектору и маркетинг финалних производа геолошко-рударско-технолошког рада захтева функционалну маркетиншку систематизацију, издвајање и примену геолошко-економских информација добијених кроз геолошка истраживања и проучавања.

Међу специфичностима маркетинга у минералном сектору посебно се издвајају (Тошовић & Миловановић 2005):

- специфичности производа/минералне сировине/услуге,
- специфичности назива производа/минералне сировине/услуге,
- специфичности намене производа/минералне сировине/услуге,
- специфичности појединачних функција маркетинга и др.

Основне специфичности производа – минералне сировине или услуге, која је предмет маркетинга, полазе од специфичности производа, који су крајњи резултат геолошког рада. У односу на друге производе, који су предмет маркетинга, минералне сировине, као економска категорија, захтевају посебан приступ маркетингу и израду посебног маркетинг концепта, са одговарајућим маркетинг планом. Осим тога специфичан маркетинг посебно захтевају три основне врсте минералних ресурса: металични, неметалични и енергетски. Посебна обележја прате питања брендирања и брендова везаних за производе минералног сектора.

За припрему маркетинг концепта, у склопу маркетинг менаџмента, неопходно је интегрално обухватити специфичности свих значајних функција маркетинга, и то (Тошовић & Миловановић 2005): (а) истраживање тржишта, (б) предвиђање тржишта, (с) планирање и развој производа/услуга, (д) промоцију производа/услуга, (е) дистрибуцију и (ф) продају производа/услуга.

Комплетна анализа ових специфичности при разради маркетинг концепта, који се може заснивати и на концепту микс-маркетинга, захтева обиман стручни, менаџерски и маркетиншки посао и анализу. При томе, кључна је чињеница да се највећи део информација, које се добијају кроз инжењерску геолошку, рударску, технолошку и др. пословну активност, у мањој или већој мери могу директно укључити у маркетинг концепт и ставити у функцију маркетинг активности. Међу претходно наведеним специфичностима, као кратка илустрација биће наведене специфичности промоције, која треба да је везана за осмишљавање најпогоднијег начина представљања специфичних произво-

да/услуга, који се појављују директно у минералном сектору, или се из истог пласирају у разне привредне гране. У том смислу, делом промоције треба обухватити опремање репрезентативних делова објекта управних зграда геоорганизација одговарајућим експонатима, затим мултимедијалне презентације, каталожке приказе, интернет презентације, презентације на научно-стручним скуповима, симпозијумима, саветовањима, конференцијама, конгресима и сајмовима, уз промоције у часописима из тематике металних, неметалних и енергетских минералних ресурса.

Све ове наведене специфичности маркетинга минералних ресурса одражавају се и на услове и начин имплементације маркетинг менаџмента, израде маркетинг плана и маркетинг микса, а у коме запажено место треба да заузимају подаци и информације припремљени од стране геолога одговарајућих стручних профила, интересовања и активности. Они би исто тако требало да се нађу у саставу маркетиншког тима, како би се у маркетинг наступу на прави начин истакао стручни основ и обезбедили најповољнији услови за профитабилност геолошког, рударског и маркетиншког рада у минералном сектору.

### **Маркетинг менаџмент и предузећа минералног сектора Србије**

Улога маркетинга на нивоу појединачних предузећа захтева посебну анализу за постављање приоритета и маркирање циљних тржишта, али и развој одговарајуће тржишне културе у организацији. Менаџмент предузећа и тржишно вођење предузећа подразумевају јаку унутрашњу везу између делова организације, што је посебно важно за средња и велика предузећа, затим повезаност чланова организације и сталну координацију стратегије у процесу транзиционе трансформације предузећа у Србији.

Услови, начин и имплементација маркетинг менаџмента у предузећима минералног сектора Србије значајним делом зависе од транзиционих услова и транзиционе трансформације у актуелном привредном развојном периоду. Са аспекта примене маркетинг менаџмента, зависно од власништва и трансформације предузећа, могу се издвојити четири карактеристичне групе предузећа минералног сектора Србије, и то:

- I група - предузећа у државном власништву,
- II група - предузећа која су била у државном власништву, са извршеном променом власничке структуре;
- III група - предузећа у приватном власништву, и
- IV група - предузећа представништва страних компанија.

Прву групу предузећа, коју чине предузећа у државном власништву, су организационо, пословно

и формационо претежно везана за велике државне системе (попут ЕПС-а, РТБ Бора и др), из чега проистичу објективне системске детерминанте маркетинг менаџмента. Ова предузећа у одређеним облицима имају развијену маркетиншку активност, али је она пратећег карактера, која је у новије време делимично подстакнута, на извесно унапређење, еколошким и захтевима одрживог развоја, а у вези металних, неметалних и енергетских минералних ресурса. Међутим у основном маркетиншком делу намењеном тржишту, маркетинг је мање активан из простог разлога сигурне обезбеђености пласмана, односно релативно сигурних потрошача произведених минералних сировина (нпр. угља, руда бакра и др.), затим одређених “сигурних” и “сталних” геолошких истраживања и др. Други утицајни фактор на овакво стање маркетинга је одређени степен економске извесности, која проистиче из финансијских токова везаних за државни систем и државни извор средстава. Иако је код ових предузећа маркетинг био сличан маркетингу централно планираних економских система, у новије време и у овим предузећима, са ширењем концепта приватизације долази до одређених промена, у смислу сагледавања потреба за већим учешћем тржишних елемената у укупном пословања, из чега директно проистиче и потреба унапређења маркетинга кроз маркетинг менаџмент. Управо у овој групи предузећа налази се највећи простор за развој маркетинг менаџмента и тржишне културе тржишног, пословног и одговорног рада.

Другу групу предузећа, коју чине предузећа, која су била у државном власништву, код којих је извршена промена власничке структуре, евидентно су у већој мери него раније, почеле са применом маркетинг менаџмента, као подршке тржишном наступу и успешнијем пословању. Ово се може видети на примерима приватизованих прерађивачких, али и базичних произвођачких капацитета минералног сектора Србије. Нека од њих су и раније имале развијен маркетинг (нпр. НИС), али је он имао нешто другачије циљеве и, сходно томе, и оперативне и стратегијске маркетиншке активности.

Трећа група предузећа, која обухвата предузећа у приватном власништву, формирана оснивачким капиталом домаћих лица, због суочености са отвореним тржишним условима пословања, били су приморани да развијају елементе маркетинг менаџмента, у мери довољној за остварење базичних циљева пословања, али првенствено добијања потребних послова геолошких истраживања и проучавања у домену минералног сектора. Чињеница је, да је део ових предузећа формиран након извршене трансформације четири предузећа Геозавода и Геоинститута, од стране геолошких стручњака, који су сагледавали повољније перспективе економског пословања кроз сопствене приватне

фирме. Свакако да међу њима постоје фирме, које немају дефинисан маркетинг концепт, али у пословању примењују одређене елементе маркетинг менаџмента.

Четврта група предузећа, која обухвата предузећа представништва страних компанија, има активну примену савременог концепта маркетинг менаџмента, какав је развијан у дужем периоду у развијеним земљама, где им се налазе матичне централе. У питању је ефикасан и ефективан пословни и организациони профил предузећа, који је подржан савременим маркетинг менаџментом са свим потребним елементима успешног тржишног наступа у Србији.

Потреба управљања маркетингом предузећа је нарочито усмерена на унутрашњу везу између маркетинга и елемената успешног пословања, али и пратеће транзиционе трансформације у актуелном привредном тренутку. Разматрање улоге, значаја и релација маркетинг менаџмента се може извршити посебним разматрањем односа појединачних пословних јединица унутар организације/предузећа, затим фаза у пословном процесу предузећа минералног сектора. Посебно је интересантна анализа маркетинг менаџмента кроз фазе управљања маркетингом, које чине: (а) истраживање и анализа; (б) планирање; (с) организовање и примена; (д) контрола и ревизија. Међутим, објективна ограничења обима овог рада, не допуштају такву могућност разматрања у овом раду, али ће, с обзиром на значај, бити предмет неког другог ауторског приказа.

## Закључак

Садашњи привредни и економски развој минералног сектора у Србији повезан је са променама у оријентацији савременог пословања предузећа минералног сектора. Транзициона трансформација минералног сектора Србије нарочито је обележена преласком са доминантно производне оријентације на тржишну оријентацију.

Маркетинг менаџмент, као пословна дисциплина, фокусирана је на практичну примену маркетинг техника и маркетинга фирме, ресурса и активности и у минералном сектору. У условима оштре тржишне конкуренције, додатно подстакнуте процесима глобализације, за успешно пословање веома је значајна маркетинг стратегија предузећа. Маркетинг менаџмент обухвата одређене фазе управљања маркетингом, које чине: истраживање и анализа; планирање; организовање и примена; и контрола и ревизија.

Маркетинг менаџмент, представља на одређен начин, управљање тражњом, јер предузеће настоји да на најбољи начин одговори својом понудом на исказане потребе потрошача, што може учинити на три нивоа у управљању маркетингом: реактивни, антиципативни и креативни маркетинг.

Менаџерска реализација планских и пословних задатака у минералном сектору у домену маркетинг менаџмента, везана је за специфично тржиште минералних сировина и одговарајућих геолошких производа и услуга. У односу на друге врсте производних активности, питање маркетинг менаџмента у минералном сектору има посебне специфичности, које директно зависе од специфичних производа и услуга.

У досадашњем периоду, поред одређених помака у маркетиншкој области, већина геоорганизација и геоменаџера у Србији нису у довољној мери тржишно-маркетиншки оријентисани и не користе у задовољавајућој мери савремену маркетинг стратегију, као окосницу савременог менаџмента у успешном пословању.

Међу специфичностима маркетинга у минералном сектору посебно се издвајају: специфичности производа/минералне сировине/ услуге; специфичности назива производа/минералне сировине/ услуге; специфичности намене производа/минералне сировине/ услуге; специфичности појединачних функција маркетинга и др.

Услови, начин и имплементација маркетинг менаџмента у предузећима минералног сектора Србије значајним делом зависе од транзиционих услова и транзиционе трансформације. Са аспекта примене маркетинг менаџмента, зависно од власништва и трансформације предузећа, могу се издвојити четири карактеристичне групе предузећа минералног сектора Србије, и то: (1) предузећа у државном власништву, (2) предузећа која су била у државном власништву, са извршеном променом власничке структуре; (3) предузећа у приватном власништву, и (4) предузећа представништва страних компанија.

Започета обимна и комплексна ауторска активност на проучавању места и улоге маркетинг менаџмента у савременом пословању у минералном сектору Србије биће настављена у склопу даљег активног научно-истраживачког и апликативног рада. Део активности биће усмерен нарочито на детаљнију обраду свих аспеката маркетинг менаџмента по функцијама менаџмента, али и појединачно наведених специфичности маркетинг концепта, према менаџерским задацима, пословима и обавезама. Релација менаџмент-маркетинг-минерална економија-минерални сектор биће посебно разматрана у делу специфичности металичних, неметаличних и енергетских минералних ресурса, како би се створили предуслови за побољшање менаџерско-маркетиншког приступа у савременом геолошком и менаџерском раду на пословима у минералном сектору, успешном менаџменту минералних ресурса и даљем развоју минералне економије Србије.

## Литература

- CHOEN, G.J. 1988. *The nature of management*. Graham and Trotman, London.
- CLANCY, K. J., KRIEG, P.C. 2000. *Counterintuitive Marketing*. The Free Press.
- FARDON, R. 1998. How to Manage Mineral Exploration and Other Scientific Business. Original produced as an attachment to the AusIMM Bulletin, No 6 September 1998.
- JOSHI, R.M. 2005. *International Marketing*. Oxford University Press, New Delhi and New York.
- KELLER, K.L. 2002. *Strategic Brand Management*. 2nd ed.. Prentice Hall.
- KOTLER, P., KELLER K.L. 2006. *Marketing Management*. 12th ed.. Pearson Prentice Hall.
- KOTLER, P. 1972. A general concept of marketing. *Journal of Marketing*, Vol. 36, No 2, New York.
- MILISAVLJEVIĆ, M. 1992. *Marketing*. Savremena administracija, Belgrade.
- MILISAVLJEVIĆ, M. 2006. *Strategijski marketing*. Ekonomski fakultet, Beograd.
- MILOVANOVIĆ, D., TOŠOVIĆ R. 2007. SWOT analyses as a basis for mineral strategy and policy. Proceedings of the 6th International Scientific OMC '07, Vrujci.
- SCHULTZ, D.E.; KITCHEN P.J., 2000. *Communicating Globally*. Palgrave Macmillan.
- STEPHEN, P., COUTLER, M. 2005. *Menadžment*. Data status, 606 p., Beograd.
- TOŠOVIĆ, R., MILOVANOVIĆ, D. 2008. Menadžment, marketing i savremeni inženjerski poslovi u mineralnom sektoru. *Tehnika, Rud., Geolog. i Metal.*, LXIII, 2, 11–18, Beograd.
- TOŠOVIĆ, R. 2005. Resursi organizacije kao osnova menadžmenta geoloških istraživanja. Proceeding of 8th DQM-2005, 572–579, Beograd.
- TOŠOVIĆ, R. 2005. Razvojne promene vezane za menadžment geoloških istraživanja mineralnih resursa u Srbiji. *Tehnika, Rud., Geolog. i Metal.*, LX, 6, 1–7, Beograd.
- TOŠOVIĆ, R., 2004. Marketing specifics of granodiorite as an ornamental building stone from Brajkovac deposit near Lazarevac. Proceeding of 7th DQM-2004, Belgrade, Serbia, 16-17 June, Research Center of Dependability and Quality Management DQM, 505-511, Beograd.
- TOŠOVIĆ, R., MILOVANOVIĆ D. 2005. Influence of Surrounding on the Management of Geological Exploration. Proceedings of "Clay 2005", 362-372, Arandelovac.
- TOŠOVIĆ, R., 2006. Quality Management and Geomanagement of Mineral Resources. Proceeding of 8th International Conference Dependability and Quality Management DQM-2006, 110–117, Beograd.
- TOŠOVIĆ, R., MILOVANOVIĆ, D. JELENKOVIĆ, R. 2007. Management of mineral resources and sustainable development. International conference on environment and sustainable development. Belgrade, 23–25.04.2007, 85–86, Beograd.
- TOŠOVIĆ, R., MILOVANOVIĆ, D. 2007. Manager Functions in Management of Mineral Resources. Proceeding of 10th DQM-2007, 850-858, Beograd.
- WREN D.A., VOICH D. JR., 2001. Menadžment – proces, struktura, i ponašanje. PS Grmeč – Privredni pregled, 551 s., Beograd.





## **Примењене геофизичке методе при истраживању лежишта угља у угљоносним басенима Електропривреде Србије**

МАРКО БАБОВИЋ<sup>1</sup>

У широј стручној јавности је устаљено мишљење, да се за геолошка истраживања лежишта угља сматрају само радови на истражном бушењу. Закон о геолошким истраживањима јасно упућује на обраду концепције и метода истраживања, од фазе пројектовања до фазе извођења истражних радова. То значи и обавезу примене свих релевантних врста и метода истраживања лежишта угља сагласно њеној концепцији.

Последњих година у електропривреди Србије т.ј. у Колубарском и Костолачком угљоносном басену се интезивно, по одговарајућим Пројектима, изводе геолошка истраживања лигнита.

У склопу изведених истраживања, по први пут су примењена и одређена геофизичка мерења. У колубарском басену, у лежишту Звизадар, током 2008.године, изведена су каротажна мерења са додатним операцијама мерења густине и порозности угљених слојева, на основу којих је било могуће IN SITU одредити поједине параметре квалитета угља, запреминску и специфичну тежину.

При истраживању западног дела Костиолачког басена, током 2009.године примењена је рефлективна сеизмика са плитким мерењима на основу којих је било могуће добити основне информације о простирању угљених слојева на малој дубини испод површине терена.

У овом раду, поред анализе добијених резултата истраживања коментарисаће се оправданост примене ових метода у наредним геолошким истраживањима лигнитских лежишта као интегрални део предстојећем новом Закону о геолошким истраживањима.

---

<sup>1</sup> Електропривреда Србије, Дирекција за стратегију и инвестиције, Београд. E-mail marko.babovic@eps.rs

## Интерпретација и израда блок модела при прорачуну резерви лежишта бакра „Краку Бугареску-цементација“ програмским пакетом GEMCOM

МИРОСЛАВА МАКСИМОВИЋ<sup>1</sup>, ВЛАДАН МАРИНКОВИЋ<sup>2</sup>,  
МИЛЕНКО ЈОВАНОВИЋ<sup>3</sup> и СНЕЖАНА ИГЊАТОВИЋ<sup>4</sup>

Лежиште бакра „Краку Бугареску – Цементација“, налази се, ваздушном линијом, на око 13 км, северозападно од Бора и на 2 км од најближег села Мали Кривељ. Постојање лежишта потврђено је геолошким истраживањима у периоду од 1977. до 1986. године. Детаљна геолошка истраживања вршена су у периоду од 1987. до 1991. године, док је у периоду од 1999. до 2001. године, вршено доистраживање лежишта. Истражно бушење на лежишту је извршено у наведеним периодима, системом вертикалних бушотина са површине терена. Укупно је избушено 280 бушотина, односно 54.590,90 м бушења, чиме је оконтурено лежиште “Краку Бугареску - Цементација”.

Према величини, типу минерализације, структурним и минералолошким обележјима, као и према дистрибуцији корисних компоненти, лежиште бакра „Краку Бугареску - Цементација“ сврстано је у другу групу лежишта бакра, чије су основне карактеристике: рудна тела од веома великих до веома малих размера, облик скоро једноставан, расподела бакра средње равномерна до неравномерна, минерални састав делом једноставан, делом сложенији, пострудна тектоника слабо изражена. Све ове карактеристике има лежиште „Краку Бугареску - Цементација“. У лежишту „Краку Бугареску - Цементација“, бакар је главна корисна компонента. Асоцијацију рудних минерала сачињавају: пирит, халкозин, халкопирит и ковелин, док су остали минерали подређеног значаја. Као пратиоци бакра јављају се злато, сребро, селен и молибден. Зона секундарног сулфидног обогаћења – цементације, је јаче изражена.

Прорачун рудних резерви у лежишту бакра “Краку Бугареску - Цементација”, урађен је применом рачунарског софтвера (програмски пакет *GEMCOM* – канадске производње). При прорачуну рудних резерви примењена је метода мини блокова, с обзиром на повољно искуство у прорачуну рудних резерви овом методом, као и на тачности прорачуна у контурним блоковима, коју омогућава коришћени програмски пакет (*GEMCOM*). Приликом прорачуна рудних резерви, као главна корисна компонента третиран је бакар (укупни, оксидни и сулфидни), а као пратеће корисне компоненте злато и сребро. Ради економске оптимизације копа и могућности даљег развоја, садржаји пратећих компоненти прерачунати су на еквивалентни бакар.

Интерпретација лежишта и околног простора у облику блок-модела подразумева поделу простора, који захвата лежиште на блокове правилних димензија. Величина блока је условљена бројним факторима. Мали блок, има димензије 15×15×15 m. Оваква димензија малог блока изабрана је због висине експлоатационих етажа на будућем површинском копу „Краку Бугареску - Цементација“ која износи 15 m. Прорачун рудних резерви, у смислу количине руде, у лежишту “Краку Бугареску - Цементација” основном методом мини блокова, вршио се сабирањем количина малих блокова. Прорачун средњег садржаја укупног бакра, оксидног бакра, сумпора, злата и сребра, извршен је као средња пондерисана вредност садржаја свих мини-блокова у задатој контури граничног садржаја бакра.

Као контролна метода прорачуна резерви, изабрана је метода најближег рејона, имајући у виду специфичности лежишта бакра „Краку Бугареску - Цементација“, примењену основну методу прорачуна (метода мини блокова), као и систем примењених истраживања (истражна мрежа бушотина).

**Кључне речи:** лежиште бакра, блок модел, мини (мали) блок,

<sup>1</sup> Инст. за Рударство и Металургију, Зелени булевар 35, 19210 Бор.

<sup>2</sup> Инст. за Рударство и Металургију, Зелени булевар 35, 19210 Бор.

<sup>3</sup> Инст. за Рударство и Металургију, Зелени булевар 35, 19210 Бор.

<sup>4</sup> РГФ, Ђушина 7, 11000 Београд.

## Израда геомодела и прорачун резерви лежишта кварцне сировине „Каона“ код Кучева програмом за моделовање лежишта и пројектовање површинских копова MINEX 5.2.3

МИРОСЛАВА МАКСИМОВИЋ<sup>1</sup>, ВЛАДАН МАРИНКОВИЋ<sup>2</sup>,  
МИЛЕНКО ЈОВАНОВИЋ<sup>3</sup> и СНЕЖАНА ИГЊАТОВИЋ<sup>4</sup>

У овом раду је описан начин израде 3Д геолошког модела лежишта кварцне минералне сировине Каона код Кучева.

Лежиште се налази у Источној Србији око 10 км западно од Кучева коме административно и припада. Лежиште Каона, ужи локалитет „Корњица“ налази се на удаљености 5 km од магистралног пута првог реда Мајданпек-Кучево-Пожаревац-Београд. У морфолошком погледу терен је ниско планинских карактеристика. Највиши врх у подручју овог терена је Краку Кумуљиши (447 м). Геолошки истражни радови који су се изводили на подручју Каоне од 1988. год. до 1989. год. припадали су основним геолошким истраживањима. Током 2007. године извршена су детаљна геолошка истраживања бушењем 9 истражних бушотина. Подаци из ових 9 истражних бушотина, у комбинацији са подацима који су добивени на основу узорака који су били узети са изданака су били довољни да се изврши моделовање лежишта у 3Д компјутерским програмом MINEX 5.2.3. На основу креираног 3Д геолошког модела је у каснијој фази било могуће извршити прорачун геолошких резерви лежишта кварцне минералне сировине Каона код Кучева.

Лежиште кварцне минералне сировине Каона код Кучева је истраживано вертикалним истражним бушотинама са површине терена, чиме су утврђени геолошка грађа и облик лежишта.

Узимајући у обзир облик лежишта, за израду геолошког модела је изабран програмски пакет MINEX 5.2.3. који је посебно дизајниран за моделовање слојевитих лежишта и пројектовање површинских копова.

Циљ израде геолошког модела је био добијање дигиталног 3Д модела који би верно и прецизно репрезентовао лежиште у целини.

Предност модела израђеног на овакав начин се огледа пре свега у могућности сагледавања просторне позиције лежишта, брзог прорачуна геолошких резерви, као и добијање података о квалитативним карактеристикама минералне сировине како за цело лежиште тако и за поједине његове делове.

Овако израђен дигитални 3Д модел представља основу за пројектовање рударских радова.

Прорачун геолошких резерви лежишта кварцно минералне сировине „Каона“ је урађен рачунарским програмом MINEX 5.2.3. Обрада лежишта започела је уносом података из неколико датотека (Excel) истражних бушотина од К-1/07 до К-20/07. Датотеке садрже за сваку бушотину: име датотеке, податке о коти, координатама, податке о литолошким члановима у геолошким пресецима бушотина (који су релевантни за процену садржаја у издвојеним геолошким срединама), као и податке о резултатима хемијских анализа појединачних и композитних проба за  $\text{SiO}_2$  и пратеће елементе ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ).

**Кључне речи:** Кварцна минерална сировина, 3Д модел, геолошки модел, MINEX 5.2.3., Прорачун резерви.

<sup>1</sup> Инст. за Рударство и Металургију, Зелени булевар 35, 19210 Бор.

<sup>2</sup> Инст. за Рударство и Металургију, Зелени булевар 35, 19210 Бор.

<sup>3</sup> Инст. за Рударство и Металургију, Зелени булевар 35, 19210 Бор.

<sup>4</sup> РГФ, Бушина 7, 11000 Београд.

## Геолошке карактеристике и 3d модел лежишта угља Соко (Сокобањски басен)

ДРАГОСЛАВ МАРСЕНИЋ<sup>1</sup>, ДРАГАНА ЖИВОТИЋ<sup>1</sup> и ДРАГАН ЈОКОВИЋ<sup>2</sup>

Сокобањски угљени басен налази се 250 km североисточно од Београда, и захвата површину од око 250 km<sup>2</sup>. Сокобањски басен представља тектонски ров правца пружања север-југ, са максималном дужином 29 km и ширином 16 km. Басен је изграђен од лимничких седимента дебљине око 1500 m, који су депоновани од доњег палеогена до горњег миоцена. Укупне резерве и ресурси угља процењени су на 200 милиона тона. Укупна производња угља у периоду од 1965. до 2000. године износила је око 5 милиона тона мрког угља.

Палеорељеф Сокобањског басена изграђен је од протерозојских и девонских шкриљаца и пешчара, карбонских шкриљаца и глинача са танким, економски неинтересантним слојевима каменог угља, пермских пешчара, тријаских песковитих кречњака, горњојурских доломита и кречњака и горњокредних кречњака.

Терцијарни седименти изграђени су од конгломерата, пешчара, кречњака и глине са слојевима угља. Укупна дебљина седимента доњег палеогена је 500 m а дебљина неогених седимента износи 950 m. Унутар угљеног слоја издвојене су четири серије:

1. Старије палеогена серија (палеоцен-еоцен), која се јавља у североисточном делу басена у узаном појасу ширине 5 до 8 km. Подински делови серије изграђени су од црвенкастих конгломерата, преко којих се даље настављају банковити разнозрни пешчари, битуминозни слојевити кречњаци, слојевити финозрни пешчари са вулканокластитима и уљни шејлови. Старост ове серије одређена је на основу алге *Archeolithothamnium lugeoni* PFENDER, која је пронађена у битуминозним кречњацима.
2. Читлучка серија (вероватно доњи миоцен) лежи трансгресивно преко старије палеогене серије и других старијих формација. Серија започиње конгломератима, преко којих се налазе банковити пешчари са прослојцима глине и танкослојевити лапорци са прослојцима лапоровитих и угљевитих глине. Непосредну подину старијег, главног угљеног слоја, чине сиве лапоровите глине. Преко ње развијен је главни угљени слој, изнад кога је констатовано присуство жутх банковитх лапораца и пешчара. Највиши делови Читлучке серије изграђени су од жутих и сивих лапораца, сивих банковитих пешчара, горњег угљеног слоја (дебљине 0.5–3 m) и сивих лапоровитих глине. Главни угљени слој се експлоатише од 1928. године. Максимална дебљина главног угљеног слоја износи око 43 m, а просечна је 23 m. Угљени слој пада под углом 20–45° у правцу северозапада.
3. Врмџанска серија (доњи миоцен) је такође трансгресивна, а започиње сивим до црвенкастим базалним конгломератима и шљунковима, преко којих даље леже црвенкасти и жути слабо везани пешчари, сиви танкослојевити лапорци, сивобели туфови и бентонити, затим лапоровите глине и песковити лапорци са слојевима угља.
4. Горњомиоценска серија трансгресивно лежи преко врмџанске серије. Изграђена је од кластичних седимента, црвенкастих, сивих и зеленкастих пескова и шљункова, понекад везаних глином.

У неотектонском склопу терена Сокобањског басена издвајају се следећи регионални раседи: сокобањски (И–З), врмџански (С–Ј) и раседна зона Ртањ–Крстатац, који заједно са мањим раседима правца пружања север–југ, контролишу границе и изглед басена.

По ободу басена налази се више карстних извора и врела на контакту кречњака и глиновито-лапоровитих седимента терцијарног комплекса. Главни колектори подземних вода су кречњаци у ободу басена. Укупни месечни прилив воде у јаму износи од 2090 m<sup>3</sup> до 9540 m<sup>3</sup>.

Угаљ се експлоатише на око 400 m дубине, испод невезаних и слабо консолидованих стена. Велики притисци често се манифестију и кидањем челичне подграде.

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд

<sup>2</sup> ЈП ПЕУ Рудник мрког угља Соко, Соко Бања

Израда 3D модела лежишта угља Соко представља поступак тродимензионалног приказа угљеног слоја који се експлоатише. Примарни циљ израде 3D модела је квалитетан приказ угљеног слоја, кровинских и подинских седимената, као и пропачун резерви угља и релевантних параметара квалитета. При изради 3D модела коришћен је геолошки софтверски пакет GDM (Geological Database Management). GDM се, осим за обраду лежишта, користи и код пројектовања тунела, брана, подземних складишта, уређивање градских средина, дијагностике загађења земљишта, управљања водених ресурса итд.

При изради 3D модела коришћено је 60 вертикалних истражних бушотина изведених на простору лежишта Соко. За сваку бушотину поред литолошких јединица унети су и сви параметри квалитета угља. Присуство великог броја раседа у лежишту условило је блоковску структуру, тако да су резерве рачунате по геолошким блоковима. Положај раседа дигитализован је са тектонске карте лежишта.

На основу података истражног бушења, рударских истражних радова и положаја раседа формирана је база података, која је служила као основа при изради 3D модела. 3D модел укључује дебљину сваког од повлатних пакета, угљеног слоја и његових граница са повлатним и подинским стенама, као и релевантне параметре квалитета. Резерве угља са одговарајућим квалитетом су рачунате за сваки појединачни геолошки блок, а укупне резерве угља у лежишту добијене су сабирањем резерви свих блокова.

**Кључне речи:** Сокобањски басен, доњи миоцен, 3D модел, GDM, главни угљени слој.

## The Gold Valorization: A Promising Solution for the Economic Development of Algeria

MOHAMED KECIR<sup>1</sup>, M'HAMED ZIBOUCHE<sup>2</sup> & JIRI BOTULA<sup>3</sup>

In the present world economic crisis context, Algeria has to develop not only its hydrocarbons resources but also the mining industry. Among all the substances- such as oil, gas, iron, lead, phosphate, etc.- contained in its underground, gold is one of the promising commodities which could be promising for the national economy future.

Rising prices of the yellow metal prompted the reassessment of the gold potential of Algeria. The reserves of newly explored deposits represent a good basis for the renaissance of economically significant gold mining in the country.

90 % of gold resources known in Algeria, are situated in the Hoggar area (Sahara) and are summarized in the first chapter of our work. These potentialities are distributed on the whole panafrikan range in the country and are estimated, in the aggregate, at about 300 t of metal. The half of these resources have been identified in five main deposits among which Amesmessa, with 60 t.

The aim of this work is to promote and develop the prospection and the valorization of the Hoggar gold deposits, which allow to meet the market economy requirements, answer the quality criteria of the saleable product and secure the direct or indirect mastership of the gold supply of the country.

Whereas a concentration by gravimetric method and cyanidation of the Amesmessa ore has been realized in a previous study, the present work, described in the second chapter, deals with the lixiviation of the same ore (Au grade of 13,5 g/t) by thio-urea in an acid environment.

Several parameters having an influence on the gold dissolution have been studied. The obtained results were encouraging with an appreciable gold recuperation, which reached more than 85 % for a particle size < 100  $\mu\text{m}$ , a liquid-solid ratio = 2,5 and a 10 g/l concentration of thio-urea, after a 10 hours lixiviation time.

However, this work has to be carried on for an optimization of the parameters and by a more elaborate study of the physico-chemical processes which intervene during the different treatment operations.

**Key words:** gold, ore, lixiviation, thio-urea, recuperation.

---

<sup>1</sup> Faculty of Oil and Chemistry, University of Boumerdes, 35000 Algeria. E-mail: medkecir@yahoo.fr

<sup>2</sup> Direction du Développement, ENOF, El Harrach, Alger, Algeria. E-mail: m.zibouche@yahoo.fr

<sup>3</sup> VSB-Technical University of Ostrava, 70833 Ostrava-Poruba, Czech Rep. E-mail: jiri.botula@vsb.cz

## Геолошка интерпретација и унос података при прорачуну резерви лежишта бакра “Краку Бугареску - цементација” програмским пакетом GEMCOM

ГОРАН ПАЧКОВСКИ<sup>1</sup>, КРСТА НИКОЛИЋ<sup>2</sup>,  
БОЈАН ПАЧКОВСКИ<sup>2</sup> и МАРИЈАНА МИЛЕТИЋ-ФИЛИПОВСКИ<sup>2</sup>

Лежиште бакра “Краку Бугареску – Цементација”, налази се, ваздушном линијом, на око 13 км, северозападно од Бора и на 2 km од најближег села Мали Кривељ. Постојање лежишта потврђено је геолошким истраживањима у периоду од 1977. до 1986. године. Детаљна геолошка истраживања вршена су у периоду од 1987. до 1991. године, док је у периоду од 1999. до 2001. године, вршено доистраживање лежишта. Истражно бушење на лежишту је извршено у наведеним периодима, системом вертикалних бушотина са површине терена, чиме је оконтурено лежиште “Краку Бугареску – Цементација”.

Елаборат о резервама лежишта бакра “Краку Бугареску – Цементација”, рађен је у последњој четвртини 2007. године. Прорачун рудних резерви урађен је применом рачунарског софтвера (програмски пакет GEMCOM – канадске производње). При прорачуну рудних резерви примењена је метода мини блокова и том приликом, као главна корисна компонента третиран је бакар (укупни, оксидни и сулфидни), а као пратеће корисне компоненте злато и сребро. Ради економске оптимизације копа и могућности даљег развоја, садржаји пратећих компоненти прерачунати су на еквивалентни бакар.

Обрада лежишта започета је уносом података (системом PC-XPLOR) из неколико датотека (ASCII) истражних бушотина. Датотеке садрже за сваку бушотину: име датотеке, податке о коти, координатама, податке о литолошким члановима у геолошким пресецима бушотина (који су релевантни за процену садржаја у издвојеним геолошким срединама), као и податке о резултатима хемијских анализа појединачних и композитних проба за укупни бакар и пратеће елементе (S, Ag, Au, Cu<sub>ox</sub>).

За сваку бушотину (системом PC-XPLOR) дат је опис издвојених типова стена, односно геолошки стуб бушотине, а затим су унети подаци о карактеристикама сваког издвојеног типа стене, неопходни за даљу обраду, јер је садржај корисних компоненти зависан и од литолошког састава.

За потребе хемијских испитивања садржаја укупног бакра, оксидног бакра и пратећих компоненти у лежишту, вршена су узимања проба језгра из бушотина у интервалима бушења од: 2 m, 5 m и 10 m, а за потребе хемијских испитивања садржаја пратећих компоненти у лежишту (Au и Ag), вршене су хемијске анализе на композитним пробама дужинског интервала од 10, 15 и 20 m.

Такође су унети подаци о топографији терена. Након уноса и сређивања свих података, формиран су вертикални паралелни пресеци и хоризонтални пресеци – етаже.

За потребе прорачуна резерви, лежиште је подељено на сегменте: сегмент “Ц 1”, “Ц 2”, “Ц 3” и “Ц 4”.

**Кључне речи:** Краку Бугареску – Цементација, геолошка интерпретација, унос података, топографија, литологија, Гемцом.

<sup>1</sup> Институт за рударство и металургију Бор, Зелени булевар 35, 19210 Бор. E-mail: goranp@irmbor.co.rs

<sup>2</sup> РТБ Бор група, Рудници бакра Бор, Сектор за геологију, Кестенова 8, 19210 Бор

<sup>2</sup> РТБ Бор група, Рудници бакра Бор, Сектор за геологију, Кестенова 8, 19210 Бор

<sup>2</sup> РТБ Бор група, Рудници бакра Бор, Сектор за геологију, Кестенова 8, 19210 Бор

## Обрада геолошких података при прорачуну резерви лежишта бакра “Краку Бугареску - цементација” програмским пакетом GEMCOM

ГОРАН ПАЧКОВСКИ<sup>1</sup>, КРСТА НИКОЛИЋ<sup>2</sup>,  
БОЈАН ПАЧКОВСКИ<sup>2</sup> и МАРИЈАНА МИЛЕТИЋ-ФИЛИПОВСКИ<sup>2</sup>

Лежиште бакра “Краку Бугареску – Цементација”, налази се, ваздушном линијом, на око 13 km, северозападно од Бора и на 2 km од најближег села Мали Кривељ. Постојање лежишта потврђено је геолошким истраживањима у периоду од 1977. до 1986. године. Детаљна геолошка истраживања вршена су у периоду од 1987. до 1991. године, док је у периоду од 1999. до 2001. године, вршено доистраживање лежишта. Истражно бушење на лежишту је извршено у наведеним периодима, системом вертикалних бушотина са површине терена, чиме је оконтурено лежиште “Краку Бугареску – Цементација”.

Елаборат о резервама лежишта бакра “Краку Бугареску – Цементација”, рађен је у последњој четвртини 2007. године. Прорачун рудних резерви урађен је применом рачунарског софтвера (програмски пакет GEMCOM – канадске производње). При прорачуну рудних резерви примењена је метода мини блокова и том приликом, као главна корисна компонента третиран је бакар (укупни, оксидни и сулфидни), а као пратеће корисне компоненте злато и сребро. Ради економске оптимизације копа и могућности даљег развоја, садржаји пратећих компоненти прерачунати су на еквивалентни бакар.

Примена геолошке интерпретације литолошких карактеристика је неопходна, због различите орудњености и уопште дистрибуције корисне компоненте у оквиру сваке издвојене литолошке средине, што битно утиче на коначну интерпретацију средњег садржаја и количине метала у лежишту. Геолошка интерпретација лежишта, са аспекта дефинисања литолошких чланова унутар и око самог лежишта, извршена је системом GEO-MODEL.

Приликом уноса података (системом PC-XPLOR), учитани су подаци о литолошким карактеристикама сваке бушотине. За сваки издвојени литолошки члан дефинисана је словна ознака од максимално четири карактера и бројчана ознака.

Геолошка интерпретација лежишта започета је учитавањем референтних елемената, који представљају површину терена и трасе бушотина са издвојеним и различито обојеним литолошким члановима. Геолошка интерпретација вертикалних пресека извршена је “ручно”. Затим су сви геолошки пресеци лежишта дигитализовани (програмским пакетом Auto-САД) и унети за сваки пресек.

Интерпретација на хоризонталним пресецима – етажама, извршена је на тај начин што су прво дефинисане референтне површине сваке етаже. Пошто етажа захвата дебљину рудног тела од 15 m, за референтну површину узета је средина етаже.

**Кључне речи:** геолошки подаци, геолошка интерпретација, прорачун резерви, Gemcom.

<sup>1</sup> Институт за рударство и металургију Бор, Зелени булевар 35, 19210 Бор. Е-mail: goranp@irmbor.co.rs

<sup>2</sup> РТБ Бор група, Рудници бакра Бор, Сектор за геологију, Кестенова 8, 19210 Бор

<sup>2</sup> РТБ Бор група, Рудници бакра Бор, Сектор за геологију, Кестенова 8, 19210 Бор

<sup>2</sup> РТБ Бор група, Рудници бакра Бор, Сектор за геологију, Кестенова 8, 19210 Бор



## Презентација пројекта SARMa - одрживо управљање каменим агрегатима

ВЛАДИМИР СИМИЋ<sup>1</sup>

Агрегати (ломљени камен, песак и шљунак) су неопходни елементи у грађевинарству и инфраструктури. Земље југоисточне Европе богате су агрегатима, али међу њима не постоји координација у снабдевању. Због тога је током 2009. године покренут трогодишњи Европски пројекат „Одрживо управљање каменим агрегатима – SARMa (Sustainable Aggregates Resource Management)“ на подручју југоисточне Европе, у којем Рударско-геолошки факултет учествује са још 13 партнера из 10 земаља. Водећи партнер на пројекту је Геолошки завод Словеније.

Пројекат има два основна циља: 1. Развијање заједничког/усклађеног приступа одрживом управљању каменим агрегатима (техничко-грађевински камен, грађевински шљунак и песак) на простору југоисточне Европе (SEE), и 2. Остваривање одрживог снабдевања каменим агрегатима на простору SEE, на темељу праведне дистрибуције трошкова и добитака при производњи камених агрегата, употребе, одлагања јаловине и рециклирања, потрошње сировина и енергије, те побољшање квалитета живота.

Ови циљеви оствариће се путем координације одрживим управљањем агрегатима као минералним сировинама, повећања размене искуства (know-how), подстицањем подизања капацитета (знања) у предузећима, државним и локалним институцијама, развијањем информационе инфраструктуре, усклађивањем са стратегијом ЕУ о одрживом управљању природним ресурсима (Thematic Strategy on the Sustainable use of Natural Resources – [http://scp.eionet.europa.eu/themes/resource\\_use](http://scp.eionet.europa.eu/themes/resource_use)), нарочито у домену проблема и препорука у вези са експлоатацијом у заштићеним просторима, потенцијалним секундарним изворима камених агрегата, могућностима транснационалне дистрибуције агрегата. Активности током спровођења пројекта дефинисане су тако да повезују институције, доносиоце одлука, реализаторе политике, економски сектор, концесионаре, цивилно друштво и невладин сектор, а све кроз организацију радионица и ширењем резултата путем публикација и интернета.

Изазов у свим земљама учесницима на пројекту представљају илегална експлоатација, запуштени каменоломи, нерекултивисане локације, ограничена употреба рециклираног материјала и, понекад, противљење локалне заједнице. Решавање ових проблема изискује успостављање ефикасног и одрживог ланца снабдевања и друштвено-одговорног пословања. Специфични циљеви обухватају изградњу капацитета, формирање информационе инфраструктуре као и Регионалног центра за одрживо управљање каменим агрегатима. Локалне активности усмерене су ка успостављању еколошки прихватљиве експлоатације применом најбољих могућих речења, затим ка смањењу илегалне експлоатације, као и рециклирању и потпуном искоришћењу минералних сировина. Као пилот подручје изабран је каменолом КОВИЛОВАЧА Д.О.О. – Деспотовац.

Ова промоција је део активности на пројекту SARMa (SEE EoI/A/151/2.4/X). Детаљнији подаци о пројекту могу се погледати на веб-страници пројекта – [www.sarmaproject.eu](http://www.sarmaproject.eu).

**Кључне речи:** Одрживо управљање каменим агрегатима, Југоисточна Европа, Србија

---

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд, Србија. Е-mail: [simicv@rgf.bg.ac.rs](mailto:simicv@rgf.bg.ac.rs)



## Структурно-литологический анализ как метод совершенствования системы ППД

### Структурна и литолошка анализа као метода за унапређивање система одржавања притиска

АЛЕКСЕЙ АРТАМОНОВ<sup>1</sup>, РОМАН ВАСИЛЬЕВ<sup>2</sup> и ИЛЬШАТ ТАЛИПОВ<sup>3</sup>

**Abstract.** This research describes the method of improving pressure maintenance system based on the structural-and-lithological analysis of oil-field development. Taking into account geological structure of massive reservoirs, a “structure factor” is applied as the main technique that influences on enhanced oil recovery measurements. Geologic and physical characteristics are determined by means of reservoir lithology. Oil and water gravitational segregation duration is known to be comparable to development period.

The West-Siberian oil basin fields are analyzed. Thereby, the estimated results detect the development planning and economic assessments.

Thus, the structural-and-lithological approach allows increasing the main output of the field. It doesn't require special computer software and equipment. This method is easily realizable.

**Key words:** Structural and Lithological Approach, Pressure Maintenance, Structure Factor, Gravitational Segregation.

**Апстракт.** Ово истраживање описује методу унапређивања система одржавања притиска, засновану на структурној и литолошкој анализи разраде нафтног поља. Узимајући у обзир геолошку структуру масивних резервоара, “структурни фактор” је примењен као главни чинилац који утиче на повећање производње нафте. Геолошке и физичке карактеристике су одређене на основу литологије резервоара. Познато је да је дужина трајања гравитационе сегрегације нафте и воде упоредива са периодом разраде. Анализирана су нафтна поља западно-сибирског басена. На тај начин, добијени резултати омогућавају даља планирање разраде и економске процене.

Према томе, структурални и литолошки приступ омогућава повећање производње поља. То не захтева посебан компјутерски софтвер и опрему. Ова метода је лако примењива.

**Кључне речи:** структурални и литолошки приступ, одржавање притиска, структурни фактор, гравитациона сегрегација

**Анотација.** В работе предложен подход совершенствования системы поддержания пластового давления на основе структурного анализа системы разработки месторождений. С учетом специфики геологического строения массивных залежей акцентировано внимание на оценке доминирующего в этих условиях структурного фактора и его влияния на эффективность принимаемых решений. Особое внимание обращено на литологию, поскольку именно данный критерий является первоочередным, который определяет геолого-физическую характеристику пластов.

На примерах месторождений Западной Сибири выполнены расчеты показателей разработки при сложившейся ситуации и в результате совершенствования системы ППД. Приведены основные показатели экономических расчетов.

Таким образом, использование данного метода позволяет уменьшить темп падения базовой добычи нефти, не требует специального программного обеспечения и оборудования, легко реализуемо и что, немало важно в сложившейся экономической обстановке не требует больших операционных расходов.

<sup>1</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Artamonov.AA@yamal.gazprom-neft.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Vasilev.RN@yamal.gazprom-neft.ru

<sup>3</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Talipov.IF@yamal.gazprom-neft.ru

Ключевые слова: структурный-литологический анализ, система ППД, структурный фактор, сегрегация.

## Введение

В представленной работе предложен подход совершенствования системы поддержания пластового давления на основе структурно-литологического анализа систем разработки месторождений. Принимая во внимание специфику геологического строения массивных залежей, акцентировано внимание на оценке доминирующего в этих условиях структурного фактора и его влияния на эффективность принимаемых решений. Особое внимание обращено на литологию, поскольку именно данный критерий является первоочередным: определяет геолого-физическую характеристику пластов.

## Структурно-литологический анализ

В России в больших масштабах разработка месторождений углеводородов ведется с внешним воздействием на пласты. Существует несколько систем разработки с большим количеством разновидностей. Воздействие на пласт позволяет обеспечить высокий уровень добычи нефти меньшим количеством скважин, нежели без воздействия, следовательно, достигнуть большой коэффициент нефтеотдачи. Однако, все применяемые системы разработки с воздействием на пласт имеют ряд существенных недостатков, в том числе не полностью учитываются структурные и литологические особенности строения пластов месторождения.

На основе скважинных данных была создана и проанализирована структура поверхности пласта БС7 Суторминского месторождения. В результате структурного моделирования было выявлено два основных куполовидных поднятия и установлено, что структурная поверхность объекта осложнена многочисленными локальными куполовидными поднятиями и прогибами, обусловленными природными факторами (рис. 1).

Аналогичным образом анализ структурной поверхности был выполнен по всем пластам Суторминского месторождения, по пласту 1БП11 Вынгайхинского месторождения, по пластам 1БС10, БС11 Муравленковского месторождения. Также по Вынгайхинскому месторождению были использованы сейсмические данные.

Принимая во внимание результаты исследований структурных особенностей строения объектов, можно сделать вывод, что структуру залежи подразделяется на основное поднятие, локальные куполовидные поднятия и прогибы (рис. 2).

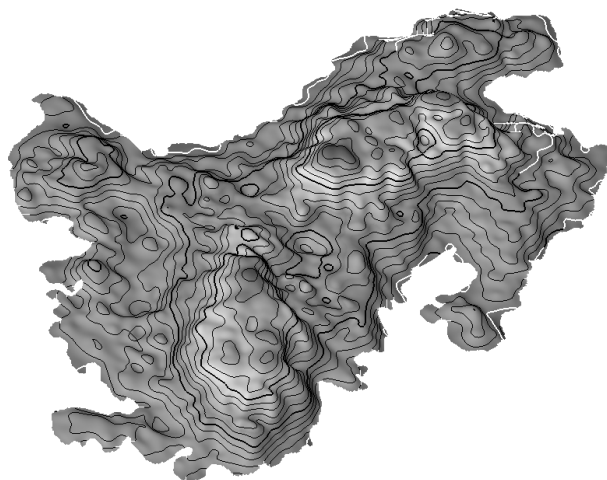


Рисунок 1. Структурная поверхность пласта БС7 Суторминского месторождения

Сл. 1. Структурна површина слоја БС7 Суторминског лежишта

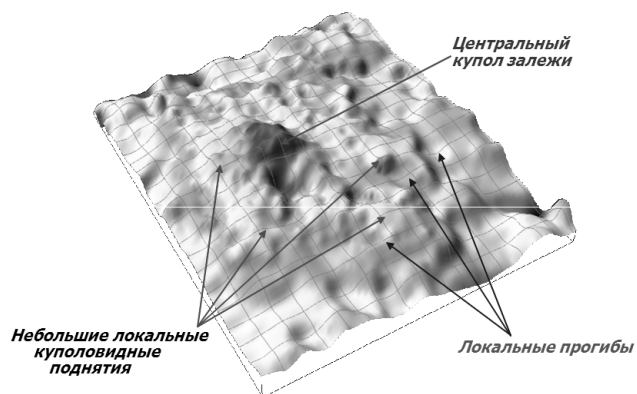


Рисунок 2. Фрагмент поверхности

Сл. 2. Фрагмент површине.

Пласт БС7 Суторминского месторождения начали эксплуатировать с 1982 года и на сегодняшний день он находится на завершающей стадии разработки, характеризующейся низким уровнем добычи нефти, невысоким темпом падения, высокой обводненностью продукции скважин. Основная доля работающего фонда скважин находится в основных структурных поднятиях. На указанном пласте трехрядная система разработки, с расстоянием между скважинами 500 м. Принимая во внимание, что Суторминское месторождение многопластовое и практически не имели сведений о строении месторождения, применение рядной системы разработки было оправдано на начальном

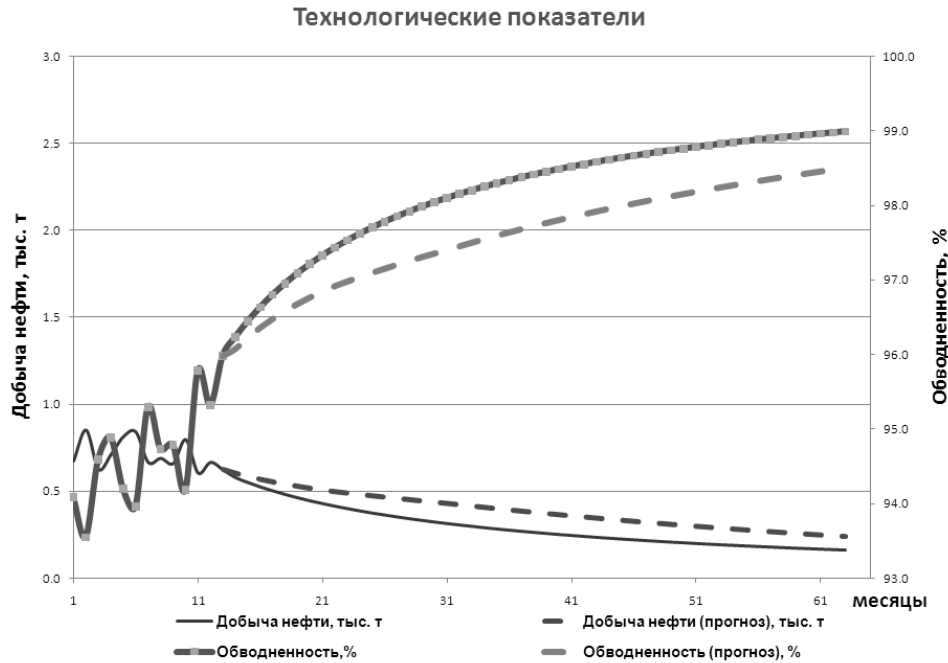


Рисунок 3. Технологические показатели  
Сл. Технолошки показатели

этапе освоения месторождения. Как было отмечено выше, большая часть работающего фонда пласта БС7 расположена в основных поднятиях залежи, что свидетельствует о концентрации остаточных запасов именно в этих районах.

Для совершенствования системы воздействия на пласт и повышения эффективности разработки было предложено использование структурного анализа поверхности. Структурный подход предполагает выделение компактных групп объектов, удаленных друг от друга, отыскивается «естественное» разбиение совокупности на области скоплений объектов. По результатам анализа, на выбранном участке, для перевода скважин под нагнетание были предложены два кандидата, находящиеся в локальных прогибах. Одновременно, для соблюдения материального баланса и уровня компенсации, были отключены две соседние нагнетательные скважины.

Результатом проведенной оптимизации системы заводнения стало снижение обводненности продукции добывающих скважин работающих в окружении, при неизменном уровне отбора жидкости. Полученный эффект за 6 месяцев работы составил 0,27 т.т. нефти. При этом удалось стабилизировать темп падения и снизить обводненность продукции. Расчет эффективности мероприятий проводился по характеристикам вытеснения (рис. 3).

Для теоретического доказательства применимости предложенной методики были использованы исследования Хилла по гравитационному разделению фаз. Опыты показали, что сегрегация фаз,

вызываемая разностью их плотностей, ухудшает процесс вытеснения в горизонтальных пластах, но в наклонных и крутопадающих такое разделение наоборот улучшает эффект процесса, снижая языкообразование или даже предотвращая его.

Используя формулу Хилла и Дарси, проведено сопоставление скорости гравитационного разделения фаз и фильтрации для реальных параметров месторождений, разрабатываемых ОАО «Газпром-нефть-ННГ».

$$\vartheta_{гр} \frac{k(\rho_B - \rho_n) \sin \theta}{m(\mu_n - \mu_B)} - \text{формула Хилла,} \quad (1)$$

где  $k$  – проницаемость, мД;

$\tilde{n}_n, \tilde{n}_B$  – плотность нефти и воды соответственно, кг/м<sup>3</sup>;

$m$  – пористость, д.ед.;

$\mu_n, \mu_B$  – вязкость нефти и воды соответственно, мПа\*с;

$\theta$  – угол наклона пласта.

$$\vartheta_{\phi} = \frac{k}{\mu_n} \cdot \frac{\Delta P}{l} - \text{формула Дарси,} \quad (2)$$

где  $\Delta P$  – депрессия создаваемая на пласт, МПа;

$l$  – расстояние между добывающими и нагнетательными скважинами, м.

Результаты расчетов представлены в таблице.

Таблица

Параметры	$k$	$m$	$\mu n$	$\mu v$	$\rho n$	$\rho v$	$\sin\theta$	$\Delta P$	$l$	$vgr$	$vf$
Минимальное значение	1	0.16	0.31	0.3	0.7	1	0.259	18	500	<b>0.01</b>	<b>0.1</b>
Максимальное значение	30	0.21	1.5	0.5	0.8	1	0.866	20	1000	<b>48.6</b>	<b>33.5</b>

Исходя из приведенных расчетов, можно сделать вывод, что гравитационное разделение нефти и воды происходит за короткое время, сравнимое со временем разработки месторождения. Гравитационные силы оказывают влияние на пласт любой мощности, однако силы становятся более заметным для пластов большой мощности и при рассмотрении пластов толщиной более 10 м гравитационная составляющая становится сопоставимой с гидродинамической.

Таким образом, исходя из полученных результатов, особенности структурного строения пласта оказывают огромное влияние на весь процесс разработки месторождений. При разработке месторождения, как на начальной стадии, так и на завершающей необходимо обязательно учитывать структурный фактор при формировании системы разработки.

В работе также обращено внимание на литологические особенности строения пласта, благодаря которым определяются зоны с опережающим обводнением, и соответственно лучшими фильтрационными характеристиками. Благодаря такой особенности, при прогнозировании мероприятий по переводу скважин под нагнетание избегается ряд ошибок, связанный с быстрым обводнением нефтяных скважин. В литологическом отношении пласт БС7 в основном представлен однородным мелкозернистым песчаником. И проанализировав геофизические исследования скважин и данные керна, было получено, что литология полностью повторяет структуру пласта.

Итак, по представленным результатам можно сделать вывод, что на сегодняшний день на большинстве месторождений Западносибирского региона, применяемая система разработки не является оптимальной, и, следовательно, необходимо применять подходы, учитывающие не только знания, полученные в 50-е, 60-е годы 20 столетия и являющиеся базовыми, но и накопленные за период жизни месторождения.

Таким образом, использование данного метода позволяет уменьшить темп падения базовой добычи нефти, не требует специального программного обеспечения и оборудования, легко реализуемо и что, немало важно в сложившейся экономической обстановке не требует капитальных затрат.

### Список литературы

- Желтов, Ю.П. 1998. Разработка нефтяных месторождений: Учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ОАО "Издательство "Недра", 365с.
- РД 153-39.0-110-01 2002. Методические указания по геолого-промысловому анализу разработки нефтяных и газонефтяных месторождений. – Министерство энергетики РФ
- Хургин, Я.И. 2004. Проблемы неопределенности в задачах нефти и газа. – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 320с.
- HILL, S. 1952. Channeling in packed columns, Chemical Engineering Science, v.1.

## Особенности разработки месторождений с трещино-поровыми коллекторами

### Разрада нафтних поља са фрактурираним резервоарима

ВЛАДИСЛАВ БАХУРСКИЙ<sup>1</sup>, РОМАН ВАСИЛЬЕВ<sup>2</sup> и МАРС АЛЬМУХАМЕТОВ<sup>3</sup>

**Abstract.** At the present time structurally complex oil-field development is one of the urgent problems in petroleum industry. Field V of the West-Siberian oil basin BP-16 layer is considered to be a complex developed reservoir due to geological structure (clinoform structure, irregular area extension and high heterogeneity) and low reservoir properties (effective porosity is about 7 % and permeability is 1 mD).

This research describes methods of predicting improved reservoir zones and the development planning assessment.

Investigated BP-16 layer is expected to be a perspective stratum because of partly fractured regions within the reservoir (dual porosity areas) which is related to fractured zone distribution. Dual porosity is proved by means of logging data, core investigations and lithologic and stratigraphic analyses.

Moreover, seismic survey data expresses the direct dependence between the acoustic impedance and dual porosity. This technique describes the improved reservoir zones extension within the BP-16 reservoir. Thus, BP-16 geological model is created according to the estimated reservoir properties. Furthermore, a dual porosity-dual permeability simulation model is built. It mostly reflects two-phase flow within the rock matrix and fractured zones.

**Key words:** Fracturing, Seismic Attributes, Simulation Model, Dual Porosity, Dual Permeability.

**Апстракт.** Један од проблема у нафтної индустрији, који у данашње време захтева брзо решење, јесте разрада структурно комплексних нафтних поља. Сматра се да је поље В Западно-Сибирског нафтног басена БП-16 комплексно разрађен резервоар захваљујући геолошкој структури (структура клиноформе, неправилног просторног пружања и велике хетерогености) и лоших особина резервоара (ефективна порозност је око 7 % и пермеабилност је 1 мД).

Ово истраживање описује методе предвиђања зона резервоара са бољим карактеристикама и процену плана разраде лежишта.

Очекује се да је истраживани слој БП-16 перспективни ниво због делимично фрактурираних делова унутар резервоара (подручја двојне порозности), који је повезан са дистрибуцијом пукотинске зоне. Двојна порозност је утврђена на основу каротажних података, испитивања језгара и литолошких и стратиграфских анализа.

Такође, подаци сеизмичких мерења указују на директну зависност између акустичне импеданце и двојне порозности. Ова метода указује на пружање зона резервоара са бољим карактеристикама унутар резервоара БП-16. Тако је урађен геолошки модел резервоара БП-16 на основу процењених особина резервоара. Осим тога, направљен је симулациони модел двојна порозност-двојна пермеабилност. То углавном одражава двофазни ток унутар стенског матрикса и пукотинских зона.

Тако, на основу утврђеног пружања пукотинске зоне, може бити планирана и препоручена одговарајућа разрада лежишта.

**Кључне речи:** фрактурирање, сеизмички атрибути, симулациони модел двојна порозност - двојна пермеабилност

<sup>1</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Bahurski.VYu@yamal.gazprom-neft.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Vasilev.RN@yamal.gazprom-neft.ru

<sup>3</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Almukhametov.MA@yamal.gazprom-neft.ru

Аннотация. В настоящее время одной из актуальных проблем нефтяной отрасли является разработка сложно построенных коллекторов. В силу своего строения (клиноформное строение, неравномерное распространение по площади, высокая степень неоднородности разреза), а также характеризуясь низкими фильтрационно-емкостными свойствами (средняя эффективная пористость - 7%, средняя проницаемость - 1 мД) ниже меловой (неоком) пласт БП-16 Вынгайхинского месторождения может быть отнесен к категории трудно разрабатываемых коллекторов.

Целью данной работы является:

- прогнозирование и выявление перспективных зон ачимовской толщи Вынгайхинского месторождения;
- оценка возможных вариантов разработки ачимовских залежей.

Объектом исследования является пласт БП-16, перспективный для разработки в силу выявленной в продуктивной части зоны улучшенных коллекторских свойств (другими словами, зоны вторичной пористости), приуроченной к локальному развитию зоны трещиноватости. Зона вторичной пористости была обоснована по результатам анализа данных ГИС, по данным лабораторного анализа шлифов и по данным литолого-стратиграфического анализа.

С помощью анализа данных сейсморазведки была установлена прямая зависимость между значениями атрибута акустического импеданса (его минимальными значениями) и вторичной пористостью. Вследствие чего было предсказано площадное распространение зоны улучшенных коллекторских свойств. Таким образом, была построена геологическая модель участка месторождения. На основе ее была построена гидродинамическая модель пласта БП-16, которая представляет собой модель двойной пористости с двойной проницаемостью, наиболее точно описывающая поведение двухфазного потока в системе матрица породы - трещина.

Ключевые слова: трещиноватость, сейсмические атрибуты, модель двойной пористости с двойной проницаемостью.

## Введение

В последнее время одной из наиболее актуальных проблем в нефтяной отрасли считается разработка сложно построенных нефтяных месторождений с трудноизвлекаемыми запасами. К такому относится Вынгайхинское нефтяное месторождение, расположенное в Западной Сибири, разработку которого ведет филиал «Муравленковскнефть» ОАО «Газпромнефть – Ноябрьскнефтегаз».

Объектом исследования является не разрабатываемый на сегодняшний день ачимовский пласт БП-16 сортынской свиты неокома. Песчано-алевролитоглинистый разрез ачимовских отложений характеризуется высокой площадной неоднородностью, вызванной латеральным замещением проницаемой части глинами с образованием линзовидных коллекторов и низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Средняя проницаемость составляет 1 мД, средняя пористость - 17%, средняя эффективная пористость - 7%.

Несмотря на сложные геологические особенности перспективность разработки пласта БП-16 может быть связана с выявлением зон улучшенных коллекторских свойств, приуроченных к развитию трещиноватости.

На основе комплексного анализа имеющихся данных по лабораторным исследованиям керна, интерпретации сейсмических данных, и принимая во внимание палеотектонические условия развития бассейна седиментации, была предложена схема

разработки пласта БП-16 с учетом расчетов на построенной гидродинамической модели двойной пористости с двойной проницаемостью. Именно такая модель наиболее адекватным образом позволяет смоделировать поведение флюида в системе матрица породы – матрица трещины, ECLIPSE, 2004.

## Обоснование зоны трещиноватости

В пределах изучаемого участка Вынгайхинского месторождения было пробурено 18 скважин. По результатам испытаний только по трем скважинам (скважины А1, А12 и А13) были получены дебиты нефти. Средний дебит составил 10 м<sup>3</sup>/сут. (рис. 1). Можно заметить, что скважины, на которых была получена нефть, располагаются в непосредственной близости к разлому, интерпретированному в ходе работы по данным сейсмического анализа (рис. 1). Скважины А6 и А10 также располагаются близко к предполагаемой зоне трещиноватости. Несмотря на отсутствие в притоке нефти, дебиты воды полученные на этих скважинах составляют 11 м<sup>3</sup>/сут и 10 м<sup>3</sup>/сут, что соизмеримо с дебитами «нефтяными» скважин (рис. 1).

На основании данного факта, можно предположить, что дебиты жидкости полученные на разведочных скважинах при испытании ачимовской свиты, связаны с наличием зон трещиноватости. Ранее притоков жидкости при испытании ачимовских залежей получено не было.



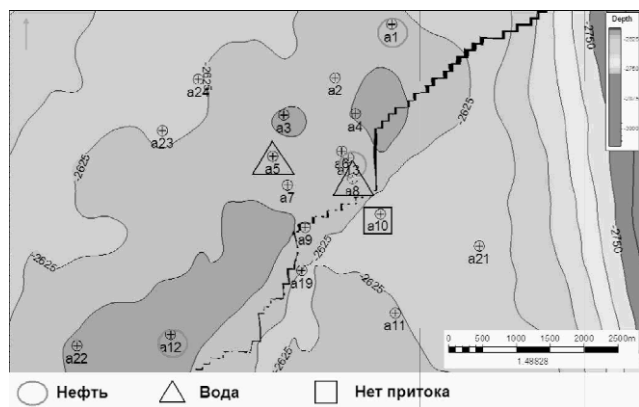


Рис. 1. Расположение скважин на Вынгайяхинском месторождении

Рис. 1. Распоряд бушотина Вынгайяхинског лежишта

## Результаты интерпретация данных ГИС

Известно, что не существует прямых методов выявления зон трещиноватости, Голф – Рахт Т.Д., 1986. И для выявления такого рода зон необходимо применение комплекса методов.

Одним из таких методов является набор электрических каротажей. Близость в показаниях глубинного и бокового электрических каротажей на проницаемом интервале может быть расценена как возможная зона трещиноватости. Достоверным методом обнаружения трещин является каверномер, проведенный в открытом стволе скважины. Напротив трещиноватой зоны диаметр скважины увеличится, Тарек Ахмед, 2006.

Одним из наиболее эффективных методов обнаружения возможной трещиноватости является метод расчета двойной пористости, основанный на сравнении рассчитанных пористостей по акустическому и стандартному каротажу, в частности методу самопроизвольной поляризации (ПС), Тарек Ахмед, 2006. Акустический каротаж различает только первичную (межгранулярную) пористость, в то время как стандартные методы расчета пористости (например, метод ПС) определяют общую пористость. Как результат, расхождение кривых рассчитанных пористостей определяет величину двойной пористости.

В данной ситуации, вторичная пористость может быть рассчитана при помощи (1):

$$[\text{Вторичная пористость}] = [\text{Пористость\_ПС}] - [\text{Пористость\_АК}], \quad (1)$$

где:

[Пористость\_ПС] – пористость по ПС методу,  
[Пористость\_АК] – пористость по акустическому каротажу.

Для каждой скважины, где присутствуют оба каротажа, был рассчитан ручной каротаж двойной (вторичной) пористости, что подтвердило наличие вторичной пористости в скважинах А1, А12 и А13 (рис. 2).

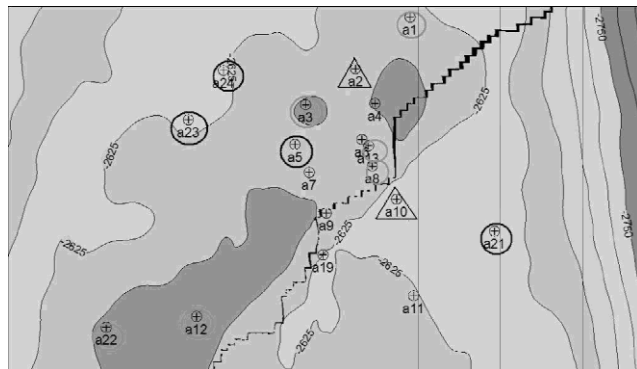


Рис. 2. Распределение скважин с двойной пористостью

Рис. 2. Распоряд бушотина двойне порозности

## Анализ сейсмических атрибутов

Сложное строение Вынгайяхинского месторождения было подтверждено с помощью интерпретации сейсмических данных, с помощью программного продукта Петрел компании Сцхлумбергер. В качестве исходной информации использовался сейсмический куб.

Первоначально опорные горизонты были выявлены на основе изменения параметра отражения волн, свойственные чередованию в акустических свойствах породы. Это переслаивание обуславливается литологической неоднородностью геологического разреза, обстановкой осадконакопления и характером насыщения породы. Следующим шагом было произведено синфазное выравнивание по трассам, что соответствует сейсмическим горизонтам.

В дальнейшем из данных вертикального сейсмического профиля представляющего собой изменение глубины от двойного времени пробега в скважинах А1 и А2 были скорректированы каротажных данных по глубине (рис. 3). Прделанные манипуляции позволили создать скоростную модель, которая позволила произвести конвертацию временного сейсмического куба в глубинный куб.

Следующим этапом интерпретации было выявление приразломных участков в программном продукте Петрел с помощью объемных сейсмических атрибутов, которые отражают определенные свойства волны: амплитуду, частоту и т.д. В качестве наиболее информативных атрибутов были выбраны: атрибут расхождений (*variance attribute - edge method*) и амплитудный атрибут (*original amplitude attribute*) (рис. 4, 5).

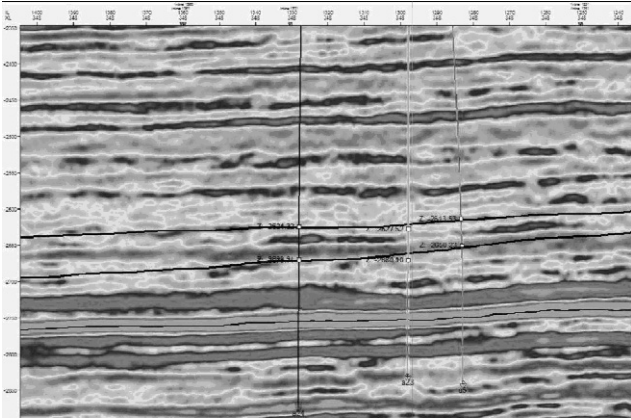


Рис. 3. Фрагмент глубинного сейсмического разреза в частотном атрибуте (inline 1091, xline 348)

Рис. 3. Део дубинског сеизмичког профила с атрибутима фреквенције (inline 1091, xline 348)

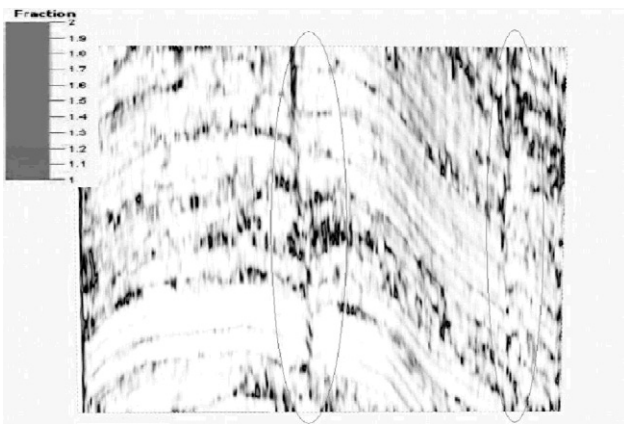


Рис. 4. Интерпретация разломных зон по variance атрибуте (inline 1251, xline 578)

Рис. 4. Интерпретација разломних зона по атрибуту варијансе. (inline 1251, xline 578)

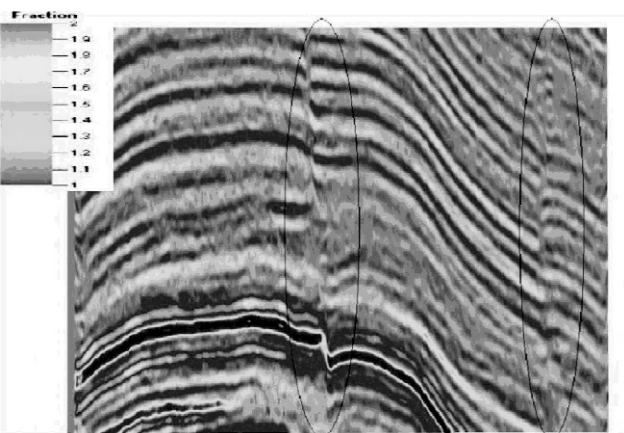


Рис. 5. Интерпретация разломных зон по оригинал амплитуде атрибуте (inline 1251, xline 578)

Рис. 5. Интерпретација разломних зона по атрибуту амплитуде (inline 1251, xline 578)

Используя скважинное распределение вторичной пористости, было решено соотнести расположение данных скважин с каким либо сейсмическим атрибутом для возможности предсказания распространения зон вторичной пористости. Для этих целей глубинный куб был пересчитан в куб атрибутов. Изначально и целенаправленно были исследованы такие атрибуты как частота, амплитуда, затухание и акустический импеданс - акустическая жесткость.

Акустическим импедансом считается величина ослабления, с которой сейсмическая волна проходит через породу. Импеданс – это функция скорости волны и плотности породы (2).

$$Z=V \cdot \rho, \quad (2)$$

где:  $Z$  – акустический импеданс ( $\text{кг/с/м}^2$ ),

$V$  – скорость волны ( $\text{м/с}$ ),

$\rho$  – плотность породы ( $\text{кг/м}^3$ ).

Считается, что в трещиноватых зонах данные атрибуты имеют заниженные показания, БОНДАРЕВ В.И., 2003. В результате, именно акустический импеданс оказался оптимальным средством корреляции с площадным распространением двойной пористости.

На основе выработанного подхода была построена карта средних значений импеданса в пласте БП-16 по его кровле (рис. 6). Можно заметить, что возможная зона трещиноватости соответствует минимальным значениям импеданса. Таким образом, была установлена взаимосвязь развития зон трещиноватости и сейсмического атрибута, имеющего площадное распространение.

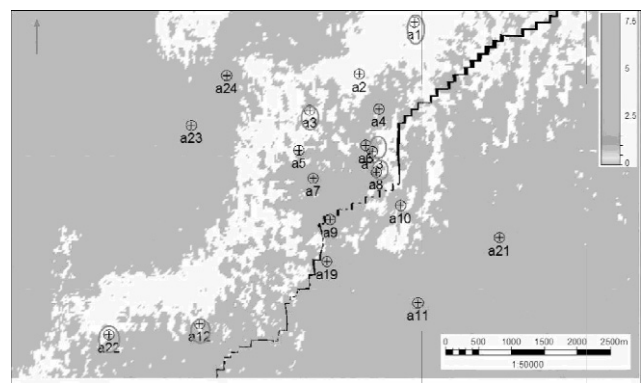


Рис. 6. Карта средних значений акустического импеданса  
Рис. 6. Карта средних вредности акустичке импеданце

## Палео-стратиграфический анализ

Помимо всего прочего были исследованы палео – стратиграфические этажи, соответствующие

сейсмическим горизонтам, от фундамента до меловых отложений на предмет распространения в них трещин и иных структурных несогласий. (Отчет по литолого – стратиграфическому анализу, 2004).

Используя программное обеспечение Петрел были загружены и построены разломы всех стратиграфических этажей по кровле пласта БП-16. Таким образом, была установлена их унаследованность в плане от фундамента до верхнего мела (рис. 7). Более того, выявленная зона трещиноватости повторяет контуры развития данных дизъюнктивных нарушений. Другими словами, можно заявить, что зона развития вторичной пористости соответствует зоне активного разуплотнения в виду активного тектонического развития региона (рис. 7).

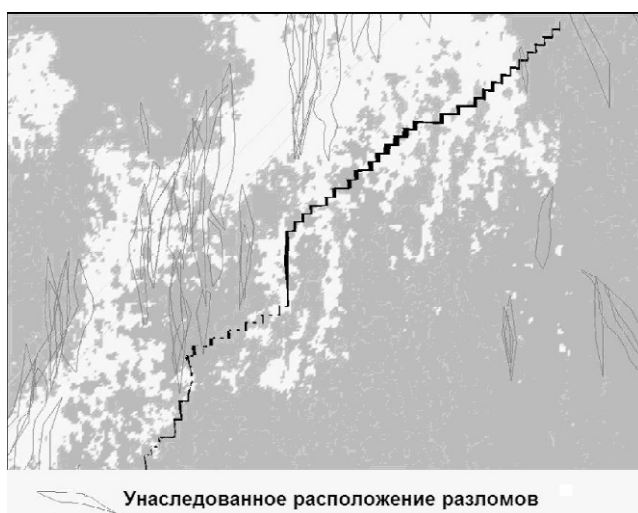


Рис. 7. Унаследованное расположение трещин и зона возможной трещиноватости

Рис. 7. Приказ распорядка пукотина и зона могуће испуцалости

Считается, что Вынгайхинское месторождение находится в Варьеганской структурно-формационной зоне, сложенной преимущественно терригенным материалом, Отчет по литолого – стратиграфическому анализу, 2004; Бочкарев С.В., 1991. В непосредственной близости граничит Бахилловская структурно-формационная зона, сложенная вулканогенными породами. Такое граничное положение, по мнению ряда исследователей, способствовало довольно активному тектоническому развитию региона, Отчет по литолого – стратиграфическому анализу, 2004; Бочкарев С.В., 1991. Иными словами, в пределах месторождения наблюдается серия протяженных глубоких разломов субмеридианного и северо-западного направления (рис. 7).

## Гидродинамическое моделирование

Главной особенностью зоны трещиноватости является существование, помимо порового пространства в матрице породы, дополнительного порового пространства (вторичная или двойная пористость), связанного с развитием трещин. Трещина характеризуется своими собственными параметрами - пористостью (трещинная пористость) и проницаемостью (трещинная проницаемость). Как правило, принято отождествлять трещинную пористость с вторичной пористостью, Голф – Рахт Т.Д., 1986. То есть, ранее рассчитанную с помощью акустического и СП каротажей вторичную пористость можно принять за трещинную пористость.

Зная трещинную пористость возможно рассчитать трещинную проницаемость с помощью (3), зависящую от параметра раскрытости трещины, Голф – Рахт Т.Д., 1986.

$$K_{\text{frac}} = (b^2/12) \cdot \phi_{\text{frac}} \quad (3)$$

где:  $K_{\text{frac}}$  – трещинная проницаемость, мД,

$b$  – раскрытость трещины, мкм,

$\phi_{\text{frac}}$  – пористость трещины (вторичная пористость).

В нашем случае гидродинамической модели пластовая жидкость фильтруется по двум независимым системам:

- 1) поровое пространство матрицы породы;
- 2) система трещин.

В случае, когда движение флюида происходит только по трещинам, а матрица породы выступает только как источник хранения, то это модель двойной пористости с единичной проницаемостью, ECLIPSE, 2004. Если же флюид может перемещаться как в пределах трещины, так и между матрицей и трещиной, то это случай модели двойной пористости с двойной проницаемостью. Данная модель выбрана в качестве базовой для моделирования пласта БП-16.

Проводимость между матрицей и трещиной описывается с помощью коэффициента проводимости (4), зависящего от проницаемости матрицы породы ( $V$ ), объема породы в ячейке матрицы ( $B$ ) и переменной СИГМА ( $\sigma$ ), характеризующей площадь границы раздела системы матрица – трещина в единицу объема.

$$K_{\text{цонд}} = k \cdot B \cdot \sigma \quad (4)$$

Согласно теории Каземи, СИГМА может быть оценено с помощью (5), ECLIPSE, 2004.

$$\sigma = 4 \cdot \left( \frac{1}{l_x^2} + \frac{1}{l_y^2} + \frac{1}{l_z^2} \right), \quad (5)$$

где  $l_x, l_y, l_z$  - размеры матрицы породы в направлении по осям  $X, Y, Z$ .

Так как в рамках написания проекта, нет никакой информации о размерах матрицы породы, то значение СИГМА было взято условным и равным 0.02.

### Выбор оптимальной системы разработки

На базе полученной гидродинамической модели при помощи программного продукта Ецлипсе компании Сцхлумбергер были рассчитаны разные схемы разработки пласта БП-16.

С целью увеличения производительности по результатам расчетов рекомендуется проводить гидроразрыв пласта (ГРП) на добывающих скважинах. Положительный эффект от проведения ГРП в пластах отложений ачимовской группы получен на Ярайнерском месторождении, расположенном в районе Вынгаяхинского месторождения, СУПЕР-ГРП ПОВЫШАЕТ РЕНТАБЕЛЯНОСТЬ РАЗРАБОТКИ АЧИМОВСКОЙ СВИТЫ ВРАЙНЕРСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ, 2002.

На основе всего вышесказанного были рассчитаны схемы разработки с различной плотностью скважин. Для каждой системы разработки был рассчитан параметр экономически окупаемой добычи нефти по скважине (такое значение нако-

пленной добычи, при котором проект разработки становится экономически выгодным). Скважины, удовлетворяющие условию окупаемости, во-первых, располагаются в зоне предполагаемых улучшенных коллекторских свойств, во-вторых, обеспечивают наибольшую степень выработки запасов.

Таким образом, оптимальную систему разработки следует формировать путем разбуривания районов наличия зон трещиноватости.

### Список литературы

- БОНДАРЕВ В.И. 2000: Основы сейсморазведки: Учебник для вузов. Части I и II. – Екатеринбург: Изд-во УГГГА, 252 с.
- ГОЛФ – РАХТ Т.Д. 1986: Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов: Пер. с англ. Бардиной Н.А.. Недра. 608 с.
- Отчет по литолого – стратиграфическому анализу, ОАО Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз, 2004.
- Региональные стратиграфические схемы мезозойских и кайнозойских отложений Западно-Сибирской равнины.- Изд. ЗапСибНИГНИ.-1991.
- Супер-ГРП повышает рентабельность разработки Ачимовской свиты в райнерского месторождения, Нефтегазовое обозрение, весна 2002. 80–93 с.
- ECLIPSE SCHLUMBERGER. 2004. Справочное руководство, TAREK A. 2006: Reservoir engineering handbook. - 3rd ed.- Burlington, MA: Elsevier/ Gulf Professional.

## An insight into petroleum geological characteristics of the Kisač depression

IRIS VUKOVIĆ<sup>1</sup>, DANICA AŠANIN<sup>2</sup> & JELENA DJERMANOVIĆ<sup>3</sup>

**Abstract.** The Kisač depression area is still insufficiently explored from petroleum-geological point of view. The basement of the Tertiary sediments in Kisač depression is believed to have a good source potential. Intensive tectonics during Palaeogene time was extremely important in terms of hydrocarbon trapping and migration. In order to define the petroleum system of the area, a multidisciplinary approach to geological and geophysical interpretation is needed. This approach should comprise the determination of source potential as well as better understanding of tectonic history.

**Key words:** source potential, migration, reservoir rocks, tectonics, accumulation.

**Апстракт.** Простор Кисачке депресије је и даље недовољно истражен. Подлога терцијарних седимената на простору Кисачке депресије занимљива је са аспекта нафтно-матичне потенцијалности. Интензивни тектонски покрети током палеогена били су од кључног значаја за стварање замки и миграцију угљоводоника. Да би се дефинисао нафтно-геолошки модел простора, потребан је мултидисциплинарни приступ геолошко-геофизичкој интерпретацији, који обухвата утврђивање нафтно-матичне потенцијалности као и боље разумевање структурно-тектонских односа.

**Кључне речи:** нафтно-матични потенцијал, миграција, колектор стене, тектонски покрети, акумулација.

### Introduction

The Kisač depression is situated in the South–East part of Bačka region. In this paper, the results of the newest seismo-geological interpretation of the larger exploration area (comprising the subsurface structures of Bački Petrovac, Ravno Selo, Bačko Dobro Polje, Stepanovićevo, Titov Vrbas jug, Nadalj, Sirig, Temerin sever, Temerin, Kać, Čurug, Čurug zapad and Djurdjevo zapad; as well as the Srbobran and Gospodjinci fields) will be shown.

While considering the issues concerning the Kisač depression, one needs to keep in mind the size of exploration area (930 km<sup>2</sup>), the complexity of geological settings, insufficient and uneven coverage by exploration works (both seismic and drilling). The results of first reflective seismic surveys led to discoveries of a row of positive subsurface structures (Gospodjinci, Srbobran, Stepanovićevo, Sirig). The well drilling on these structures resulted in obtaining important geological data, which constituted the base for further exploration activities. The geological settings is best defined in gasfields Srbobran and Gospodjinci domain. The better insight into the geology of the Kisač

depression itself, however, requires further exploration works to be carried out.

During the seismo-geological interpretation, the results of which are outlined in this paper, the authors suggested a number of prospects where further exploration should be designed, mainly geophysical, however at least one real exploratory well should be drilled.

### Exploration Methods

In the Kisač depression area, as well as in whole Vojvodina region, petroleum geological and geophysical exploration has been carried out continuously within the last 50 years. The first ones to be carried out were regional surface geophysical surveys – gravimetrical, geomagnetical, and aeromagnetical. The results of those studies have been employed in design of detailed seismic exploration. Later on, the detailed geomagnetic exploration was also carried out, however, their results have not been given the deserved attention so far.

Seismic surveys have been performed since 1956. During the newest seismo-geological re-interpretation,

<sup>1</sup> NIS-Naftagas, Narodnog fronta 12, Novi Sad. Email: iris.v@nis.rs

<sup>2</sup> NIS-Naftagas, Narodnog fronta 12, Novi Sad. Email: danica.asanin@nis.rs

<sup>3</sup> NIS-Naftagas, Narodnog fronta 12, Novi Sad. Email: jelena.djermanovic@nis.rs

seismic sections dated 1973 and later were considered. The regional and semi-regional surveys targeted on the Mesozoic complex, dated 1987–1990, are especially important for geological and geophysical interpretation. These interpreted sections represented base for designing the first well specifically targeted at the mesozoic complex.

A total of 41 wells was drilled in the exploration area. Wildcat drilling resulted in discoveries of gas field Gospodjinci (production abandoned), and oil-gas field Srbobran. A significant number of wells did not contain commercially viable quantities of hydrocarbons, nevertheless most of them had hydrocarbon shows or traces. Well logging was performed in all those wells, while the VSP measurements were carried out in a few of them.

Different laboratory analyses were performed on the rock samples from the wells (cuttings and core samples): palaeontological, petrological and sedimentological, geochemical (Rock-Eval, organic petrographic and organic geochemical), petrophysical, as well as physical and chemical analysis of fluids (hydrocarbon fluids and pool water).

## Structural-tectonic Settings

In the Kisač depression exploration area, rocks from Palaeozoic to Quaternary age had been recorded. The structural settings of the exploration area can be seen on the seismic profiles which cross the area (Fig. 1 and 2). Some authors determined this area as a part of Inner Dinarides (KURBALIJA *et al.*, 2004.), while other consider this area the northernmost part of Vardar Zone (EBNER *et al.*, 2008.).

The exploration area lies in the south-east part of the Pannonian Basin Petroleum Geological Province (DOLTON, 2006.). While considering the geological settings, the authors accepted the extensional genesis model of the Pannonian Basin.

Two periods of tectonic activity can be distinguished, based on the exploration results, and, accordingly, two generations of faults: pre-Upper-Cretaceous and post-Upper-Cretaceous. Intense tectonic activity was taking place during the youngest part of Upper Cretaceous and Palaeogene. Deep ruptures and dislocations are the result of pushing of Mesozoic complex from North–East to South–West. During the Tertiary time, intense tectonic movements were followed by volcanic activity (in the area of the Ravno Selo prospect the Miocene dacites were found). The predominant type of dislocations are normal faults. The strongest orogenic movements during the Tertiary took place in Palaeogene time, while during Neogene their intensity considerably decreased. The Palaeogene tectonic activity had the crucial influence on structural framework of Mesozoic formations. All the major dislocations and fault zones in Mesozoic formations, generated by the Palaeogene tectonics, were re-activated during Neogene.

Deep dislocations truncated the thrust Pannonides (Alpides) into mega-units, which were later moved, partially rotated, and thus influenced most horizontal tectonic movements of the Tertiary formations in the Bačka

region, especially in central and southern parts (KURBALIJA *et al.*, 2004.). During the Neogene, the exploration area, as a part of South–East Pannonian basin, underwent two phases of tectonic activity: syn-rift and post-rift. The Badenian and Sarmatian sediments were deposited during the syn-rift basin evolution phase. Badenian formations consist mainly of shallow-water biogenic limestones, clays, conglomerates and sandstones. Sarmatian sediments were deposited in litoral belts, and include limestones and fine-grained clastics.

Post-rift sedimentation phase is represented by thin-bedded sedimentary series, deposited within different parts of basin. This type of bedding indicates decrease in quantity of deposited material.

Pannonian sediments deposited during this phase consist of different caspi-brackish sediments: coarse-grained basal conglomerates, and finer-grained basin sediments. Lower pontian sedimentary complex includes predominantly fine-grained and medium-grained, marly and sandy sediments. Upper Pontian formations were deposited in deltaic and pro-deltaic deposition systems. Quaternary sediments were deposited in fluvio-lacustrine environments.

North-east part of exploration area borders with the Turija fault zone, which represents the easternmost extension of the Drava trench. In the western part of area the presence of structures formed under predominant influence of radial tectonics is notable. On the other hand, the radial tectonic had much less influence on the structures in the eastern part. Thus, these structures underwent substantial less deformation, which represents a good aspect for hydrocarbon migration and accumulation.

The predominant dislocation trend is NW–SE. These dislocations subtend Kisač depression, as well as the dominant positive structures situated at the rim of depression. The Srbobran structure is the only one where the traps were formed by subvertical and vertical faults, created by radial tectonic movements.

Active faults or adjacent rupture zones could represent the high permeability zones. Eventual lateral migration could lead to generating small accumulations. Both Kisač and the adjacent Čurug depressions, are still not explored enough. The source potential of these depressions has not been properly investigated because no exploratory well was drilled so far. Only the results of a deep exploratory well could confirm or deny the existence of source rocks.

Test results from the well Čuz-1/2 are not relevant because the well did not fulfill its task completely due to technical issues. The wildcat BPMz-1 was drilled on the outer rim of the Kisač depression so its results could not provide the information on eventual source rock presence. Source potential of the depression could be better defined only after drilling an exploratory well, at least 4500 m deep. According to available seismo-geological data, it is safe to assume that the basement of Tertiary rocks consists of Upper Cretaceous complex which could contain source rocks.

In order to define hydrocarbon potential of the exploration area, a better understanding of structural evolution is crucial. That could be accomplished by means of complex

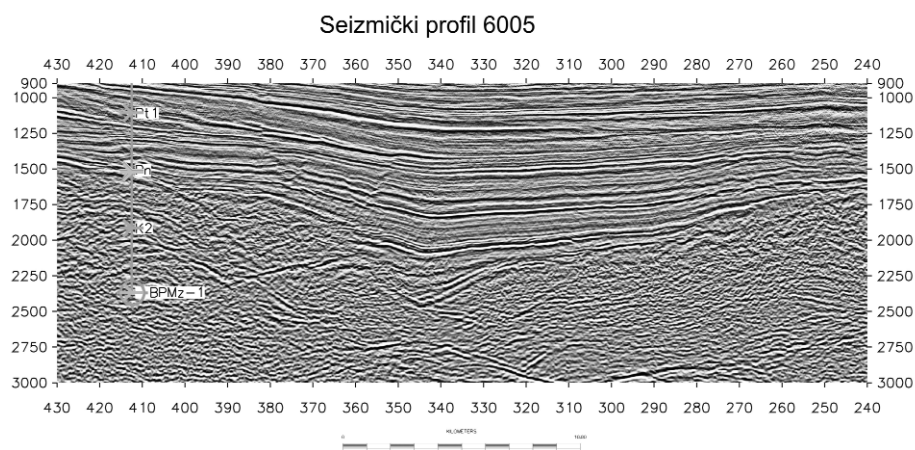


Fig. 1. Uninterpreted seismic profile 6005, with the position of BPMz-1 well.

Сл. 1. Неинтерпретирани сеизмички профил 6005, на коме је приказана бушотина BPMz-1.

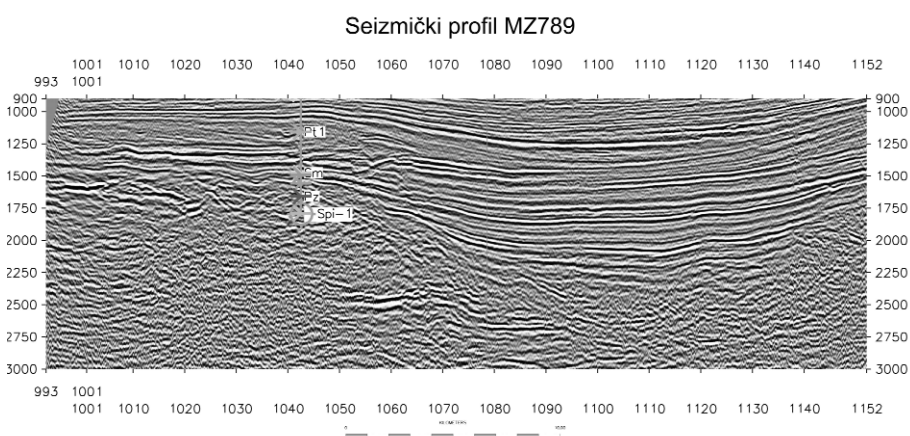


Fig. 2. Uninterpreted seismic profile MZ789, with the position of well Spi-1.

Сл. 2. Неинтерпретирани сеизмички профил MZ789, на коме је приказана бушотина Spi-1.

geological-geophysical interpretation, incorporating the results of all exploration works carried out so far.

## Petroleum Geological Characteristics

Hydrocarbon potential of the exploration area was assessed based on the results of pyrolytic analyses of cutting and core samples from all the wells. A total number of 400 samples of clay, marl, siltstone, sandstone, limestone, dolomite, claystone and breccia, of Upper Pontian to Palaeozoic age. Detailed geochemical analyses (organopetrographic and organochemical) was performed on the samples from the wells BPMz-1, Go-1, Goj-1, Kač-1 and Spi-1.

Geochemical characteristics of Pontian sediments were analysed on clay and marl samples from the structures Bački Petrovac, Djurdjevo-zapad, Gospodjinci, Gospodjinci-jug, Kač, Ravno Selo, Sirig, Stepanovićevo, Stepanovićevo-istok and Temerin. Analyzed samples have low to medium

content of III-type organic matter (“gas prone”), in diagenetic thermal transformation phase. The samples of marly deposits from the wells BPMz-1, Goj-1, Kač-1 and Sp-1 show somewhat better characteristics of the generative potential. Maturity degree of organic matter corresponds to the beginning of oil window.

Pannonian sediments were analysed on marl samples from structures Bački Petrovac, Gospodjinci, Gospodjinci-jug, Kač and Bačko Dobro Polje. Analyzed samples are defined as medium to rich in II-type organic matter. The high organic content of “oil prone” kerogene type points out the high potential of the Pannonian sediments. The ability to generate hydrocarbons depends on the maturity degree of organic matter, which has relatively low values on the rim of the Kisač depression (beginning of katagenesis), while in the areas closer to the depocenter a higher productivity degree could be expected.

The samples of Sarmatian sediments (marls and sandstone) from the structures: Gospodjinci, Gospodjinci-jug, Stepanovićevo and Stepanovićevo-istok have a high content of II type organic matter. However, a very good hydrocarbon potential is only one of key factors of prospectivity. Distribution and reservoir depth of source rocks are very important in the process of hydrocarbon deposits genesis. Small thickness values for Sarmatian sediments, as well as low maturity degree of organic matter in these formations suggest unfavourable potentiality characteristics on the rim of Kisač depression.

Geochemical characteristics of the Badenian sediments were analysed on the samples of marls, siltstones, silty sandstones and limestones from the structures Bački Petrovac, Gospodjinci-jug, Kač, Bačko Dobro Polje, Stepanovićevo-istok and Temerin. The analysed samples could represent potential source rocks on the structures Kač and Gospodjinci-jug. Some of the siltstone (Kač-1) and marl (Goj-1) are rich in II type organic matter, which could generate oil and hydrocarbon gas. The largest number of analysed samples contain organic matter with low maturity degree. Considering a small number of samples (22), it is not possible to obtain complete evaluation of source potential.

The Lower Miocene sediments were investigated on samples of breccias from structure Bački Petrovac. The Rock-Eval parameters suggest that these formations can not represent source rocks. Samples from Ravno Selo structure (claystones, siltstones and sandstones) show very good source characteristics. The siltstones from area of Čurug depression are active source rocks of medium to good potential.

The Palaeogene sediments were analysed on samples of sandstones, siltstones, and claystones from Stepanovićevo istok structure. In these samples medium organic matter content was determined, as well as medium total hydrocarbon potential and maturity corresponding the oil window phase. These flysch sequences could generate certain quantities of oil and gas, provided they are largely distributed in the Kisač depression area.

Geochemical survey of Mesozoic complex included samples of siltstones, claystones, sandstones, limestones, and breccia of Upper Cretaceous age from structures Bački Petrovac, Djurdjevo-zapad, Gospodjinci, Gospodjinci-jug, Kać, Temerin, and Temerin-sever. Analysed samples have very low to medium organic matter content, and very low total hydrocarbon potential. The samples with somewhat higher content of TOC (wells Goj-1; Kać-1 i Go-3), considering the late-katagenetic phase of thermal transformation, probably represent spent source rocks. The results of the analyses carried out so far point out the need for further geochemical investigation of Mesozoic complex.

The results of prospecton and detailed geochemical analyses of the organic matter from the rocks from the Kisač depression area helped determine the existence of potential source rocks with good generative characteristics of Pannonian and Sarmatian age. Palaeogene sediments also have medium source potential, as well as somewhat better maturity degree, which corresponds to the oil window.

All the source rocks determined in this area share the same characteristics of discontinuous distribution, small thickness and depth, which limits the possibilities for hydrocarbon generation and trapping. The analyzed Mesozoic rocks probably represent the spent source rocks which had already produced hydrocarbons.

Many structures in the exploration area are proven to contain reservoir rocks. On the structure Titov Vrbas jug, the water was obtained from Pontian argillaceous sandstones and Jurassic gabbro. On the Bačko Dobro Polje structure the Badenian sandstones and Palaeozoic micachistes yielded water with gas traces. The Lower Cretaceous conglomerates and breccias from the well BPMz-1 showed indirect fluorescence, while the marls and limestones of Pannonian, Sarmatian and Badenian age yielded water. On the Sirig structure the water was obtained from Pontian marls, Badenian limestones and Palaeozoic schistes. The Miocene dacites on the Ravno Selo structure yielded water, as well as Lower Pontian marls and Badenian limestones on the Temerin structure. On the same structure, the Badenian siltstones and Lower Cretaceous claystones yielded water containing gas traces. On the Temerin sever structure, the Badenian marls and Lower Cretaceous serpentinized

peridotites produced water, while the core showed hydrocarbon shows. On the Nadalj structure the Lower Pontian sandstones yielded water with gas traces, while the Palaeogene sandstones yielded pure water. On the Čurug structure the Lower Cretaceous sandstones yielded water. The testings of Jurassic formation which includes limestones and metamorphites on Čurug zapad structure resulted in producing water with gas traces. The cores from Badenian sandstones and conglomerates on the Kać structure showed direct fluorescence and hydrocarbon shows, while during testing these formations yielded water.

Reservoir rock characteristics are best defined on the discovered Srbobran and Gospodjinci fields. The Srbobran structure has three gas reservoirs, the largest of which contains the oil zone. Lithologically, this reservoir consists of Sarmatian and Badenian reef limestones. Below these limestones lie Palaeozoic metamorphites: gneiss, micachistes and albite-muscovite schistes. One of the two smaller CO<sub>2</sub> gas reservoirs lithologically is represented by Badenian sediments (reef limestones) and Palaeozoic metamorphites (gneiss, micachistes, and schistes), while the other one is represented by Lower Pontian argillaceous and marly sandstones. One gas reservoir was discovered at the Gospodjinci structure, lithologically represented by Upper Cretaceous sediments (siltstone flysch facies).

The seal rocks in discovered gas fields are marls, argillaceous marls, and clays of Lower Pontian age. Also, the seal rocks in the exploration area could be Upper Pontian argillaceous sediments, and Pannonian marls.

According to oil and gas reservoirs classification by V. Aksin, the Srbobran reservoirs are defined as massive with structural trap, and bedded with stratigraphic trap. The gas field Gospodjinci is defined as massive. Prospective new reservoirs in the exploration area probably correspond to one of abovementioned types.

## Conclusion

The Kisač depression exploration area is insufficiently explored, as well as the adjacent Čurug depression. The source potential of these two depressions has not been thoroughly investigated. That can be achieved only by drilling an exploratory well at least 4500 m deep. The data from two wells which could be considered as semi-exploratory (Čuz-1/2 and BPMz-1) could not contribute much-Čuz-1 for technical reasons, and BPMz due to its position within the Kisač depression. The available seismic-geological data suggest that the basement of Tertiary sediments probably consist of Upper Cretaceous complex with unknown source potential. Hydrocarbon fluids could have been generated within the Mesozoic formations, and could have migrated into the Tertiary sediments. The migration paths could be the faults with NW-SE trend. Active faults or adjacent rupture zones could be the high-permeability zones. Eventual lateral migration could lead to generation of smaller hydrocarbon accumulation.



Small number of wells were drilled in exploration area. Except for the Srbobran and Gospodjinci structures, other drilled wells did not result in commercial discoveries. Nevertheless, the well data indicate the larger presence of reservoir rocks within the exploration area. The impact of radial tectonics is obvious on the structures of the western part of the area. The structures of the eastern part were less subject to radial tectonics, so they are less tectonized and deformed, which is favorable from the hydrocarbon trapping aspect. All the abovementioned implies that the further exploration works could result in discoveries of new small fields.

For an advanced understanding of the structural evolution of the Kisač depression area within the large Pannonian basin context, it is necessary to continue geological and geophysical interpretation, which will incorporate results of non-seismic geophysical exploration,

which used to be put aside earlier: as well as results of the new exploration yet to be carried out.

## Lit̄ature

- DOLTON, G. 2006. Pannonian Basin Province, Central Europe (Province 4808)—Petroleum Geology, Total Petroleum Systems, and Petroleum Resource Assessment. *U.S. Geological Survey Bulletin*, 2204-b.
- EBNER, F. 2008. Devonian – Carboniferous pre-flysch and flysch environments in the Circum Pannonian Region. *Geologica Carpathica*, 59, 2, 159–195.
- KURBALIJA, J. *et al.* 2002. Projekat osnovnih geoloških istraživanja Južne Bačke, Fond stručnih dokumenata NIS-NAFTAGAS.



## Циљ и програм регионалних нафтно-геолошких истраживања у Србији

### Objective and Program of Regional Petroleum-Geological Explorations in Serbia

ИВАН ДУЛИЋ<sup>1</sup>, МИХАИЛ ДАНИЛИН<sup>2</sup> и МИЛАН РАШКОВИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** Спор темпо откривања нових резерви нафте и гаса, као и све приметнији природни пад производње на већини лежишта у Војводини, захтева темељите промене у концепцији и методологији нафтно-геолошких истраживања у Србији. Основни елементи предложеног програма нафтно-геолошких истраживања за наредних 10 година, у великој мери зависе од резултата регионалних нафтно-геолошких истраживања. Њихова реализација ће се одвијати у више фаза, а свака наредна фаза зависиће од резултата претходне.

У првој фази регионалних истраживања планирани су радови на регионалним геофизичким испитивањима у дужини од око 1000 km. У широј зони регионалних профила планирана су гравиметријско-магнетна и магнетно-телурска испитивања.

Поред геофизичких испитивања, планирана су и теренска геолошка и лабораторијска испитивања. Теренским истраживањима били би обухваћени површински изданци дуж регионалних профила, као и површински изданци на истражним блоковима где се планирају детаљна нафтно-геолошка истраживања. Током ових истраживања били би узимани и узорци за детаљна геохемијска, петролошка, палеонтолошка, биостратиграфска и седиментолошка испитивања

Основни циљ регионалних нафтно-геолошких истраживања је да се применом комплексног проучавања геолошке грађе и геодинамичке еволуције ширег региона, омогући нов циклус успешног развоја нафтно-геолошких истраживања у Србији.

**Кључне речи:** регионална истраживања, геодинамика, нафта, гас, матичне стене, Србија.

**Abstract.** Slow progress of discovering of new oil and gas reserves, and notable natural decreasing of production in most of deposits in Vojvodina, require basic changes in conception and methodology of petroleum-geological explorations in Serbia. The fundamental elements of proposed program petroleum-geological explorations in next 10 years, mostly depend of results of regional petroleum-geological explorations. Their realization will pass into few phases, and every next phases will depend of previous.

In first phase of regional explorations are planned regional geophysical explorations of length circa 1000 km. In wider zone of regional profiles are planned gravimetric-magnetic and magnetic-telluric investigations.

Besides geophysical explorations are planned field and laboratory geological explorations. Explorations on field comprised surface outcrops along regional profiles, also surface outcrops on exploring blocks where were planned detailed petroleum-geological explorations. During these explorations will be taken samples for detailed geochemical, petrological, biostratigraphical and sedimentological investigations.

The main aim of regional petroleum-geological explorations is, owing to complex research of geological setting and geodynamic evolution of wider region, enable the new cycle of successful development of petroleum-geological explorations in Serbia.

**Key words:** regional exploration, geodynamic events, oil, gas, source rocks, Serbia.

<sup>1</sup> НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: ivan.dulic@nis.rs

<sup>2</sup> НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: danilin.ma@nis.rs

<sup>3</sup> Милице Шуваковић 4/14, 11000 Београд.

## Увод

Интензивна нафтно-геолошка истраживања у Србији трају више од 60 година. У последње три деценије суочавамо се са све споријим темпом откривања нових резерви и континуираним падом производње, па и није чудно што данас преовлађује мишљење да је Србија у знатној мери нафтно-геолошка истражена.

У историји развоја стратегије и концепције нафтно-геолошких истраживања у Србији можемо издвојити неколико кључних фаза.

Првом фазом се може обухватити период од извештаја о појавама нафте код Јанока, југозападно од Краљева (Гикић 1892), до првих истражних радова у јужном Банату, средином прошлог века. Био је то период у којем су се, без обзира на већ дугогодишња позитивна искуства у суседној Румунији и Мађарској, често сукобљавала мишљења о нафтном и гасном потенцијалу Србије.

Другој фази припада период веома успешног развоја нафтно-геолошких истраживања, нарочито до краја 60-их, али може се рећи да он траје све до краја 70-их година прошлог века. У том периоду, истраживања се изводе по опште прихваћеном концепту нафтно-геолошких истраживања у Панонском басену, који је промовисао модел структурних и антиклиналних засвођења. Тадашњи модел базиран је на тумачењима да је Панонски басен формиран интензивним радијалним раседањима, којима су током миоцена и плиоцена формиране бројне мање или веће депресије, субдепресије и структурна узвишења. Била је то радна хипотеза, која је веома успешно материјализована тадашњим резултатима нафтно-геолошких истраживања.

Време израде студија *“Анализа стања и могућности истраживања неструктурних замки у САП Војводини”*, *“Студија стањена истражености и потенцијалних могућности откривања нових резерви нафте и гаса у САП Војводини”* (МАРИНОВИЋ и др. 1980) и пројекта *„Мезозоик“* (КУРБАЛИЈА и др. 1988) можемо окарактерисати као почетак треће фазе развоја нафтно-геолошких истраживања у Србији. Оно показује да је крајем 70-их констатован замор постојеће концепције и да је постојала намера да се у процесима истраживања, поред структурних засвођења, пажња посвети, *“неструктурним замкама”*, али и истраживањима мезозоика, односно, тзв. *„друге етаже“*. Постојећи геолошки, геодинамички и нафтно-геолошки модел југоисточног дела Панонског басена тим приликама није преиспитиван.

Када се данас анализирају ове студије, без сумње можемо закључити да су урађене у право време и да су нудиле благо иновирани програм нафтно-геолошких истраживања. Међутим, целовит пројекат за истраживања неструктурних замки урађен је тек 1991. године (*„Пројекат истраживања нафте и*

*гаса у терцијару Војводине на принципима сеизмо-стратиграфије“*, Кирин и др. 1991), али и од њега се брзо одустало и до данас није реализован. Дуго се чекало и на програм истраживања мезозоика, који је интензиван тек крајем 80-их. Мора се констатовати да су наслови ових пројеката наговештавали почетак великог заокрета у развоју концепције нафтно-геолошких истраживања у Србији, али пројектна документација, на основу које су спроведена нафтно-геолошка истраживања у том периоду, указује да није дошло до великих промена у концепцији истраживања.

Нова сазнања о геолошкој грађи, нарочито нова сазнања о геодинамичким збивањима, несумњиво указују да за развој будућих истраживања нису довољна само истраживања структурних засвођења, базирана на концепцији неогеног нафтно-матичног потенцијала.

## Предлог концепта за наставак истраживања у Србији

У Северним кречњачким Алпима Аустрије, у јужној Пољској, Румунији, Бугарској, Албанији, Италији, Јадранском подморју итд., нафтни истраживачи не располажу са значајнијим нафтно-матичним потенцијалом неогена, али у наведеним регионима су откривена бројна комерцијална лежишта нафте и гаса. Њихова нафтно-геолошка истраживања базирана су на нафтно-матичном потенцијалу палеогена, мезозоика и млађег палеозоика, са једне стране и структурно-тектонског склопа, са друге стране. Распоред откривених нафтних и гасних поља у Италији или распоред откривених нафтних и гасних поља у Закарпатју Румуније, нпр., указује да су најинтензивнија нафтно-геолошка истраживања ових региона била усмеравана на шире зоне великих тектонских разлома, који су, између осталих, дефинисани зонама плитких континенталних субдукција и навлачења.

Током досадашњег развоја нафтно-геолошких истраживања, овим догађањима у геолошкој историји релевантног региона, нисмо посветили довољно пажње.

Ако узмемо у обзир да су на простору Србије такође развијене идентичне мезозојске и палеогене формације као у поменути регионима и да по геодинамичком развоју, такође, припадамо том региону, видимо да током досадашњих истраживања нисмо пратили токове развоја истраживања у ширем региону.

Захтев за темељитим променама у концепцији нафтно-геолошких истраживања у Србији може се оправдати и кратком геолошким анализом откривених лежишта угљоводоника у Војводини. Тако, нпр., дуго је потенцијал нафтно-гасног поља *“Велебит”* тумачен присуством матичних стена панона и

доњег понта, које су развијене у оквиру неогеног седиментног комплекса Северно-банатске депресије. Међутим, анализом велесбитске нафте доказано је њено претерцијарно (мезозојско) порекло (ŠOLEVIĆ *et al.* 2008), што, самим тим, доводи у питање исправност ранијег концепта нафтно-геолошких истраживања у овом делу Војводине. Овај веома важан податак о старости нафте на нашем највећем нафтном пољу отвара и питање довољног познавања геологије овог региона, јер досадашњим истраживањима на ширем простору северне Бачке и северног Баната нису документоване матичне стене мезозоика, што значи, ако се не одрекнемо теорије о органском пореклу нафте, одговор на питања у вези мезозојских матичних стена, морамо тражити у оквирима геодинамичке еволуције релвантног простора. Наиме, обзиром да их нема у повлати, реално је претпоставити да се мезозојске матичне стене, чије присуство је доказано у ширем региону, налазе испод кристаласте масе Тисија терана. Још једном се треба подсетити да је у ширем региону (Мађарска, Румунија, централна Србија) доказано присуство мезозојских формација испод метаморфног комплекса Тисије, односно, Српско-македонске масе. Са друге стране, присуство мезозојских и палеогених матичних стена испод великих навлачних система, доказано је широм алпског, карпатског, балканског, хелениског, апулијског и динарског простора.

Наведен пример није усамљен, јер се до сличних закључака долази кратком анализом геолошке грађе још неких нафтних и гасних поља откривених у Србији.

Угљоводонични потенцијал поткрепљују и честе површинске појаве битумија, полутечне нафте и гаса на ширем простору Србије. Важно је истаћи да се ове појаве не јављају хаотично, него су сконцентрисане дуж регионалних тектонских зона, углавном везаних за млађа, неогена геодинамичка кретања. Нарочито се истиче зона површинских појава угљоводоника, коју можемо пратити из Северне Босне, преко тектонског контакта Унутрашњих Динарида и Јадарског блока, Лучана, јужног обода Чачанско-краљевачког басена, даље на југ преко Баљевца и Новог Пазара. Површинске појаве угљоводоника констатоване су и источно од Краљева, у тзв. Крушевачком басену и у појединим деловима Моравског рова и источне Србије (сл. 1).

Нафта и гас су констатовани и у дубоким истражним бушотинама Kt-1 и Obr-1 (Чачанско-краљевачки басен), StS-1, NS-1 (Марковачка депресија), затим у бушотинама Glob-1 и Stop-1 (Крушевачки басен), као и у бушотинама које су бушене на простору Дунавског кључа, где су појаве угљоводоника констатоване углавном у миоценским седиментима или на контакту миоценских стена и мезозојске или палеозојске подлоге. Одговор на питање зашто ранијим истраживањима у овим де-

ловима Србије нису откривене комерцијалне количине нафте и гаса, лежи у чињеници да су се ранија нафтно-геолошка истраживања ослањала на екстензиони геодинамички модел и неогено порекло угљоводоника.

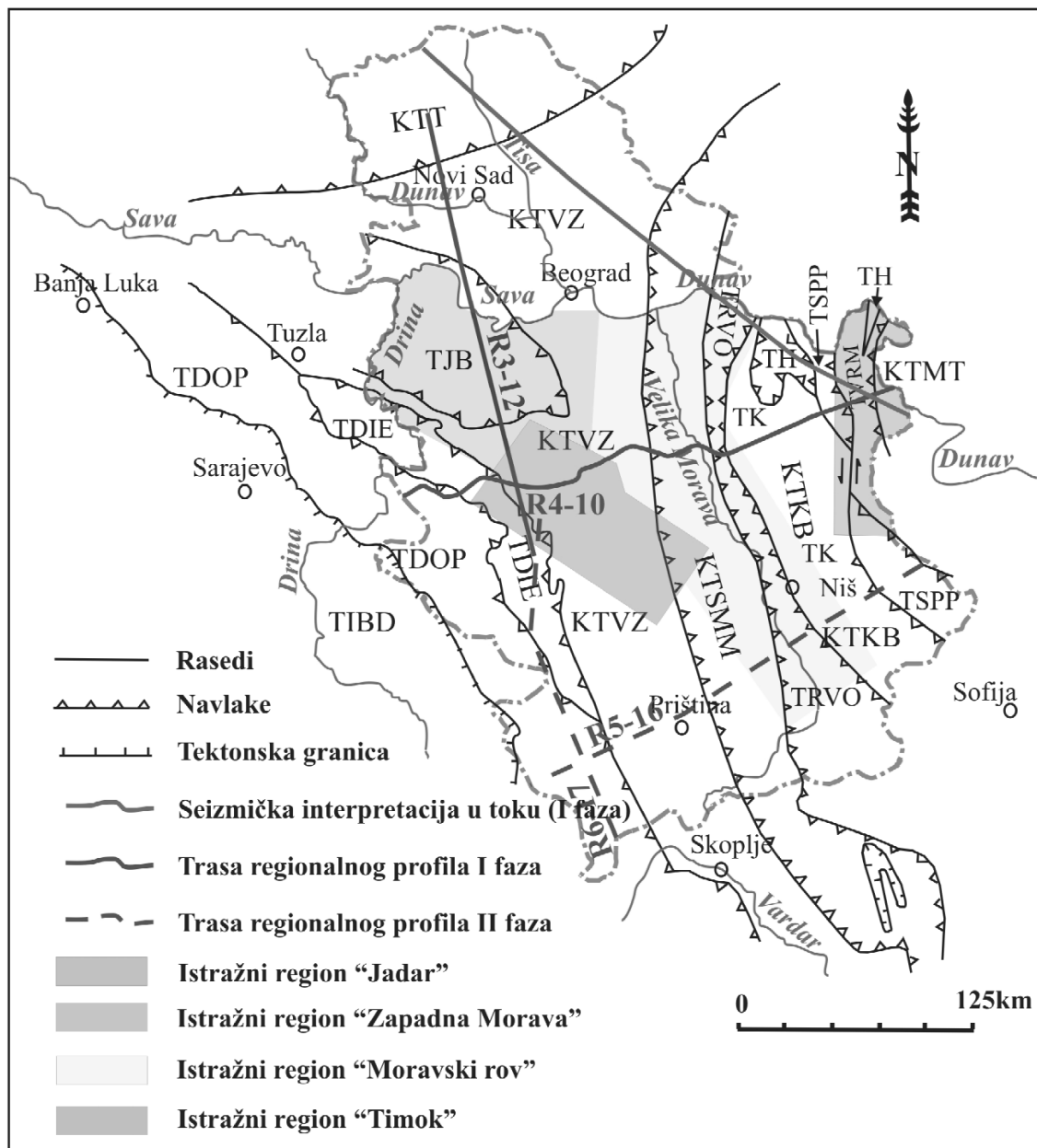
Међутим, у ширем региону далеко већи значај, када су у питању матичне стене, даје се пренеогеним формацијама. Најстарије познате матичне стене у ширем региону припадају палеозооцику. Формације силурских тамносивих алевролита и глинаца, а посебно средњодевонских битуминозних кречњака имају велики значај са аспекта нафтноматичног потенцијала на просторима Румуније и Бугарске (палеозоик Мезијске табле). Добро су познате „Guttenstein“, „Reifling“, „Partch“, „Lunz“ формације средњег тријаса и „Koessen“ и „Veszprem“ формације горњег тријаса, које представљају основне матичне стене у Бечком басену, Северним кречњачким Алпима Аустрије, као и у „Pelso“ терану северозападне Мађарске. У оквиру ове структурно-тектонске јединице откривено је неколико поља са нафтом тријаског порекла, а међу њима је и велико нафтно поље „Nagylenygel“. Сличне формације тријаса развијене су и у Румунији, Бугарској, Албанији, Италији (documentsоване матичне стене), а присутне су и на територији Србије у склопу Карпато-балканида и Унутрашњих Динарида.

У ширем региону је доказано и присуство јурских матичних стена, нарочито су познати шејловити седименти доње и горње јуре. Као матичне стене, доказане су у Бечком басену, Северним кречњачким Алпима, Карпатима, Карпато-балканидима, Албанији, Италији, Спољашњим Динаридима у Хрватској и Црној гори. Веома је важно истаћи да су јурске матичне стене доказане и у Мађарској (Тисија теран).

У ширем региону је доказано и присуство кредних, кредно-палеогених и палеогених матичних стена. Веома је важно истаћи присуство кредних матичних стена у Мађарској (Јако и Polany лапорци Pelso терана) и добро познати „Middle Cretaceous anoxic events“ Апулијске табле и Динарида. Матичне стене ценоманске старости геохемијски су документоване у западној Србији (шира околина Мокре горе).

Палеогене матичне стене су доказане у Бечком басену, Мађарској (мађарски палеогени басен), Румунији (Трансилванија, Карпати) и Бугарској. Међутим, геохемијски су доказане и у јужном Банату (бушотина Dob-1).

Да ли треба спомињати да у Србији имамо исти развој млађег палеозоика, тријаса, јуре или креде. Доказан је и идентичан развој палеогена, компресиона геодинамичка догађања и навлачења на велике дистанце, а то значи да у Србији можемо развијати идентичан концепт нафтно-геолошких истраживања.



KTT - Kompozitni teran Tisija  
 KTMT - Kompozitni teran Mezijska Tabla  
 KTKB - Kompozitni teran Karpato-Balkanidi  
 TVČM - Teran Vrška Čuka Miroč  
 TSPP - Teran Stara Planina-Poreč  
 TK - Teran Kučaj  
 TH - Teran Homolja  
 TRVO - Teran Ranovac-Vlasina-Osogovo  
 KTSMM - Kompozitni teran Srpsko-Makedonska Masa  
 KTVZ - Kompozitni teran Vardarska Zona  
 TJB - Teran Jadarski Blok  
 TDIE - Teran Drinsko-Ivanjički Element  
 TDOP - Teran Dinarski Ofiolitski Pojas  
 TIBD - Teran Istočnobosansko-Durmitorski

Сл. 1. Откривена нафтна и гасна поља и појаве угљоводоника и матичних стена у Србији јужно од Саве и Дунава  
 Fig. 1. Discovered oil and gas fields and the occurrence of hydrocarbons and source rocks in Serbia south of the Sava and Danube river

Ово не значи да је питање неогених матичних стена у Србији затворено, нарочито на простору Дрмљанске и Северно-банатске депресије, у којима су, на дубинама и преко 4 km, развијене дебеле серије неогених седимената.

### Програм и циљеви регионалних нафтно-геолошких истраживања

Програм регионалних нафтно-геолошких истраживања има фазни карактер, како у просторном, тако и у методолошком смислу. Програмом су планирана: геофизичка, теренска геолошка и лабораторијска истраживања.

План регионалних геофизичких испитивања обухвата примену: рефлективних сеизмичких, гравиметријских, геомагнетских и геоелектричних (магнето-телурско сондирање) испитивања.

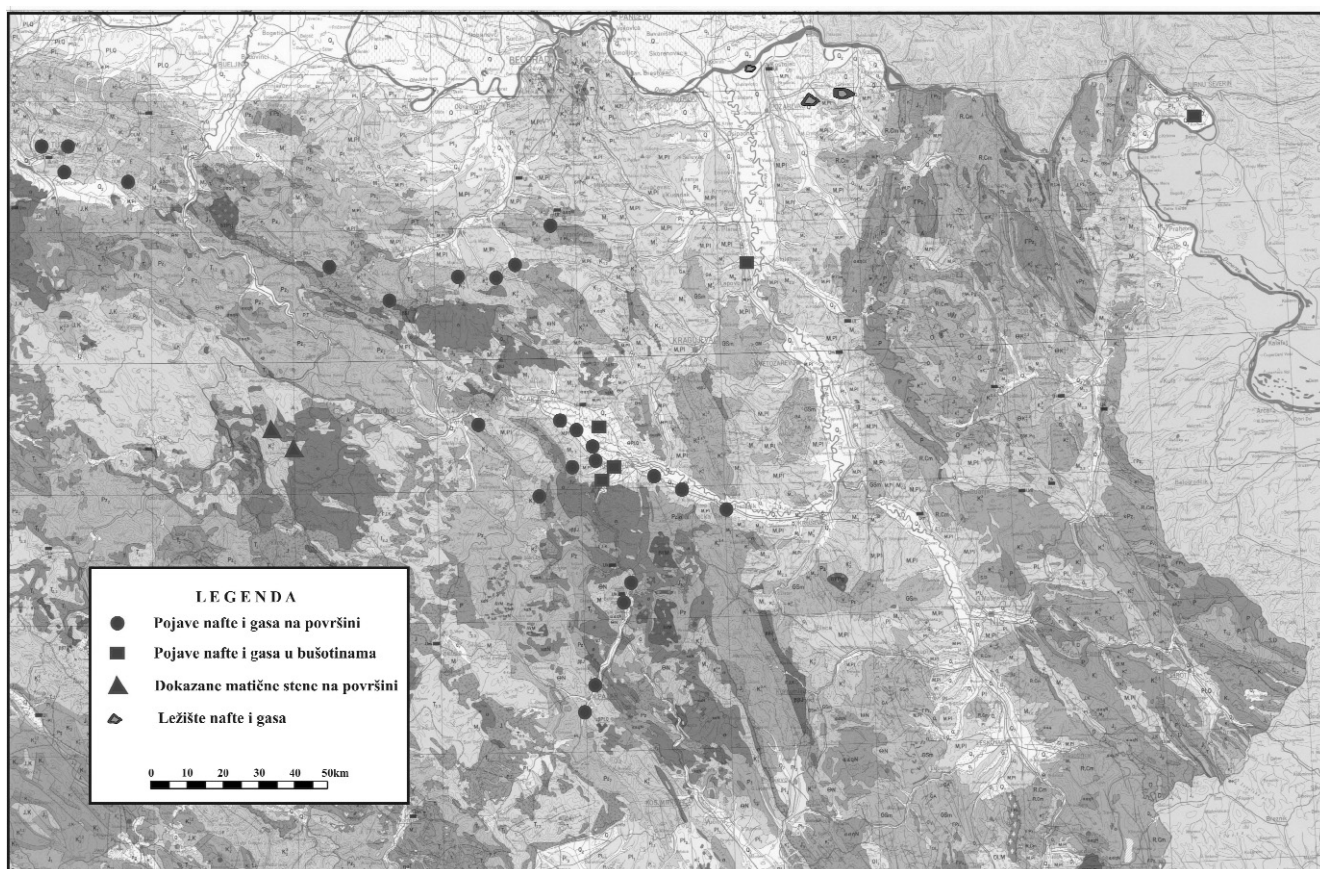
Регионална рефлективна сеизмичка испитивања радиће се дуж траса пројектованих профила, укупне дужине око 1500 km (сл. 2). У првој фази истраживања планирана су геофизичка испитивања дуж три регионална профила. У зависности од резултата ових истраживања биће планирана геофизичка испитивања дуж два регионална профила, која су пројектована у јужној Србији (сл. 2). За рефлек-

тивна сеизмичка испитивања, ради детекције дубоких формација и интерпретације геотектонских односа, користиће се дугачки диспозитив и знатно појачан извор сеизмичких таласа. Као извор сеизмичких таласа, биће коришћени вибратори и експлозив у бушотини.

Геофизичка испитивања дуж регионалних профила (сл. 2), имају за циљ да се на основу комплексног сагледавања геолошке грађе и структурно-тектонских односа, издвоје нови истражни простори у Србији и најперспективнији блокови за будућа истраживања.

Задатак геофизичких испитивања дуж регионалних профила је да се дефинишу геодинамички односи композитних терана и терана Србије. Нарочито су важна сазнања о зонама плитких континенталних субдукција и навлачења, о њиховом интензитету, дубини, оријентацији, као и сазнања о зонама дубоких разлома, дуж којих су формиране неогено-квартарне депресије. У задатак ових испитивања спада и дефинисање главних геодинамичких фаза у неогену и веза неогене тектогенезе са појавама нафте (на површини и у бушотинама) на територији Србије.

Поред регионалних 2Д сеизмичких испитивања, на истражним блоковима је планиран програм гравиметријско-геомагнетских испитивања укуп-



Сл. 2. Геодинамичка карта Србије са истражним блоковима и трасама регионалних геофизичких профила  
Fig. 2. Geodynamic map of Serbia with investigative units and routes of regional geophysical profiles

ног обима око 12.500 тачака и магнето-телурских испитивања у обиму око 200 тачака. Нова гравиметријска и геомагнетска истраживања треба да употпуне постојећу мрежу гравиметријских испитивања, тако да у поменутих истражним просторима имамо густину мреже гравиметријских и геомагнетских испитивања од 2 t/km<sup>2</sup>. Магнето-телурско сондирање је планирано у другој фази, после 2Д сеизмичких, гравиметријских и геомагнетских испитивања.

Теренским геолошким истраживањима били би обухваћени површински изданци дуж регионалних профила, као и површински изданци на истражним блоковима где се планирају детаљна нафтно-геолошка истраживања. Током ових истраживања били би узимани и узорци за детаљна геохемијска, петролошка, палеонтолошка, биостратиграфска и седиментолошка истраживања.

\* \* \*

Регионална нафтно-геолошка истраживања Србије подразумевају развој новог концепта нафтно-геолошких истраживања, који је у основи базиран на најновијим сазнањима о геолошкој грађи и геодинамичком развоју југоисточног дела Панонског басена и Балканског полуострва, као и на сазнањима о присуству угљоводоника претерцијарног порекла, али и на искуствима нафтно-геолошких истраживања у ширем региону (Италија, Албанија, Румунија, Аустрија, Мађарска, Бугарска...).

Програмом регионалних истраживања Србије предвиђа се развој нафтно-геолошких истраживања:

- у ширим зонама тектонског контакта и навлачења основних структурно-тектонских јединица (композитних терана и терана) Србије,
- у ширим зонама регионалних појасева плитких

континенталних субдукција у оквиру композитних терана и терана,

- у ширим зонама тектонских разлома (реверсни и радијални), дуж којих су синседиментационо формиране млађенеогено-квартарне депресије Србије.

Основни циљ регионалних нафтно-геолошких истраживања Србије је да се реконципирањем нафтно-геолошких истраживања омогући нов циклус успешног развоја компаније на бази новооткривених резерви нафте и гаса. Њега је могуће остварити само развојем нових програма регионалних проучавања геолошке грађе и геодинамичке еволуције ширег региона.

## Литература

- ГИКИЋ, М. 1892. Извештај о рударским истраживањима по рудничком и чачанском округу. *Годишњак рударског одељења I*, Београд.
- КИРИН, Ж. и др. 1991. Пројекат истраживања нафте и гаса у терцијару Војводине на принципима сеизмостратиграфије. *Фондовска документација НИС Нафтагаса*, Нови Сад.
- КУРБАЛИЈА, Ј. и др. 1988. Пројекат „Мезозоик“. *Фондовска документација НИС Нафтагаса*, Нови Сад.
- МАРИНОВИЋ, Ђ. и др., 1980. „Анализа стања и могућности истраживања неструктурних замки у САП Војводини“ и „Студија степена истражености и потенцијалних могућности откривања нових резерви нафте и гаса у САП Војводини“. *Фондовска документација НИС Нафтагаса*, Нови Сад.
- ŠOLEVIĆ, T., STOJANOVIĆ, K., BOJESSEN-KOEFOD, J., NYTOFT, H. P., JOVANIĆEVIĆ, B. & VITROVIĆ, D. 2008. Origin of oils in the Velebit oil-gas field, SE Pannonian Basin, Serbia – Source rocks characterization based on biological marker distributions. *Organic Geochemistry*, 39, 118–134.



## Геолошки модел нафтног лежишта М+Тг поља Кикинда Варош Geological Model of the Oil Reservoir M+Tg Field Kikinda Varoš

ЈЕЛЕНА ЖИВКОВ<sup>1</sup>, РАДОМИР СТОЈАНОВИЋ<sup>2</sup>,  
СТАНИША МАРТИНОВИЋ<sup>3</sup> и ДЕЈАН РАКИЋ<sup>4</sup>

**Апстракт.** Предуслов за економичну разраду нафтних лежишта која су у касној фази експлоатације је њихово детаљно геолошко моделирање.

Креирање геолошког модела лежишта угљоводоника представља сложен процес, у оквиру кога је урађена анализа и синтеза свих расположивих података и информација добијених сеизмичким истраживањима, бушењем, језговањем, каротажним мерењима, хидродинамичким мерењима и производњом. Сви наведени подаци уз коришћење савремених компјутерских алата за петрофизичко, структурно и хидродинамичко моделирање омогућили су добијење прегледне слике о лежишту, као и што вероватнију процену резерви нафте, динамику експлоатације и коефицијент искоришћења. Нови геолошки модел омогућио је адекватно газдовање лежиштем, даљу разраду лежишта, (нова бушења) као и повећање производње нафте.

Бушење нових диригованих бушотина испод самог града Кикинде потврдило је валидност структурног и динамичког модела лежишта М+Тг. На овај начин (уз боље дефинисање система фрактура) отвара се и перспективу за примену допунских метода експлоатације (на пример утискивање CO<sub>2</sub>), чиме би се коефицијент искоришћења лежишта у знатној мери повећао, што би у крајњем резултирало са додатним количинама произведене нафте.

**Кључне речи:** геолошки модел, разрада лежишта, петрофизички модел, динамички модел, лежиште, Кикинда, Србија.

**Abstract.** Prerequisite for economical development of oil and gas reservoirs which are in the late stage of exploitation is their detailed geological modeling.

Creation of an geological model of hydrocarbon reservoir represents a complex process in which the analyses and synthesis of all available data and information obtained by the seismic exploration, drilling, coring, well logging, well testing, production and reservoir simulation. All above mentioned available data were processed and interpreted by using standard softwares for petrophysical, geological and hydrodynamical modeling. Thus, output results clarify the reservoir himself and gives more accurate hydrocarbon reserves, the rate of exploration, and recovery factor. Created geological model enables more adequate reservoir managing, further reservoir development, drilling of the new wells as well as increasing of the oil production.

New directional wells drilled beneath the city area of Kikinda town confirmed the validity of structural and dynamical model of M+Tg hydrocarbon reservoir. Thus, (together with improved fracture system estimation) it's possible to apply one off additional techniques of exploitation (e.g. CO<sub>2</sub> injection), which will add up with significant increase of recovery factor and it will result with new oil.

**Key Words:** geological model, reservoir development, petrophysical model, dynamical model, reservoir, Kikinda, Serbia.

<sup>1</sup> НИС Нафтагас, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: jelena.zivkov@nis.rs

<sup>2</sup> НИС Нафтагас, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: radomir.stojanovic@nis.rs

<sup>3</sup> НИС Нафтагас, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: stanisa.martinovic@nis.rs

<sup>4</sup> НИС Нафтагас, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: dejan.rakic@nis.rs

**Увод**

Нафтено поље Кикинда варош налази се у северном Банату, на подручју града Кикинде. Поље Кикинда варош припада севернобанатском нафтогасоносном региону, које обухвата три велика поља: Мокрин, Кикинда варош и Кикинда плитко, као и више мањих поља.

У оквиру нафтногасног поља Кикинда варош откривено је 17 лежишта. Највеће лежиште на пољу Кикинда варош је лежиште М+Тg, које ће бити предмет овог рада. Лежиште нафте М+Тg поља Кикинда варош откривено је 1963. године, а до краја 2008. године на пољу је избушено 74 бушотине.

На основу геолошке интерпретације, производних података најближих бушотина као и интерпретације 3Д сеизмике у југоисточном делу лежишта уочен је простор који није прекривен производним бушотинама, а по резервама пружа могућност бушења нових бушотина.

Након израде геолошког модела приступило се бушењу 6 бушотина које су потврдиле геолошки и динамички модел лежишта.

**Нафтно-геолошке карактеристике поља Кикинда варош**

Структура Кикинда варош представља палеоузвишење у низу антиформи (структуре Кикинда, Мокрин) са правцем пружања север-југ од Кикинде до Сегедина у Мађарској и дели Мако депресију (на истоку) од севернобанатске депресије (на западу).

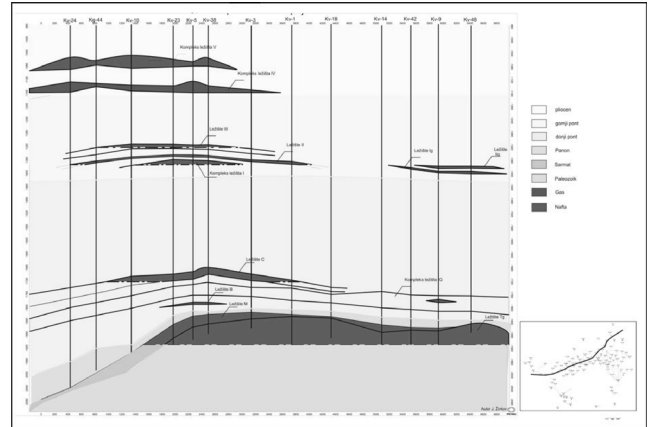
Поље Кикинда варош је развијено у оквиру два структурна облика: палеохорста и компакционе антиклинале.

Палеохорст је изграђен од стена плутонитско-метаморфног порекла и представља палеорелеф преко кога се у процесу компакције седимената образовала антиклинала изграђена од сарматских, понтских, плиоценских и квартарних кластичних депоната. У оквиру поља до сада је откривено 17 лежишта угљоводоника (сл. 1). Скоро сва лежишта су размештена у компакционој антиклинали, сем лежишта Тg које се налази у палеохорсту. Лежишта поља су сврстана у два комплекса лежишта Кикинда горње и Кикинда варош.

**Литостратиграфска грађа поља**

Литостратиграфску грађу простора на коме је развијено поље Кикинда варош чине палеозојски метаморфити, магматити и кенозојски седименти (сл. 2).

**Палеозоик** на подручју поља Кикинда варош чини подлогу неогеном седиментном покривачу. Литолошки је представљен плутонитским стенама гра-



Сл. 1. Шематски приказ лежишта на пољу Кикинда варош  
Fig. 1. Schematic view of deposits in the field Kikinda varoš

нитског и гранодиоритског састава, које су ретко у свежем стању, углавном су тектонизирани, делимично ушкриљени, динамометаморфисани до катаклазиране и делимично захвећене процесима мигматизације. У њима су се појављују енклаве мусковитских, биотитско-мусковитских и хлоритско-биотитско-мусковитских шкриљаца, као и ретке појаве шкриљавих стена перидотитског састава. Стене плутонитског порекла су каледонске старости, а стене метаморфног порекла су варисцијске старости. У завршним фазама варисцијске орогенезе и наступајућих фаза алпске орогенезе дошло је до уклапања енклава метаморфита у плутонску хетерогену масу. У овом делу је развијено лежиште Тg.

Ma	ERATEMA (ERA) ERATHEM (ERA)	SISTEM (PERIODA) SYSTEM (PERIOD)	SERIJA (EPOHA) SERIES (EPOCH)	KAT (VEK) STAGE (AGE)		Oznake ležišta	
				CENTRALNI PARATETIS (CENTRAL PARATETHYS)	Interna indeksacija NIS-Naftagas		
1.8			PI	GORNJI (UPPER) PI <sub>1</sub>	ROMANSKI (ROMANIAN)	PI	Kg-V <sub>2</sub>
				DONJI (LOWER) PI <sub>1</sub>	DAKUJSKI (DAKIAN)		Kg-V <sub>1</sub>
5.3		PLIOCEN (PLIOCENE)					Kg-IV <sub>1</sub>
							Kg-IV
							Kg-III
							Kg-IIg
							Kg-II
							Kg-Ig
							Kg-I
							C
							G <sub>4</sub>
							G <sub>3</sub>
							G <sub>2</sub>
							G <sub>1</sub>
							B <sub>1</sub>
							B
							A
11.6				SREDNJI (MIDDLE) M <sub>2</sub>	SARMATSKI (SARMATIAN)	Sm	M
260.4 542.0				PALEOZOIK		Pz	Tg

Сл. 2 Стратиграфска припадност и ознака набушених лежишта на пољу Кикинда варош  
Fig 2. Stratigraphic origin and sign reservoirs in the field Kikinda varoš

**Кенозоик** на подручју поља Кикинда варош је изграђен од неогених и квартарних седимената. У оквиру неогена издвајају се миоценске и плиоценске наслаге.

Миоцен дискордантно належе преко палеозојског палеохорста. У оквиру миоцена се издвајају сарматски, панонски и понтски седименти. Сармат је литолошки представљен карбонатним и класичним седиментним стенама. Таква комплексна литолошка грађа је последица комплексних депозиционих процеса. Ови седиментациони циклуси су узроковани активном тектоником која је диктирала хемијску преципитацију карбоната, њихово пост-депозиционо разарање и механичку седиментацију појединачним до перманентним инфлуксима силици-класита синхронно са редепозицијом карбонатног детритуса [2]. Сарматски карбонати и класичне седиментне стене су главни носиоци угљоводоника на подручју поља Кикинда варош и представљају лежишта М. Марински миоцен завршава панонским микритима, лапорцима (заштитне стене лежишта М и Tg) и пешчарима. Сарматски седименти су развијени по ободу палеохорста, док је апикални део палеохорста прекривен панонским лапорцима.

Плиоцен је изграђен од слатководних лимничко-флувијалних глиновитих пескова и песковитих глина, као и угља и угљевитих глина.

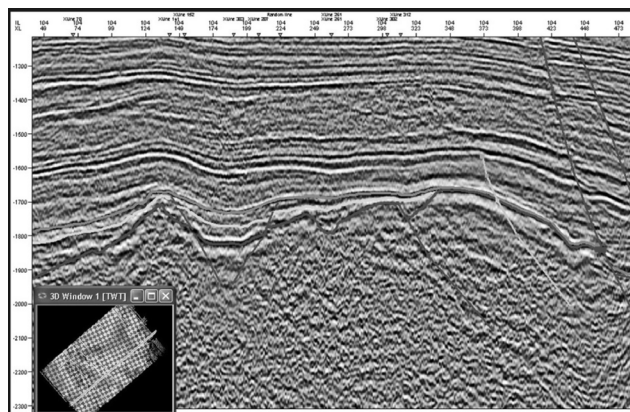
Квартар се у доњем делу састоји од пескова различите гранулације, а у горњем делу од глина, иловаче, леса и културног слоја на површини. То су флувијално-барске и еолске творевине (сл. 2).

## Тектонски склоп

Структура нафтног поља Кикинда варош је представљена палеохорстом, прекривен компакционом антиклиналом, која је развијена испод града Кикинда.

Кикиндски палеохорст је уобличаван тектонским и ерозионим силама кроз дуго геолошко раздобље, почев од палеозоика па све до краја миоцена, при чему је највећи утицај на његов садашњи изглед извршила синрифтна фаза еволуције Панонског басена (доњи и средњи миоцен), током које је нормалном раседном тектоником подручје коначно уобличено у геоморфолошки облик хорста.

Седиментни покривач који прекрива палеохорст (компакциона антиклинала), изграђен од понтских, плиоценских и квартарних творевина, израседан је највероватније крајем плиоцена – почетком квартара, услед екстензионих тектонских процеса у региону. Раседи формирани у овој тектонској фази су по смеру кретања нормални, скокова и преко 50 m, а по облику раседне равни листричног типа. Најизраженији раседи (у смислу дужине раседа и његовог скока), развијени су по ободу палеохорста (сл. 3).



Сл. 3. Сеизмички профил са типичном раседном тектоником развијеном по ободу Кикиндског палеохорста

Fig 3. Seismic profile with typical fault tectonics developed by the edge of Kikinda

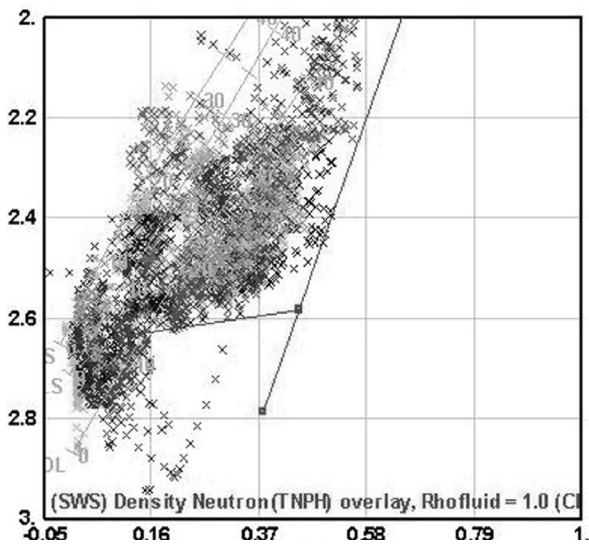
## Петрофизички параметри колектор стена

Петрофизичке својства колектор стена лежишта Кикинда варош (M+Tg) одређена су лабораторијским анализама језгара (на малим узорцима) и квантитативном интерпретацијом података геофизичког каротажа (сл. 6).

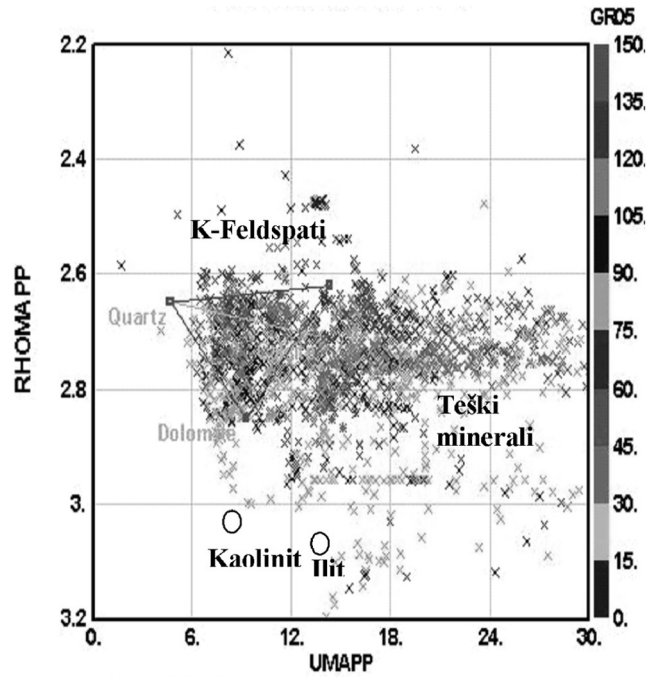
У процесу интерпретације података геофизичког каротажа (GFK) за седиментне стене, процена литологије и порозности базирана је на крос-плотовима DEN vs CN и  $U_{mat}$  vs  $\rho_{mat}$ . На поменутих крос-плотовима уочава се да је минералозна композиција седиментних формација углавном представљена кварцом, мусковитом кречњаком, и шејлом (сл. 4 и 5). Запреминско учешће кварца, кречњака и шејловите компоненте приказано је на слици 6 (интерпретација података геофизичког каротажа).

Користећи наведену минералозна композицију и салинитет лежишне воде од 10 g/l извршена је обрада података GFK програмом IP (Interactive Petrophysics). Карактеристични дијаграм интерпретираних података приказан је на слици 6. Вредности порозности су процењене на основу крос-плота DEN vs CN, а у случајевима када нису постојале радиоактивне порозитет методе, процена порозности је вршена на основу података акустичног каротажа. Средња вредност порозности за колектор стене миоцена износи  $\Phi = 17.8\%$ . Процена засићења водом изведена је решавањем модела Simandoux и Archie. Средња вредност засићења са водом за колектор стене миоцена износи  $S_w = 26.9\%$ .

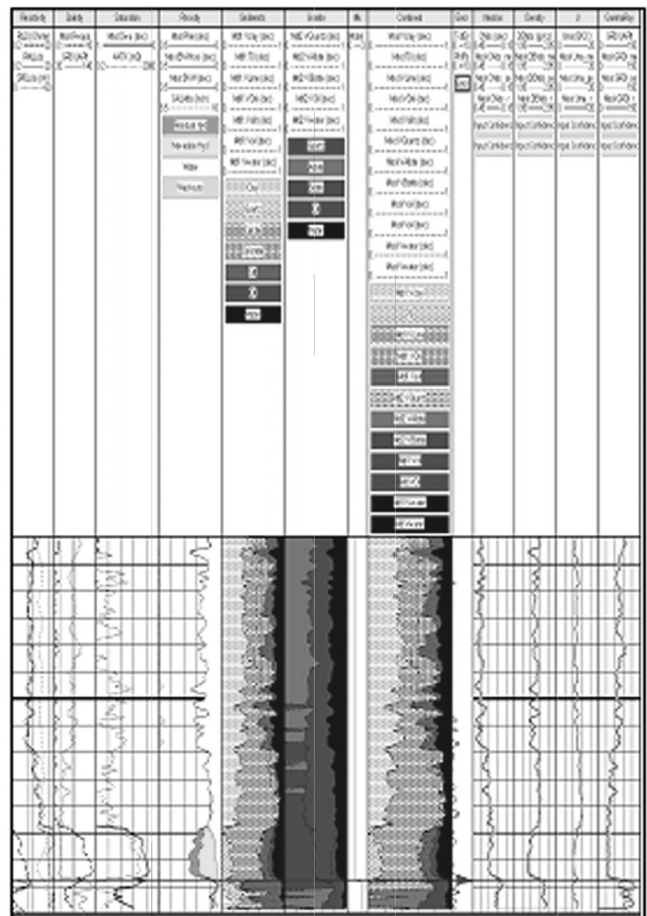
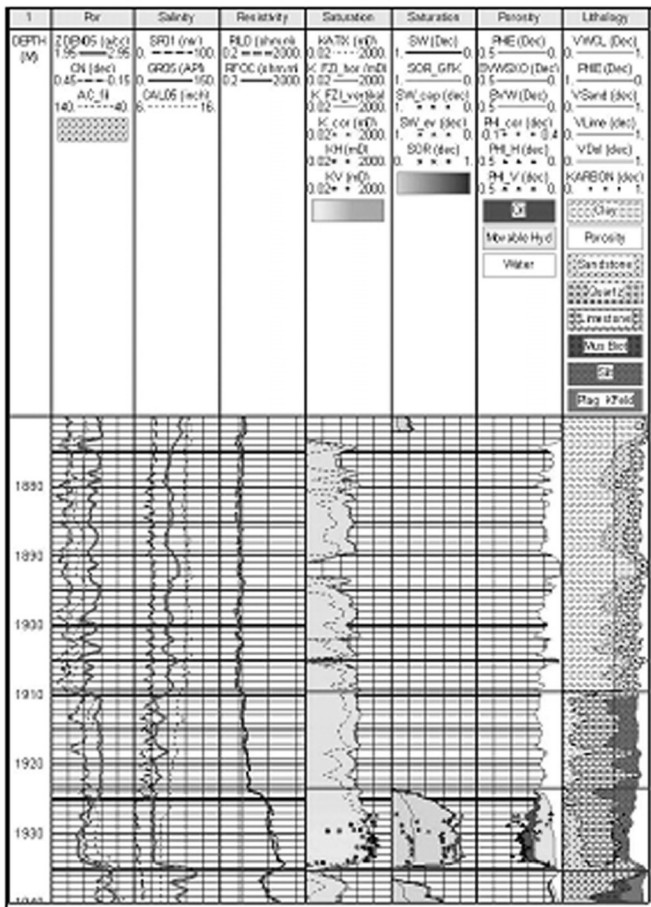
Колектор стене подлоге, које са колектор стенама миоценске старости чине једну хидродинамичку целину, издвојене су на основу података GFK и података језрованог материјала до контакта нафте-вода. У колектор стенама подлоге присутан је углавном секундарни тип порозности (прелине, пукотине, здробљене зоне). С обзиром да су стене



Сл. 4. Кросплот неутронски каротаж (CN) vs каротаж густине (ZDEN) за стене M+Tg  
Fig 4. Crossplot CN vs ZDEN



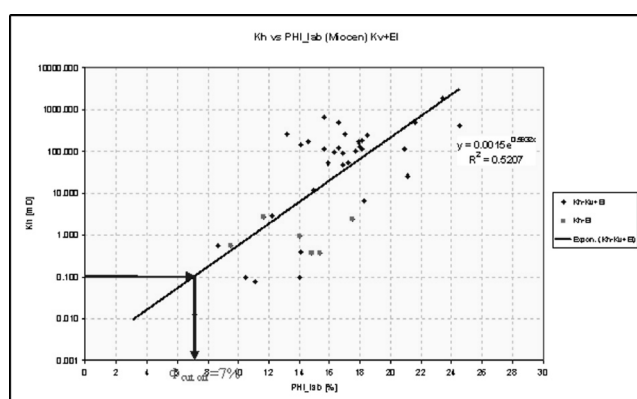
Сл. 5. Зависност  $U_{mat}$  vs  $\rho_{mat}$  за стене M+Tg  
Fig 5. Crossplot  $U_{mat}$  vs  $\rho_{mat}$



Сл. 6. Интерпретација података GFK са бушотине Kg-35 методом директне трансформације и Инверзним поступком (Елан модел)  
Fig 6. Log interpretation of well Kg-35

подлоге представљене стенама у којима је доминантно учешће кварца (биотитски гранодиорити, мигматити, биотитско-мусковитски гранитизирани шкриљци, хлоритски шкриљци, катаклазирани гранодиорити и кварцити) то је и примењена минералозна композиција у моделу представљена кварцом, фелдспатом и мусковит-биотитом као доминантним минералима. За боље дефинисање стена подлоге (дефинисање система фратура, оријентација, отвореност, зев...) и процену петрофизичких параметара колектор стена неопходна су мерења каротажних система новије генерације (сонде типа FMI, DSI, STAR).

У интерпретацији података геофизичког каротажа примењена су два приступа, поступак директне трансформације и Инверзни поступак (Елан модел). Добијени резултати имају висок степен сличности (сл. 6).



Сл. 7. Зависност лабораторијских вредности  $\log K$  и  $\Phi$  за колектор стене миоцена

Fig 7. Dependence of laboratory values  $\log K$  vs  $\Phi$

## Геолошки модел лежишта М+Тг поља Кикинда варош

Под геолошким моделом лежишта се подразумева синтеза структурног и петрофизичког модела. Овако креиран геолошки модел (статички модел) представља основ за симулацију лежишта (динамичко моделирање).

### Структурни модел лежишта

Структурни модел лежишта дефинише морфологију и тектонику лежишта, као и његову унутрашњу грађу. При структурном моделирању, користе се на директан или индиректан начин све врсте нафтно-геолошких података. Од посебног значаја за дефинисање морфологије и тектонике лежишта су подаци корелације података геофизичког каротажа и интерпретације резултата сеизмичких испитивања.

У циљу дефинисања морфологије лежишта, извршена је корелација података геофизичког каротажа из бушотина ширег подручја модела. Корелирани су геолошки репери изнад лежишта, повлата и подина лежишта (сл. 8). На 3Д сеизмичким подацима интерпретирана је повлата лежишта на ширем подручју модела, као и сви уочљиви раседи (сл. 3).

Ради што реалнијег дефинисања тектонике лежишта, поред повлате лежишта М и повлате лежишта Тг корелисана је повлата Панона (заштитне стене). Интерпретацијом сеизмичких података уз корелацију каротажних дијаграма, у домену моделирања је утврђено развиће више нормалних раседа правца пружања север-југ, сви раседи су пропусни, сем раседа R1 и R2, које је било неопходно измоделовати ради различитог контакта нафта вода у том делу лежишта (сл. 9 и 10).

У поступку корелације каротажних дијаграма утврђено је да се, на основу лог-мотива и петрофизичких својстава, у оквиру лежишта М+Тг могу издвојити две секвенце/зоне: зона 1 и 2 (сл. 7, табела 1). Много боља колекторска својства показује прва зона.

Табела 1. Средње вредности дебљине, порозитета и односа net/gross (однос ефективне дебљине колектор стена и укупне дебљине слоја лежишта) за зоне лежишта М и Тг.

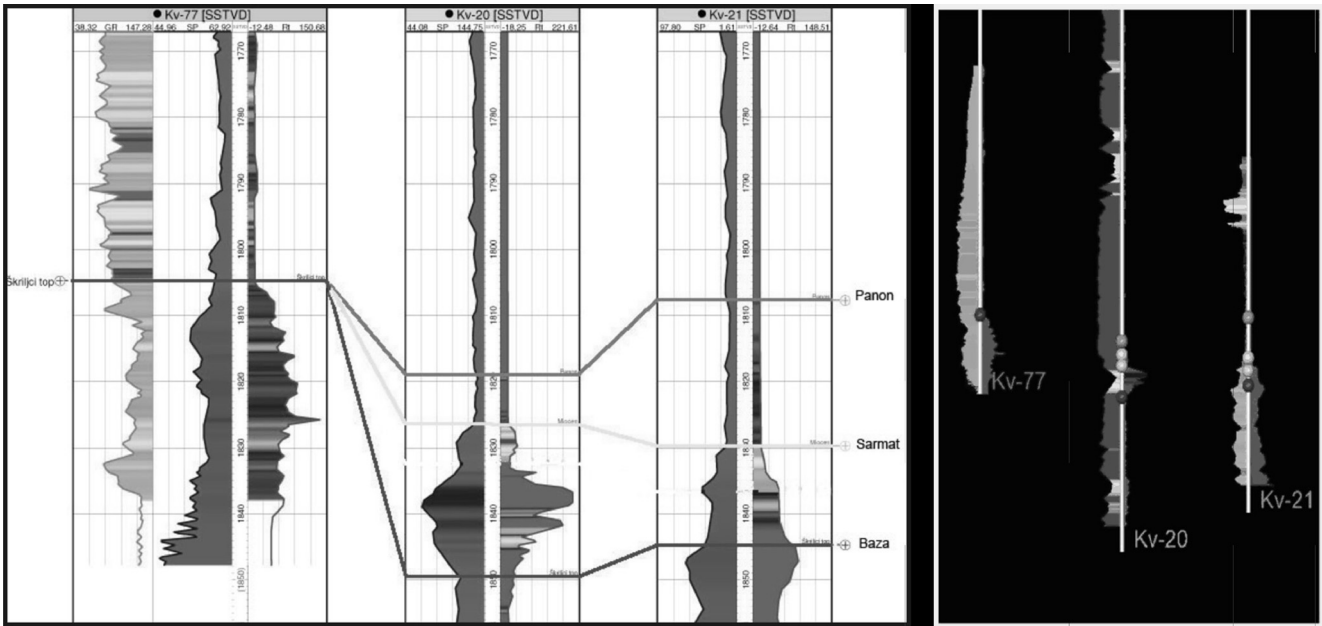
Зона	Средња дебљина	Средњи порозитет	Средњи однос Net/gross
1 (М)	4	0.16	0.76
2 (Тг)	14	0.05	0.25

На слици 11. је приказан структурни модел лежишта М+Тг, а на сликама 9 и 10. структурне карта повлате лежишта М и Тг.

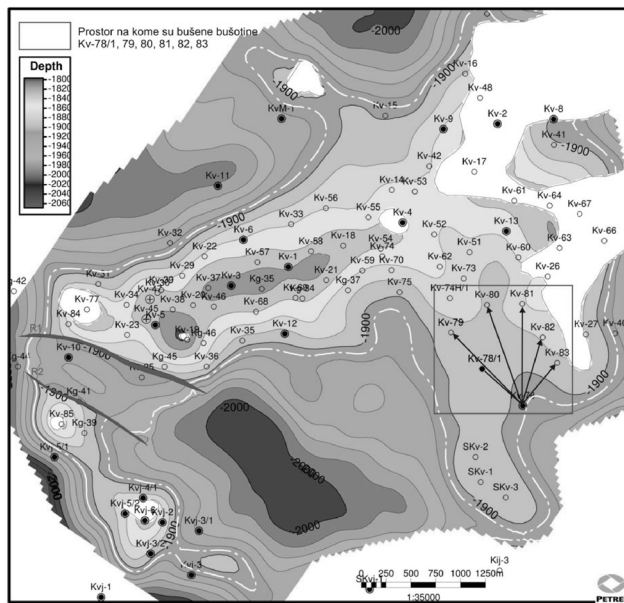
### Петрофизички модел

Улазни подаци за тродимензионално петрофизичко моделирање су: структурни модел и петрофизички параметри лежишта.

Структурни модел лежишта М+Тг је за процес петрофизичког моделирања припремљен тако што је у латералном смислу издељен мрежом 116×145 ћелија (~50×50 m), а у вертикалном смислу на две зоне које су даље издељене на укупно 18 лејера. Статистичком анализом (вариограмске криве) ефективног порозитета добијеног квантитативном интерпретацијом података геофизичког каротажа дошло се до закључка да **зону 1** треба изделити на 12 лејера, а **зону 2** на 6 лејера. Ваљаност овакве поделе зона на лејере потврђују укрупњене (*upscaled*) кривих интерпретираних петрофизичких параметара (сл. 12).

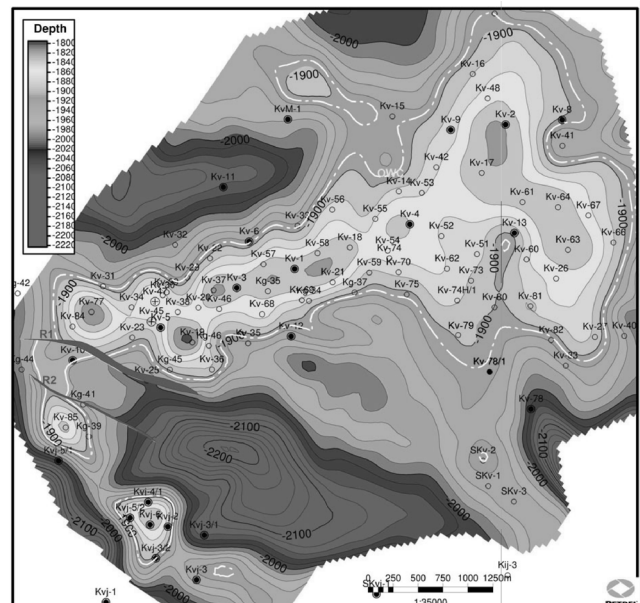


Сл. 8. Геофизичка корелација у циљу утврђивања морфологије лежишта М и Тg  
 Fig 8. Correlation to determine morphology of deposits



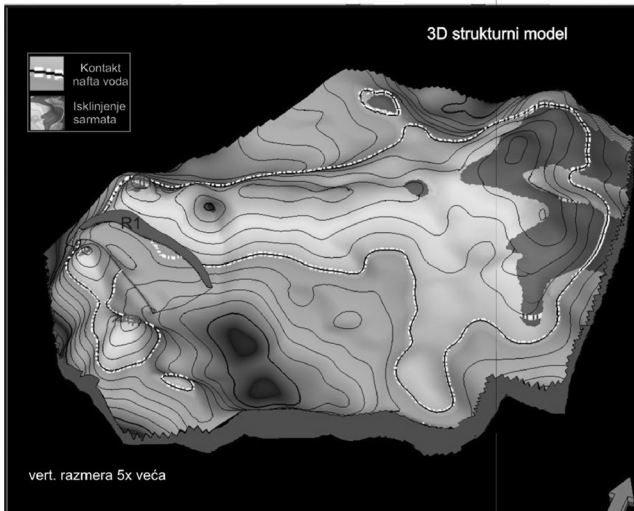
Сл. 9. Структурна карта по повласти лежишта М са раседима R1 и R2  
 Fig 9. Structural map top of M deposits with faults R1 and R2

За потребе симулационог моделовања извршено је моделовања два петрофизичка параметра: ефективне порозности, и односа дебљине колектор стена слоја и укупна дебљина лежишта (*net/gross thickness* – сл. 13). Улазни податак за моделовање порозности је ефективна порозност у бушотинама добијена квантитативном интерпретацијом података геофизичког картожа. За интерполацију је ко-



Сл. 10. Структурна карта по повласти лежишта Тg са раседима R1 и R2  
 Fig 10. Structural map top of Tg deposits with faults R1 and R2

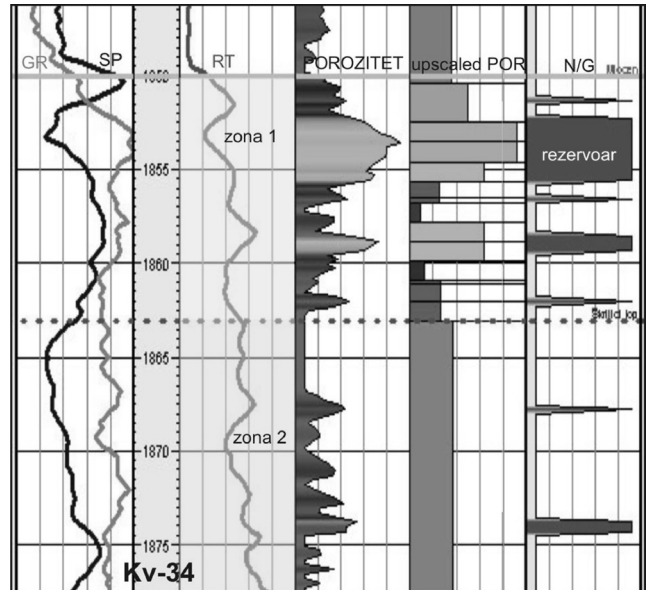
ришћена *Kriging* метода. 3Д модел *net/gross* је добијен применом *cut-off* вредности на модел порозитета од 7% (ћелијама са средњим ефективним порозитетом мањим од 7% додељује се вредност 0, а ћелијама са средњим ефективним порозитетом већим од 7% вредност 1). До вредности од 7% ефективног порозитета за *cut-off* дошло се на основу зависности  $RH_{lab}$  vs  $K_{lab}$  уз коришћење вредности 0.1 mD као



Сл. 11. 3Д структурни модел лежишта М и Тg  
Fig 11. 3D structural model deposits M and Tg

гранична вредност пропусности испод које нема протока флуида (сл. 7).

Израдом 3Д структурног модела у југоисточном делу лежишта (испод града Кикинде) уочен је део лежишта који је остао непокривен производним бушотинама, а који по дубини залегања спада у позитиван део (изнад је контакта нафта-вода). Интерпретацијом производних података и срачунатим резервама, у том делу лежишта, закључено је да преостале резерве нафте оправдавају и пружају могућност бушења 6 производних-разрадних бушотина, које због недостатака повољних локација морају бити бушене са једног грма као косо-умерене (сл. 9).

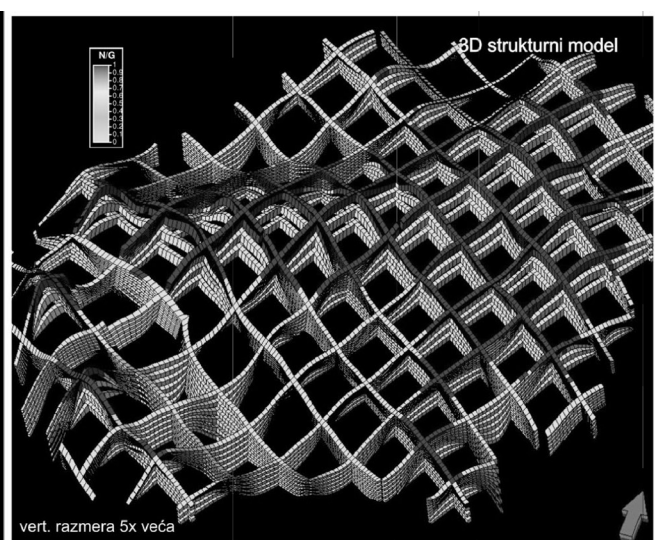
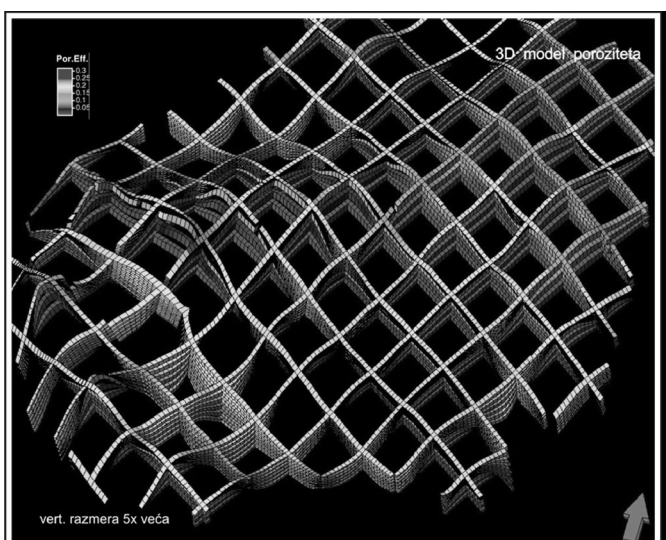


Сл. 12. Сложени дијаграм бушотине Кв-34 (СП, ГР, РТ, ефективни порозитет, укрупњени ефективни порозитет, однос net/gross)

Fig. 12. Complex diagram well Kv-34 (SP, GR, RT, porosity, upscale porosity, net/gross)

### Динамички модел лежишта

За израду динамичког модела коришћен је тродимензионални трофазни композит модел протока. Потреба за композит моделом била је последица планирања ињектирања гаса (CO<sub>2</sub>) у лежиште и услед тога праћења промена у компонентном саставу гаса.



Сл. 13. 3Д модел порозитета и односа нет/гросс лежишта М и Тg  
Fig. 13. 3D model porosity and net/gross deposits M and Tg

Након извршеног укрупњавања (upgrading-a и upscaling-a) статичког модела лежишта Кикинда Варош, димензије симулационе мреже биле су  $83 \times 95 \times 30$ . Величина ћелије износила је 50 m. Почетне геолошке резерве нафте израчунате на основу статичког модела потврђене су и у динамичком моделу, тако да је следећи корак представљао слагање историјата производње флуида и притисака за лежиште у целини прво, а након тога и појединачно по бушотинама. Након задовољавајућег поклапања регистрованих производних података и притисака са оним добијеним у моделу, створили су се услови за разматрање будућег понашања лежишта. Имеђу неколико сценарија (базног, сценарија са ињектирањем гаса и сценарија са бушењем нових бушотина), као најбољи се показао сценарио бушења нових бушотина. У моделу је коришћено 6 нових бушотина са количинама од  $25 \text{ m}^3/\text{dan}$  флуида (нафта+вода).

Након бушења нових бушотина и њиховим пуштањем у производњу потврђене су дневне производње по бушотинама од преко  $25 \text{ m}^3/\text{dan}$ . Динамика производње у периоду од 15 година показује да ће произведена количина нафте бити око 260.000 t.

## Закључак

Структура нафтног поља Кикинда варош представља палеоузвишење у низу антиформи (структуре Кикинда, Мокрин) са правцем пружања север–југ од Кикинде до Сегедина у Мађарској и дели Мако депресију (на истоку) од севернобанатске депресије (на западу).

Израдом геолошког модела нафтног лежишта М+Тг (нафтног поља Кикинда варош) дефинисан је структурни облик лежишта, оријентација раседа, вертикалне и латералне (просторне) промене петрофизичких параметара колектор стена, резерве нафте, динамика производње као и најефикаснији начин експлоатације.

Ново избушене бушотине Кв-78/1, 79, 80, 81, 82 и 83 и дубине уласка у лежиште М+Тг потврдиле су

геолошки модел, а тренутна почетна производња од преко  $25 \text{ m}^3/24\text{h}$  потврђује и динамички модел лежишта.

Критична тачка модела је дефинисање стена подлоге тј. лежишта у темељном горју представљених распуцалим гранитима, гранодиоритима и шкриљцима. Дефинисање система фрактура (оријентација, зев фрактура, запуњеност) и процена петрофизичких параметара колектор стена у подлози допринело би да модел лежишта М+Тг буде веродостојнији. Да би се то урадило неопходна су мерења савременим ултрасоничним и микроелектричним каротажним инструментима (FMI, DSI, UBI, X-MAC, STAR).

## Захвалносћ

Успешној разради лежишта М+Тг (нафтног поља Кикинда варош) у многоме су допринеле идеје и ангажовање колега Ђ. Кнежевића, М. Драгосавца, Т. Ињац, С. Кнежевић, С. Анђушића и др., тако да им се овом приликом најсрдачније захваљујемо.

## Литература

- ЈОВАНОВИЋ, Р. 2009. Студија о геолошкој грађи лежишта нафте и раствореног гаса М и Тг поља Кикинда варош, Литолошке и стратиграфске карактеристике колектор стена. НИС-Нафтагас, Нови Сад, 1–37.
- KEMENCI, R., ČANOVIĆ, M. 1997. Geologic setting of the Pre-Tertiary basement in Vojvodina (Yugoslavia) – Part I: The Tisza Mega-unit of North Vojvodina. *Acta Geologica Hungarica*, Vol. 40/1, Akademiai Kiado, Budapest, 1–36
- ЖИТКО, В. и др. 2007. Елаборат о репроцесингу 3Д сеизмичких података и сеизмичкој карактеризацији лежишта Кикинда – Варош М+Тг. Од Истраживање и технологија – Геофизички Институт, 1–60, Београд.
- ЦЕНТРАЛНИ ФОНД СТРУЧНЕ ДОКУМЕНТАЦИЈЕ НИС НАФТАГАСА, Нови Сад (непубликовано).



## Геолошки модел нафтног лежишта V1 поља Кикинда Варош Geological Model of the Oil and Gas Reservoir V1 Field Kikinda Varoš

ЈЕЛЕНА ЖИВКОВ<sup>1</sup>, МИЛУТИН БЕЈАТОВИЋ<sup>2</sup> и АЛЕКСАНДАР РИСТОВИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** Детаљно геолошко моделовање је предуслов за економичну разраду нафтних лежишта која су у касној фази експлоатације.

У раду је приказан геолошки модел лежишта угљоводоника V1. Након анализе и синтезе свих расположивих података и информација добијених сеизмичким истраживањима, бушењем, језговањем, каротажним мерењима, хидродинамичким мерењима и производњом креиран је геолошки модел лежишта угљоводоника. Сви наведени подаци су омогућили добијење јасније слике о лежишту, као и реконструкцију депозиционих средина таложења. Претпостављено је да су услови седиментације лежишта V континентални, а седименти депоновани у флувијалној средини. Овако измоделовано лежиште је омогућило бољу процену резерви нафте, темпо експлоатације и коефицијент искоришћења, што је крајњи и најважнији циљ сваке геолошке интерпретације.

Овако креиран геолошки и депозициони модел је омогућило адекватно управљање лежиштем, даљу разраду лежишта, нова бушења, као и повећање производње нафте.

**Кључне речи:** геолошки модел, депозициона средина, сеизмичка истраживања, ново бушење, лежиште V1, Кикинда, Србија.

**Abstract.** Accurate geological model is one of the most important factor for the reserve estimation of gas and oil.

In this articles approach geological model oil and gas reservoir V1. After the analyses and synthesis of all available data and information obtained by the seismic exploration, drilling, coring, well logging, and well testing data created hydrocarbon bearing geological model. Thus, output results provide the reservoir himself and reconstruction environment of deposition. According to the interpretation results, hydrocarbon reservoir V1 on Kikinda field belong to the fluvial continental depositional environment. Reservoir interpreted on this way gives more accurate hydrocarbon reserves, the rate of exploration, and recovery factor which are the most important overall objectives of any geological interpretation.

Precise determination of depositional environment enables more accurate reserve estimation as well as reviewing of odds for the drilling of new wells.

**Key Words:** geological model, environment of deposition, new well, reservoir V1, seismic exploration, Kikinda, Serbia

### Увод

Комплекс нафтно-гасних лежишта Кикинда-горње налази се у северном Банату, на подручју града Кикинде, а у оквиру нафтно-гасног поља Кикинда варош и обухвата плића лежишта која залежу на дубинама од 1100–1500 m. У оквиру овог комплекса налази се 8 лежишта (I, II, III, IV, IV1, V, V1 и V2). Нафтно-гасно поље Кикинда варош припада бога-

том севернобанатском нафтногасносном региону, који обухвата три велика поља: Мокрин, Кикинда варош и Кикинда, као и више мањих поља (сл. 1.).

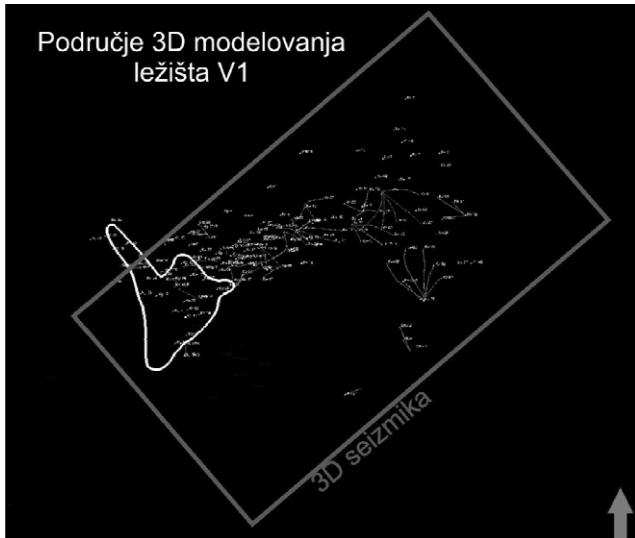
Производња са Комплекса Кикинда-горње је отпочела децембра 1968. год. Прво су у производњу пуштена лежишта I, III и комплекс V-их лежишта, а током деведесетих година прошлог века лежиште II.

У овом раду биће приказан геолошки модел лежишта угљоводоника V1.

<sup>1</sup> НИС Нафтагас, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: jelena.zivkov@nis.rs

<sup>2</sup> НИС Нафтагас, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: milutin.bejatovic@nis.rs

<sup>3</sup> НИС Нафтагас, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: aleksandar.naftagas@gmail.com



Сл. 1. Подручје геолошког моделовања лежишта V1  
Fig. 1. Area of geologic modelling of deposit V1

У току 1997. године урађена су 3Д сеизмичка мерења на подручју нафтно-гасног поља Кикинда варош. Геолошком интерпретацијом података 3Д сеизмике, употпуњена је геолошка интерпретација и реалније је дефинисан тренд распрострањавања подине и повлате лежишта V1 између бушотина, тако да је тачнијом интерполацијом и екстраполацијом редефинисан геолошки модел лежишта.

Поред структурне интерпретације лежишта V1, биће приказан и генеза депозиционе средине у домену лежишта V1. На основу расположивих података може се закључити да су седименти депоновани у флувијалним системима. Процес генерисања оваквог једног фацијалног модела је сложен и почиње од његовог препознавања на 3Д сеизмичким подацима, све до коначног дефинисања расподеле фација дуж каналских седимената (каротажни дијаграми и подаци језгрованог материјала). Значај овог поступка је вишеструк, нарочито, због добрих колекторских својстава које носе седименти у оквиру флувијалних фација.

### Кратак приказ геолошке грађе поља

Структура Кикинда-варош налази се на подручју Северног Баната. Представља структурно узвишење у низу антиформи (структуре Кикинда, Мокрина) са правцем пружања север-југ од Кикинде до Сегедина у Мађарској и дели Мако депресију (на истоку) од севернобанатске депресије (на западу). Изграђена је од киселих гранитоида (гранити, гранодиорити, кварциорити) који су праћени мигматитима и метасоматитима. Ове творевине припадају серији Мокрина (KEMENCI & ČANOVIĆ 1997) која се налази у јужном делу северне Војводине. На основу

досадашњих геотектонских схватања Панонског басена (HAAS *et al.* 1995; KOVÁCS 1984–1987. из KEMENCI & ČANOVIĆ 1998) може се претпоставити да стене неогене подлоге припадају гранитско-метаморфном комплексу северне Војводине, који представља део тисијске мега јединице чије распрострањење налазимо и у суседним подручјима (Мађарска, Хрватска, Румунија). Настанак ових творевина (KEMENCI & ČANOVIĆ 1997) везују за палеозоик (протерозоик?).

На простору структуре Кикинда варош седиментација преко палеорељефа започиње у средњем миоцену трансгресијом Панонског мора, када се образују базалне конгломератичне и плитководне пешчарске творевине.

Сарматске творевине су такође трансгресивне преко магматита и метаморфита. Литолошки су представљене кластитима (конгломерати, конгломератични пешчари, пешчари) и кречњацима. У њима је пронађен богат фосилни садржај.

Панонски седименти су представљени лапоровито-песковитим седиментима. Депоновани су у каспибракичним депозиционим условима. Граница према повлатним (доњопонтским) творевинама је доступна.

Конкордантно изнад панона су таложени депонати доњег понта. Одликују се релативно великом дебелином (око 400 m). Бројни фосилни остаци указују да се за време доњег понта таложење одвијало у каспибракичним условима. Доњи понт изграђују седименти песковито-алевритско-лапоровите асоцијације.

Творевне горњег понта су изграђене од лапоровито-песковито-глиновитих седимената са прослојцима угљевитих глина и угља. Утврђени фосилни садржај упућује на закључак да је средина седиментације имала каспибракични карактер уз постепено ослађивање у завршним нивоима.

Даљим ослађивањем воденог басена током плиоцена настали су слатководно-језерски и флувијални услови седиментације у којима су депоноване дебеле наслаге песковитих, алевритичних, лапоровитих и глиновитих седимената са прослојцима угља. У оквиру плиоценских флувијалних седимената формирано је и лежиште V1.

Конкордантно изнад творевина плиоцена формиране су наслаге квартара. Депоноване су у условима слатководно-језерских, речно-језерских и копнено-барских средина. Ови седименти представљени су глинама, песковима, шљунковима, лесолоким глинама и иловачом). Изнад ових наслага, до површине терена, налази се хумус.

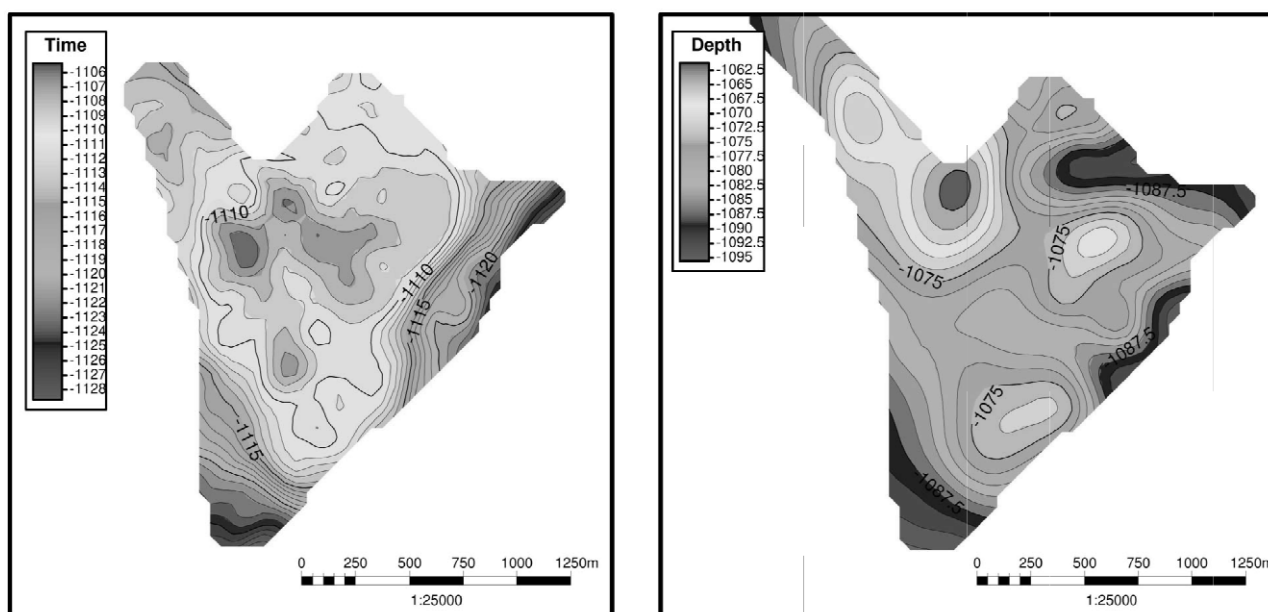
### Сеизмичка интерпретација и примена „post-stack“ атрибута

У поступку моделовања лежишта V1 Поља Кикинда Варош коришћени су 3Д сеизмички подаци

снимљени на овом пољу у периоду април – август 1996, а ретроцирани од маја до децембра 2007. Ова сеизмичка истраживања су изведена са циљем бојег сагледавања и интерпретације структурног модела лежишта M+Tg. Из тог разлога су приликом снимања сеизмичких података коришћени параметри прилагодјени дубини од 1892,5 m до 2020 m на ком се лежиште M+Tg налази. За ове параметре се не може рећи да су сасвим прихватљиви за случај сагледавања лежишта V1, што се такође не може рећи ни за сеизмичку резолуцију, међутим квалитет је био сасвим довољан за уочавање наилазака који представљају рефлексије од повлате и подине овог лежишта.

На основу података из бушотине Kg-39, креиран је синтетички сеизмограм који је указао да повлати лежишта одговара максимум позитивне амплитуде. Довољна прецизност, у случају ове интерпретације, јесте интерпретација сваке четврте линије и сваке четврте трасе 3Д сеизмичке коцке, што овде подразумева профиле на сваких 80 метара. Пикирањем наилазака који представљају повлату и подину

модела брзина у програму се дефинишу зоне различитих брзина (интервали). Границе између ових зона представљају хоризонти (surfaces) пикирани у временском домену, које придружујемо моделу брзина. Као контролне податке за корекцију у следећој фази, моделу брзина придружујемо бушотинске податке (дубине) које дефинишу уласке и изласке из лежишта. Основни образац који програм користи у процесу креирања модела брзина је  $V=V_0+k(Z-Z_0)$  где је  $V$ -тренутна интервална брзина,  $V_0$ -почетна брзина у интервалу,  $k$ -коэффициент пропорционалности,  $Z$ -тренутна дубина у интервалу и  $Z_0$ -почетна дубина интервала. У бројним циклусима (итерацијама) програм у поступку приближавања вредности дубина са бушотине и оних дефинисаних пикирањем, генерише различите вредности  $V_0$  и  $k$ , те затим на основу њих креира закон интервалних брзина дуж дефинисаних зона. Последњи корак у базичној сеизмичкој интерпретацији јесте примена креираног модела брзина и конверзија карата повлате и подине лежишта из временског у дубински домен.



Сл. 2. Структурна карта повлате V1 лежишта у временском и дубинском домену

Fig. 2. Structural map of top of V1 deposit in time and depth domain

лежишта креиране су временске карте ова два хоризонта. Следећи корак у процесу интерпретације је креирање модела брзина, који ће бити употребљен у конверзији карата из временског у дубински домен (TDQ).

У конверзији је употребљен интервални модел брзина креиран у програму Петрел, на основу пикираних хоризоната у временском домену и бушотинских података о уласцима и изласцима из лежишта (well top, well bottom). Наиме, у припреми

Значајну улогу, у поступку препознавања структурних и фазијалних облика на сеизмичким подацима, имају пост стацк сеизмички атрибути. Петрел нуди примену великог број ових атрибута, са различитим параметрима у оквиру њих. Сустина функционисања пост стацк атрибута се огледа у следећем. Програм на већ стекираним и мигрираним сеизмичким подацима врши промене амплитуде, фазе и фреквенције приказаног сеизмичког сигнала, мењајући општу слику профила или хори-

зонталног пресека. Истицањем или умањивањем једне или више особина сигнала (амплитуде, фазе или фреквенције), бивају истакнуте неке карактеристична обележја подповршине, које нас у том тренутку интересују. Неки атрибути боље истичу разломне структуре, неки дискорданце, а неки опет карактеристичне литолошке и фазијалне промене у подповршини. Навешћемо неколико атрибута из програма Петрел које смо употребили у препознавању флувијалних фазија на нивоу V1 лежишта поља Кикинда Варош.

„*Structural Smoothing*“ је атрибут који помаже интерпретатору да одржи континуитет са рефлектором, када се због разних шума појаљују прекиди на рефлексији. Такође је врло корисан за откривање локалних структура на сеизмичким подацима.

„*Variance*“ је атрибут који открива локалне варијације у сигналу и показао је одличне резултате у истицању флувијалних фазија у случају лежишта V1.

„*Chaos*“ је атрибут који је најбоље истакао каналске испуне у случају флувијалних фазија. Овај атрибут се између осталог користи и за откривање путева миграције гаса и рифтних текстура.

чина зрна и оштра граница према повлати и подини слоја, карактеристични су за цилиндричне облике, што је својствено за пруд меандра. У оквиру каротајне криве која показује оситњавање зрна навише, може се очекивати развиће каналске фазије (сл. 4).

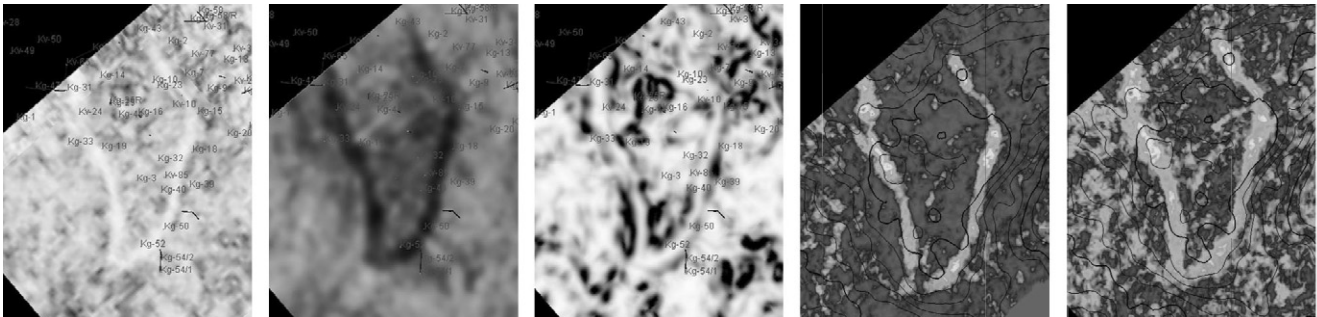
### Карактеристике седимената таложених у флувијалним системима

Речне творевине се депонују субаерски водама речне мреже, које теку континуирано или периодично.

На релативно малом растојању могу истовремено дејствовати ерозија и депозиција унутар истог режима тока, уз бочну миграцију за разне речне системе.

Део материјала који реке односе у језера, мора и океане талози се дуж речних путева. Главна подручја акумулације представљају алувијалне површи (алувијалне равнице), плавинске (проломске) лепеце и запуне корита и прудови меандра (ако је меандрирајућа река).

У алувијалној површи се депонују углавном финозрни седименти. Плавинске лепеце се јављају на конкавном (спољњем) луку реке, и карактерише се



Сл. 3. Приказ пост-стеак атрибута: Варијације, структурног заобљења, хаоса, средње енергије, средње магнитуде  
Fig 3. View post-stack attributes Variance, Structural smooting, Chaos, Average energy, Average magnitude

### Примена каротајних мерења у одређивању каротајних мерења у одређивању депозиционих средина

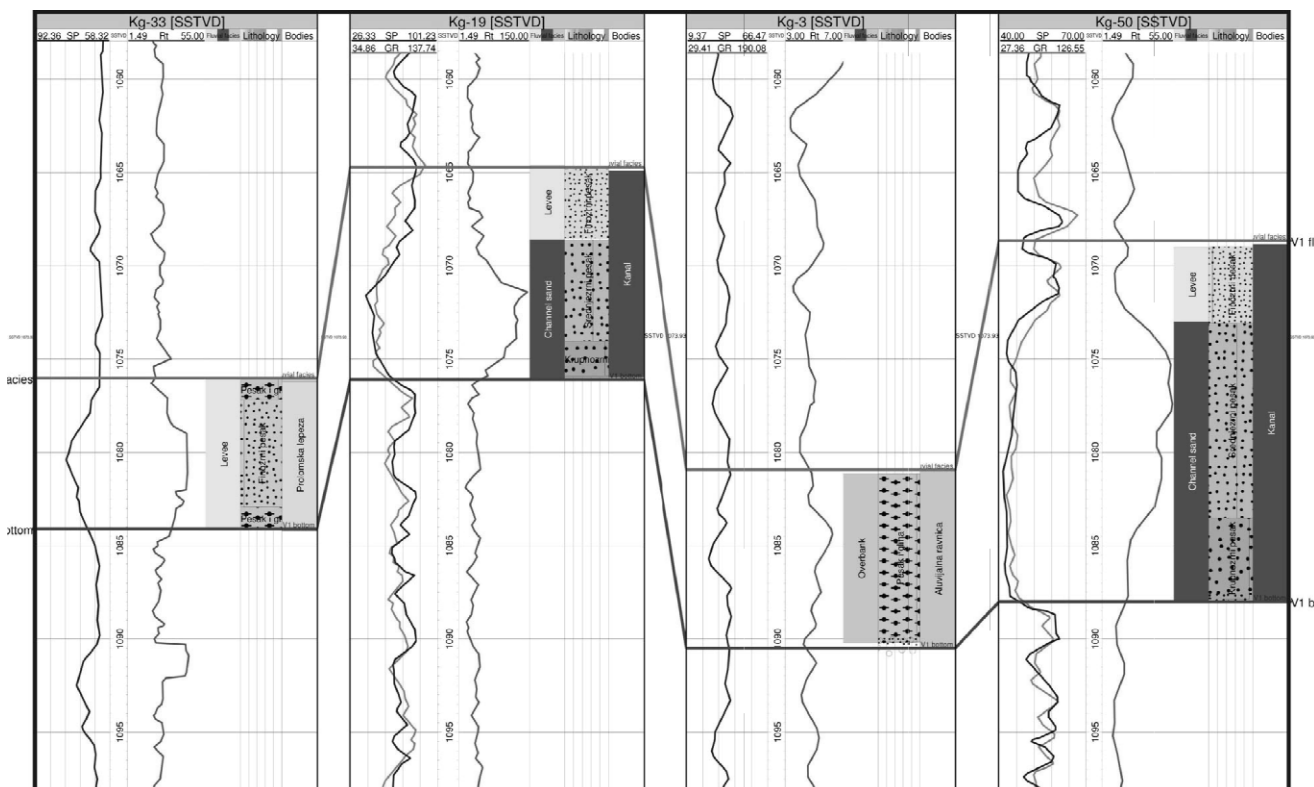
Својства седимената која карактеришу поједине депозиционе средине се могу сагледати на основу података добијених анализом кривих каротајних мерења. Анализирајући криве геофизичког каротажа (крива електричног отпора Rt, сопственог потенцијала SP и природне гама радиоактивности GR) уочавају се њихови различити облици на релативно малом простору. Облици наведених кривих су левкасти, цилиндрични, звонасти, а понегде и варијетети истих.

Код левкастих облика карактеристично је повећање величине зрна навише, што је карактеристично за проломске лепеце. Приближно иста вели-

окупњавањем величине зрна ка врху секвенце. За запуне корита је карактеристично оситњавање величине зрна ка врху секвенце. Прудови меандра (поинт бар) се јављају на конвексној (унутрашњој) страни лука реке, и карактерише се уједначеном (средњезрни пешчари) величином зрна у целој секвенци.

Код флувијалних система издвајају се алувијалне лепеце, праволинијске реке, уплетени речни токови и меандрирајуће реке.

У палудинским слојевима (плиоцен) у домену лежишта V1 седименти су депоновани флувијалним системима и то углавном праволинијском реком. Ове реке често представљају низводни наставак уплетених речних токова. При благом меандрирању јављају се и ретки прудови меандра (поинт бар). У бази корита су углавном масивни конгломератични пешчари, изнад којих се таложу ситнозрнији



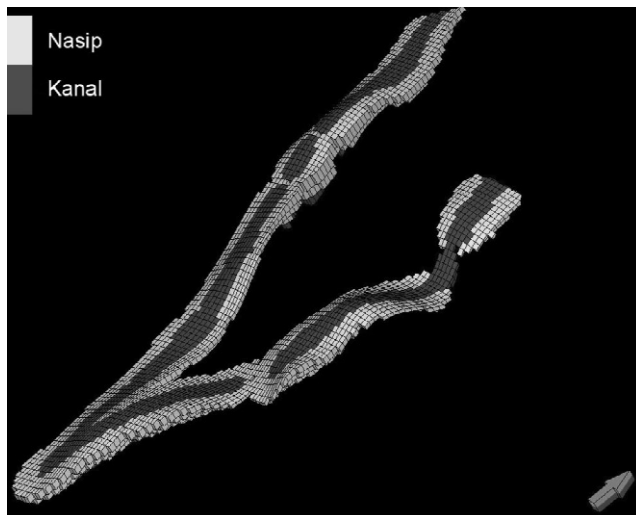
Сл. 4. Корелациони профил између бушотина Kg-33, Kg-19, Kg-3 è Kg-50.  
 Fig 4. Well correlation profile Kg-33, Kg-19, Kg-3 and Kg-50

пешчари са табуларним и кашикастим косим слојевима. Врх секвенце се састоји од танких сетова табуларне и таласне косе ламинације. Аде се веома често формирају код оваквих флувијалних система (правoliniјске реке) и углавном су очуване захваљујући вегетацији.

**Модел депозиционе средине V1 лежишта, поља Кикинда варош**

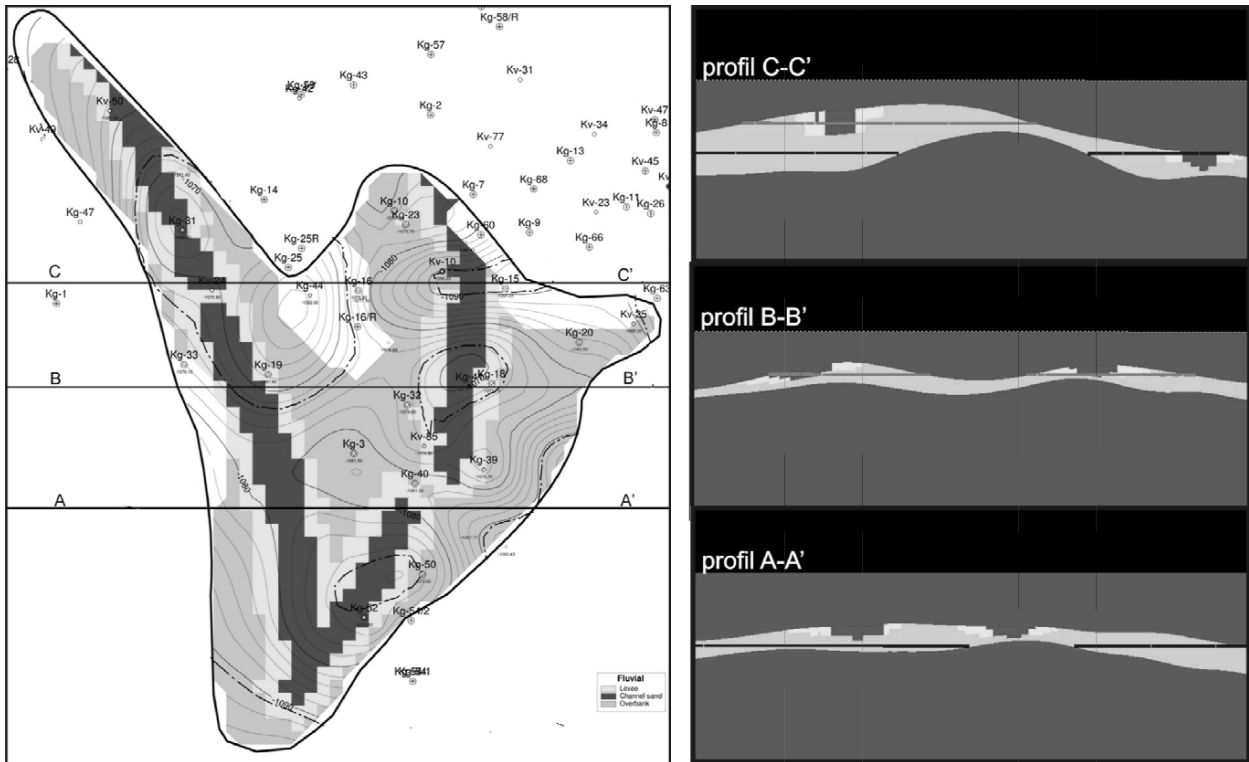
У домену нафтног лежишту V1 које припада нафтно-гасном пољу Кикинда варош колектор стене су таложене у флувијалном систему. Највероватније је реч о правoliniјској реци са два корита која су ретко мењала ток по алувијалној равници слика (сл. 5 и 6).

Уочени речни токови документовани су и на основу интерпретације GFK. Код бушотина које су забушиле корито реке (Kg-10, 18, 19, 23, 50, 52, 60 и Kv-24 у плићем делу секвенце) јасно се уочава тенденција оситњавања величине зрна ка врху секвенце, што је својствено заупни корита. Бушотине Kg-3, 7, 9, 14, 16, 20, 25, 40, 54, 54/1, Kv-85, Kvz-50, Kvj-5/1 и Kvj-5/2 су највероватније забушиле седименте који су депоновани у алувијалној равници, па се стога карактеришу лошијим петрофизичким својствима (честа смена танких пешчарских и глиновитих сло-



Сл. 5. Флувиални модел речног тока  
 Fig. 5 Fluvial model

јева). На појединим бушотинама (Kg-32, 41, Kv-10 и Kv-24 у дубљем делу секвенце) на основу интерпретације GFK констатовани су и поинт барови. У домену бушотина Kg-33 и 39 седименти су депоновани проломским лепезама, за које је карактеристично благо округњавање величине зрна ка врху секвенце.

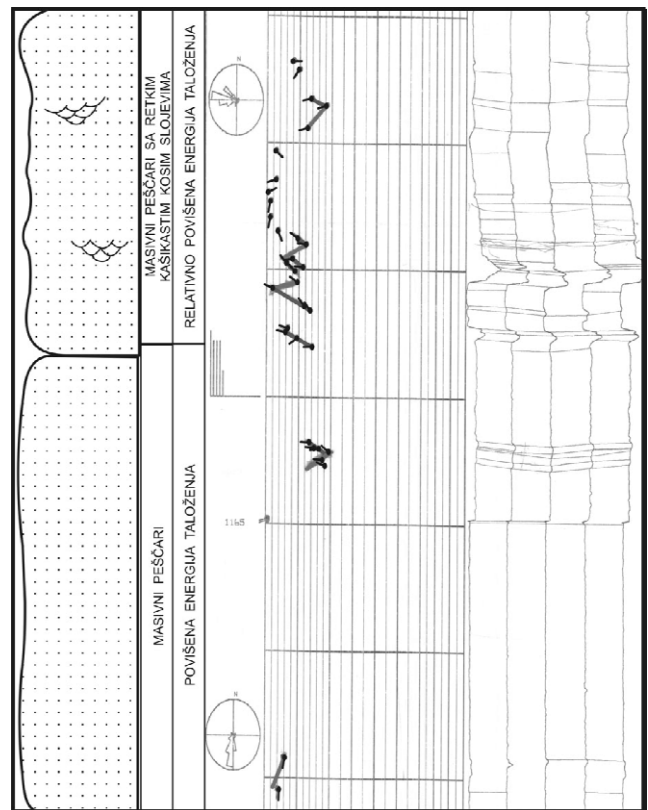


Сл. 6. Структурна карта са расподелом каналских фација  
Fig. 6. Structural map with channell facies

На основу стратиграфске интерпретације података дипметра на бушотини Kg-52 улазак у повлату лежишта V1 је на дубини од 1154.5m, где се уочава изразита ерозиона дискорданција. У доњем делу секвенце од око 1164 па до 1169 m (подина лежишта) лежиште V1 (запуна корита) је изграђено од искључиво масивних пешчара, који према врху секвенце прелазе углавном у масивне пешчаре са ретким кашикастим косим слојевима. Седименти су депоновани у условима повишене енергије таложења, што је својствено за речне токове. Плаво обојени облици на векторском дијаграму дипметра указују на правце палеотранспорта. На основу интерпретације дипметра може се закључити да је палеотранспорт био у смеру запад-југозапад, што значи да се река кретала генерално од североистока ка југозападу (сл. 7).

На пет бушотина су језгровани седименти лежишта V1. На четири бушотине (Kg-18, 19, 50, 52) су језгровани седименти каналске фације. Ова фација је представљена добросортираним ситнозрним песковима и пешчарима. На бушотини Kg-40 језгровани су седименти фације алувијалне равнице. Ова фација је представљена браонкастим глиновито-лапоровитим седиментима и сивим и тамноси-вим глиновито-угљевитим седиментима.

Производни подаци се углавном поклапају са петрофизичким својствима колектор стена појединих седиментних творевина. У табели бр. 1 дати су



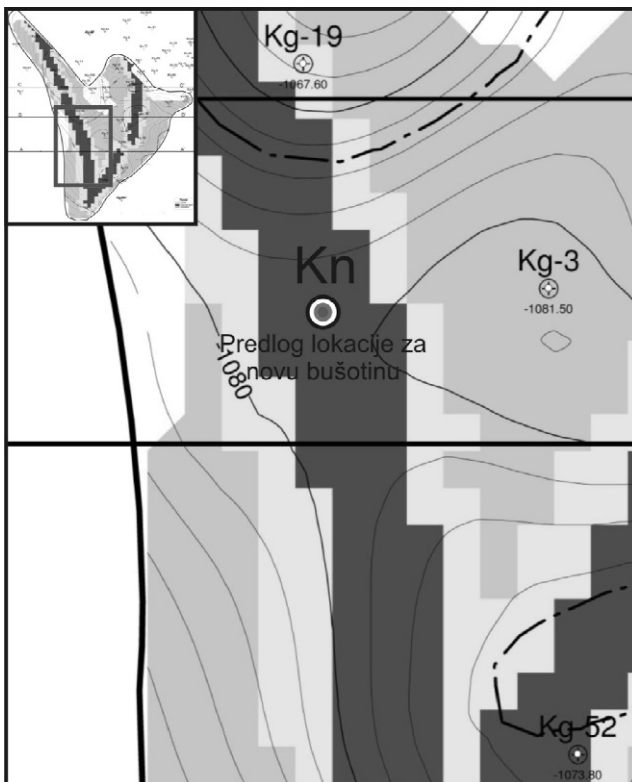
Сл. 7. Стратиграфска интерпретација података дипметра бушотине Kg-52  
Fig.7. Stratigraphic interpretation of well data diplog Kg-52

Табела 1. Производња по бушотинама.

Бушотина	Почетна производња (m <sup>3</sup> )	Тренутна производња (m <sup>3</sup> /% воде)	Депозициона средина
Kg-18	9	5/35	Канал
Kg-32	9	3/20	Поинт бар
Kg-33	8	7/25	Проломска лепеза
Kg-50	13	13/60	Канал
Kg-52	10	6/55	Канал
Kv-85	4	0.9/65	Алувијална равница
Kg-3	1/20	Радила три месеца	Алувијална равница

почетни производни подаци бушотина које су забушиле канале, прудове меандра, алувијалне равнице и проломске лепезе.

Најбољи производни подаци везани су за бушотине које су набушиле канале. Просечна максимална производња бушотина које су набушиле канал је 10 m<sup>3</sup> флуида.



Сл. 8. Предлог локације за бушење нове бушотине  
Fig 8. Proposed location for drilling new well

Пођемо ли од чињеница да су бушотине Kg-18, Kg-52 а нарочити Kg-50 имале најбољу производњу, долазимо до закључка да каналски седименти флувијалне фазије, имају најбоља колекторска

својства. Расподела каналских седимената у делу који није прекривен довољним бројем представља место за потенцијално бушење. Једна од погодних локација приказана је и на слици 8.

## Закључак

Лежиште V1 налази се у источном делу Панонског басена, у непосредној близини Кикинде. Лежиште је ве-

зано за слојеве палудинске старости. Интерпретација 3Д сеизмичких података и анализа сеизмичких атрибута, указала је на могућност да је лежиште развијено у оквиру флувијалног депозиционог система.

Повезивањем истих облика кривих геофизичког каротажа, као и података добијених бушењем (анализа језгара), реконструисани су услови седиментације лежишта V1, те потврђене претпоставке из анализе сеизмичких података.

Услови седиментације у оквиру палудинских слојева на простору лежишта V1 били су континентални, а седименти су депоновани у флувијалној средини.

Резимирајући до сада изложене чињенице, изводи се закључак да постоји могућност бушења још једне бушотине која би се налазила у оквиру каналских седимената лежишта V1, а у оквиру позитивног дела структуре. Приказано на слици 8.

## Литература

- ДИМИТРИЈЕВИЋ, М., ДИМИТРИЈЕВИЋ, М. 1989. *Депозициони системи класичног*. Загреб, 1–458.
- ГРУБИЋ, А., ОБРАДОВИЋ, Ј. 1996. *Седиментологија*. Универзитет, Београд, 233–246.
- КЕМЕНЦИ, Р., ЋАНОВИЋ, М., 1997. Geologic setting of the Pre-Tertiary basement in Vojvodina (Yugoslavia) – Part I: The Tisza Mega-unit of North Vojvodina. *Acta Geologica Hungarica*, Vol. 40/1, Akademiai Kiado, Budapest, 1–36
- МАРТИНОВИЋ, С. 1990. Претпоставка о пореклу неогених лежишта угљоводоника у Панонском басену. *Нафта*, 41(6): 245–250.
- SERRA, O., 1985. *Sedimentary environments from wireline logs*. Schlumberger, 99–107.
- ЖИТКО, В. и др. 2007. Елаборат о репроцесингу 3Д сеизмичких података и сеизмичкој карактеризацији лежишта Кикинда – Варош М+Тг. Од Истраживање и технологија – Геофизички Институт. Београд. *Централни фонд стручне документације НИС Нафтнагаса*, Нови Сад (непубликовано), стр. 1-60.





## Необходимость развития ресурсной базы компании ОАО “Газпром Нефть”

### Потреба за развојем ресурсне базе компаније “Газпром Нефть”

Б.С.ЗИЛЬБЕРМИНЦ<sup>1</sup>, В.А.САВЕЛЯЕВ<sup>2</sup> и С.И.ТИПИКИН<sup>3</sup>

**Abstract.** Gazprom Neft development strategy objective in the mid-term perspective and for the period through 2020 is to reach production level of 100 MMT per year. It is possible to achieve this objective subject to further buildup and consolidation of the Company’s resource base.

By 2020, oil reserves growth is expected to amount to about 770 MMT, and in order to support the planned production growth rate it is necessary to develop new projects and acquire oil assets for up to 1.3 billion tons, including 525 MMT by 2015, which is covered by Gazprom oil assets.

The areas of the Company’s traditional activities are able to ensure annual reserves growth at 50 MMT, which does not compensate for production. This factor determines the need to activate new projects as well. New projects, especially marine projects are able to provide significant growth of the resource base.

West Siberia will remain key oil production area in Russia. Gazprom Neft’s strategic direction will turn towards Yamalo-Nenets Autonomous District, especially its northern part, Yamal, with its Gazprom oil resources, as well as Gydan and Messoyakha and Taimyr oil belt with further access to the Kara Sea. In the long-term perspective (beyond 2020), hydrocarbon reserves growth and production will focus on Eastern Siberia, Timano-Pechora and northern offshore.

**Key words:** Strategy, Resource Base, Reserves Addition, Reserves, Production, Fields, Offshore, New Projects.

**Апстракт.** Циљ развојне стратегије Газпром њефта у средњорочној перспективи и за период до 2020 је достизање нивоа производње 100 ММТ годишње. Тај циљ је могуће остварити даљом изградњом и јачањем ресурсне базе компаније.

До 2020, процењен је раст нафтних резерви до око 770 ММТ, и да би се подржао планирани раст производње неопходно је развити нове пројекте и остварити нафтне резерве до 1,3 милијарде тона, укључујући 525 ММТ до 2015, што је покривено Газпромови нафтним резервама.

Области традиционалних активности компаније могу да омогуће годишњи раст резерви за 50 ММТ што не надокнађује производњу. Овај фактор одређује потребу за активирањем нових пројеката. Нови пројекти, посебно пројекти на мору, могу да обезбеде значајан раст ресурсне базе. Западни Сибир ће остати главна област за производњу нафте у Русији. Стратешки правци Газпром њефта ће се кретати према Аутономној области Јамало-Ненетс, нарочито његовом северном делу, Јамалу, као и областима Гидан и Месојака и нафтном појасу Таимир са будућим излазом на Карско море. У дугорочној перспективи (после 2020), резерве угљоводоника расту и производња ће се фокусирати на Источни Сибир, Тимано-Печору и северно подморје.

**Кључне речи:** стратегија, ресурсна база, повећање резерви, резерве, производња, поља, подморје, нови пројекти.

### Введение

В последние 25 лет спрос на нефть постоянно растет и ожидается, что в долгосрочной перспекти-

ве такая тенденция сохранится. Предложение, в свою очередь, стабильно удовлетворяло потребности рынка, не создавая существенных разрывов этих показателей. В период до 2020 года основные

<sup>1</sup> JSC “Gazprom neft” Oil Company, Moscow, Russia. E-mail: Zilbermints.BS@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> JSC “Gazprom neft” Oil Company, Moscow, Russia. E-mail: Savelev.VA@gazpromneft-ntc.ru

<sup>3</sup> JSC “Gazprom neft” Oil Company, Moscow, Russia. E-mail: TipikinSI@gazpromneft-ntc.ru

мировые эксперты прогнозируют рост мирового спроса и предложения нефти на одном уровне ч 2% в год. Такой уровень показателей позволит нефти сохранить значительную долю в структуре мирового энергопотребления.

Сложившаяся в настоящее время напряженная экономическая ситуация, заставляет игроков нефтяного рынка сомневаться в способности предложения удовлетворить возрастающий спрос. Глобальное ухудшение ресурсной базы нефтедобычи существенно увеличивает затраты на разведку и добычу - с 2000 года они увеличились на 160%. При этом чистый прирост мировых запасов упал с 3 454 млн. тонн в год до -179 млн. тонн в 2006 году. Эти два фактора поддерживают и будут поддерживать по оценкам экспертов цену на нефть на текущем уровне и до 2020 года цена барреля нефти будет находиться, по крайней мере, в коридоре от 60 до 70 долларов в ценах 2009 года.

С 2000 года намечается устойчивый рост производства альтернативных видов энергии, чему способствует и текущий технологический уровень и ценовая конъюнктура. Весьма возможно, что их доля к 2015 году превысит 10% от всего объема потребления жидких топлив в мире, однако это будет касаться, прежде всего, замещения доли углеводородов в бытовом потреблении, обеспечении инфраструктурных проектов, но не в основных производствах. Поэтому, Компания наметила себе амбициозные, но хорошо просчитанные и реальные цели – выйти к 2020 году на добычу 100 млн. нефти (рис. 1), обеспечив при этом соответствующий прирост ресурсной базы с нынешних 800 до 2000 млн.т. При этом, конечно, будут развиваться и нефтепереработка, технологическое и научное обеспечение геологоразведки и нефтедобычи.

Главная задача текущего периода – обеспечение устойчивого развития ресурсной базы.

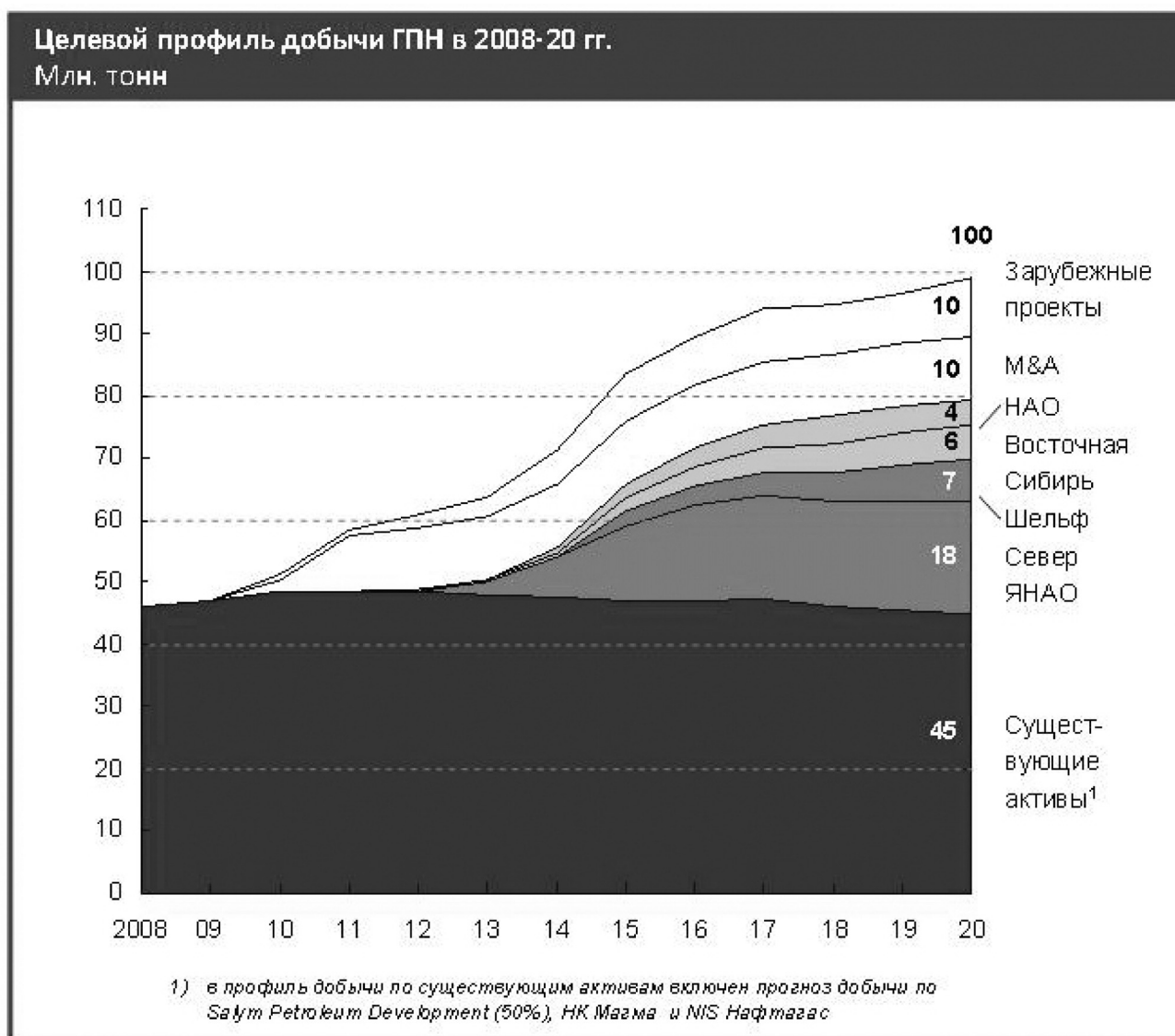


Рис.1. Прогноз добычи ОАО “Газпром нефть” до 2020 года  
Сл. 1. Прогноза добити ОАО “Газпром нефть” до 2020.

## Создание Стратегии развития ресурсной базы Компании

Программой предусматривается дальнейшее развитие Компании на базе нефтегазовых ресурсов Западной Сибири: в Шмало-Ненецком и Ханты-Мансийском округах, Омской, Томской и Тюменской областях, в Восточной Сибири: в Эвенкии и Республике Саха (Шкутия), на Дальнем Востоке: в чукотском округе, в Европейской части России: в Ненецком автономном округе, в Краснодарском крае и в Оренбургской области.

На момент составления Стратегической Программы развития Компания контролирует 12 предприятий-недропользователей, а также 50% ОАО "НГК Славнефть" в со ставе 12-ти предприятий-недропользователей (с ОАО "НГК Славнефть") и ОАО "Томскнефть ВНК", которые ведут работы на 69, 38 и 31 лицензионных участках соответственно (рис. 2)

областях. В других регионах ведется подготовка месторождений к вводу в разработку, доразведка месторождений и геологическое изучение недр с целью поисков новых месторождений.

Основные цели Стратегии развития Компании заключаются в обеспечении устойчивого роста объемов производства и повышение конкурентоспособности; в повышении производительности и эффективности пользования недрами; в формировании благоприятных производственных отношений и социальной среды, обеспечивающих максимальный рост научных и производственных показателей производства.

Стратегия добычи углеводородов выполнена на период 2010–2020 годы с учетом дальнейшего развития добычи на уже разрабатываемых месторождениях за счет оптимизации эксплуатационного бурения с использованием горизонтальных скважин, применения новых технологий вскрытия пластов и с внедрением новых методов повышения нефтеотдачи.

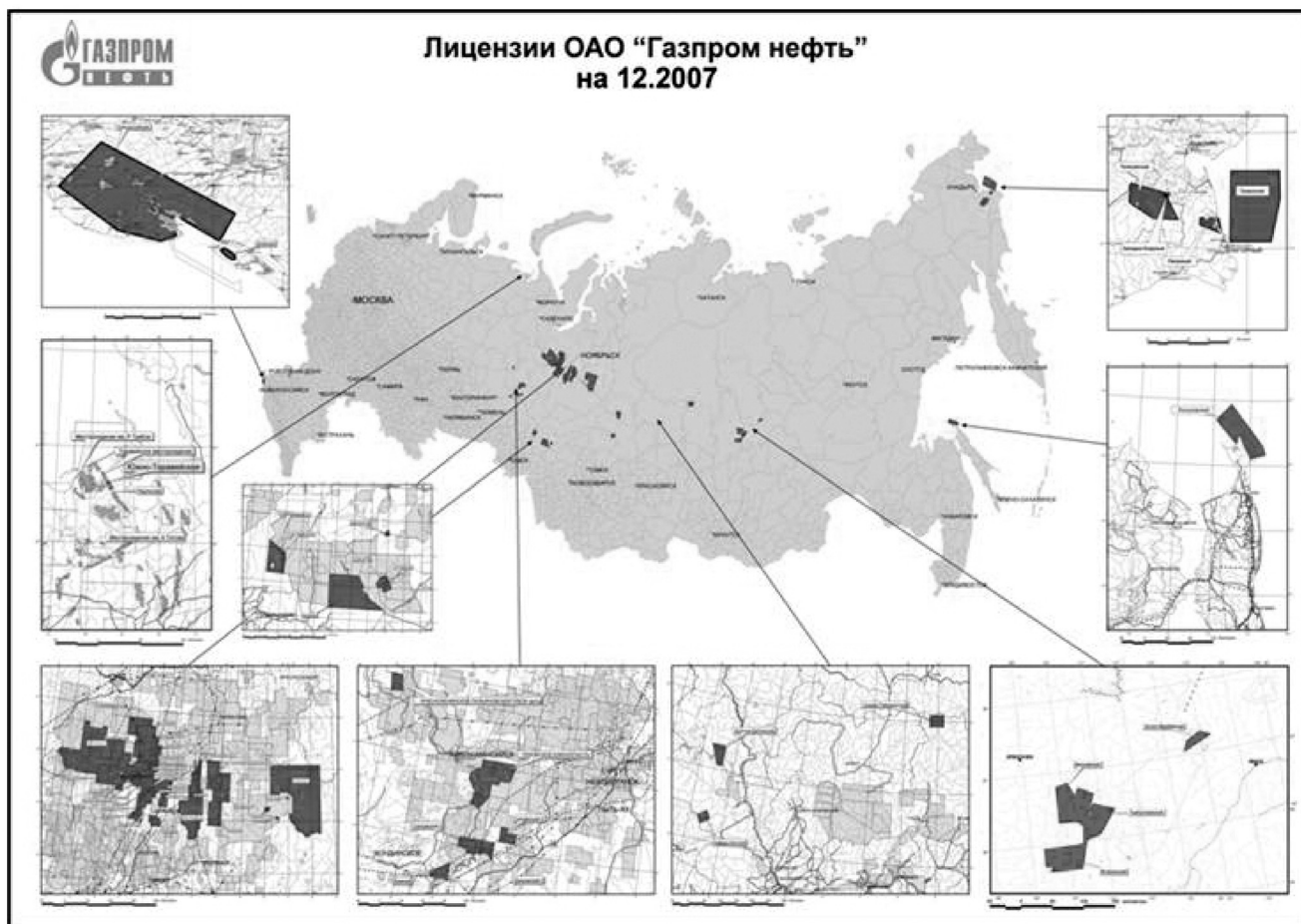


Рис. 2 Обзорная схема лицензионных участков ОАО "Газпром нефть".

Сл. 2. Карта подручја са лиценцама ОАО "Газпром нефть".

Промышленная эксплуатация месторождений углеводородов сосредоточена в Шмало-Ненецком и Ханты-Мансийском округах, в Омской и Томской

Существенный эффект может быть получен в результате ввода в разработку возвратных объектов, а также пропущенных и глубокопогруженных

горизонтов на наших старых заслуженных месторождениях.

Особое место занимает прирост извлекаемых запасов за счет повышения нефтеотдачи в результате широкого внедрения новых методов и технологий водогазового воздействия, гидродинамических и физико-химических методов, применения новых технологий воздействия на призабойную зону пласта, многообъемных гидроразрывов пласта, ремонтно-изоляционных работ на новой технологической основе, зарезке горизонтальных стволов, селективной изоляции и глубокопроникающей перфорации. Полный охват всех месторождений трехмерным геологическим и гидродинамическим моделированием позволяет оптимизировать систему разработки значительно повысить эффективность геолого-технических мероприятий направленных на стабилизацию и рост продуктивности скважин, снижение темпов обводнения продукции.

Предусматривается планомерный ввод в разработку новых месторождений на уже имеющихся лицензионных участках, а также вновь открываемых на участках где ведется геологическое изучение.

Ожидаемый прирост запасов С1 до 2020 года составит около 1 млрд. т. и в том числе по ОАО "Газпром нефть" 500 млн. т., по ОАО "НГК "Славнефть" 400 млн. т.

Для обеспечения установленных темпов роста добычи нефти необходимо приобретение извлекаемых запасов С1 не менее 100–150 млн.т. не позднее 2015 года.

## Районы работ Компании

В настоящее время основные лицензионные участки компании расположены в Щмало-Ненецком, Ханты-Мансийском автономных округах, Томской и Омской областях. Здесь сосредоточены все производственные мощности предприятий недропользователей и добывающие предприятия.

Начальные извлекаемые запасы нефти только компании "Газпром нефть" по состоянию на 01.01.2009 г по категориям АВ+С1 более 1,5 млрд. т, при накопленной добычи около 700 млн.т. Остаточные запасы составляют более 800 млн.т, что ставит ее в один ряд с двадцатью крупнейшими частными нефтяными компаниями мира. В целом группа компаний Газпром нефть (включая доли в Славнефть, Томскнефть, СибирЭнержи) компания располагает извлекаемыми запасами по промышленным категориям в количестве свыше 1,7 млрд. т, что обеспечивает добычу нефти и конденсата на уровне 47 млн.т.

Из 45 месторождений, находящихся на балансе Компании, 27 разрабатываются, 8 месторождений

подготовлены к началу разработки и 10 находятся в разведке. Основные разведанные запасы углеводородов (свыше 99%) сосредоточены в пределах Западно-Сибирской провинции.

Текущая обеспеченность добычи запасами нефти, из расчета ежегодной добычи на уровне 30–33млн. т составляет около 25 лет.

## Основные направления развития ресурсной базы Компании

В связи с провозглашенной концепцией энергетической направленности экономики Российской Федерации, сейчас важно обеспечить ресурсную базу этого развития. В нашей компании это может происходить по трем направлениям: поддержка текущей нефтедобычи в традиционных районах деятельности, формирование новых центров нефтедобычи России и организация морских проектов. Районы традиционной деятельности компании могут обеспечить ежегодный прирост запасов на уровне 50 млн.т., что восполняет только текущую добычу. Это также определяет необходимость активизации новых проектов. Новые и, особенно, морские проекты способны дать существенные приросты ресурсной базы, однако риск этих проектов весьма значителен, из трех-четырех проектов только один может быть успешным. В настоящее время компании принадлежат 13 лицензий в новых регионах с общей ресурсной оценкой 700-800 млн.т. В Восточной Сибири это Средне-Таймыринский, Тымпучиканский, Вакунайский, Игнялинский, Северо-Кетский. К морским проектам следует отнести и прибрежный Дообский и Новороссийский участки (Краснодарский край), освоение которых позволит оценить перспективы российской черноморской акватории. Огромный бассейн Черного моря, может содержать крупные месторождения углеводородов. Так, на рифе Мария прогнозируется открытие крупного (более 200 млн.т.) нефтегазового месторождения.

Морские проекты в настоящее время являются своеобразным критерием уровня развития современной нефтегазовой компании. При их реализации задействуется весь ее интеллектуальный, технологический и экономический потенциал. В 2006 году уже объявлено о возможности получения лицензий на геологическое изучение по Чукотскому, Баренцеву и Восточно-Сибирскому морям. Эти акватории, в связи с их возможной нефтеносностью, являются приоритетными для компании.

Кроме этих направлений несомненный интерес представляют участки, содержащие крупные месторождения в Тимано-Печорской провинции, Енисей-Хатангском прогибе, морях Карском и Лаптевых, Сахалинском шельфе, Каспийском море.

Участие ОАО "Газпром нефть" в освоении нефтяных активов Газпрома (до 700 млн.т. извлекаемых запасов промышленных категорий) существенно укрепляет ее ресурсную базу нефтедобычи и позволяет сконцентрировать новые геологоразведочные работы на участках с высокой эффективностью поисковых исследований. Это высвобождает финансовые ресурсы для региональных поисковых проектов. Так на чукотском и Восточно-Сибирском морях наша компания может быть оператором крупного международного Восточно-Арктический проекта. Успех этого проекта обеспечит наше энергетическое лидерство на длительную перспективу.

В целом, приоритетными направлениями для ОАО "Газпром нефть" являются: освоение нефтяных активов ОАО "Газпром" для обеспечения запланированных уровней добычи; участие в освоении крупных (с запасами более 50 млн.т.) месторождений в Западно-Сибирской и Тимано-Печорской провинциях, причем в обеих провинциях развитие ресурсной базы связано с прилегающими акваториями Карского и Печорского морей; активизация Приразломного и Долгинского проектов в Баренцевом море, получение лицензий на новые морские участки; развитие и расширение Красноярских и Щукотских активов компании; инициация новых зарубежных проектов.

Западная Сибирь останется основным регионом нефтедобычи в России. Для Компании стратегическим направлением будем ЩМАО и особенно северная часть округа – ЩМАЛ с его нефтяными ресурсами ОАО "Газпром" и Гыдан с Мессояхой и притаймырским нефтяным поясом и с дальнейшим выходом в Карское море. Обеспечение приростов запасов углеводородов и их добычи в долгосрочной перспективе (за горизонтом 2020 годом) будут обеспечивать Восточная Сибирь, Тимано-Печора и шельфы северных морей.

## Стратегия развития ОАО "Газпром Нефть"

Компания формирует Стратегию развития ресурсной базы и добычи, а также диверсификации районов деятельности.

Согласно целевого уровня добыча к 2020 году по ОАО "Газпром нефть" в России составит не менее 80 млн.т/год. Расчеты добычи нефти с учетом развития собственной базы и развития активов группы "Газпром" показывают, что основной прирост нефти в период 2009-2020 г.г. будет получен от интенсивного развития активов группы "Газпром" (более 30% от общей добычи), а мероприятия по оптимизации собственной ресурсной базы и развитию приобретенных новых лицензионных участков, позволят удерживать годовую

добычу на уровне 2010 года (47-49 млн.т/год). Поэтому одна из важных целей – развитие ресурсной базы за счет приобретения и новых лицензий, и готового бизнеса. Целевыми регионами будут оставаться регионы нашего присутствия - ХМАО, ЩМАО, Томская область. Также будет рассматриваться возможность приобретения действующих предприятий или лицензионных участков в Тимано-Печоре, Восточной Сибири и на акваториях России а также на зарубежном направлении, в том числе и на глубоководных акваториях.

В долгосрочной перспективе, мы, безусловно, будем работать на шельфе, поэтому ставим перед собой задачу в ближайшее время приобрести опыт в реализации таких проектов с иностранным партнером, чтобы начиная с 2015 года вести уже масштабные операции на шельфе. Ведутся переговоры о приобретении других оффшорных участков кроме тех, которые уже есть в Компании и у "Газпрома".

Целью стратегии развития компании "Газпром нефть" в среднесрочной перспективе и на период до 2020 года выйти на добычу 100 млн.т нефти в год. Достижение поставленной задачи возможно при условии дальнейшего наращивания и укрепления ресурсной базы компании.

К 2020 году прирост запасов нефти составит около 770 млн.т. (в том числе по ОАО "Газпром нефть" 515 млн. т., по ОАО "НГК "Славнефть" 255 млн. т.) и для обеспечения установленных плановых темпов роста добычи, необходимо приобретение нефтяных активов в объеме не менее 1.3 млрд. т., в том числе к 2015 году – 525 млн., что может быть покрыто нефтяными активами ОАО "Газпром".

При разработке Стратегии был осуществлен выбор наиболее перспективных участков. Учитывая запасы и потенциал добычи по этим перспективным для приобретения или получения лицензионным участкам, а так же все собственные ресурсы и ресурсы группы "Газпром" максимально возможный уровень добычи к 2020 году может составить более 120 млн.т/год. Прирост годовой добычи на 2020 год от предполагаемой покупки выбранных при анализе 33 участков составит около 46 млн.т.

Прирост запасов за счет эксплуатационного бурения и ГРП на фонде ОАО "Газпром нефть", не обеспечивает темпы годовой добычи нефти до 2020 года с выходом на целевой уровень.

Данный расчет показывает, что в среднесрочной перспективе до 2020 года необходимо приобрести дополнительных запасов из "не распределенного фонда" не менее 670 млн.т, причем на горизонте 2009-2010 г необходима покупка запасов (что уже осуществляется – приобретение СибирьЭнерджи) с опережающими темпами не менее 300 млн.т так же на горизонте 2011-215 потребность в запасах составит 350 млн.т. Задача по опережающей по-

купке запасов обусловлена потребностью в определенном (3-5 лет) времени для подготовки запасов к разработке (подготовка документации на разработку и обустройство месторождений, проведение ГРП и т.д.).

Региональное изучение будет осуществляться на других малоизученных перспективных акваториях и территориях, к которым относятся моря Восточно-Сибирское, Лаптевых, Енисей-Хатангский прогиб, Курейская синеклиза и Вилюйский прогиб Оленекский битумный пояс Восточной Сибири.

## Выводы

Западная Сибирь останется основным регионом нефтедобычи в России. Для Компании стратегическим направлением будем ЩНАО и особенно северная часть округа – ЩМАЛ с его нефтяными ресурсами ОАО “Газпром” и Гыдан с Мессояхой и притаймырским нефтяным поясом и с дальнейшим выходом в Карское море. Обеспечение приростов запасов углеводородов и их добычи в долгосрочной перспективе (за горизонтом 2020 годом) будут обеспечивать Восточная Сибирь, Тимано-Печора и шельфы северных морей.

Цель стратегии развития компании “Газпром нефть” в среднесрочной перспективе и на период до 2020 года - выйти на добычу 80-100 млн.т нефти в год. Достижение поставленной задачи возможно при условии дальнейшего наращивания и укрепления ресурсной базы компании.

К 2020 году прирост запасов нефти составит около 770 млн.т. (в том числе по ОАО “Газпром нефть” 515 млн. т., по ОАО “НГК “Славнефть” 255 млн. т.) и для обеспечения установленных плановых темпов роста добычи, необходимо приобретение нефтяных активов в объеме не менее 1.3 млрд. т., в том числе к 2015 году – 525 млн., что может быть покрыто нефтяными активами ОАО “Газпром”.

Поддержание текущей ресурсной базы будет осуществляться в ходе доразведки и эксплуатации имеющихся месторождений в ЩНАО, ХМАО, Томской области и на нефтяных активах ОАО “Газпром” на севере ЩНАО и Оренбургской области.

Увеличение и развитие ресурсной базы Компании может произойти за счет открытия новых и доразведки известных месторождений на Щмале и Гыдане, а также крупных открытий на шельфе и в новых регионах.

## Оценка возможности открытия залежей углеводородов в пределах западного погружения Большого Кавказа

### Процена потенцијалности открића угљоводоника на западним падинама Великог Кавказа

ДМИТРИЙ ЗОЛОТАРЕВ<sup>1</sup>, МАРИНА ДУДУЕВА<sup>2</sup> и СВЕТЛАНА РАССКАЗОВА<sup>3</sup>

**Abstract.** The western dipping of the Great Caucasus mega-anticlinorium traditionally is not included in the geological and petroleum zonation due to the presumed absence of the petroleum potential in the area. Basin 2D modeling in TEMIS software package which has been performed in the Petroleum Scientific and Technical Center of JSC Gazprom neft, coupled with the comprehensive analysis of geological and seismic data of Novorossiysk block, have given us grounds to assume the possibility of existence of hydrocarbon deposits and Jurassic formation.

**Key Words:** Hydrocarbons, Western Dipping of the Great Caucasus, Basin Modeling, Reefs, Upper Jurassic.

**Апстракт.** Западне падине мега-антиклиноријума Великог Кавказа се обично не укључују у нафтно-геолошко зонирање услед претпостављеног одсуства нафтног потенцијала у овој области. 2Д моделовање басена у програмском пакету ТЕМИС, које је извршено у Нафтном научно-техничком центру ЈСЦ Гаспром њефта, заједно са обимном анализом геолошких и сеизмичких података блока Новоросијск, дали су нам основу за претпоставку о постојању лежишта угљоводоника и јурских формација.

**Кључне речи:** угљоводоници, западне падине Великог Кавказа, моделовање басена, горња јура.

#### Введение

Западное погружение Кавказского мегантиклинория традиционно позиционируется как бесперспективная в нефтегазоносном отношении территория. Бассейновое моделирование в программном комплексе Темис-2Д, выполненное в научно-техническом центре ОАО «Газпромнефть» в комплексе с анализом геологических данных и материалов сейсморазведочных работ, проведенных на Новороссийском лицензионном участке ОАО «Газпромнефть», позволяет предположить возможность существования залежей углеводородов (УВ) в юрских отложениях.

#### Результаты поискового бурения

К северу от Кавказа, на южном борту предгорного Западно-Кубанского прогиба, открыто более

50 нефтегазовых месторождений в отложениях от верхней юры до неогена.

На Западном Кавказе на дневную поверхность выходят меловые и юрские породы. Глубже залегают породы от триасового до архейского возраста - по аналогии с центральной частью Кавказа, где они обнажаются.

Поисковые буровые работы в пределах Западного Кавказа проводятся почти 70 лет. Пробурено свыше 400 скважин. В результате открыто 2 нефтегазовых месторождения в нижнемеловых песчаниках (Куринское и Мирная Балка) и 3 мелких газовых месторождения в биогермах верхней юры (Самурское, Ширванское, Южно-Хадыженское) (Рис.1). Также установлены непромышленные газопроявления из коллекторов нижне- и верхнемелового возраста. Юрские отложения там, где они залегают под меловыми - на глубинах 4-8 км, вскрывались скважинами на небольшую толщину, и изучены слабо.

<sup>1</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Zolotarev.DG@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Dudueva.MG@gazpromneft-ntc.ru

<sup>3</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Rasskazova.SN@gazpromneft-ntc.ru

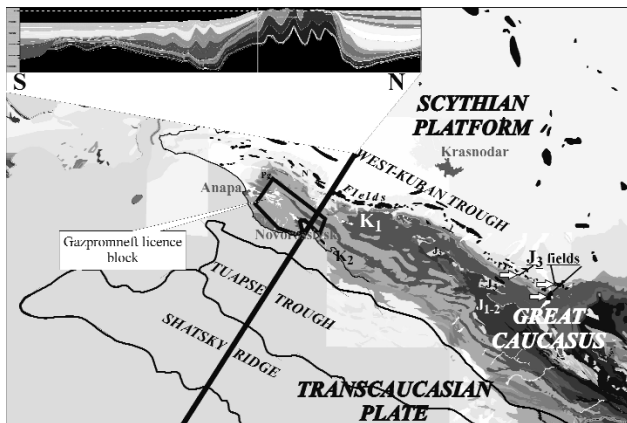


Рис.1. Геологическая карта региона исследований с элементами тектоники.

Сл. Геологическая карта исследуемого региона с элементами тектоники.

Чтобы понять причины низкой успешности и оценить возможные перспективы рассматриваемой территории, кратко рассмотрим историю развития Кавказской горно-складчатой системы и результаты современной сейсморазведки.

### Краткая история геологического развития региона

Пермский период был временем формирования складчатого фундамента молодой Скифской платформы - к югу от древней Восточно-Европейской платформы. Накопившиеся ранее осадочные комплексы палеозоя подвергались метаморфизму - АФАНАСЕНКОВ и др. (2007). Триасовый период стал началом формирования осадочного чехла Скифской платформы. Триасовый комплекс пород является переходным между герцинским складчатым основанием и альпийским осадочным чехлом.

В юрский период Скифская платформа окончательно вступает в этап формирования осадочного чехла. Береговая линия морского бассейна проходила вдоль северного склона современного Большого Кавказа, постепенно перемещаясь в течение всего юрского периода к северу - Геология СССР (1968). Нижне-среднеюрский комплекс пород представлен прибрежно-морскими фациями - конгломератами, песчаниками, аргиллитами, глинистыми сланцами, вулканогенными породами - РОСТОВЦЕВ (1992). Далее к северу находилась суша.

В поздней юре в результате растяжения земной коры формируется глубоководный полутрог Большого Кавказа субширотной ориентировки с крутым северным и пологим южным бортом (Рис.2-б). От Скифской платформы отделяется расположенная южнее Закавказская плита.

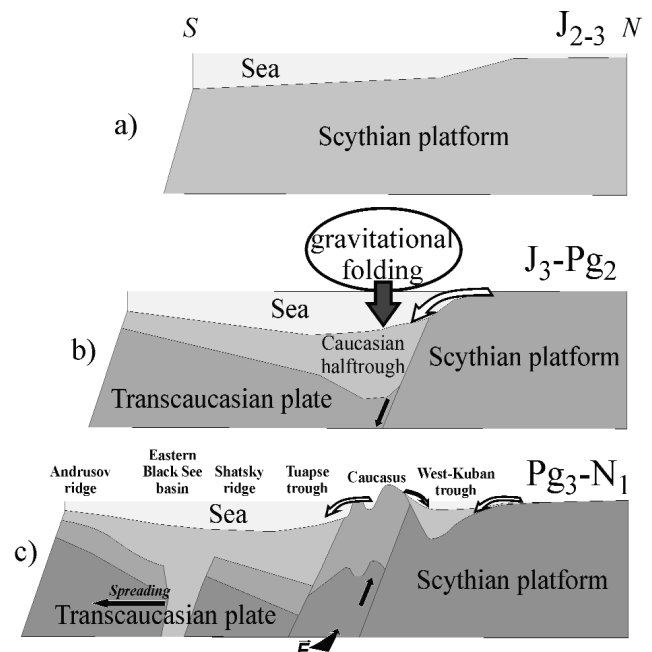


Рис.2. Модель развития Восточно-Черноморского региона в юрско-неогеновое время.

Сл. 2. Модель развития Восточно-Черноморского региона в юрско-неогеновое время.

Изменение тектонической обстановки определяется по изменению характера осадконакопления. В ранней и средней юре - мелководные фации, в конце поздней юры - глубоководные глинистые сланцы и турбидиты - АФАНАСЕНКОВ (2007).

Вдоль северного и предположительно южного бортов Кавказского полуострова формируются рифовые пояса. В современной структуре барьерный риф северного борта выведен на поверхность в районе Лагонакского нагорья Кавказа (Рис.3). Погребенная рифовая гряда продолжается (по данным бурения и сейсморазведки) на запад полосой, имеющей ширину порядка 20 км, вдоль северного склона Западного Кавказа. К северо-западу от Лагонакского нагорья в погребенных биогермах верхней юры открыто 3 мелких газовых месторождения (Рис.1). Предполагается, что далее в северо-западном направлении барьерный риф проходит через район Таманского полуострова до Горного Крыма, где верхнеюрские рифы также выходят на поверхность - АФАНАСЕНКОВ (2007).

В мел-палеогеновое время трансгрессия морского бассейна на север продолжилась. В полутроге Большого Кавказа накапливались осадки флишевого типа. В нижнемеловое время это был терригенный флиш, в верхнемеловое и палеоэоценовое - глинисто-карбонатный. Широко распространены олистостромы и гравитационная складчатость (Рис.2-б).



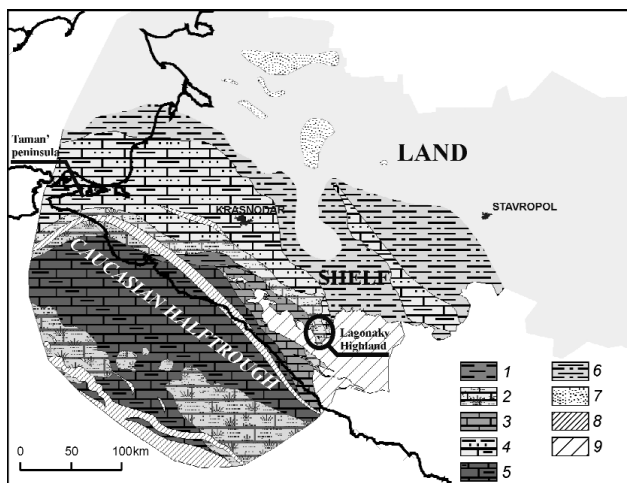


Рис.3. Лито-фациальная схема верхнеюрских отложений. Легенда: 1- аргиллиты, 2 – биогермы, 3 – известняки, 4 – песчаники, аргиллиты, известняки, 5 – мергели, 6 – песчаники, аргиллиты, эвапориты, 7 – пески, песчаники, 8 – зона отсутствия верхнеюрских отложение вследствие разрыва (растяжения земной коры), 9 – зона постседиментационного размыва.

Сл. 3- Литофациална шема горњојурских слојева. Легенда: 1- аргилити, 2 – биохерми, 3 – кречњаџи, 4 – пешчари, аргилити, кречњаџи, 5 – лапорџи, 6 – пешчари, аргилити, евапорити 7 – пескови, пешчари, 8 – зона одсуства горњојурских седимената услед ширења земљине коре, 9 – зона постседиментационог испирања.

В олигоцен - миоцене сформировалась современная структура Кавказского региона. Произошла ещё одна фаза рифтинга - в пределах Закавказской плиты в результате дальнейшего растяжения обособились Вал Шатского, Вал Андрусова и Восточно-Черноморская впадина (Рис.2-с). Одновременно в результате тектонического сжатия со стороны Аравийской платформы, имевшего северо-западную направленность, начался инверсионный этап развития полутрога Большого Кавказа с формированием орогенного сооружения.

### Перспективные отложения

В качестве возможно перспективных отложений Западного погружения Большого Кавказа рассмотрим меловой и юрский комплексы пород. Породы мела представляют собой флишевую формацию, формировавшуюся в глубоководной морской обстановке у подножия континентального склона. Данные бурения свидетельствуют об их сильной изменчивости, нерегулярности распространения коллекторов и их невысоких коллекторских свойствах. Оползневой характер осадконакопления изначально обусловил сложную структуру мелового комплекса. Последующая олигоцен – миоценовая

инверсия ещё более усложнила строение меловых пород. С одной стороны интенсивная тектоника способствовала развитию трещиноватости и улучшению коллекторских свойств пород, с другой стороны происходило дробление ловушек на более мелкие, и породы-покрышки теряли свои свойства.

Юрские породы также подверглись деформации в процессе горообразования, но их современная степень дислоцированности ниже, чем у меловых пород, т.к. в процессе осадконакопления они изначально не подвергались гравитационной складчатости. Их формирование происходило в более благоприятных для коллекторов условиях мелководного шельфа. В пределах западной части Кавказа вероятность наличия в юрских отложениях кондиционных ловушек выше, чем в меловых отложениях. В отложениях нижней и средней юры возможно наличие терригенных коллекторов, в верхнеюрских отложениях – карбонатных рифогенных коллекторов. К тому же юрские отложения перекрыты меловыми, которые по своим свойствам в целом являются крышкой.

Гипотеза о строении юрской и меловой частей разреза Западного Кавказа подтверждается результатами сейсморазведочных работ 2Д, проведенных на Новороссийском лицензионном участке ОАО «Газпром нефть» в 2007-2009 гг. (Рис.1). На временных разрезах хорошо видно наличие двух структурных этажей – верхнего интенсивно дислоцированного, сопоставляемого с меловыми отложениями и имеющего мощность  $\approx 4,5 - 7,5$  км, и нижнего – существенно менее дислоцированного, условно сопоставляемого с юрским структурным этажом (Рис.4).

### Бассейновое моделирование

Генерационный потенциал Восточно-Черноморского бассейна достаточно высок. Открытые запасы Западно-Кубанской нефтегазоносной области (НГО), соседствующей с Западным Кавказом, составляют 420 млн.т.у.т. Примерно в такую же величину оцениваются неразведанные ресурсы. Основным источником генерации углеводородов для Западно-Кубанской НГО является одноимённый прогиб, имеющий толщину осадочного чехла (по данным сейсморазведки) до 10 км. К югу от Кавказа находится Туапсинский прогиб – сходный с Западно-Кубанским как по размерам, так и, вероятно, по разрезу. В Туапсинском прогибе на акватории Черного моря скважины не пробурены, но волновые поля временных разрезов шельфа и суши увязываются достаточно четко.

Возможность наличия ловушек в верхнеюрских отложениях Западного Кавказа была рассмотрена выше. Наличие миграции УВ косвенно подтверждается фактом многочисленных газопроявлений

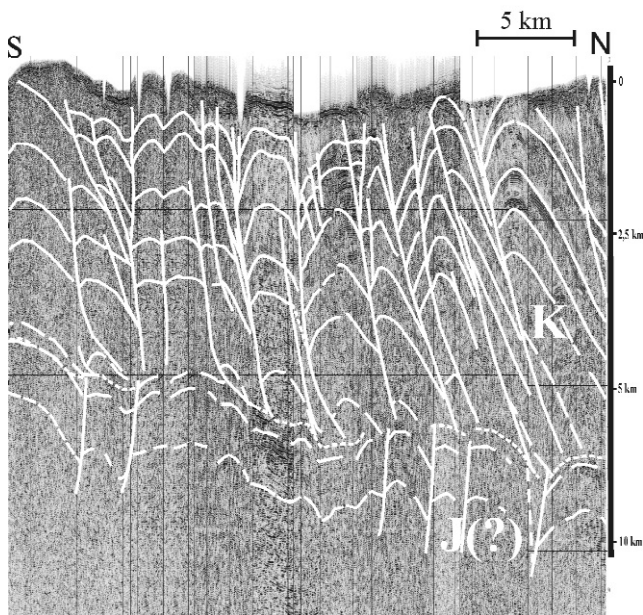


Рис.4. Временной разрез через Новороссийский лицензионный участок ОАО «Газпром нефть».

Сл. 4. Профиль кросз истражни део ОАО «Газпром нефть».

в меловых отложениях. Являются ли эти газопроявления лишь остатками залежей доорогенного этапа развития Кавказа? Или процесс генерации продолжался в посторогенную стадию? В последнем случае вероятность наличия залежей УВ в юрских отложениях Западного Кавказа существенно повышается.

Важным вопросом является и территориальное определение источника УВ. Крылья мегантиклинория Большого Кавказа представляют собой систему ступенчатых блоков с многочисленными нарушениями. Являются ли эти нарушения экранами или обладают способностью пропускать флюиды – неизвестно. Во втором варианте УВ, мигрирующие из Туапсинского и Западно-Кубанского прогибов, имеют большие шансы достигнуть юрских коллекторов Западного Кавказа. Что произойдет, если на их пути окажутся нарушения с хорошими экранирующими свойствами?

2-х-мерное моделирование процесса формирования углеводородной системы в программном комплексе Темис-2Д БеиципФранлаб, проведенное на основе данных о строении и развитии осадочного бассейна, позволяет определить степень реализации генерационного потенциала УВ нефтематеринских свит в процессе их погружения, пути миграции УВ и на этой основе качественно оценить перспективы нефтегазоносности бассейна.

Тестирование модели было проведено по профилю длиной 300 км, пересекающему северный борт Восточно-Черноморской впадины, Вал Шат-

ского, Туапсинский прогиб, Западное погружение Большого Кавказа и Западно-Кубанский прогиб (Рис.1).

Исходя из представлений о структурном, палеотектоническом и палеогеографическом развитии данной территории, была построена модель накопления осадочной толщи, в которой использовались параметры, полученные по результатам бурения. Также использовались данные из опубликованных источников - Галушкин (2007), Афанасенков (2007).

Диапазон нефтегазовой системы включает породы от юры до антропогена. Современные глубины залегания нефтематеринских пород составляют для Туапсинского прогиба от 4000 до 10000 м. Они представлены глинистыми известняками титона, мергелями сеномана, аргиллитами эоцена, глинами майкопа ( $Пг_3+Н_1^1$ ). Тепловой поток в основании литосферы на сегодняшний день равен  $30 \text{ мВт/м}^2$ . На стадии верхнеюрской фазы растяжения наблюдался его значительный рост - предположительно  $60 \text{ мВт/м}^2$ . Современная температура на поверхности была принята равной  $9^\circ\text{C}$ .

Результаты проведенных тестов показывают, что в настоящее время все нефтематеринские породы достигли максимальной степени зрелости в Туапсинском прогибе, где сейчас находятся в главной фазе газообразования. В пределах Вала Шатского и зонах сочленения Большого Кавказа с Туапсинским и Западно-Кубанским прогибами - в фазе «нефтяного окна».

До майкопского времени нефтематеринские породы Туапсинского прогиба оставались незрелыми, а затем быстро реализовали свой потенциал в период с майкопа до настоящего времени. В районе Кавказа юрские нефтематеринские породы реализовали свой потенциал еще в конце мезозоя - до начала горообразования, а меловые, в основном, так и остались незрелыми.

Результаты моделирования показывают, что миграция УВ происходила в направлении всех основных структурных элементов, в т.ч. Большого Кавказа, причем даже при наличии условно непроницаемых разломов (Рис.5). Но плотность распределения УВ при этом уменьшается почти вдвое.

Полученные числовые значения плотностей распределения УВ по разрезу не приводятся, т.к. Темис-2Д использовался нами только для качественной оценки. Но отметим, что максимальные ее относительные значения приурочены к Валу Шатского. Примерно в 2,5 раза плотность УВ ниже в Туапсинском и Западно-Кубанском прогибах. Минимальная плотность УВ соответствует Западному погружению Кавказа - почти в 3 раза меньше, чем в Западно-Кубанском прогибе.

Таким образом, юрские отложения Западного Кавказа обладают определенными перспективами в плане открытия залежей углеводородов.

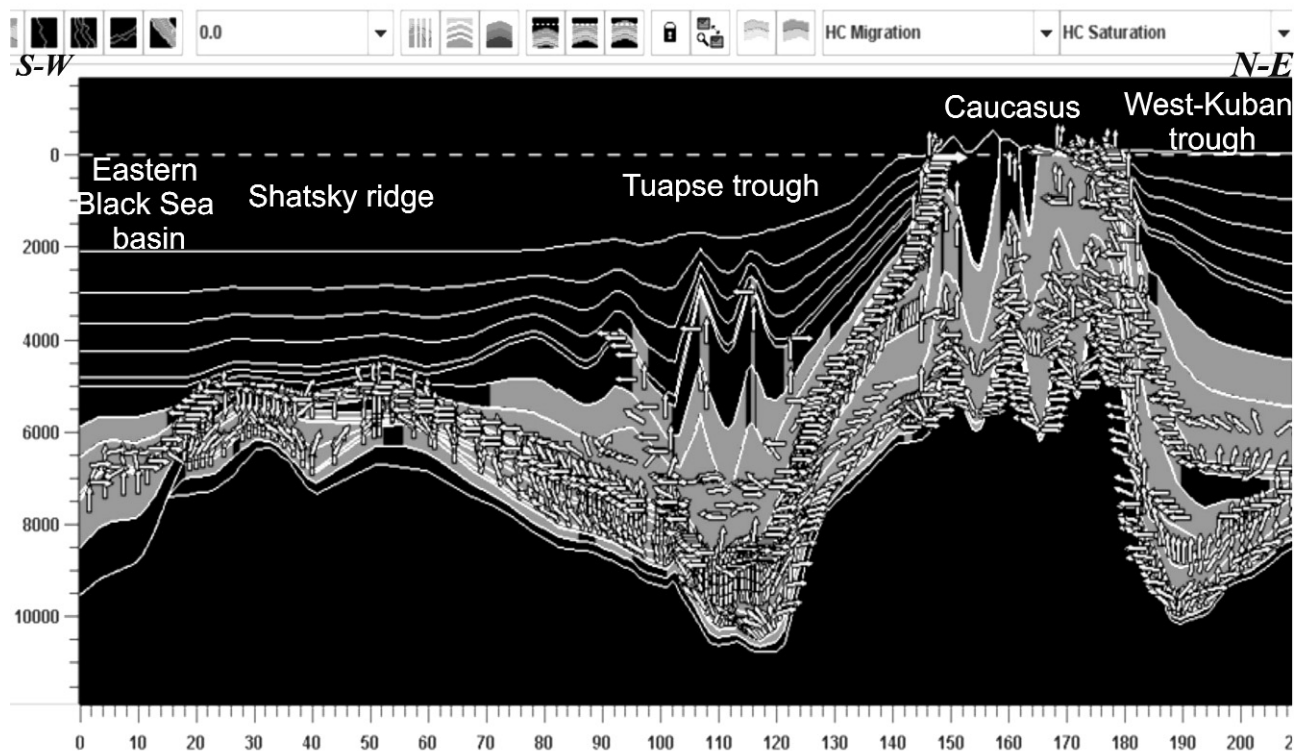


Рис.5. Пути миграции углеводородов по разрезу в Н-Ль время.

Сл. 5. Путь миграции углеводородов током неогена и квартера.

Полученные результаты являются основой для дальнейших углубленных исследований.

### Список литературы

АФАНАСЕНКОВ А.П., НИКИШИН А.М., ОБУХОВ А.Н. 2007. Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. 172 с. Москва,

издательство «Научный мир».

ГАЛУШКИН Ю.И. 2007. Моделирование осадочных бассейнов и оценка их нефтегазоносности. 456 с. Москва, издательство «Научный мир».

РОСТОВЦЕВ К.О. 1992. Юра Кавказа. 192с. Санкт-Петербург, издательство «Наука».

Геология СССР (Редактор Андришук В.Л.). 1968. Том ИС. Северный Кавказ. Часть И. 760 с. Москва, издательство «Недра».



## Мессояхский проект - новое направление развития Западной Сибири

Месојахски пројекат, нови правци развоја у Западном Сибиру

С. КАЛИКОВ<sup>1</sup> и М. ЧЕРВЕНКО<sup>2</sup>

**Abstract.** New large basic oil and gas fields, Western and Eastern Messoyakha Fields, are located in the north of the West-Siberian sedimentary basin in Yamal and Gydan. The fields were discovered in 1983-1989. To date, a considerable amount of 2D and 3D seismic has been acquired and 16 wells drilled. Reserves estimations have been completed to add oil and gas reserves and to refer those fields to unique ones. The fields are located within Western and Eastern Messoyakha Plateaus that complicate Srednemesoyakhsky Range, which is a part of Messoyakha Ridge, a unique transverse structure in the north of Western-Siberian Platform, the ridge going through lots of ages and being deep-located and present in all the strata. The prospects of the range are not limited to the identified reserves and can be extended with underexplored slopes of Neocomian, Middle Jurassic, Low Jurassic, and Triassic depositions. We have developed a seismic-and-geological model that reflects the formation process of oil and gas deposits and serves as a basis for planning drilling and seismic acquisition activities.

Among outstanding issues, which have not been adequately addressed during the previous studies, would be enhancement of the seismic data quality related to the complex slip-thrust fault tectonics.

**Key words:** common-depth point method, Upper Cretaceous, Lower Cretaceous, anticlinal structure, gas, oil, North-west Caucasus.

**Апстракт.** Нова велика нафтна и гасна поља, Западно и Источно поље Месојака, налазе се на северу Западно-сибирског седиментног басена, у Јамалу и Гидану. Поља су откривена 1983-1989. До данас, добијена је значајна количина 2Д и 3Д сеизмике и избушено је 16 бушотина. Завршене су процене резерви да би се додале резерве нафте и гаса и да би се та поља превела у ред јединствених. Поља се налазе унутар западног и источног платоа Месојака, као дела планинског венца Среднемесојахски и гребена Месојака, јединствене дијагоналне структуре на северу Западно-сибирске платформе. Гребен се простире кроз многе стратиграфске чланове и дубински је лоциран и присутан у свим комплексима. Перспективе нису везане само за одређивање резерви и могу се проширити на неистражене падине неокомских, средњојурских, доњојурских и тријаских седимената. Ми смо развили сеизмички и геолошки модел који одражава процесе формирања нафтних и гасних лежишта и служи као основа за планирање бушења и активности сеизмичке аквизиције.

**Кључне речи:** гасно-нафтна лежишта, Јамал, гребен Месојака, неоком, горња јура, перспектива.

### Введение

В последние годы для обеспечения постоянного роста добычи нефти и газа возрастает потребность в новых крупных базовых газонефтяных месторождениях. Несомненно таковыми являются Западно- и Восточно-Мессояхское месторождения, распо-

ложенные на севере ЯНАО в Гыданской и Мессовской НГО. Ближайшими к ним эксплуатируемыми месторождениями являются Ямбургское (в 120 км), Находкинское (52 км) и Ванкорское (160 км) (рис.1).

Месторождения были открыты в 1983 (Западно-) и в 1989 (Восточно-Мессояхское). В их изучении выделяются два этапа.

<sup>1</sup> JSC «Gazprom нефт» Oil Company, Moscow, Russia. E-mail: Khalikov.CI@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft NNG» Noyabrsk, Russia. E-mail: Cherevko.SA@yamal.gazprom-neft.ru



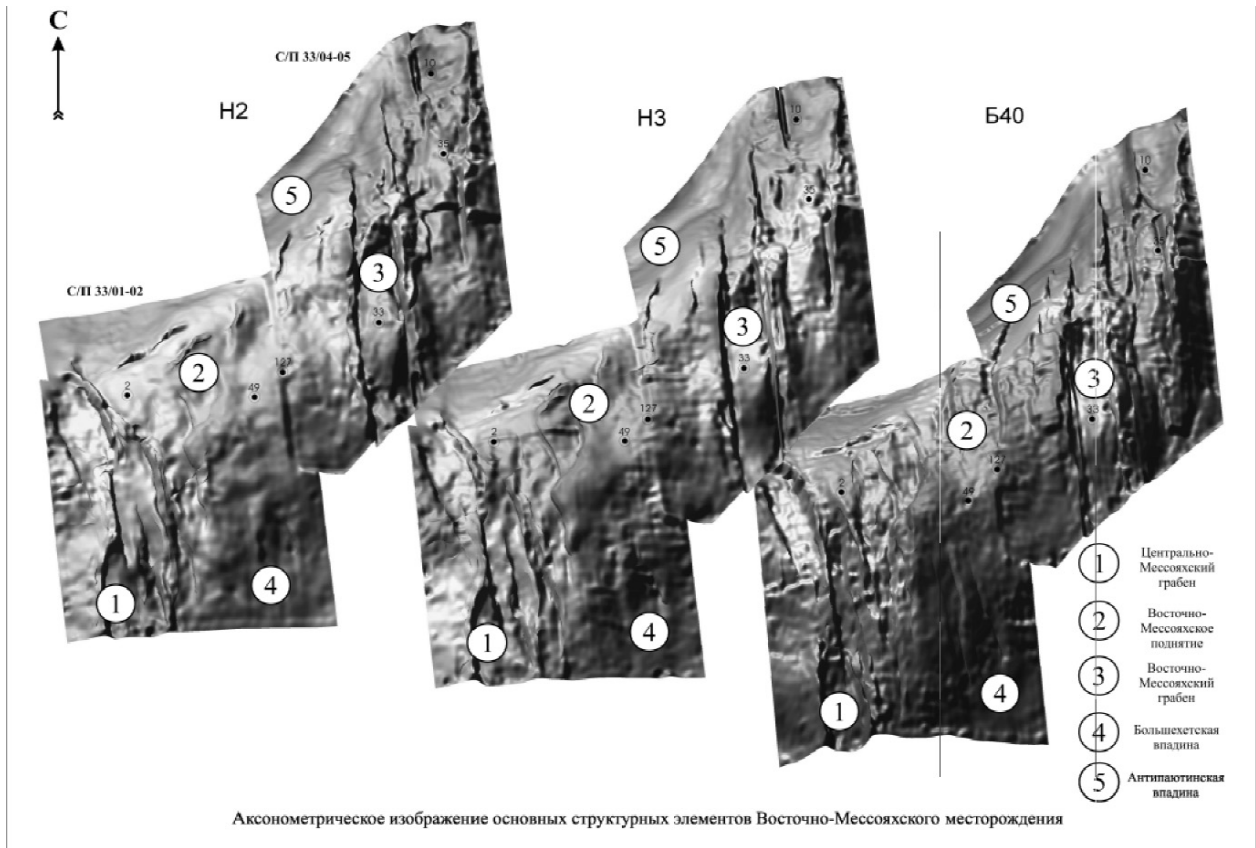


Рис.2.

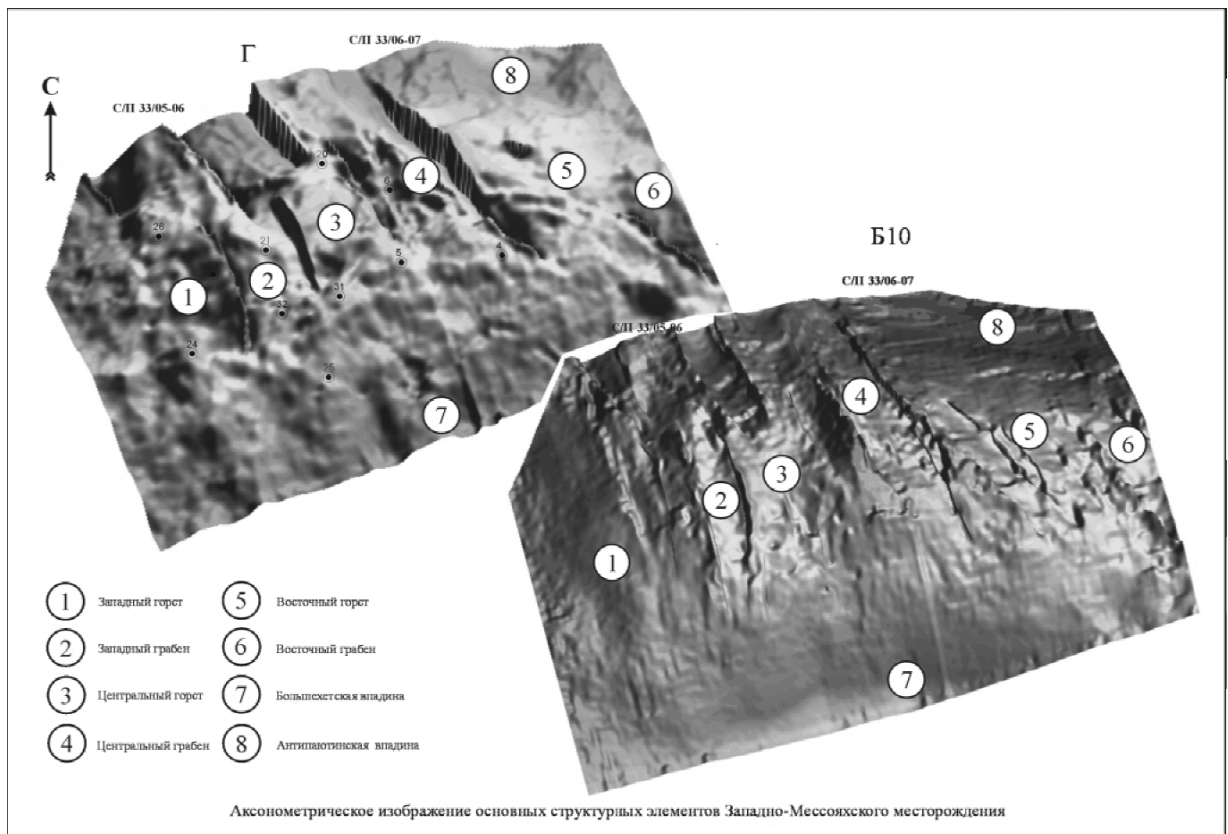


Рис.3.

ров и покрышек. Сложный характер осадконакопления и тектоники обусловил широкое развитие различных типов ловушек.

Продуктивность по нефти и газу установлена в ловушках всех вышеперечисленных типов в 29 горизонтах, в том числе в отложениях: газалинской

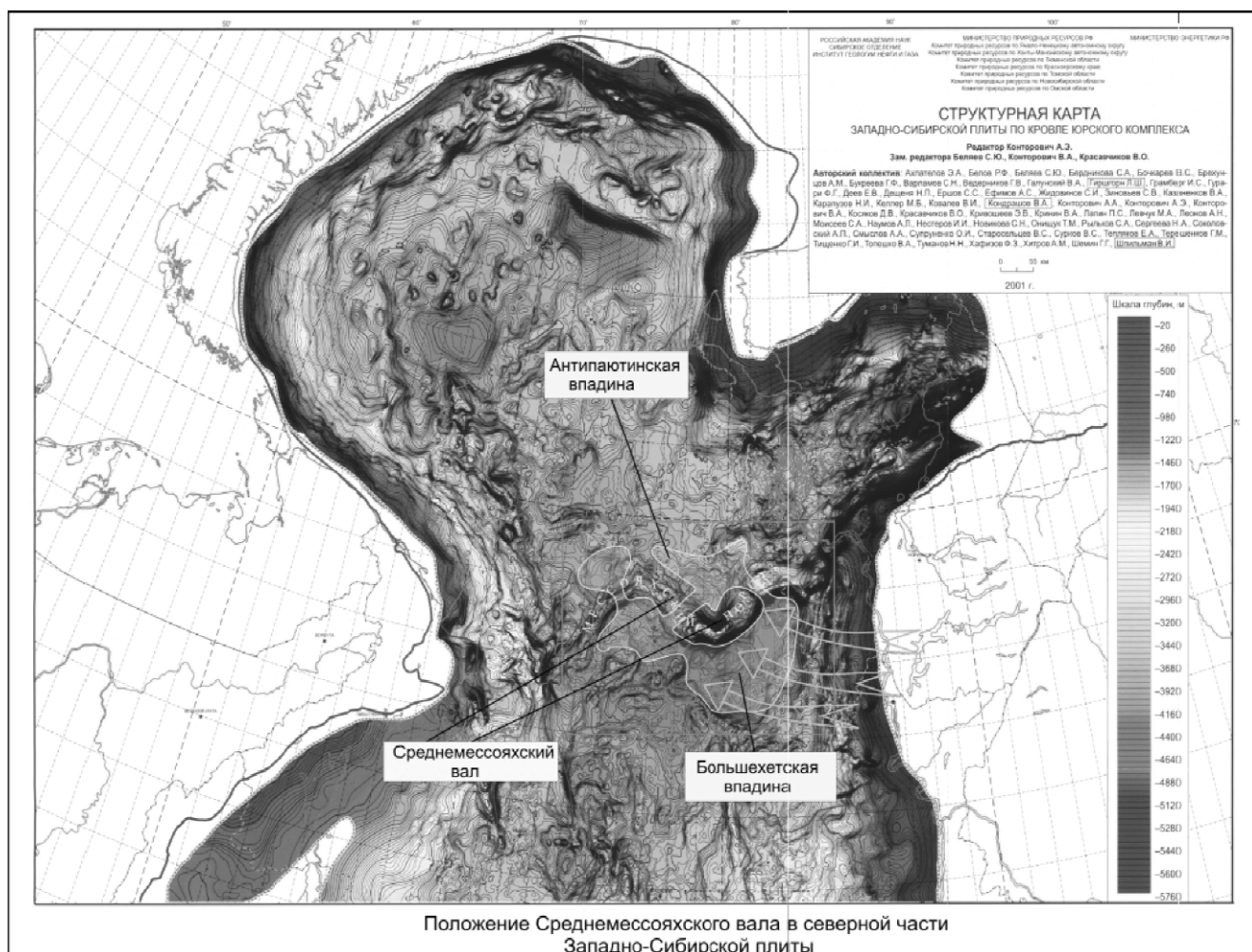


Рис.4.

В начале каждого этапа в зоне прогиба широкое развитие получили структурно-стратиграфические (ССЛ), литологические (ЛЛ) и структурно-литологические (СЛЛ) ловушки (рис. 3.4). В период формирования и захоронения вала основное развитие получили литологические и антиклинальные ловушки.

В начале палеогена в осевой части вала активно проявилась разрывная тектоника, что привело к раскрытию части ловушек в сводовой части вала и образованию тектонически экранированных ловушек.

Сейсморазведочными и буровыми работами установлено уникальное многоярусное строение Западно- и Восточно-Мессояхского месторождений. Результаты бурения скв.2 и 4 показывают, что месторождения являются лишь апикальными выступами единого месторождения в контурах Среднемесяхского вала.

пачки (1 горизонт), покурской свиты (8), малохетской свиты (4), заполярной свиты (10) и юрских отложений (3). В процессе проведения геолого-геофизических работ список этот постоянно пополняется новыми горизонтами.

Вероятно продуктивными являются отложения нижней юры и триаса, в которых по данным сейсморазведки присутствуют все вышеперечисленные ловушки. Глубины 4–8 км не являются предельными для обнаружения в них залежей УВ. Подтверждением этому является недавнее открытие в Мексиканском заливе месторождения нефти Тибр на глубине 10685 метров.

В процессе проведения сейсморазведочных и буровых работ позволили сформировать рабочую модель формирования нефтегазовых залежей (рис. 6).

Согласно модели выделяются два этапа формирования залежей: первичный и вторичный.



В первый этап сформировались первичные УВ залежи в пределах всего вала в ловушках СЛЛ, СЛ, ЛЛ и антиклинального типа, развитые в отложениях неокомского и юрского интервалов и возможно в триасе. Площадь развития первичных залежей с запада на восток 110 км при ширине 40 км, залежи приурочены к своду и склонам вала.

Второй этап характеризуется проявлением в нижнем палеогене в сводовой части вала разрывной тектоники и образованием горст-грабеновых структур. В этот этап разломами была вскрыта большая часть антиклинальных ловушек в своде вала, и УВ флюиды по разломам мигрировали в верхние части разреза, где сформировали новые УВ залежи в тектонически экранированных ловушках в отложениях малохетской, покурской свит и газсалинской пачки.

В расформированных залежах скважинами установлено остаточное нефтенасыщение. Пути миграции УВ также в виде остаточного насыщения подтверждены скважинами в зонах разломов.

Следует отметить, что разрывная тектоника проявлена только в сводовой части вала и поэтому процесс переотложения залежей УВ практически не затронул огромный комплекс неантиклинальных залежей на склонах вала, обладающих поэтому огромным нефтегазовым потенциалом.

## Выводы

1. Проведенные сейсморазведочные и буровые работы позволили в пределах Среднемессояхского вала подготовить уникальный нефтегазовый объект, пригодный к разработке в ближайшие годы;

2. Перспективы вала не ограничены выявленными запасами и могут быть увеличены за счет слабоизученных склоновых частей неокомских, среднеюрских, нижнеюрских и триасовых отложений;

3. Разработана рабочая сейсмогеологическая модель формирования нефтегазовых залежей, которая является основой для планирования буровых и сейсморазведочных работ.

## 2008г -Результаты ГРП работ ОАО «НГК «Славнефть»

- Продолжено исследование перспективной газсалинской пачки на Восточно и Западно -Мессояхских месторождениях. В скважине бр32 на Западно-Мессояхском ЛУ – получен непромышленный приток газа - 7 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в скважине бр 55 на Восточно-Мессояхском ЛУ впервые получен приток воды с пленкой нефти.

- Открыта новая нефтяная залежь в пласте БУ19 в результате бурения поисковой скважины бр 73, на баланс поставлены запасы категории Ц2 в количестве 142 млн.т – балансовых и 43 млн.т – извлекаемых.
- Открыты новые нефтяные залежи в пластах ПК21(газовая), БУ6/3, БУ12/2 по результатам бурения разведочных скважин бр 132, 50, 61.
- Подготовлены и поставлены на баланс 10 паспортов по вновь выявленным ловушкам на территории Западно и Восточно-Мессояхских ЛУ. Ресурсы нефти по категории С3 по вновь выявленным ловушкам составили 743 млн. т – балансовых и 149 млн.т – извлекаемых. Ресурсы свободного газа – 96 млрд.м<sup>3</sup>. Списаны (проведена ревизия) ресурсы по опойскованным ловушкам ( -355,785 млрд.м<sup>3</sup>), в итоге в целом по ЯНАО прирост С3 составил 89.6 млн.т по нефти, а по газу произошло списание (-9 259 млн. м<sup>3</sup>), в итоге ресурсы газа на балансе на 01.01.09г – 1 010,2 млн м<sup>3</sup>
- В результате проделанной работы в ООО «СН-НПЦ» по интерпретации материалов сейсморазведки 2Д и 3Д уточнена геологическая модель Восточно и Западно -Мессояхских месторождений.
- Подготовлены и поставлены на баланс паспорта на вновь выявленные ловушки в отложениях средней и нижней юры
- (ЮЕ6-9, ЮЕ10-12).

## 2009г- Результаты ГРП работ ОАО «НГК «Славнефть»

- Продолжено исследование перспективной газсалинской пачки на Восточно и Западно - Мессояхских месторождениях: в скважине бр22Р на Западно-Мессояхском ЛУ – получен непромышленный приток газа - 15 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в скважине бр85Р на Восточно - Мессояхском ЛУ - приток нефти до 4.4 м<sup>3</sup>/сут.
- Открыта новая нефтяная залежь в пласте БУ13 в результате бурения поисковой скважины бр22Р, получен приток нефти – 5.4 м<sup>3</sup>/сут
- Открыта новая нефтяная залежь в пласте ЮЕ2 по результатам бурения поисковой скважины бр73. Получен промышленный приток нефти дебитом до 70 м<sup>3</sup>/сут. Запасы не поставлены на баланс ВГФ, в связи с необходимостью уточнением возраста и стратиграфической корреляции продуктивного пласта.
- Открыта новая нефтегазовая залежь в пл. БУ16-17 в результате бурения поисковой скважины бр73. Получен непромышленный приток газированной нефти дебитом 1.27м<sup>3</sup>/сут.
- Уточнилось флюидонасыщение залежи пласта ПК20 по результатам бурения разведочной

- скважины бр50. Получен промышленный приток нефти дебитом 7.6 м3/сут.
- Открыта новая нефтяная залежь в пласте ПК22 по результатам бурения разведочной скважины бр50 в 2009г и скв. бр132 в 2008г. Получены непромышленные притоки нефти дебитом до 2 м3/сут.
  - Поставлены на баланс 11 паспортов по вновь выявленным ловушкам по газу (пл. ЮЕ2, ЮЕ6-9, ЮЕ10-12, МХ3-4, БУ8) на территории Западно и Восточно-Мессояхских ЛУ. Ресурсы газа по категории С3 по вновь выявленным ловушкам составили 956,5 млрд.м3. После проведения ревизии по всем ловушкам, стоящим на балансе, ресурсы газа по категории С3 не изменились.
  - Поставлены на баланс паспорта на вновь выявленные ловушки по жидким УВ в отложениях нижнего мела и средней юры по пл. БУ13/1, БУ19, БУ20, БУ21, ЮЕ2, проведена ревизия и уточнены объемы ресурсов категории С3 по всем ловушкам, стоящим на балансе Компании. В результате работы произошел прирост ресурсов категории С3 в объеме 614 млн.т.

## Нетрадиционалне замке нафте и гаса у Војводини - тренутно стање и перспектива

### Non-conventional Traps for Oil and Gas in the Vojvodina - Current Status and Perspective

АЛЕКСАНДР КУЛАГИН<sup>1</sup> и МИЛАН ЛОНЧАРЕВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Нетрадиционалне замке за нафту и гас су све оне замке које су у досадашњој светској историји истраживања нафте и гаса ретко систематично истраживане. Тек у последњим деценијама овим замкама се посвећује дужна пажња.

Слична ситуација са истраживањем ових замки је и у Војводини. Већина нетрадиционалних замки је откривена у току истраживања традиционалних – структурних замки.

Под нетрадиционалним замкама подразумевамо све врсте стратиграфских замки, све замке у недовољно истраженим геолошким срединама, а то су у Војводини мезозојски и палеозојски комплекс као и неконвенционални гас (tight gas sands/shale gas).

Овај рад промовише Војводину као потенцијални простор за даље истраживање нетрадиционалних замки. Сматрамо да се до 2020 године може остварити циљ да најмање једна трећина прираста резерви као и производње НИС-а буде из нетрадиционалних објеката ако се систематично приступи њиховом истраживању.

**Кључне речи:** нетрадиционалне замке, стратиграфске замке, неконвенционална лежишта гаса.

**Abstract.** Non-conventional traps for oil and gas are the ones which were not explored systematically in history of hydrocarbon exploration. This type of traps has been focused on during the last decades.

The status of exploration of non-conventional traps in Vojvodina is similar. The most of them were discovered during exploration of conventional-structural traps.

Non-conventional traps are all types of stratigraphic traps, all hydrocarbon traps in insufficiently explored geological units, such as Mesozoic and Palaeozoic complex of Vojvodina, as well as non-conventional gas (tight gas sands/shale gas).

The aim of this paper is to promote The Vojvodina region as prospective area for further exploration of non-conventional traps. The authors consider that up to 2020, at least one third of reserve build up, as well as NIS's production, will originate from non-conventional traps, should the systematic approach to their exploration be embraced.

**Key words:** Non-conventional traps, stratigraphic traps, non-conventional gas deposits.

## Увод

Истраживање нафте и гаса у Србији почиње 1949 године у Јужном Банату.

До данашњих дана резултати су следећи:

- Регионална гравиметријска мерења комплетног простора Војводине;
- Геомагнетна мерења комплетног простора Војводине;

– Аеромагнетна мерења комплетног простора Војводине;

– Сеизмичка истраживања: 41000 km (2Д) и 460 km<sup>2</sup> (3Д);

– Избушено је 2032 истражних, потврдних и разрадних бушотина;

– Од тога су 735 истражне и контурноистражне бушотине;

– Откривено је 99 нафтних и гасних поља;

<sup>1</sup> НТЦ НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: kulagin. av@nis.rs

<sup>2</sup> НТЦ НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: milan.loncarevic@nis.rs

– Откривено је 271 лежиште са око 75 милиона тона (условне нафте) придобивих резерви.

Највећи прираст откривених резерви нафте је био у периоду од 1952 па до 1965 године када су откривена наша највећа поља (Јерменовци, Елемир, Кикинда, Кикинда Варош, Велебит...). Највећи прираст откривених резерви гаса је био у периоду од 1949 па до 1970 године (Тилва, Банатски Двор, Мокрин, Српска Црња...)

Сходно открићима резерви расла је и производња која свој максимум достиже 1979 године у производњи гаса (једна милијарда  $m^3$ ) и 1982 године у производњи нафте (1300000 тона).

Међутим, задњих година успешност истражних радова пада.

Последње значајно откриће је било још 1987 године (Турија север). Од тада је откривено неколико мањих, преваходно гасних или гаснокондензатних лежишта (Мартонош запад, Мартонош саланш, Честерег, Меленци дубоко...).

Недостатак нових открића се одражава на производњу тако да је она у сталном паду. Тек у 2009 години тај пад је заустављен, захваљујући примени методе фрактурирања слоја и уградњи нових врста дубинских пумпи, а не увођењем новоткривених лежишта.

## Угљоводонични потенцијал Војводине

Према процени Геолошког завода Сједињених Америчких Држава (USGS) из 2006. године Велика мађарска равница (Greater Hungarian Plain) у коју спада и Војводина има још од 47 (95% шанси за успех) до 190 милиона ТЕН (5 % шанси за успех) неоткривених геолошких резерви угљоводоника. Геолошки завод Сједињених Америчких Држава под Великом мађарском равницом подразумева угљоводонични систем везан за седименте терцијара и непосредну базу терцијара.

Знајући да најмање једна трећина овог простора припада Војводини може се закључити да према овој процени у бази терцијара и седиментима терцијара Војводине треба очекивати још најмање 16, а највише 63 милиона ТЕН геолошких резерви.

Поред конвенционалних угљоводоничних ресурса постоје и неконвенционални угљоводонични ресурси. На основу познате геолошке грађе Панонског басена од неконвенционалних ресурса може се очекивати само неконвенционални гас (tight gas sands/shale gas). Компаније Wood and Mackensie и Falcon су вршиле процену резерви неконвенционалног гаса за Мађарску (Мако депресија и источни део Мађарске као и Бајша и западни део Мађарске). Процене се крећу од 0,5–1,0 трилиона  $m^3$  геолошких резерви гаса. Аналогично са Мађарском као и проценом која је рађена у НИС Monte Carlo симулацијом у Војводини се може очекивати од 0,15–0,3 трилиона  $m^3$  неконвенционалног гаса.

Где се налазе ови неоткривени угљоводоничи?

Светска искуства везана за старе “истражене” регионе (Мексички залив, Северно море, Великобритански континентални шелф) говоре да треба променити приступ истраживању и нова открића везати за нетрадиционалне објекте. Такав је случај и са истражним простором Војводине. Нова открића преваходно треба тражити у нетрадиционалним објектима истраживања, односно замкама.

Шта ми подразумевамо под нетрадиционалним објектима истраживања? То су:

– Замке стратиграфског типа

– Замке структурног и стратиграфског типа у недовољно истраженим стратиграфским јединицама (мезозоик, палеозоик)

– Замке у традиционалним зонама нафтноносности и гасоносности или у пределима већ откривених лежишта и поља које могу бити интересантне за производњу применом нових технологија (tight gas, center gas, shale gas).

Код нетрадиционалних замки трапни механизам је везан за неструктурне процесе који укључују депозиционе, ерозионе, дијагенетске и флуидне факторе. На слици 1. су приказани типови замки, њихови шематски профили, начин постанка и у којим геолошким срединама се могу очекивати у Војводини.

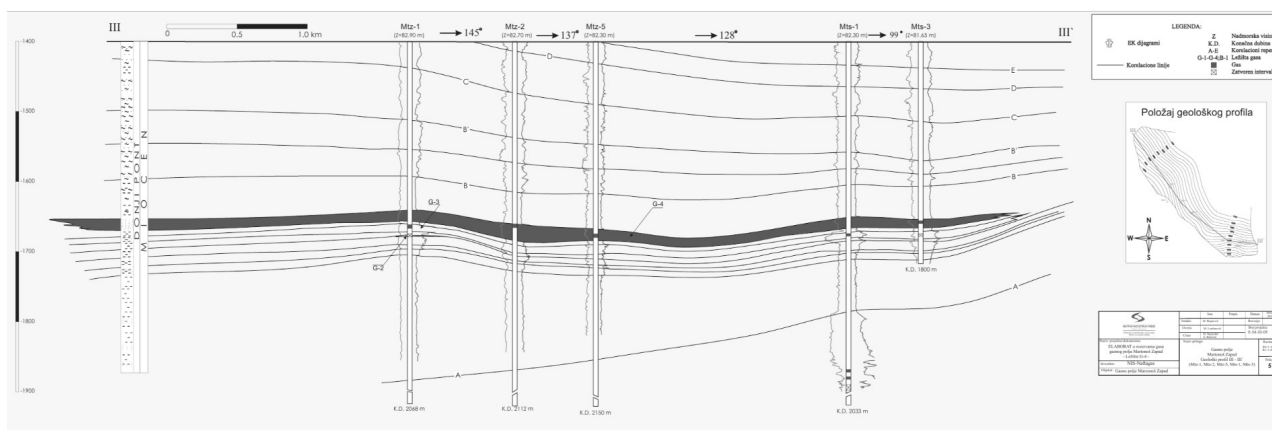
## Наша искуства са нетрадиционалним објектима

До 1970 године истраживали су се гравиметријски максимуми односно узвишења створена у подлози терцијарних седимената. Од 1970 се у све већој мери примењује сеизмика и истражују се максимуми (узвишења) дефинисана сеизмиком. То значи да су се истраживале класичне засвођене (традиционалне)структурене замке у подлози терцијарних седимената. Шта су били резултати? Уз открића структурних замки (Велика Грета, Јерменовци, Тилва, Николинци, Мраморак, Бока, Елемир, Кикинда, Кикинда Варош, Мокрин) бушењем на појединим структурама су случајно откривене стратиграфске или литолошке (нетрадиционалне) замке (Кикинда плитко, Кикинда горње, Мокрин лежишта у понту, Мајдан плитко, Велебит...). Такође је откривен и велик број нетрадиционалних замки на структурама чија су сама узвишења била негативна за угљоводонике (Банатско Ново Село, Банатско Ново Село југ, Мраморак село, Бегејци, Банатски Двор, Мајдан, Српска Црња...). Поред ових конвенционалних лежишта откривена су и неконвенционална лежишта гаса (Карађорђево, Српски Крстур, Велико Банатско Село...).

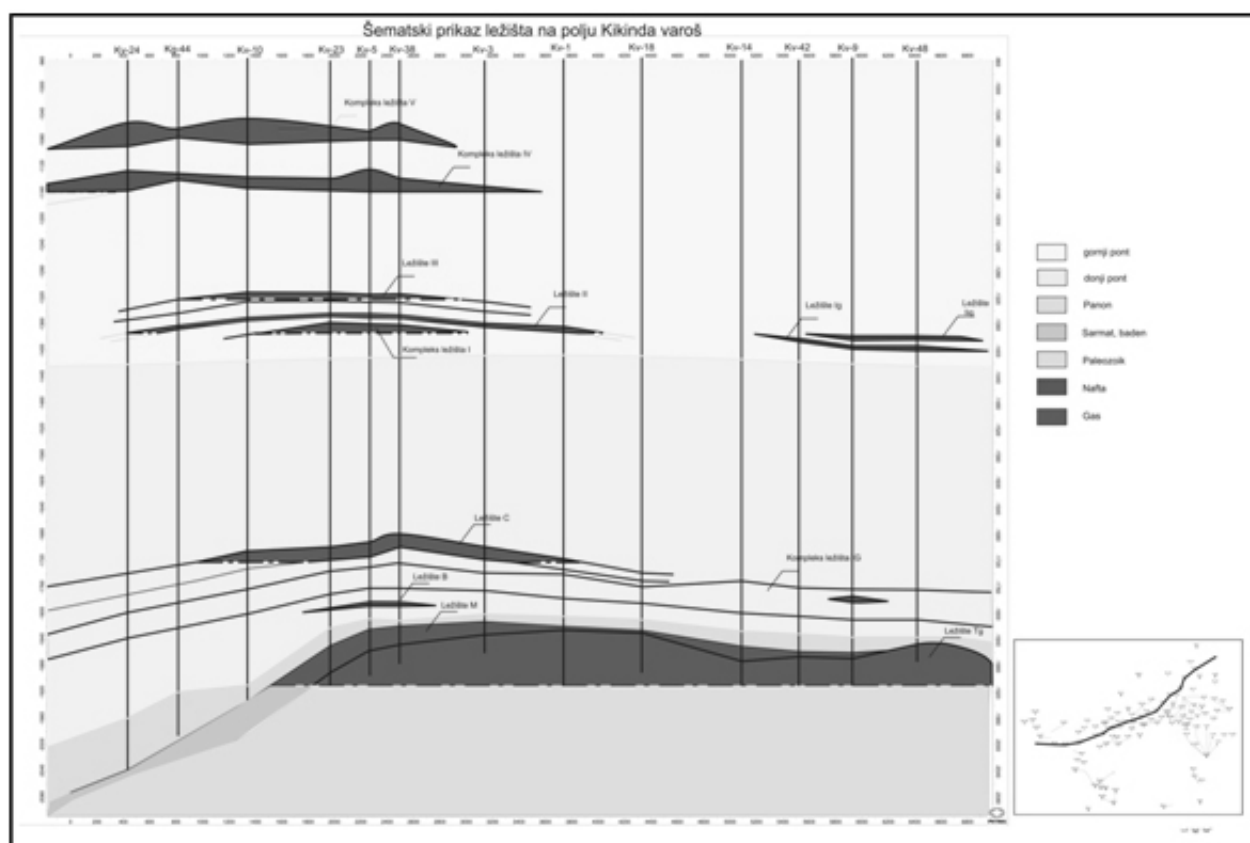
Око 70% до сада откривених лежишта се налази у оквиру нетрадиционалних замки.

Način nastanka zamke	Vrsta zamke	Podvrsta zamke	Šematski profil zamke	Gde se pojavljuju u Voјvodini
<b>DEPOZICIONI REŽIM</b> – stvaranje zamke zbog depozicionog isklјinjenja kolektor stena	<b>LATERALNA DEPOZICIONA PROMENA</b> - zamka isklјinjava zbog lateralne facijalne promene ili isklјinjenja	<b>LATERALNA FACIJALNA PROMENA</b> – posledica je lateralne gradacije u deponovanju facija neporozne litologije		U pontskim sedimentima
		<b>LATERALNO ISKLјINJENJE</b> - kolektor stene isklјinjavaju zbog prestanka deponovanja poroznih stena		U badensim i sarmatskim sedimentima
	<b>KONZERVIRANI DEPOZICIONI RELJEF</b> -konveksno uzdignuta zamka stvorena tokom deponovanja kolektor stena	<b>ORGANSKI</b> - uzdignuti reljef (zamka) zbog biogenetske/rifne agradacije		U mezozoiku
		<b>KLASTIČNI</b> - uzdignuti reljef (zamka) zbog varijacije u debljini kolektor stena zbog uslova sedimentacije		U prebadena, sarmatu i pontu
<b>EROZIONI REŽIM</b> – stvaranje zamki kao posledica erozije	<b>DISKORDANCIJE</b> - odsecanje kolektor stena diskordancijom	<b>REGIONALNA DISKORDANCIJA</b> – zamke stvorene kao posledica regionalnih erozionih procesa		Granica Pz-Mz; Pz-M; Mz – M ; unutar donjeg i srednjeg Miocena
		<b>PALEOSTRUKTURNA DISKORDANCIJA</b> – erodovane ranije stvorene rasodne ili nabrane strukture		Pz; Mz; donji i srednji Miocen
	<b>KONZERVIRANI EROZIONI RELJEF</b> – zamke ispod lokalnih diskordancija ili unutar sačuvanih uzdignuća	<b>KONZERVIRANA UZDIGNUČA</b> – erodovane rezervoar stene temeljnog gorja		Pz; Mz;
		<b>EROZIONI ODSECI</b> – zamke stvorene lokalnom ili subregionalnom diskordancijom i granicama sekvenci		Granica Pz-Mz; Pz-M; Mz – M ; unutar donjeg i srednjeg Miocena
	<b>ONLAP NA EROZIONOJ POVRŠINI</b> - isklјinjenje kolektor stena zbog uzdizanja podloge	<b>ONLAP NA REGIONALNOJ DISKORDANCIJI</b> - isklјinjenje kolektor stena na regionalnoj diskordanciji		Granica Pz-Mz; Pz-M; Mz – M ; unutar donjeg i srednjeg Miocena
		<b>ONLAP NA STRUKTURNOM DISKORDANTNOM BOKU</b> - isklјinjenje kolektor stena na strukturnom boku ili uzvičenju podloge		Granica Pz-Mz; Pz-M; Mz – M ; unutar donjeg i srednjeg Miocena
	<b>EROZIONO-KANALSKA ISPUNA</b> – lateralni prestanak kolektor stena prema erodovanoj obali kanala	<b>ISPUNA KANALA</b> – rezervoar stene zatvorene unutar kanala		Unutar pontu i paludina
		<b>ISPUNA DOLINA</b> - rezervoar stene unutar glavnog kanala		Unutar pontu i paludina
		<b>ISPUNA KANJONA</b> - rezervoar stene zatvorene unutar dubokovodnog podmorskog erozionog kanala		Unutar Miocena
	<b>INTRUZIVNI REŽIM</b>	<b>INTRUZIVNO ERUPTIVNO TELO</b> - kolektor stene se sastaje od intruzija eruptivnih poroznih ili frakturiranih tela		Unutar Mezozoika i Miocena
<b>DIJAGENETSKI REŽIM</b> – stvaranje zamke je vezano za postepozicione mikro faktore	<b>DOLOMITIZACIJA</b> – zamka je formirana na račun dolomitizacije ranije stvorenih neporoznih stena u lokalnim razmerama		Unutar Mezozoika	
	<b>PRIRODNO FRAKTURIRANJE</b> - zamka je formirana stvaranjem fraktura u ranije stvorenim neporoznim stenama u lokalnim razmerama		Stene Pz, Mz i prebadena	
	<b>CEMENTACIJA</b> – isklјinjenje kolektor stena zbog cementacije drugog dela tih stena		Unutar panona i pontu	
<b>FLUIDNI REŽIM</b> – različiti niz zamki stvorenih kao rezultat hidrodinamičkih, kapilarnih, faznih i adsorpcionih faktora	<b>GAS U CENTRU BASENA</b> – stvaranje zamke za gas ispod vode kao rezultat kapilarnih varijacija		Unutar badena, sarmata i panona	
	<b>HIDRODINAMIČKA ZAMKA</b> – zamka formirana po uticajem pritiska vodenog basena		Unutar pontu	

Сл. 1 Типови стратиграфских замки (према С&С Reservoirs и допунама аутора)  
 Fig. 1 Types of stratigraphic traps (modified by authors, after C&C Reservoirs)



Сл. 2. Геолошки профил стратиграфске замке са поља Мартонош запад  
Fig. 2 Geological cross section of stratigraphic trap of Martonoš W field



Сл.3. Типичан размештај откривених лежишта у подлози и терцијару Војводине (поље Кикинда Варош)  
Fig. 3 Typical distribution of discovered deposits in the base of Tertiary of Vojvodina (Kikinda Varoš field)

До сада откривена лежишта везана су за:  
– дискорданцију између стена подлоге терцијарних седимената (палеозојске шкриљце или мезозојске карбонате) и самих седимената тецијара који директно налажу на стене подлоге. То су превасходно структурне замке (структурна засвођења са више или мање тектонике). Међутим, и овде има нетрадиционалних замки као што је Мајдан дубоко

(плавинска лезеца) или Турија север (природно фрактурираним колектор стенама које су последица тектонских процеса у време стварања Панонског басена);  
– стене доњег и средњег миоцена где су замке створене у депозиционом или ерозионом режиму;  
– стене средњег и горњег миоцена где су замке последица флуидног режима (гас у центру басена);

- замке на граници панонских седимената и седимената доњег понта (депозициони и ерозиони режим);
- замке унутар стена доњег понта (депозициони и ерозиони режим);
- замке на граници горњег понта и плиоцена (депозициони и ерозиони режим);
- структурне и стратиграфске замке унутар мезозојског или палеозојског комплекса (Русанда, Меленци дубоко);

На слици 2 приказан је геолошки профил стратиграфске замке са поља Мартонош запад, а на слици 3 типичан размештај откривених лежишта у геолошкој средини Војводине.

### **Шта се поред већ откривених нетрадиционалних замки може очекивати на подручју Војводине?**

То су све врсте неструктурних замки изузев замки везаних за слојеве угља (Coal Bed Methane) и замки везаних за гасне хидрате.

Непосредно уз подлогу терцијара, односно у стенама саме подлоге и седиментима доњег и средњег миоцена могу се очекивати стратиграфске замке које су настале деловањем ерозионих, депозиционих, дијагенетских и интрузивних процеса и то у западним и источним деловима Јужног Баната, Средњем Банату, Северном Банату, североисточним деловима Јужне Бачке и западног Срема (сл. 4А).

Замке које су настале као последица хоризонталних кретања (цветне структуре, природно фрактурирани колектори ...) као и структурне и стратиграфске замке у седиментима мезозоика или стенама палеозоика могу се очекивати на простору Средњег Баната и северним деловима Јужне Бачке. Управо у том подручју се сукобљавају велики тектонски елементи, Тисија и Вардарска зона. Познато је да су у таквим подручјима у свету откривена лежишта са значајним резервама (Италија, Вијетнам Индонезија...) Исти случај је и код нас јер су баш у тој зони откривена наша значајна лежишта – Србобран, Турија север, Зрењанин север, Елемир, Зрењанин и Михајлово (сл. 4В).

У седиментима горњег миоцена, превасходно понта могу се очекивати стратиграфске замке које су настале деловањем депозиционих процеса и замке настале ерозионим процесима, а везане су за речне канале и њихову испуну. Ове врсте замки треба тражити на простору Средњег Баната, Северног Баната, источним деловима Јужног Баната и источним деловима Бачке (сл. 4С).

У баденским, сарматским, а превасходно панонским седиментима Средњег и Северног Баната могу се очекивати замке везане за флуидне процесе, односно замке настале под дејством капиларних сила (сл. 4Д).

### **Методолошке поставке за истраживање нетрадиционалних објеката**

Стратиграфске замке се још често називају и суптилне замке чиме се хоће нагласити њихов скривени тренд, односно тајновити карактер. Према томе примењена методологија за њихово откривање се мора знатно разликовати од методологије која се примењује за истраживање структурних замки.

Код истраживања структурних замки кључну улогу игра интерпретација примењених сеизмичких метода. Код стратиграфских замки то није довољно. Примењене сеизмичке методе, нарочито 3Д високе резолуције, могу умногоме помоћи у лоцирању одређених трендова и особина која указују на постојање стратиграфских замки.

Поред тога, успешна идентификација и оконтурење стратиграфских замки захтева широку палету истраживачких техника. То су пре свега аналогија са већ откривеним пољима, односно лежиштима. Знања стечена кроз детаљна стратиграфска, палеогеоморфолошка, палеогеографска, палеоструктурна, палинолошка и седиментолошка изучавања и студије већ окривених поља су круцијална за откривање нових стратиграфских замки. Такође су знања стечена на аналогним пољима употребљива за имплементацију нових технологија које би са расположивим подацима дале најбоље резултате. Потребно је нагласити да свака врста стратиграфске замке захтева методологију истраживања прилагођену том типу замке.

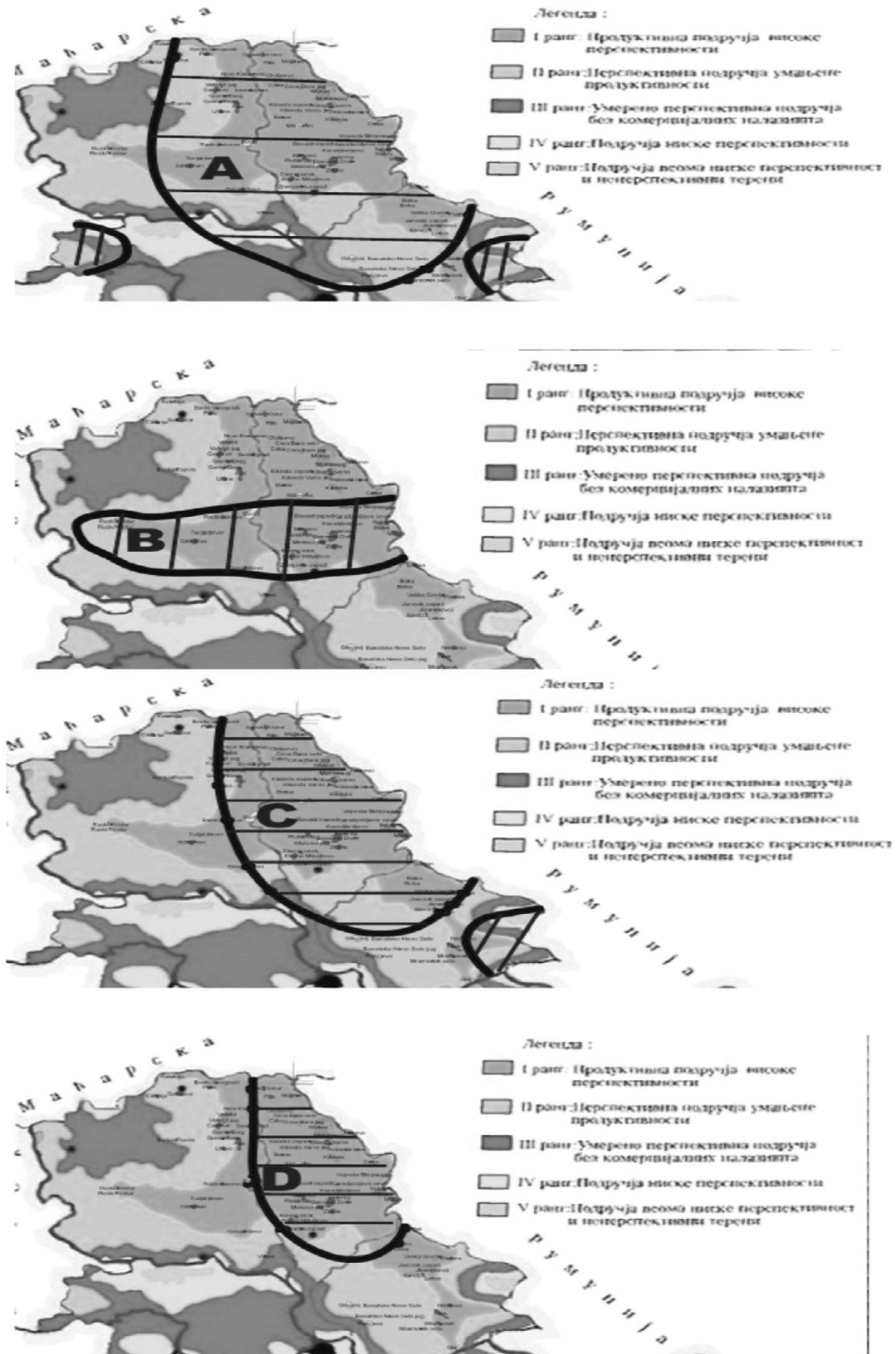
На почетку је речено да је већина нетрадиционалних замки у Војводини (као и у свету) откривена случајно. Обзиром да је откривен велик број различитих типова нетрадиционалних замки потребно је прикупити све расположиве податке и систематизовати сва знања о њима. На основу тих знања треба пројектовати методе и технике истраживања прецизно одређених типова замки. То је пут за откривање нових резерви нафте и гаса, обезбеђења производње и сигурне будућности НИС-а.

На основу досадашњих искустава за очекивати је да у наредном периоду најмање једна трећина прираста резерви као и производње НИС-а се оствари из нетрадиционалних објеката.

### **Закључак**

Истраживање нафте и гас у Војводини траје више од 60 година. За то време откривено је преко 75 милиона тона условне нафте придобивих резерви. Ове резерве су смештене у 271 замци, односно лежишту.

Истраживањем структурних максимума откривен је, поред структурних (традиционалних) замки и велики број лежишта нафте и гаса у нетрадиционалним замкама.



Сл. 4. Карта рејонизације истражног простора Војводине према перспективности за налажење нафте и гаса у нетрадиционалним замкама: А – зоне перспективности за замке ерозионог, депозиционог, дијагенетског и интрузивног порекла у подлози терцијара и доњем делу терцијара, В – зона хоризонталних кретања и сукоба великих тектонских елемента, С - зоне перспективности за замке ерозионог, депозиционог и дијагенетског порекла у каспибракичној средини, D – зоне перспективности за замке неконвенционалног гаса

Fig. 4. Map of zonal distribution of exploration area of Vojvodina according to the perspective of petroleum discovering in nontraditional traps: A – zones of perspective for traps of erosional, depositional, diagenetic and intrusive origin in the base of Tertiary in lower part of Tertiary, B – zones of horizontal movement and collision of big tectonic elements, C – zones of perspective for traps of erosional, depositional and diagenetic origin in kaspibrackish environment, D – zones of perspective for traps nonconventional gas



Последњих година успешност истраживања у Војводини опада. Све процене, како домаћих тако и страних стручњака, говоре да нису откривена свалежишта која је природа створила. Обзиром да су скоро сви структурни максимуми проверени бушењем намеће се закључак да су остале неоткривена лежишта смештена у нетрадиционалним замкама.

На основу познавања геолошке грађе и услова стварања југоисточног дела Панонског басена у Војводини се могу очекивати све врсте стратиграфских замки изузев замки везаних за слојеве угља и гасне хидрате.

Међутим, да би се ове замке откриле мора се променити методолошки приступ њиховом истраживању. Успешна идентификација и оконтурење стратиграфских замки захтева широку палету истраживачких техника. То су пре свега аналогија са већ откривеним пољима, односно лежиштима. Знања стечена кроз детаљна стратиграфска, палеогеоморфолошка, палеогеографска, палеоструктурна, палинолошка и седиментолошка изучавања и студије већ окривених поља су круцијална за откривање нових стратиграфских замки. На основу тих знања треба пројектовати методе и технике истраживања прецизно одређених типова замки. То је пут за откривање нових резерви нафте и гаса, обезбеђења производње и сигурне будућности НИС-а. За очекивати је да у наредном периоду најмање једна трећина прираста резерви као и производње НИС-а се оствари из нетрадиционалних објеката.

## Литература

- АКСИН, В. 1967. *Геолоџија нафте*. Нафта-гас, Нови Сад.
- АНЂЕЛКОВИЋ, М. 1978. *Стратиграфија Јуџославије – палеозоик и мезозоик*. Универзитет у Београду, Минерва Суботица-Београд, 967 pp.
- АНЂЕЛКОВИЋ, М. 1991. *Палеогеографија Србије – Терцијар*. Институт за регионалну геологију и палеонтологију, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, 237 pp.
- БИРИЋ, Б. 1996. *Геолоџија Србије – грађа и развој Земљине коре*. Геокарта, Београд, 272 pp.
- ДИМТРИЈЕВИЋ, М. Д. 1997. *Geology of Yugoslavia*. Geological Institute Gemini, Beograd, Special publication, 187 pp.
- DOLTON, L.G. 2006. Panonian Basin Province, Central Europe (Province 4808)- Petroleum Geology, Total Petroleum System, and Petroleum Resource Assesment US Geological Survey Bulletin 2204-B
- GERARD, J. 2009. Stratigraphic Trap: Quantative Approach Based upon a Producing Field Database, Search and Discovery Article #40436
- KUUSKRAA, V. 2009. Worldwide Gas Shales and Uncinventional Gas: A Status Report, Arlington, Advanced Resources Intrnational, Inc
- RAABE, B. 2009. European oil & gas production: Proposals for an EU action plan to 2020, Berlin fossil Fuels Forum
- ROYDEN, L.H. & HORVATH F. (eds.) 1988. The Panonian Basin, A study in basin evolution: American Association of Petroleum Geologists Memoir 45
- Фондовска документација НИС Нафтагаса, Нови Сад**  
Студије, Пројекти и Елаборати:
- БЕЈАТОВИЋ М. и др. Елаборат о резервама гасног поља Мартонош запад
- ДУЛИЋ, И. 2008. Пројекат регионална нафтно-геолошка истраживања Војводине. Дирекција за развој, инвестиције и послове са иностранством, Сектор за развој, ОД Истраживање и технологија, НИС Нафтагас, Нови Сад.
- ГРБОВИЋ, М. 1993. Пројекат геомагнетских испитивања у подручју Јужне Бачке у 1993/94. години.
- ГРБОВИЋ М. 1993. Извештај о експерименталним геомагнетским испитивањима на нафтним лежиштима “Турија” и “Велебит”.
- КИРИН, Ж. и др. 1991. Пројекат истраживања нафте и гаса у терцијару Војводине на принципима сеизмографске тиграфије.
- МАРИНОВИЋ, Ђ. и др. 1980. Анализа стања и могућности истраживања неструктурних замки у САП Војводини.
- МАРИНОВИЋ, Ђ. и др. 1980. Студија степена истражености и потенцијалних могућности откривања нових резерви нафте и гаса у САП Војводини.
- МИЛОСАВЉЕВИЋ, С. и др. 1995. Експертско геолошко-економска оцена стања и перспективе истраживања и производње нафте, гаса и геотермалне енергије у СР Југославији.
- Специјалистички, геолошко-технички и други извештаји о истражним, контурно-истражним бушотинама и откривеним лежиштима нафте и гаса.



## Увођење нове технологије пројектовања и праћења производње на нафтним и гасним пољима Србије

### Introducing of the New Project Technology and Tracking of the Production at the Oil and Gas Fields in the Serbia

АЛЕКСАНДАР КУЛАГИН<sup>1</sup>, АЛЕКСАНДАР МЕЉНИКОВ<sup>2</sup> и ЗОРАН ЂОГО<sup>3</sup>

**Апстракт.** Рад приказује тренутно стање у области разраде нафтних и гасних лежишта и намере специјалиста Гаспромнефта и НИС Нафтагаса да промене затечено стање увођењем нових технологија пројектовања и праћења разраде лежишта.

Поред ових намера приказани су и први покушаји примене нове технологије на неким од поља у Србији. Пројектна решења донета су у периоду од 6 месеци и представљају основу за израду нових планова за производњу, која ће се реализовати наредних година.

**Кључне речи:** пројекат, нова технологија, мониторинг, разрада лежишта, Србија.

**Abstract.** The paper presents the current situation existing in the working out of oil and gas prospecting and intentions specialist Gaspromnefta and NIS Naftagas to change the current situation by introducing new technology design and develop follow-up slot.

Beside these attentions, first attempts in using the new technology on some of the fields in Serbia, are represented. The project decisions are issued during the period of 6 months and they represent the basic for development of new plans for production, which will be implemented in the future.

**Key words:** project, new technology, monitoring, reservoir development, Serbia.

## Увод

Производња нафте и гаса у Србији се реализује више од 60 година. Лежишта нафте и гаса имају различите геолошке услове и разрађују се природним режимом. На територији Србије откривено је више од 80 лежишта угљоводоника.

Експлоатација основних лежишта у земљи, која се налазе у трећем или четвртном стадијуму разраде, изискује дуг временски период. Из тог разлога је питање ефективности производње резерви од великог значаја за даљи развој индустрије у Србији

До 2009. године, Нафтна индустрија Србије се развијала самостално и у једном периоду изолована од светске заједнице, што је утицало на ниво про-

јектовања, мониторинг и контролу разраде лежишта. Доласком компаније Гаспромнефть у регион, наступио је нови период развоја Нафтне индустрије у Србији. Специјалисти Гаспромнефть и НИС Нафтагас започели су рад на мултидисциплинарној модернизацији компаније.

У области разраде нафтних и гасних лежишта, започето је увођење нових технологија пројектовања и праћења разраде и производње. На бази постојеће структуре организован је Научно-технички центар, који има за циљ да на савремен начин спроведе радове у следећим правцима:

- геолошка испитивања, која укључују све видове радова од планирања и спровођења сеизмолошких испитивања до прорачуна рез-

<sup>1</sup> НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: kulagin.av@nis.rs

<sup>2</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: aleksandar.meljnikov@nis.rs

<sup>3</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: zoran.djogo@nis.rs

ерви и утврђивања геолошког модела лежишта у пољима;

- геофизичка испитивања;
- пројектовање и праћење разраде нафтних и гасних лежишта;
- пројектовање и опремање производних објеката на нафтним и гасним пољима;
- све врсте испитивања језгрованог материјала и слојних флуида.

## Пројектовање и праћење разраде лежишта

У оквиру рада Научно-техничког центра, више пажње ће бити усредсређено на питања пројектовања и праћења разраде нафтних и гасних лежишта. Праћење производње нафте и гаса у НИС остварује се кроз пројектну документацију.

Претходна пракса је подразумевала анализу разраде и задовољење законских норми, одређених Законом о геолошким истраживањима и Законом о рударству Републике Србије.

Раније је након проналаска новог лежишта рађен прорачун резерви у том лежишту. У фази експлоатације лежишта, неопходно је било, на сваких пет година, обновљати неопходну документацију прописану Законом.

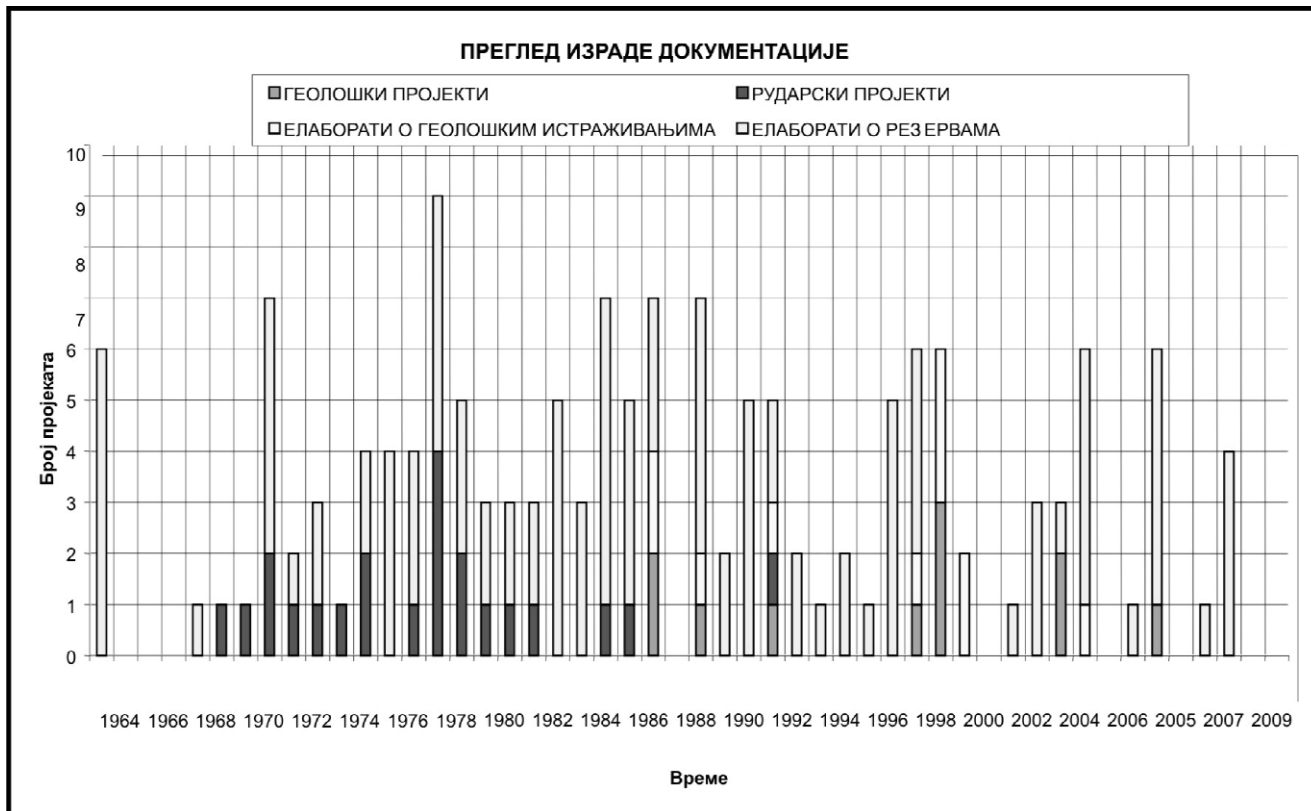
Међутим, до 2009. године урађено је свега око 140 пројеката (не рачунајући извођачке пројекте), што не одговара нормама које су захтеване Законом (сл. 1). Неопходно је нагласити да се праћење разраде лежишта не спроводи у циљу увођења нове савремене технологије производње и разраде или ако се спроводи врло је ретко и несистематично.

Увођењем савремених метода пројектовања и посматрања значајно се повећава ресурсна база Србије, како за прецизније прорачунате и утврђене геолошке резерве, тако и за вредност повећања коефицијента искоришћења угљоводоника.

У циљу организације рада у Научно техничком центру састављен је Правилник или Регламент за прорачун резерви и пројектовање разраде лежишта, који одговара српском и руском законодавству. Данас се сва пројектна документација израђује у складу са тим правилником. Упоредо са израдом правилника започета је реорганизација постојећих база података и израда нових база података, које су неопходне за пројектовање.

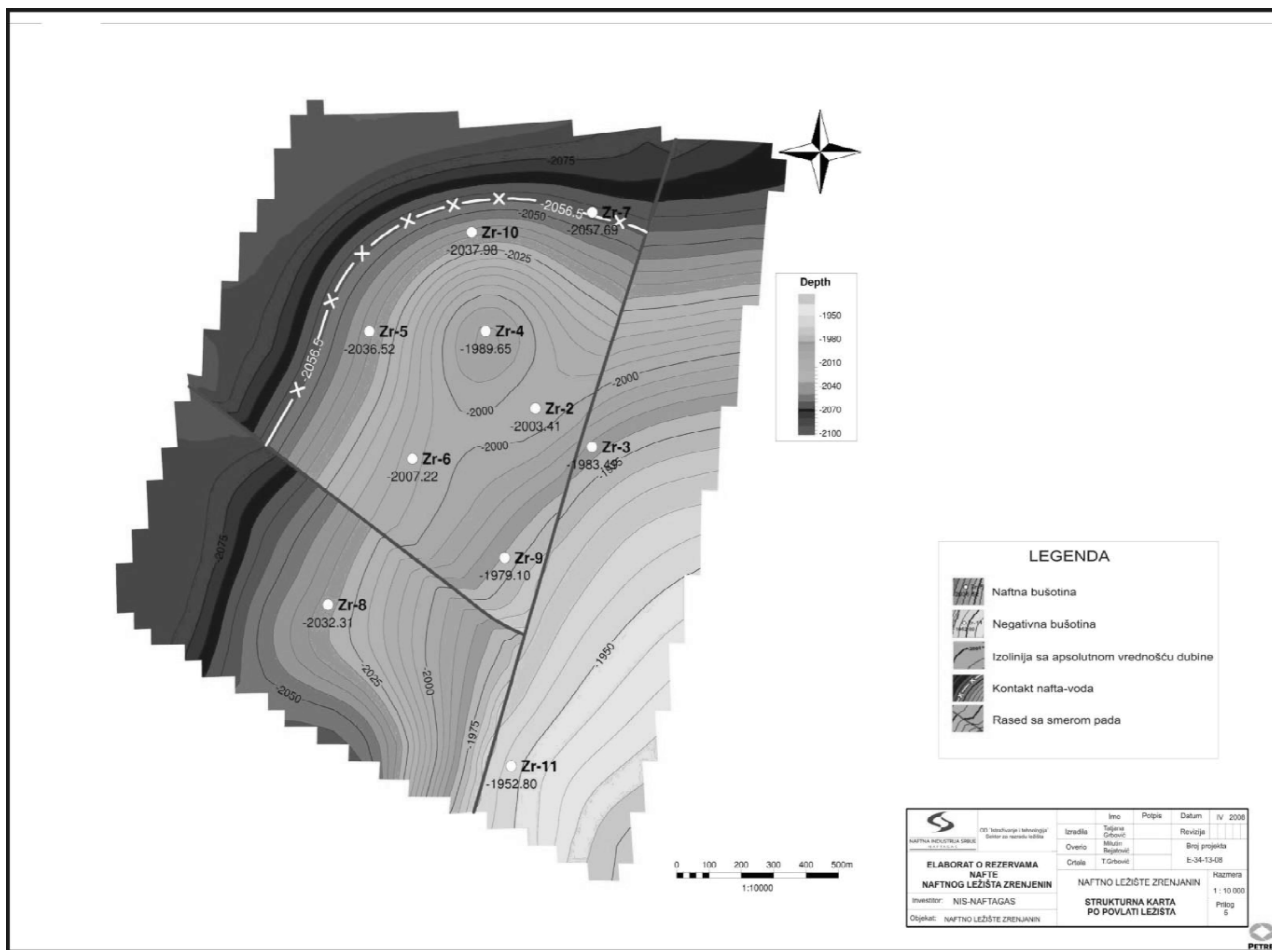
Велики проблеми се појављују, у базама поатака у којима се води производња нафте и гаса као и у деловима у којима се чувају подаци о хидродинамичким мерењима.

Започет је рад на изради пројектних докумената у складу са новим правилником, и до сада је урађено 5 пројеката. У даљем тексту биће приказан кратак



Сл. 1. Приказ пројеката у НИС Нафтагас

Fig. 1. Review of projects in NIS Naftagas



Сл. 2. Структурна карта по повлати лежишта Зрењанин  
 Fig. 2. Structural map of field in Zrenjanin

опис радова који су урађени и предложени у тим пројектима.

Основни циљ свих 5 урађених пројеката је повећање производње угљоводоника. У зависности од текућих проблема у лежиштима, предложени су неопходни радови и примена нове технологије и нових технолошких решења.

### Пројект пробно индустријских радова за утискивање гаса у нафтно гасно лежиште Русанда

У лежиштима Србије метод утискивања гаса први пут ће се применити на нафтно гасном пољу Русанда. Основни циљ овог експеримента је повећање коефицијента искоришћења нафте за вредност истискивања заостале нафте из слоја.

У циљу повећања ефективности разраде у лежишту Русанда преиспитане су три варијанте утискивања гаса у гасну капу лежишта:

Варијанта 1 - разрада лежишта без примене методе утискивања гаса у гасну капу,

Варијанта 2 - разрада лежишта са применом методе утискивања гаса у гасну капу и

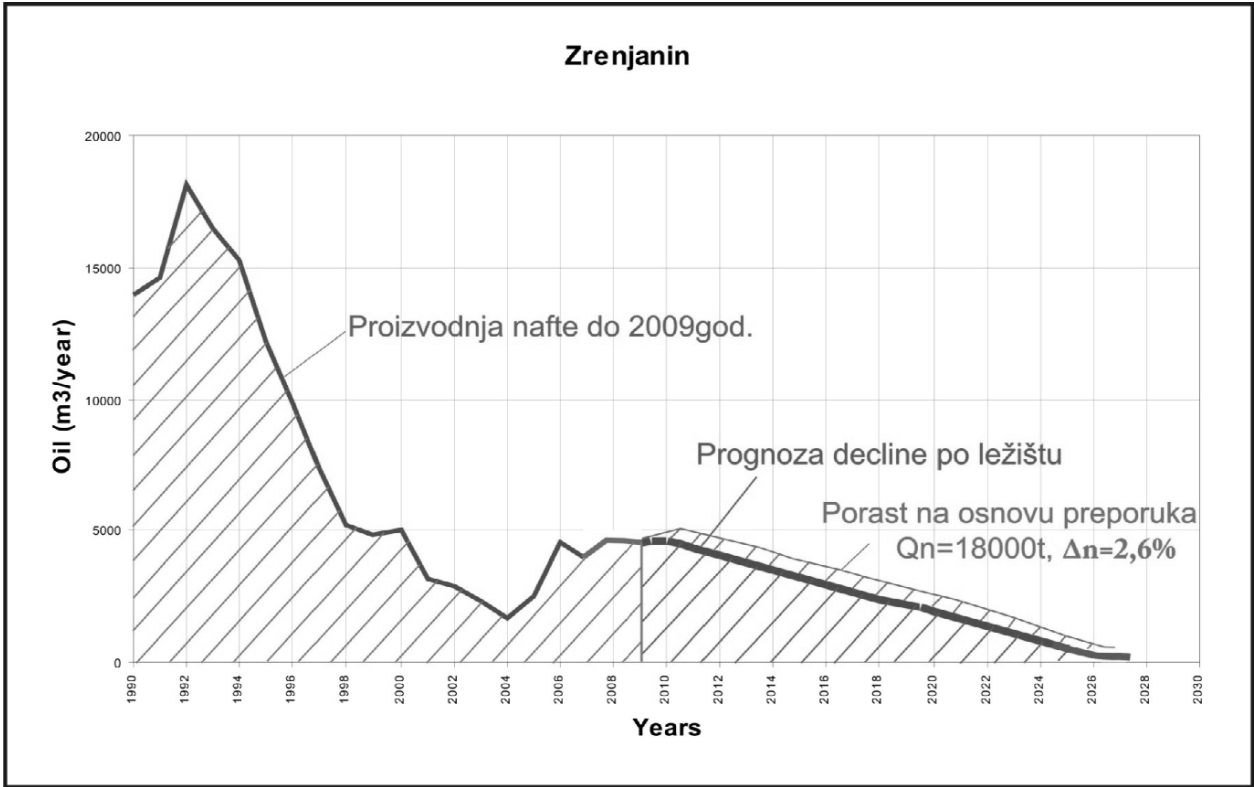
Варијанта 3 - разрада лежишта са применом метода утискивања гаса у гасну капу и бушење две нове бушотине.

По завршетку анализе предложених варијанти, предложена је примена варијанте 3, која омогућује коначни коефицијент искоришћења на нивоу од 50%. Варијанта у себе укључује бушење две нове разрадне бушотине.

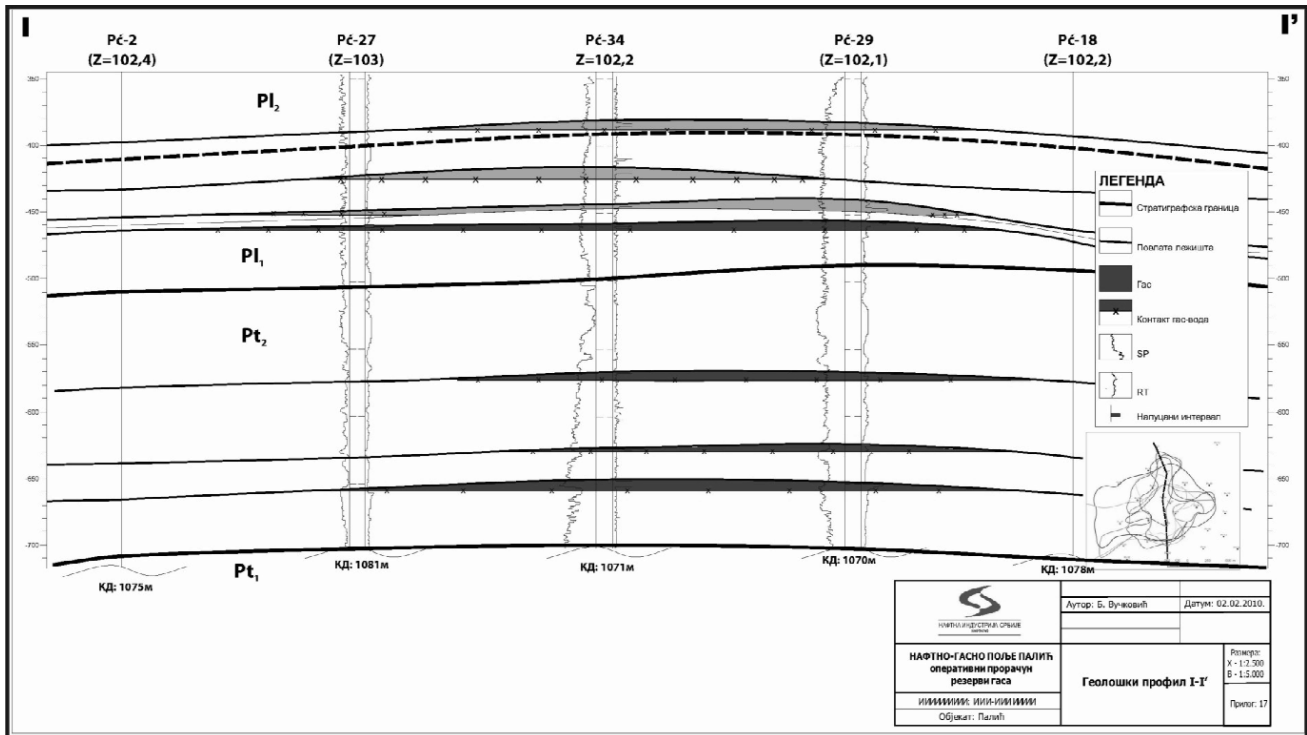
Поред тога предложен је и низ радова у циљу

Табела 1. Резултат прорачуна по разматраним варијантама производње нафте из лежишта Русанда

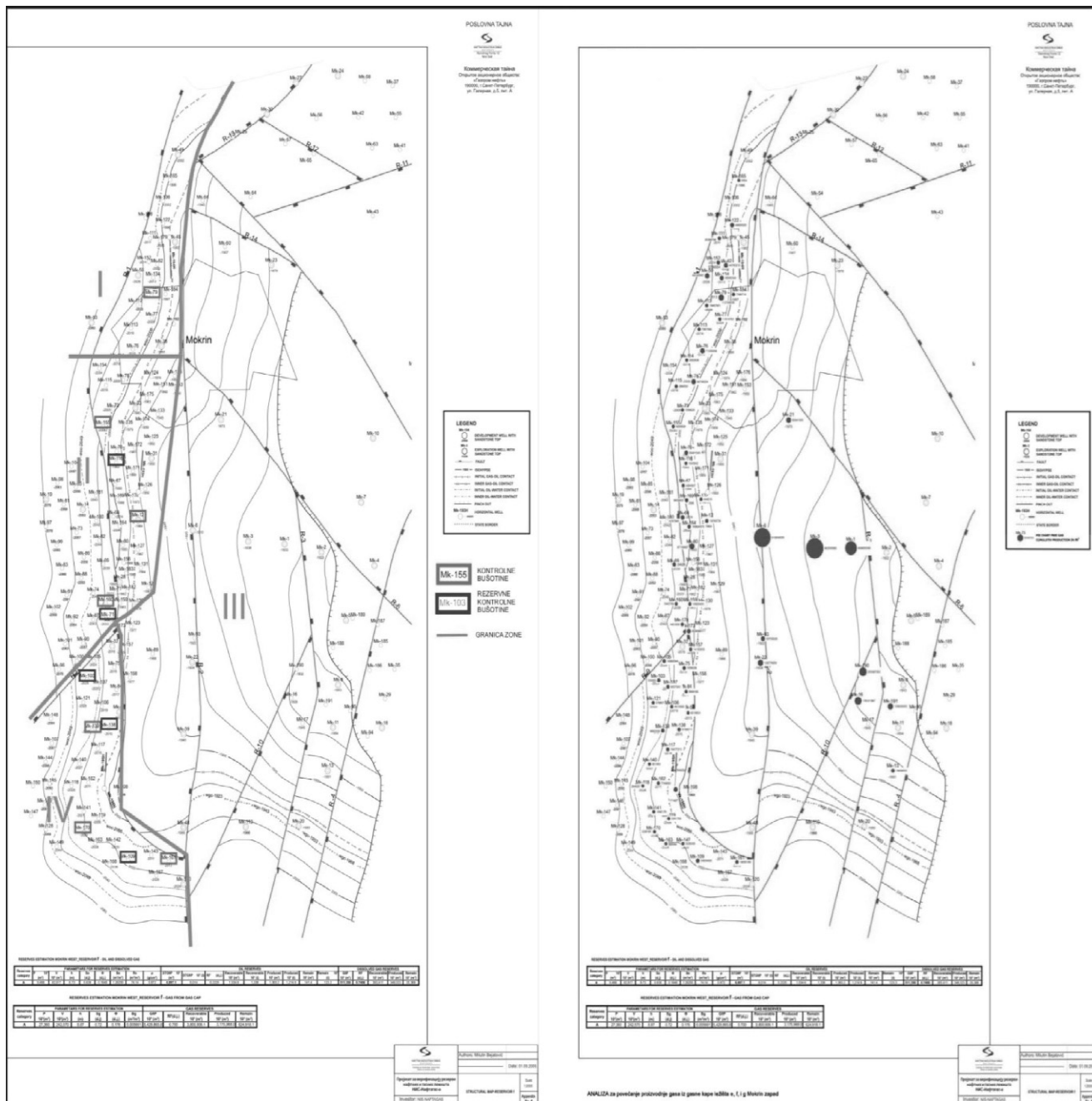
Варијанта	Pi (bar)	Np (m <sup>3</sup> )	Gp (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	I (d.j.)	Рок рада
I	101,5	60.000	600.000	0,30	2027
II	163,4	90.000	1.400.000	0,45	2050
III	163,4	100.000	2.000.000	0,50	2050



Сл. 3. Историјат и прогнозна производње нафте из лежишта Зрењанин  
 Fig. 3. Background and forecast oil production from the slot Zrenjanin.



Сл. 4. Геолошки профил I - I кроз гасно поље Палић плитко  
 Fig. 4. Geological profile I - I through shallow gas field Palic



Сл. 5. Зоне притиска и кумулативне производње слободног гаса из бушотина лежишта ф  
 Fig. 5. Zone pressure and cumulative production from wells, field f Mokrin zapad

одржања лежишне енергије. Утискивање гаса омогућује снижење темпа пада притиска у лежишту, што омогућује добијање заосталих резерви нафте и коначни коефицијент искоришћења нафте на нивоу од 0,5 д.ј.

**Анализе нафтних лежишта**

**Анализа нафтног лежишта Зрењанин**

Анализа нафтног лежишта Зрењанин вршена је у циљу оцене стања разраде лежишта. На основу анализе разраде лежишта откривено је да у неким деловима лежишта постоји заостале нафте, и на основу тога предложени су радови у четири бушотине. Предложени су радови у бушотинама Зр-2, Зр-3, Зр-5 и Зр-9 (сл. 2). У бушотинама предложена је примена методе фрактурирања колектора. У Србији овај метод није примењиван, међутим, у радовима који су спроведени у 2009 год. на другим лежиштима овај метод је показао добре резултате.

Реализацијом предвиђених радова омогућиће се додатна производња нафте од преко 18.000 t нафте, а коефицијент искоришћења нафте ће се повећати за преко 2,6% (сл. 3).

### Анализа разраде нафтно-гасног поља Палић

Циљ анализе разраде нафтно-гасног поља Палић био је да се оцени стање разраде лежишта. Задатак је био да се на основу те анализе предложи радови који ће повећати ефикасност производње и утицати на повећање коефицијента искоришћења.

Анализом разраде констатовано је да су првобитно израчунате резерве гаса одавно произведене и зато је дата анализа имала за циљ нову процену резерви гаса. Реинтерпретацијом је потврђено постојање седам мањих гасних лежишта у седиментима плиоцена (сл. 4).

На основу нових прорачуна, геолошке резерве гаса су око 100 милиона  $m^3$ . У анализи су предложене бушотине из којих се могу рационално разрадити сва гасна лежишта

За нафтни део лежишта предложене су активности у бушотинама, које могу прецизирати геолошки модел, нафтног лежишта и процену заосталих резерви нафте.

### Анализа стања разраде нафтно-гасног лежишта Мокрин

Анализа разраде гасо-нафтног лежишта Мокрин-запад имала је за циљ оцену предлога пуштања гаса из гасних капа лежишта "Е, Ф и Г" у индустријску производњу.

Анализа разраде је показала да се може значајно повећати производња гаса из лежишта путем увођења у производњу бушотина које су тренутно затворене и допуцавањем или отварањем нових интервала интервала у бушотинама које су у гасном делу лежишта. Поред тога предложено је и искоришћење дела бушотина, које се у производњу нафте пуштају периодично.

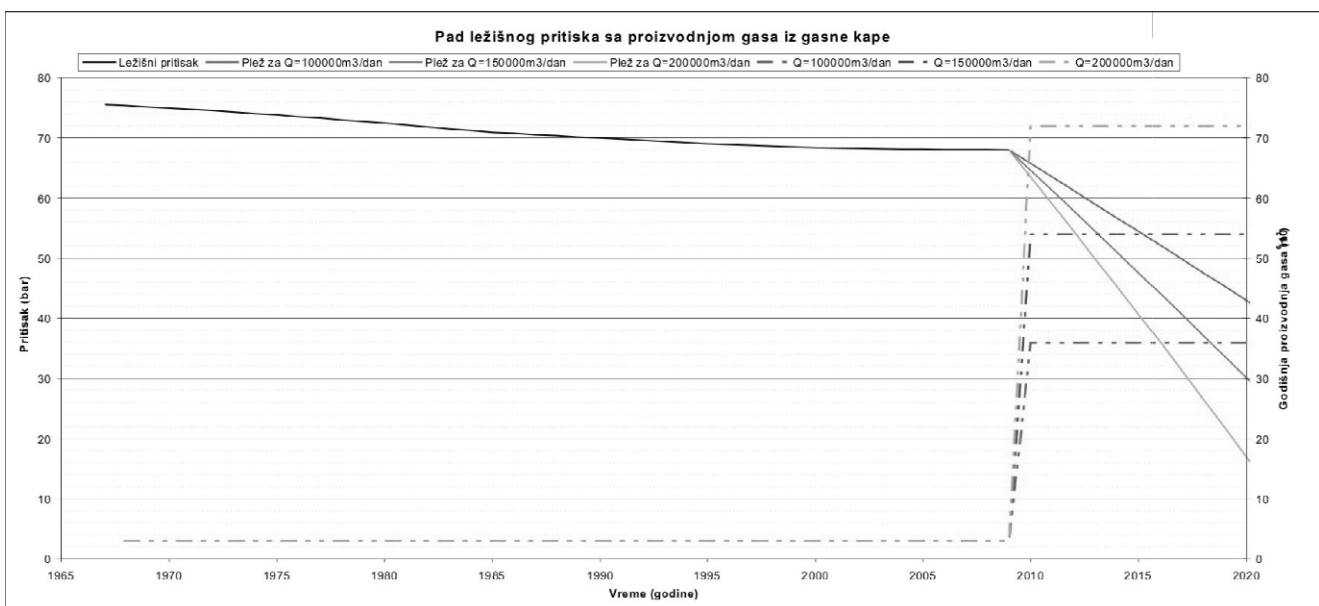
На основу анализе разраде предложено је да се из гасних капа лежишта пусте 4 бушотине из првог реда бушотина, а предложене су активности и за бушотине из другог реда.

Кључни критеријум за избор бушотина за производњу гаса из гасних капа, био је лежишни притисак. Посматрана лежишта подељена су у зоне, према величини тренутног лежишног притиска (сл. 5). Предложене зоне за производњу гаса из гасне капе налазе се у зонама високог притиска. Други критеријум је избор бушотина које могу спречити неконтролисано кретање флуида под дејством разлике притиска у лежишту.

### Анализа стања разраде лежишта Велебит

Анализа разраде лежишта Велебит рађена је у циљу повећања производње гаса из гасне капе.

На основу искуства разраде гасних лежишта, и занемарењем утицаја воденог басена на лежиште, у циљу оцене утицаја производње гаса на промену лежишног притиска, извршен је аналитички прорачун за лежиште Велебит. Прорачун је урађен за претпостављену дневну производњу гаса од 100.000, 150.000 и 200.000  $m^3$ /дан. На слици 6 дат је приказ прорачунатог пада притиска у лежишту, у завис-



Сл. 6. Историјат и будуће понашање притиска у лежишту Велебит

Fig. 6. The history and future behavior of the pressure in the reservoir Velebit



ности од различито произведених количина гаса из гасне зоне лежишта, за период од 10 година. Из слике 6 се види да се притиска креће у границама од 25–50 bar. У вези с тим оцењени су оптимални нивоа производње гаса из лежишта у целини и посебно по бушотинама.

Анализа је показала да се истовремено могу производити и нафта и гас из гасне капе, при условима подржавања оптималних параметара. За лежиште је одређена оптимална производња гаса од 100.000 m<sup>3</sup>/дан, и дате су препоруке за увођење у експлоатацију бушотина из првог реда на гасној капи. Одређени су интервали које је неопходно отворити за равномерну производњу гаса из лежишта.

## Закључак

Примена савремених технологија пројектовања и разраде је један од основних фактора повећања ефикасности експлоатације лежишта.

Примена савремене технологије повећава производњу нафте из лежишта у Србији и омогућује значајно повећање произведених резерви нафте, а такође повећаће и текући ниво производње.

Основни принципи, који омогућују ефективну

разраду нафтних и гасних лежишта, је оптимални ниво производње, рационални пад притиска и максимална покривеност површине лежишта, која је под утицајем дренажне зоне.

Увођење нових технологија за производњу нафте захтева увођење савремених метода мониторинга и пројектовања разраде лежишта, као и примена сложених технологија и технолошких решења, изискује допунске трошкове, који морају бити довољно поуздани и оправдани.

## Литература

- Живанов, Д. и Грбовић, Ј. 2010. Анализа разраде нафтно-гасног поља Палић.
- Ђого, З. и Ракић, Д. 2010. Анализа разраде лежишта е, ф и г Мокрин запад у циљу повећања производње гаса изгасних капа.
- Маленчић Л. и Ђого З., 2010. Анализа нефтяного месторождения Зрењанин.
- Мељников А., Ђого З. и Ракић Д., 2010. Предлог увођења у експлоатацију гасне капе лежишта II Велебит.
- Анђушић С. и Мељников А., 2010. Проект опытно-промышленных работ по закачке газа на нефтегазовом месторождении Русанда II.



## Восточная Сибирь: новый регион, новые технологии Источни Сибир: нови регион, нове технологије

СВЕТЛАНА МАЛЫШЕВА<sup>1</sup>, ЮРИЙ ЕРЕМИН<sup>2</sup>, ИЛЬЯ УЛЬЯНОВ<sup>3</sup>

**Abstract.** Eastern Siberia is a relatively new region for Gazpromneft activity. In 2007 Gazpromneft-Angara obtained licenses for oil and gas exploration and production in Tympuchikansky, Vakunaysky and Ignyalinsky areas located in Sakha (Yakutia) and Irkutskaya Oblast.

Two oil and gas condensate fields were discovered in Tympuchikansky and Vakunaysky areas in 1989 and 1990 respectively. The fields are located within the Nepsky Dome, which is a major structure of the Nepsko-Botuobinskaya Antecline. The province of Nepsko-Botuobinskaya Antecline is characterized by significant hydrocarbon potential and oil, gas and condensate reserves discovered in Vendian (Late Proterozoic) and Cambrian clastic and carbonate formations. The interest to the Nepsky Dome area and its oil and gas potential is currently increasing because of its close location to the Eastern Siberia – Pacific Ocean Oil Pipeline and the need for new discoveries.

Basin Modelling in TS 2008 (Beicip Franlab) was applied to reconstruct the subsidence and geothermal history of the basin (including Nepsko-Botuobinskaya Antecline and Cis-Patom Foredeep), hydrocarbon generation, migration and accumulation processes. The modeling allows estimation of the hydrocarbon potential of the basin and identification of more prospective areas for the following research and exploration.

**Key words:** Eastern Siberia, Nepsky Dome, Vendian, Cambrian, Basin Modeling, Hydrocarbon Potential.

**Апстракт.** Регион Истичног Сибира представља релативно ново подручје активности Газпромнефт-а. У 2007. години Газпромнефт-Ангара је добио лиценце за истраживање и производњу нафте и гаса у подручјима Тимпучиканск, Вакунајск и Игњалинск смештеним у областима Сакха (Јакутиа) и Иркутскаја.

Два кондензатна нафтна и гасна поља су откривена 1989. и 1990. године на подручјима Тимпучиканск и Вакунајск. Поља се налазе унутар доме Непски, која представља главну структуру антеклизе Непско-Ботубинскаја. Провинција антеклизе Непско-Ботубинскаја се карактерише значајном потенцијалношћу угљоводоника и резервама нафте, гаса и кондензата откривених у вендским (млађи палеозоик) и камбријумским кластичним и карбонатним формацијама. Интересовање за подручје доме Непски и њену нафту и гасну потенцијалност је у данашње време повећано због њене близине са Источносибирско – Пацифичким цевоводом и потребом за новим налазиштима.

Моделовање басена у ТС 2008 (Беицип Франлаб) је примењено за реконструкцију тоњења и геотермалне историје басена (укључујући антеклизу Непско-Ботубинскаја и “foredeep” басен Цис-Патом), настанак угљоводоника, процесе миграције и акумулације. Моделовање дозвољава процену угљоводоничног потенцијала басена и идентификацију перспективнијих подручја за будућа истраживања.

**Кључне речи:** Источни Сибир, дома Непски, венд, камбријум, моделирање басена, угљоводонични потенцијал.

### Введение

Восточная Сибирь является относительно новым регионом для деятельности компании ОАО

«Газпром нефть». Компания владеет лицензиями Тимпучиканского, Вакунайского и Игнялинского участков, компактно расположенных на территории Республики Саха (Якутия) и в Иркутской

<sup>1</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Malysheva.SV@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Eremin.UG@gazpromneft-ntc.ru

<sup>3</sup> “Gazpromneft-Angara”, 117647 Russia, Moscow. E-mail: Ulyanov.IV@gazprom-neft.ru

области. На двух лицензионных участках (Тымпучиканском и Вакунайском) на момент приобретения уже имелись открытые ранее одноименные нефтегазоконденсатные месторождения. Месторождения расположены в пределах Непского свода, который является крупным структурным элементом, осложняющим Непско-Ботуобинскую антекклизу.

Непско-Ботуобинская антекклиза (НБА) характеризуется значительным углеводородным потенциалом, приуроченным к терригенным и карбонатным отложениям венда и кембрия. Интерес к данной территории увеличивается в связи с запуском нефтепровода Восточная Сибирь - Тихий Океан (ВСТО) и возможностью открытия и эксплуатации месторождений. Подтверждением огромного потенциала территории является тот факт, что на начало лицензионной деятельности (2002 год) уже было открыто 36 месторождений УВ, на сегодняшний день за счет деятельности недропользователей количество открытых месторождений превышает сорок.

Несмотря на высокие перспективы, данный регион является достаточно сложным для изучения и поисков месторождений. Слабо информативны сейсморазведочные работы (за счет влияния ВЧР, наличия в разрезе солей и трапшов), сейсморазведочные работы прошлых лет выполнялись по различным методикам, что вызывает определенные сложности при увязке таких материалов. Пластовые воды представляют собой рассолы, что приводит к применению ограниченного комплекса ГИС. При довольно неравномерной изученности затруднена корреляция продуктивных горизонтов. Залежи контролируются не структурной составляющей, а в большей степени литологической. Продуктивные горизонты имеют «непрерывно-прерывистое» распространение коллекторов, прогнозирование которых вызывает большие трудности, как в карбонатных так и в терригенных отложениях.

Необходимо понимание региональных закономерностей, процессов образования углеводородов, направления миграции и формирования залежей. Для решения таких задач предпринята попытка применения метода бассейнового моделирования. Работы по бассейновому моделированию были проведены в ООО «Газпромнефть НТЦ» на основе программного обеспечения Темис Суите 2008 (Беицип Франлаб).

## Геологическое строение и нефтегазоносность

Рассматриваемый бассейн расположен на юго-востоке Сибирской платформы и занимает площадь около 400 000 км<sup>2</sup>. В тектоническом отно-

шении в его состав входят две крупнейшие структуры: Непско-Ботуобинская антекклиза и Предпатомский прогиб. Непско-Ботуобинская антекклиза имеет площадь около 235 тыс. км<sup>2</sup>, она вытянута в северо-восточном направлении от верховьев р. Нижняя Тунгуска до р. Виллой. Непско-Ботуобинская антекклиза осложнена двумя положительными структурами I порядка (Непский свод и Мирнинский выступ). На юго-востоке по крупным разломам северо-восточного простирания антекклиза граничит с Предпатомским региональным прогибом, протяженностью более 1250 км и шириной около 130 км – Конторович А. и др. (2009).

В геологическом строении рассматриваемого бассейна принимают участие архейско-нижнепротерозойские породы фундамента и рифейско-фанерозойские образования осадочного чехла. Кристаллический фундамент сложен архейско-нижнепротерозойскими метаморфическими и интрузивными образованиями.

Основной объем осадочного чехла бассейна представлен отложениями венда и кембрия.

В меньшем объеме присутствуют преимущественно терригенные ордовикские, карбонатные силурийские, терригенные каменноугольно-пермские, туфогенно-осадочные триасовые и юрские терригенные отложения. Отложения рифея (поздний протерозой) присутствуют только в пределах Предпатомского прогиба, где их мощности достигают нескольких километров.

Отложения нижнего венда представлены терригенным непским и терригенно-сульфатно-карбонатным тирским региональными горизонтами. Верхний венд представлен карбонатными и сульфатно-карбонатными отложениями. Мощность вендских отложений составляет 0,2–1,2 км. Кембрийские карбонатно-эвапоритовые отложения имеют мощность 1,2 – 2,5 км. Пласты каменной соли толщиной 300 м и более делят разрез на подсолевой, межсолевой и надсолевой комплексы. В районе Непско-Ботуобинской антекклизы развиты интрузии и силлы.

Основными продуктивными горизонтами в регионе являются терригенные и карбонатные отложения венда и венд-кембрия и карбонатные горизонты нижнего кембрия. Месторождения в изучаемом регионе по своему строению сложные, многозалежные.

Главными нефтегазоматеринскими породами бассейна являются черносланцевые отложения докембрия. Они распространены на различных стратиграфических уровнях рассматриваются не только как источник собственной нефтегазоносности, но и в качестве источника УВ, локализованных в палеозойских отложениях бассейна. Органическое вещество в этих отложениях представлено, в основном, сапропелитами альгагенной

и планктоногенной природы с примесью бактериального.

Согласно существующим представлениям, генерация УВ в бассейне происходила главным образом в пределах Байкало-Патомского очага, расположенного в пределах Предпатомского прогиба – Конторович А. Максимальная мощность отложений в Байкало-Патомском очаге превышала 8500 м. В пределах этого очага основными нефтедопроизводящими формациями были рифейские хайвергинская, бугорихтинская, джемкуканская, валюхтинская свиты. Так как прямые данные о распространении и составе верхнерифейских нефтегазоматеринских горизонтов в пределах Предпатомского прогиба отсутствуют, поэтому при моделировании были использованы данные о строении и геохимии этих толщ, изученных в обнажениях Патомского нагорья. Содержание органического вещества в рассматриваемых нефтегазоматеринских свитах в среднем составляет 1,7 %, а в отдельных прослоях достигает 10-13 %. При моделировании содержание органического вещества в породах было пересчитано с учетом высоких стадий катагенеза, которые данные породы испытали в геологической истории. В вендском разрезе нефтегазоматеринскими горизонтами являются непский и даниловский региональные горизонты. Концентрации органического вещества в этих горизонтах варьируют от 0,05 до 1 %. – Конторович А. и др. (1994)

Процессы нефтегазообразования во многом зависят от геотермического режима бассейна и связанных с ним процессов катагенеза. В современную эпоху Сибирская платформа представляет собой регион геотермически «холодный». Средние значения плотности теплового потока составляют 4,06 Вт/м<sup>2</sup>. В геологическом прошлом тепловой поток был существенно выше. При моделировании были использованы данные по температурным градиентам Сибирской платформы, собранные и проанализированные исследователями коллектива МГУ - Фролов С. и др. (2006). Значения современных геотермических градиентов в рассматриваемом бассейне изменяются от 0,7 до 2,0° С/100м. В древности по оценкам исследователей температурный градиент мог достигать 7° С/100м.

## Метод

Метод бассейнового моделирования применяется для восстановления истории погружения и тепловой истории бассейна, а также для определения масштабов и времени генерации и миграции углеводородов. 2Д разрезы были построены на основе структурных карт и разбивок скважин. В качестве основных моделируемых горизонтов были определены основные продуктивные гори-

зонты венда и кембрия, разделяющие их флюидоупоры, а также нефтегазоматеринские горизонты рифея и венда. В модели были заданы основные параметры органического вещества, данные по литологическому составу горизонтов, значения температурного градиента на разных этапах времени. В результате калибровки 2Д моделей по современным температурам в скважинах были уточнены значения температурных градиентов.

При расчете модели с учетом петрофизических свойств заданных литотипов и тепловой истории были определены расчетные значения стадии катагенеза органического вещества и коэффициент трансформации ТР. Были установлены основные этапы формирования нефтегазоносности бассейна, такие как начало генерации и миграции углеводородов. Расчеты модели показывают направление миграции, области наиболее вероятного скопления углеводородов и плотность УВ в каждой определенной ячейке.

## Заключение

Расчеты 2Д моделей подтвердили представления, что нефтегазоносность в бассейне могла быть сформирована, главным образом, за счет нефтегазоматеринских свит докембрия, а именно черносланцевых формаций рифея, среднее содержание органического вещества в которых составляло 4,5 %.

В результате расчетов можно делать выводы, что генерация углеводородов началась еще в рифее. В середине позднего рифея в «нефтяное окно» попадают самые древние рифейские нефтегазоматеринские отложения хайвергинской свиты. К концу позднего рифея все рифейские нефтегазоматеринские свиты генерируют нефть на глубинах более 1,5 км и газ на глубинах более 3 км, поскольку значения температурных градиентов достаточно высоки.

Нефтегазоматеринские толщи венда начинают генерировать жидкие углеводороды только в раннем кембрии. Генерация происходит только на территории Предпатомского прогиба. К этому времени рифейские толщи продолжают генерировать газ в прибортовой части прогиба. Образованные углеводороды мигрируют на склон палеоантеклизы. На глубине более 4 км нефтегазоматеринский потенциал пород полностью исчерпан (ТР=1).

Наибольшее погружение в бассейне было достигнуто к концу ордовика. Рифейские нефтегазоматеринские толщи в прогибе к этому времени почти повсеместно достигли апокатагенеза (расчетное Р<sub>о</sub> до 4,2%) и выработали свой потенциал. Меньшие степени катагенеза рифейских отложений (МК3 – МК5) на этом этапе могли быть достигнуты в прибортовой части прогиба (расчетное Р<sub>о</sub> от 0,9 до

2,0 %), где вероятно продолжались процессы генерации газа. Нефтегазоматеринские толщи венда в прогибе в это время продолжают генерировать нефтяные углеводороды

По расчетам 2Д моделей, к настоящему времени материнский потенциал рифейских нефтегазоматеринских пород полностью исчерпан,  $TR=1$ . Вендские нефтегазоматеринские горизонты на территории прогиба, находятся на стадии «нефтяного окна» и их потенциал реализован на 50-80 %. На территории антеклизы нефтегазоматеринские отложения венда вступили в «нефтяное окно» только к концу ордовика. К настоящему моменту их потенциал реализован только на 15-30 % в наиболее погруженных областях и 8-10 % в наиболее приподнятых.

Миграция углеводородов на склон палеоантеклизы началась еще в раннем венде. Основная аккумуляция происходит в районе Непского Свода. Незначительные перестройки структурного плана повлияли на перераспределение углеводородов.

Первыми формируются залежи в терригенных резервуарах нижнего венда. Позднее формируются скопления в карбонатных резервуарах венда и кембрия, частично за счет перетоков из нижележащих горизонтов, и частично за счет латеральной миграции из нефтематеринских горизонтов венда со стороны Предплатформского прогиба.

### Список литературы

- Конторович А. и др. 2009. Тектоническая карта венд-нижнепалеозойского структурного яруса Лено-Тунгусской провинции Сибирской Платформы, Геология и геофизика, т. 50, 8.
- Конторович А. и др. 1994. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. Непско-Ботубинский регион, выпуск 7.
- Фролов С. и др. 2006. Прогноз нефтегазоносности Среднетаймуринского участка на основе бассейнового моделирования. МГУ (отчет по договору).

## Анализа стања разраде нафто-гасног поља Велебит Analyses of the Development Status of Oil and Gas Field Velebit

АЛЕКСАНДАР МЕЉНИКОВ<sup>1</sup>, ЗОРАН ЂОГО<sup>2</sup>,  
ДЕЈАН РАКИЋ<sup>3</sup> и ДРАГОЉУБ ЖИВАНОВ<sup>4</sup>

**Апстракт.** Лежиште Велебит је највеће лежиште у Србији са више од трећине укупне годишње производње НИС-Нафтагаса и након 40 година континуалног рада. Одличне петрофизичке карактеристике лежишта, пре свега порозитет и пропусност, повољан енергетски режим лежишта (комбиновани јак водонапорни и режим гасне капе), као и ефикасно испирање флуида, условили су дугогодишњу несметану производњу која резултира тренутним коефицијентом искоришћења од преко 50%. Како последњих година долази до очекиваног повећања процента воде у производњи (последича јаког водонапорног режима и подизања контакта нафта-вода), као и повећаног учешћа гаса услед померања производних интервала од воденог басена ка гасној капи, преостали део тзв. нафтног прстена између воденог басена и гасне капе је све тањи и тањи. Да би се адекватно реаговало у наступајућим годинама и спречили нежељени ефекти, потребно је, детаљним сагледавањем геолошког модела лежишта и оптималном производњом, обезбедити што ефикасније искоришћење преосталих билансних резерви нафте.

**Кључне речи:** енергетски режим, гасна капа, коефицијент искоришћења нафте, лежишни притисак, производња, Велебит, Србија.

**Abstract.** Velebit field is the largest field in Serbia with more than thirty percent of total annual oil production in NIS Naftagas, even after forty years of continuous production. Excellent petrophysical properties of the field, porosity and permeability above all, favorable drive mechanism (combined strong water drive and gas cap), as well as efficient fluid sweep, are resulted in long term good production with more than 50% recovery. Recently water cut increased as expected (due to strong water drive and water-oil contact change), gas production increased due to production intervals moving up, away from water and towards gas, remaining part of the oil rim between water basin and gas cap is thinner. In order to react properly in the years to come and to prevent undesired effects, it is necessary, by detailed geological model analysis, and production optimization, to provide as efficient recovery as possible for the remaining oil reserves.

**Key words:** drive mechanism, gas cap, recovery factor, reservoir pressure, production, Velebit, Serbia.

### Географски положај експлоатационог подручја

Нафтно-гасно поље Велебит припада јужном делу панонског басена. Налази се у североисточној Бачкој у близини места Сенђански Трешњевац. Од наведеног места нафтно-гасно поље је удаљено око 3 km у правцу запада, а име је добило по селу Велебит (сл. 1).

### Геолошки подаци и резерве нафте и гаса

На нафто-гасном лежишту II колектори су представљени следећим стенама:

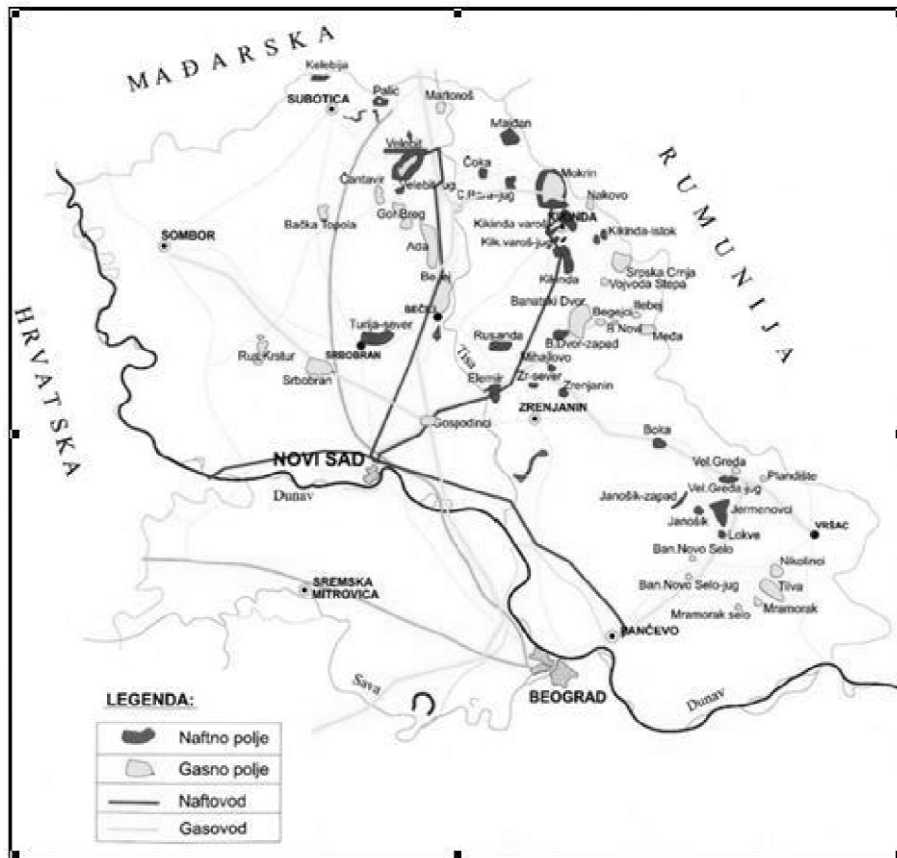
- Кречњаци и доломитични кречњаци, доломити, силификовани доломити, бречизирани доломитични кречњаци и милонитисане стене, тријаске старости.
- Пескови и слабо везани до умерено тврди пешчари, углавном добро сортирани. Величина зрна

<sup>1</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: aleksandar.meljnikov@nis.rs

<sup>2</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: zoran.djogo@nis.rs

<sup>3</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: dejan.rakic@nis.rs

<sup>4</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: dragoljub.zivanov@nis.rs



Сл. 1. Положај нафтно-гасног поља Велебит  
Fig. 1. Location map of Velebit gas-oil field

варира од грубозрних до финозрних. Од минерала у грађи колектор стена учествују мусковит, кварц, фелдспат, илит, каолинит, халојзит, хлорит и калцит. Ситније фракције испод 0,05 mm представљене су каолинитом, мусковитом, кварцом, илитом, калцитом, доломитом, фелдспатом, пиритом и хлоритом, доњепонтјиске старости.

Порозност колектор стена лежишта II процењена је на основу квантитативне интерпретације података регистрованих геофизичким каротажним методама (GFK) применом пакета програма WDS (програми CRA, SAND и LUMP), као и на основу лабораторијских анализа на узорцима језгара (табела 1).

Табела 1. Петрофизички параметри нафтног лежишта II.

Лежиште	Средња вредност петрофизичких параметара					
	$\Phi_{gfk}$ (d.j.)	$S_{wfgk}$ (d.j.)	$H_{cr}$ (m)	$K_{lab(mD)}$ Arit.	$K_{lab(mD)}$ Geom.	$K_{hid(mD)}$ Aritme.
II гасна капа	0,301	0,156	9,75	1083	850	
II нафта	0,305	0,221	11,98	1430	400	800

Процењени петрофизички параметри указују да су стене доњег понта добри колектори. У централ-

ном делу структуре Велебит порозност је највећа, колектори су релативно најчистији, добра је пропусност, па самим тим овај део је најповољнији за експлоатацију угљоводоника.

Укупна дебелина колектор стена лежишта Велебит процењена је поступком интерпретације GFK-а мерења, анализом језгара колектор стена и резултата испитивања и освајања бушотина. Укупна дебелина лежишта узета је од уласка у лежиште до контакта нафта-вода за нафтни део лежишта, односно до контакта гас-нафта за гасни део лежишта. Ефективне дебелине колектор стена одређене су тако што су од укупних дебелина одузете непорозне и непропустљиве зоне.

Нафтно лежиште са гасном капом II је комбиновано лежиште. Састављено је од слојног дела, засвођеног у једном делу са тектонским екраном, масивног дела, са морфолошким екраном ерозионог порекла (класифика-

ција В. Аксин), слика 2.

Геолошке резерве нафте и гаса израчунате су запреминском методом за лежиште II (слаборат из 1997. г.). Главни носиоци угљоводоника су понтски пешчари у којима је акумулирано 96,5% укупних резерви нафте лежишта II Велебит (мали проценат резерви налази се у кречњацима тријаске старости). Геолошке резерве нафте у доњепонтским пешчарима износе  $26,7 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ , док укупне геолошке резерве нафте на нафтно-гасном пољу Велебит (заједно комплекс лежишта I и лежиште II) износе  $28,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

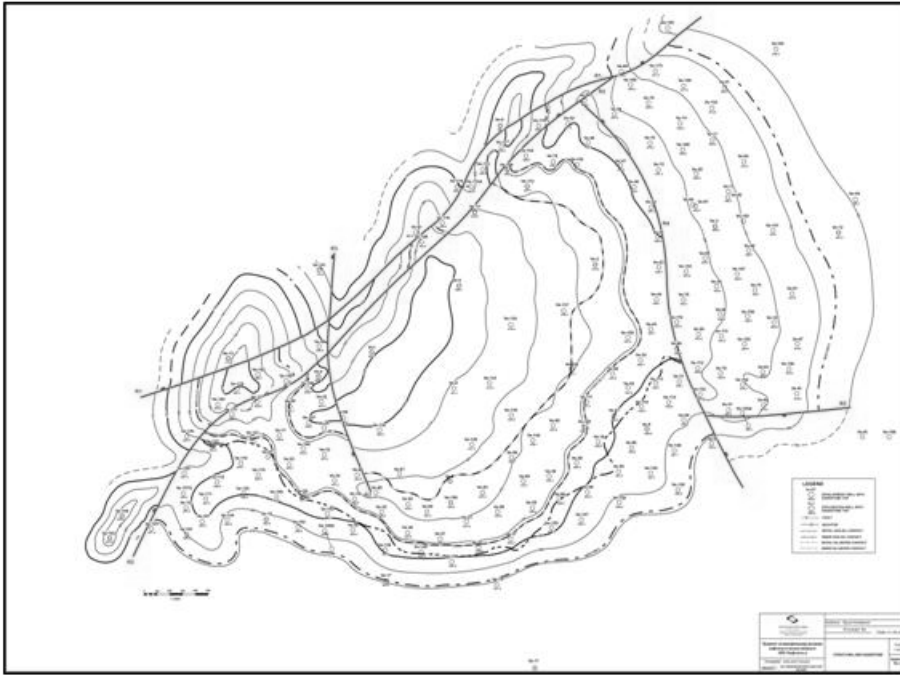
### Анализа стања разраде

Почетни лежишни притисак и температура добијени су усредњавањем већег броја мерења која су извршена пре почетка експлоатације лежишта Велебит. Осредњена вредност почетног лежишног притиска и температуре сведена је на средњу дубину лежишта (-658,28 m)

$$P_{L(-658,28 \text{ m})} = 75,5 \text{ bar}, T_{L(-658,28 \text{ m})} = 67^\circ \text{ C.}$$

Мерени лежишни притисци сведени на почетни контакт гас-нафта (-641 m) приказани су на слици 3.

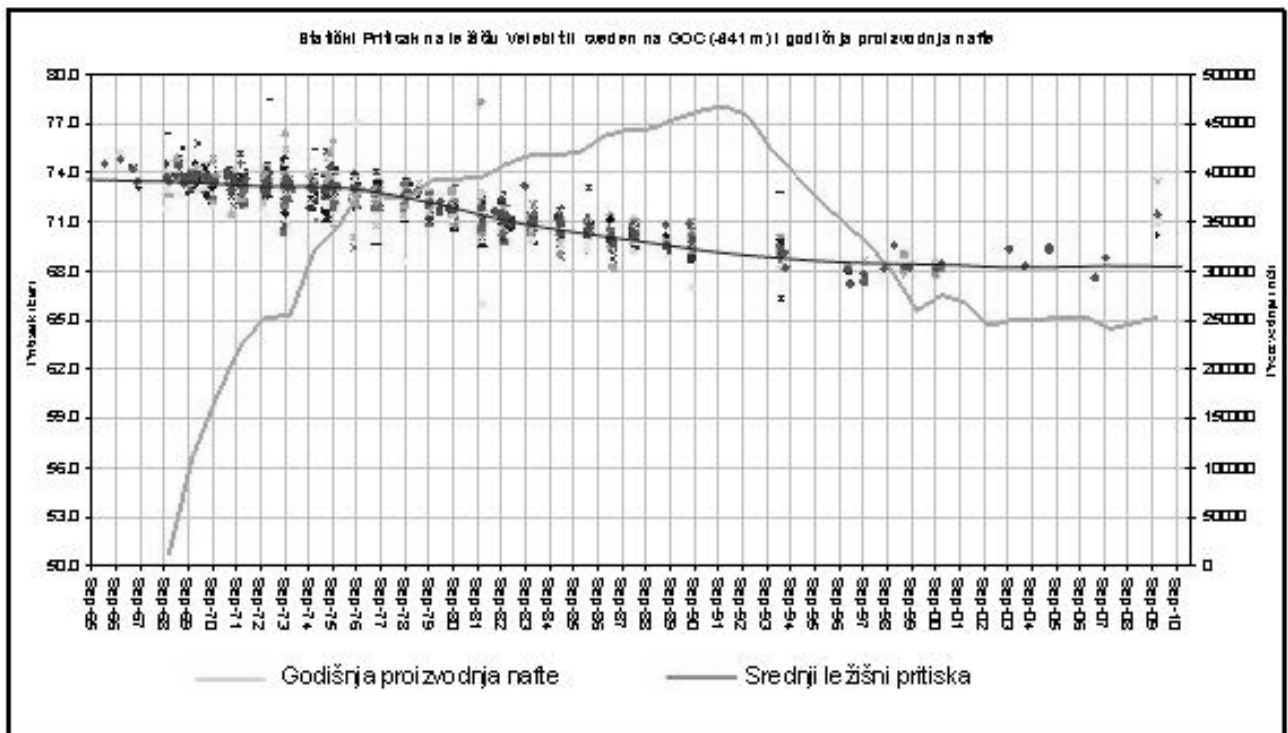




Сл. 2. Структурна карта по доњепонтским пешчарима (Илић К. и Француски М. 2002)  
 Fig. 2. Structural map lowerpontos sandstones (ILIĆ K. & FRANCUSKI M. 2009)

ра 1968. године и до краја децембра 2009. г. је произвело око 14 милиона m<sup>3</sup> нафте, 500 милиона m<sup>3</sup> гаса и 7.5 милиона m<sup>3</sup> лежишне воде (слика 3).

Производња се одвијала из 153 бушотине, које су континуирано бушене и увођене у производњу. 1991. године одређена је контура лежишта са југозападне и југоисточне стране и што је условило максималну производњу нафте. Од тада производња бележи константан пад до 1999. године када се усталила на око 250000 m<sup>3</sup> нафте годишње. Овај ниво производње се одржавао до данас отварањем нових и скраћивањем раније већ отворених интервала. Оваквим приступом продужаван је век сруптивног рада бушотина, смањивани су трошкови производње, а високи степен текућег ис-



Сл. 3. Историјат производње и лежишног притиска нафтног лежишта Велебит II  
 Fig. 3. History production and reservoir pressure Velebit II oil reservoir

Нафтно-гасно лежиште II поља Велебит као главни носилац резерви, у производњи је од октоб-

коришћења, као последица веома повољног енергетског режима (комбиновани - јак водонапорни и

режим гасне капе), изузетно добрих петрофизичких параметара слоја (порозитет и пропусности) као и фантастичног механизма истискивања флуида, остварен је уз веома спори раст средњег учешћа воде у производњи флуида.

Продор воде је најизраженији у источној зони лежишта у којој пешчари леже преко испуцалих тријаских доломитичних кречњака. Бушотине источне зоне које имају мању моћност су потпуно заводниле и налазе се ван производње, остале бушотине које су у производњи се карактеришу високим степеном заводњености. У осталим зонама у којим колектори овог лежишта-пескови леже изнад ситнозрних и заглињених седимената ово надирање воде према унутрашњем реду производних бушотина је било знатно спорије.

Иако се ради о високо пропусном колектору хомогеног лежишта, где промене на једној бушотини несумњиво утичу на понашање околних бушотина (изражен утицај интерференције) и промене у једном делу лежишта утичу на цело лежиште, ипак се могу издвојити две средине за анализирање: источни део лежишта са бушотинама са високим процентом воде у производњи и јужни део где је повећана производња и гаса и воде у бушотинама.

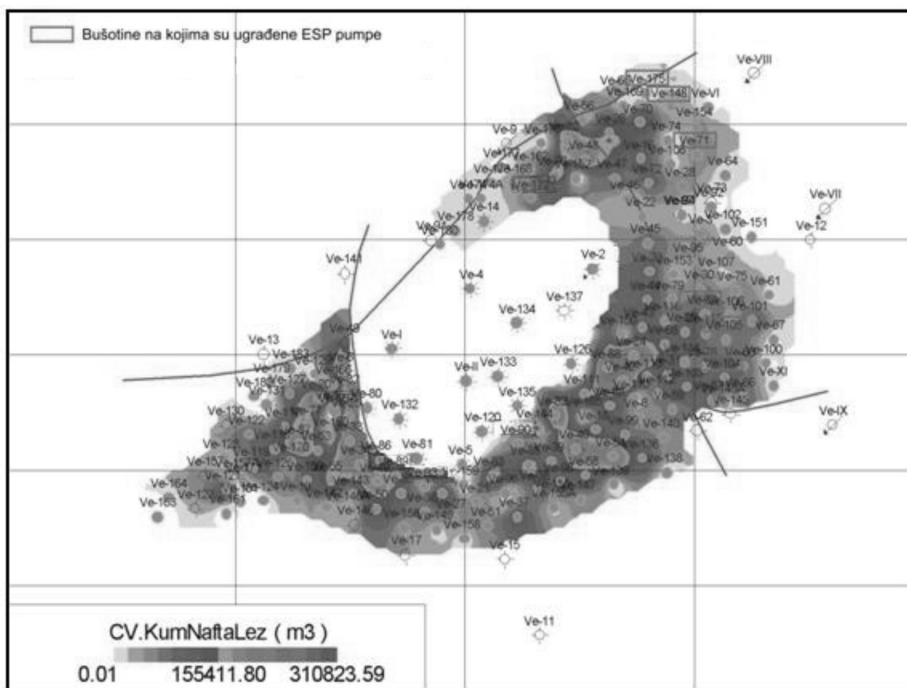
интервалима на горе (напуцан сам врх лежишта), у циљу спречавања даљег продора воде ка унутрашњости лежишта, бушотине које су у првим редовима до воденог басена планиране су да раде са повећаним режимима. Из тог разлога започет је пројекат уградње ESP (electric submersible pump) уместо постојећих тубинг пумпи, које ће омогућити бушотинама производњу од 100–200 m<sup>3</sup>/dan флуида. Обзиром на достигнут висок ниво заводњења, повећање производње флуида по бушотини резултоваће повећаним процентом чисте нафте. На слици 4 означене су бушотине у којима су уграђене ESP.

У јужном делу лежишта, између раседа P3 и P4, услед дугогодишње експлоатације нафте, дошло је до подизања контакта нафта-вода а такође и до спуштања гасне капе, тако да је у експлоатацији преостао танак нафтни прстен. Већина бушотина овог дела отворене су при врху нафтног дела лежишта и раде са високим процентом воде (преко 90 %) и/или са повећаним гасним факторима.

Како би се убудуће спречила неконтролисана производња воде и гаса из тренутно отворених интервала који су у близини контакта нафта-гас, разматра се увођење у производњу бушотина из гасног дела лежишта. Оваквим приступом би се услед смањења притиска у гасном делу омогућило евентуално равномерније потискивање флуида у нафтном делу лежишта (преосталом танком нафтном прстену).

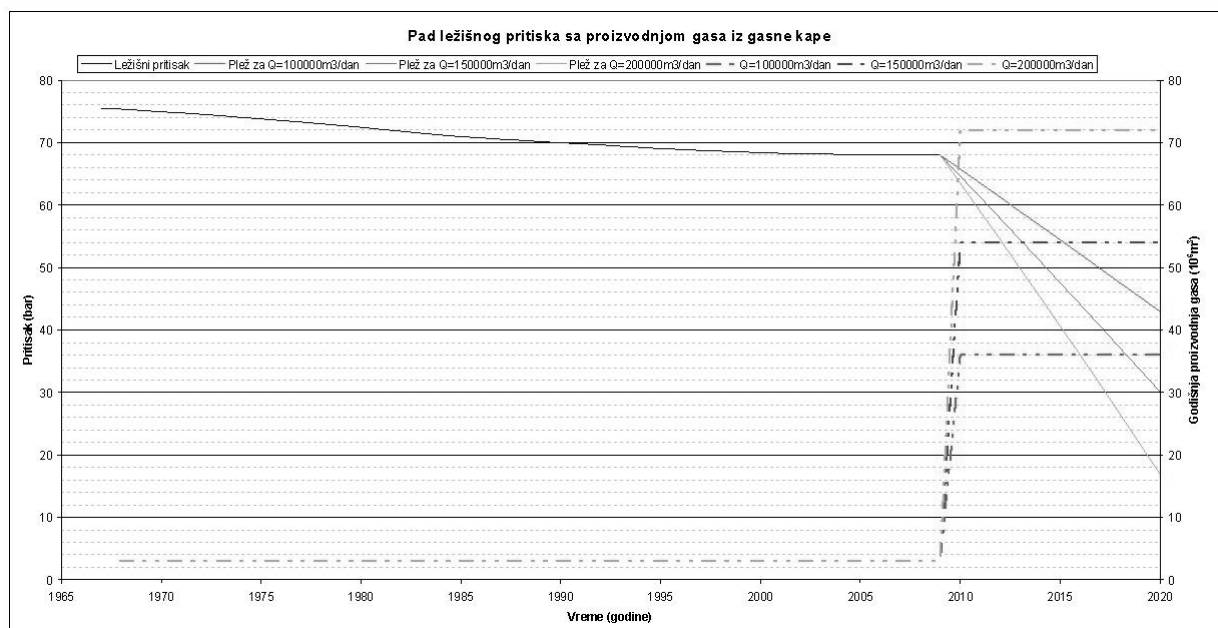
Анализирајући утицај производње гаса из гасног дела лежишта на кретање лежишног притиска занемарујући утицај воденог басена, (Мељников и др. 2009) аналитички прорачуни за различите производне капацитете од 100.000, 150.000 и 200.000 m<sup>3</sup>/dan гаса приказани су на слици 5. заједно са падом притиска у лежишту у зависности од различитих произведених количина гаса из гасне зоне за период од 10 година. Он се креће у распону од 25 bar при производњи од 100.000 m<sup>3</sup>/dan гаса до 50 bar за количину од 200.000 m<sup>3</sup>/dan на крају десете године експлоатације.

Уочава се да производња гаса из гасне капе знатно утиче на пад притиска у гасној капи, па је због тога неопходно строго водити рачуна о количини производње како би депресија на гасну капу била што нижа. Из тог разлога јако је битан



Сл. 4. Карта производње нафте по лежишту II Велебит  
Fig. 4. Cumulative oil production for Velebit II oil reservoir

Источни део лежишта се карактерише високим процентом воде у производњи нафте и значајним бројем бушотина ван производње (конзервиране или ликвидирани) услед потпуног заводњења. Како не постоји могућност померања са производним



Сл. 5. Историјат и будуће понашање притиска у лежишту Велебит  
Fig. 5. The history and future behavior of the reservoir pressure

одабир бушотина кандидата (њихов положај на структури и број), ниво отворености нових интервала за производњу у њима као и оптималне количине гаса из новоотворених интервала, тако да се њиховим учешћем у производњи не наруши генерални тренд производње и не изазову евентуални нежељени ефекти. Ово је веома деликатан задатак и из тог разлога он представља ПИЛОТ ТЕСТ производње гаса који ће бити контролисан праћењем притисака у лежишту на новоизабраним бушотинама а такође и праћењем производњи нафте и воде у суседним како би се правовремено избегли евентуални негативни аспекти производње (брзи пад притиска у лежишту и самим тим губитак лежишне енергије, пробоји гаса у нафтни део и/или пробоји воде и нафте у гасни део) који могу резултовати мањим коначним коефицијентом искоришћења.

## Закључак

- У циљу оптимализације производње нафте и гаса на нафтно гасном пољу Велебит потребно је придржавати се основних принципа који омогућују

ефикасну разраду лежишта уз контролисани пад притиска и успешно дренажање производних зона.

- У источном делу лежишта уградњом ESP интензивирати производњу флуида у циљу спречавања продирања воде ка унутрашњости и у исто време повећања производње нафте

- Оптимализација производње гаса у јужном делу лежишта у циљу спречавања неконтролисаних продора гаса ка производним нафтним бушотинама и повећања коефицијента искоришћења

- Константно праћење свих параметра који утичу на разраду и производњу лежишта, пре свега притисака, у циљу евентуалног спречавања нежељених ефеката

## Литература

- АКСИН, В. 1967. *Геолоџија нафтне*. Дневник, Нови Сад.  
 ЕРЦЕГОВАЦ, М. 2002. *Геолоџија нафтне*. Београд  
 МЕЉНИКОВ, А., БОГО, З., РАКИЋ, Д. 2009. Предлог увођења у експлоатацију гасног дела лежишта II Велебит. Нови Сад.  
 Елаборат о резервама нафте и гаса нафтно-гасног поља Велебит, Нови Сад 1997.г.



## Процена потенцијалних неконвенционалних гасних лежишта Војводине

### Estimation of the Latent Unconventional Gas Reservoirs of the Vojvodina

АЛЕКСАНДАР МЕЉНИКОВ<sup>1</sup>, СТАНИША МАРТИНОВИЋ<sup>2</sup> и ДЕЈАН РАКИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** На питање шта заиста представља неконвенционалан гас, тешко је дати прецизан одговор. Оно што се сматра неконвенционалним природним гасом мења се током времена и од средине до средине. Економија експлоатације игра пресудну улогу у одређивању да ли је нека акумулација неконвенционална или једноставно прескупа за издвајање.

Уобичајене појаве гаса, из неконвенционалних гасних лежишта, присутне су у: нископропусном порном простору (<0.1 mD) и изворним матичним стенама.

Веровање је да ће производња гаса из неконвенционалних лежишта имати знатно већи значај у будућности него сад. Процене су да ће се садашња годишња производња неконвенционалног гаса удвостручити крајем двадесетих година овог века (2020). Овај циљ може бити достигнут једино значајним побољшањем истраживања, бушења и технологије производње и проширењем деловања на нова лежишта.

Овај рад промовише Војводину као потенцијални простор за даље истраживање а у догледно време и производњу гаса из неконвенционалних лежишта.

**Кључне речи:** неконвенционална лежишта гаса, резерве гаса, технологија разраде, производња гаса, Војводина.

**Abstract.** So what exactly is unconventional gas? A precise answer to that question is hard to find. Therefore, what is really considered unconventional natural gas changes over time, and from deposit to deposit. The economics of extraction play a role in determining whether or not a particular deposit may be unconventional, or simply too costly to extract.

Common feature of the unconventional gas resources is that the different forms of gas is present in very low permeable (<0.1 mD) tight porous media or in the original source rock.

Some people believe that producing natural gas from unconventional reservoirs is not important now but could likely be important in the future. The present annual production of unconventional gas at the end of 2020, it will be doubled volume. This goal can be attained only by significant improvement of exploration, drilling and production technology and extending the operation to new reservoirs.

Vojvodina as potential area for exploration and gas production from unconventional reservoirs is promoted in this paper.

**Key words:** unconventional gas reservoir, gas reserves, develop technology, gas production, Vojvodina.

### Нископропусни колектори засићени гасом = tight gas

Tight gas представља термин који се обично користи за нископропусне колекторе који производе углавном суви природни гас. Већина ових колектора су пешчари али значајне количине гаса

се такође производе из нископропусних шејлова, карбоната, шкриљаца и угљева.

Tight gas резервоари имају једно заједничко својство – вертикална бушотина избушена и опремљена у оваквим колекторима мора бити успешно стимулирана да би производила гас са комерцијално исплативим количинама и економски

<sup>1</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: aleksandar.menljikov@nis.rs

<sup>2</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: stanisa.martinovic@nis.rs

<sup>3</sup> НТЦ, НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: dejan.rakic@nis.rs

оправданом укупном производњом. Наравно, да би ово било остварено мора се применити третман хидрауличког фрактурирања. У неким природно фрактурираним колекторима, хоризонталне бушотине и/или мултилатерале се користе уместо фрактурирања да би се производња несметано одвијала.

За правилну разраду тигхт гаса, геолози и разрадни инжењери треба да предвиде оптималан број бушотина као и прецедуру по којој ће се бушотина избушити и опремити да би се остварили постављени услови комерцијалне производње. За разраду ових (неконвенционалних) налазишта потребно је много више података, информација, знања, иновативности и напора него у случају конвенционалних, високопропусних лежишта. Ако се разматра производња појединачне бушотине у тигхт гасу, њена издашност се одликује мањим количинама у дужем временском периоду него што је случај бушотине у високопропусним лежиштима. Из тог разлога потребан је знатно већи број бушотина на јединицу површине (или мање растојање између бушотина) да би се постигао већи коефицијент искоришћења него у случају конвенционалних лежишта.

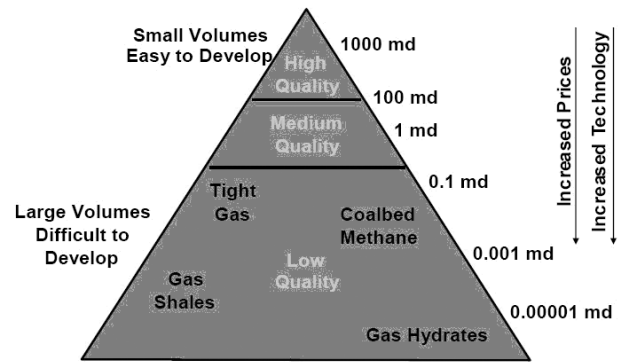
JOHN MASTERS и JIM GRAY су развили концепт троугаоног номограма ресурса за истраживање природних богатстава уопштено и посебно природног гаса (сл. 1). Високо квалитетна налазишта су на врху троугла и заузимају најмањи његов део. Како се квалитет смањује, величина ресурса се повећава. У гасним колекторима, енормне количине гаса су заробљене у ниско пропусном порном систему. Слично је и са нафтним ресурсима. Колектори слабијег квалитета садрже огромне резерве угљоводоника за разлику од мањих, високо порозних лежишта. Да би наставили са разрадом гасних ресурса у ниско квалитетним колекторима, мора се комбиновати боља инжењерска технологија са геолошком експертизом у циљу правилног лоцирања, стимулација и производње ових ниско квалитетних лежишта (HOLDITCH 2007).

Циљеви овог рада подељени су у три дела:

- У уводном делу дате су основне информације о неконвенционалним гасовима са акцентом на Tight Gas колекторе
- Други део је процена резерви неконвенционалног гаса на простору Војводине
- Трећи део представља стратегију разраде неконвенционалних колектора која се може спроводити у сложеним геолошким условима

## Неконвенционални природни гасови

На питање шта заиста представља неконвенционалан гас, тешко је дати прецизан одговор. Оно што је било неконвенционално јуче, применом напредних технологија или иновативних нових



Сл. 1. Троугаони номограм ресурса за природни гас  
Fig. 1. Resource triangle for gas

поступака, постаће конвенционално сутра. У најширем смислу, неконвенционални гас је гас који је теже а економски мање исплативије производити услед недовољно развијене технологије или сувише великих трошкова.

Дакле, оно што се сматра неконвенционалним природним гасом мења се током времена и од средине до средине. Економија експлоатације игра пресудну улогу у одређивању да ли је нека акумулација неконвенционална или једноставно прескупа за издвајање (TRIFUNOVIĆ *et al.* 2002).

У суштини у неконвенционална лежишта гаса спадају (LAKATOS *et al.* 2009):

- Шејловите формације засићене гасом (Gas shale)
- Пескови засићени гасом (Gas sand)
- Компактни пешчари засићени гасом (Tight sand gas - deep gas)
- Акумулације гаса у басену (Basin concentrated gas accumulation)
- Пратећи гасови (Associated gas)
- Метан из угља (Coalbed methane - seam, gob, ventilation gas)
- Хидрати метана (Methane hydrates)

Уобичајене појаве гаса, из неконвенционалних гасних лежишта, присутне су у:

- нископропусном порном простору (<0.1 mD)
- изворним матичним стенама.

За њихово искоришћење неопходан је специјални приступ и технике различите од оних коришћених за производњу конвенционалних гасова (UZELAC *et al.* 2002). Следеће чињенице карактеришу неконвенционалну производњу гаса:

1. Ниска продуктивност бушотине (600–1500000 m<sup>3</sup>/d) која рапидно опада одмах након њеног пуштања у производњу
2. Ниска продуктивност је стабилна деценијама након отварања
3. Моћност продуктивне зоне је обично већа од неколико стотина метара

4. Пропусност и порозитет формације могу бити праћени, осим у микрофрактурама и ниско порозним деловима

5. Већина неконвенционалних гасних поља се налази у дубоким формацијама (>4000 m) где екстремне температуре и притисци јако утичу на хидродинамичке процесе.

### Дефиниција tight gas колектора

Tight gas је израз који се користи за ниско пропусне резервоаре који производе углавном природни гас. Већина ових лежишта су пешчари али значајне количине природног гаса се производе из ниско пропусних карбоната, шкриљаца и угљева (неконвенционалних гасних лежишта). Тешко је изабрати једну вредност пропусности која описује tight gas резервоаре, али је влада САД одлучила да та вредност износи 0.1 mD.

У дубоким масивним колекторима са високим притиском пропусност колектора која омогућава производњу је реда величина микродарсија (0.001 mD). У плићим танким колекторима са ниским лежишним притиском потребна је пропусност од неколико mD да би производња гаса била економски исплатива, чак и после успешног урађеног фрактурирања. Из тог разлога је најбоље дефинисати tight gas као, колектор из ког производња није економски исплатива нити економски оправдано искоришћење, без примене специјалних техника за стимулисање производње. Масивни стимулативни третмани хидрауличким фрактурирањем као и напредне технологије (хоризонталне бушотине или мултилатерале) се користе за стимулисање протока флуида и повећање коефицијента искоришћења у лежишту.

Вредност пропусности која дефинише tight gas колекторе је функција ефективне моћности, порозитета, лежишног притиска, температуре и хетерогенитета.

На питање шта је типични tight gas колектор не постоји одговор. Tight gas лежишта могу бити: дубока и плитка, са високим или ниским притиском, са високом или ниском температуром, хомогена или природно фрактурирана, једно или вишеслојна (Holditch 2007).

Оптимално бушење, опремање и стимулисање зависе од лежишних параметара и обележја. Сваки басен на свету који тренутно производи нафту и гас у значајним количинама такође садржи резерве нафте и гаса у слабо пропусним колекторима. Слабо пропусни колектори се активно разрађују првенствено у САД, Канади, Аустралији, Кини, деловима Европе и Аргентини. Технологија која се данас развија биће коришћена широм света у наредних 20 до 50 година за бушење, стимулисање и производњу из неконвенционалних гасних лежишта.

За економски исплативу производњу гаса из tight gas лежишта неопходна је технологија:

- Дефинисање формације да би се лоцирали најпропуснији гасом засићени слојеви
- Ефикасно и успешно бушење бушотине са ниском ценом
- Ефикасно опремање бушотине
- Успешно стимулисање бушотине
- Успешна производња

### Прикупљање и анализа података за процену и разраду tight gas колектора

У крајњем, tight gas колектори се могу описати као слојевите формације. У кластичним депозиционим системима, слојеви се састоје од пешчара, песка и шејла. У карбонатним системима, појављују се слојеви кречњака, доломита, шејла, и понекад халита и анхидрита. Да би се оптимизовала разрада tight gas колектора, тим састављен од геолога, петрофизичара и разрадних инжењера мора у потпуности да дефинишу све слојеве изнад, унутар и испод продуктивне зоне колектора. Подаци о укупној и ефективној моћности, пропусности, порозности, засићењу водом, притиску, *in-situ* стресу и Young-овом модулу свих слојева користе се у 3Д лежишном и фрактурном моделу за процену формације, креирање фрактурног третмана и предвиђање производних количина и коначног коефицијента искоришћења лежишта.

Ови подаци се могу добити из каротажних кривих, језгара, РТА и бушења.

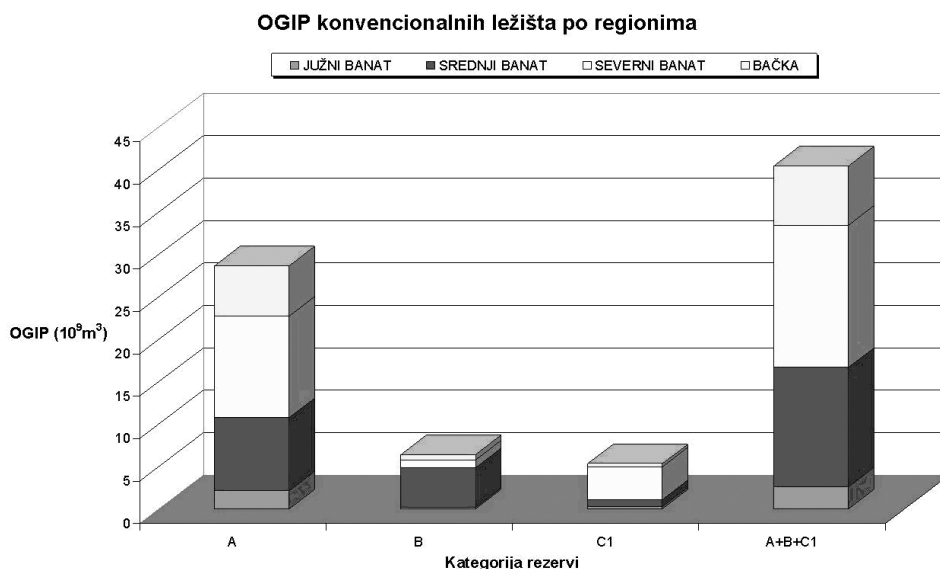
Сеизмика, језгра и каротажни дијаграми обезбеђују податке који су неопходни геологији. Анализе језгара и депозиционе студије су основни за разумевање лежишта, посебно за дефинисање типова колектора и проточних јединица. Детаљне петрографске студије и регионалне тектонске анализе су неопходне за разумевање геометрије порног простора и ефекте стреса. Детаљне каротажне, анализе језгара и РТА су неопходне за квантификовање колекторских својстава и обезбеђивање података за бушење, опремање и разраду. Посебно је значајно калибрисање анализа према језгрима и одређивање депозиционих средина. РТА обезбеђује корисне информације, међутим тестови као што је пораст притиска или пад притиска захтевају некад недеље или месеце за добијање неопходних података што је често непрактично. Тестови као што су тест интерференције и лимит тест не могу се изводити у tight gas лежиштима услед огромног времена неопходног за пренос притиска кроз лежиште које је последица ниске пропусности. Остали тестови као што су *in-situ* stress, step-down или mini-frac тестови се изводе да се одреде механичка својства стена и дизајнирају стимулативни третмани. Ови тестови такође могу дати информације о пропусности фор-

маџије, лежишном притиску и fluid leakoff фактору. Најбољи подаци за карактеризацију tight gas лежишта су производни подаци. Производни капацитет бушотина и притисак требају бити мерени на дневном нивоу и анализирани у циљу карактеризације прибушотинске зоне и формације.

У већини tight gas лежишта, масивно хидраулично фрактурирање је неопходно за производњу гаса са комерцијално исплативим капацитетима у циљу добијања задовољавајућих степена искоришћења лежишта. Да би успешно урадили стимулацију, мора се дизајнирати оптимални стимулациони третман и извршити његово потискивање у формацију са минималним проблемима. После завршеног стимулативног третмана, бушотину треба успешно вратити у производњу и мерити притисак и количине после

## Пробабилитичка процена резерви tight gas-a у Војводини Монте Карло симулацијом (MCS)

При пробабилитичкој процени OGIP конвенционалних и потенцијалних неконвенционалних лежишта гаса у Војводини, применом MCS, пошло се од претпоставке да се доказане (P10) OGIP могу упоредити са детерминистички процењеним OGIP категорија A+B+C<sub>1</sub> (слика 2.). Такође, претпоставка је да су неконвенционалне OGIP вишеструко веће у односу на конвенционалне OGIP. Уз наведене претпоставке добијени су резултати MCS дати на сликама 3 и 4 као и у табели 1. Доказане (P10) OGIP за конвенционална лежишта гаса Војводине су  $\sim 44 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , а за неконвенционална лежишта гаса  $\sim 103 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ .



Сл. 2. Категорисане OGIP за конвенционална лежишта Војводине по регионима

Fig. 2. Categorized OGIP for unconventional reservoirs in Vojvodina per regions

фрактурирања и анализирати их. Подаци добијени анализирањем после фрактурирања се користе за процену успешности претходног фрактурирања како би се побољшао дизајн за нове бушотине.

## Могућности истраживања и експлоатације tight gasa на подручју Војводине

Како су укупне геолошке резерве конвенционалног гаса у Војводини процењене на око  $40 \cdot 10^9 \text{ m}^3$  гаса (доказане резерве A+B+C<sub>1</sub> категорије), на основу концепта ресурса троугла геолошке резерве (OGIP) неконвенционалног tight gas-a морају бити знатно веће од предходно поменутих. Ово указује да ова област није довољно истражена и дефинисана.

При процени резерви гаса, претпостављено је да је коефицијент искоришћења неконвенционалних лежишта многоструко мањи у односу на конвенционална лежишта. Уз ову претпоставку добијени резултати MCS за резерве гаса у Војводини, дати су на сликама 5 и 6. као и у табели 1. Доказане (P10) резерве за конвенционална лежишта гаса у Војводини су  $\sim 30 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , а за потенцијална неконвенционална  $\sim 15 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ .

## Стратегија разраде лежишта гаса у сложеним геолошким условима

Разрада лежишта представља веома битну каруку у животном циклусу сваког лежишта, у неким случајевима чак и пресудну. Стратегија разраде



**Statistical Analysis Result:**

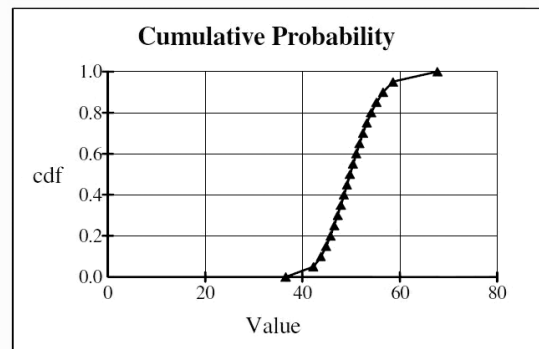
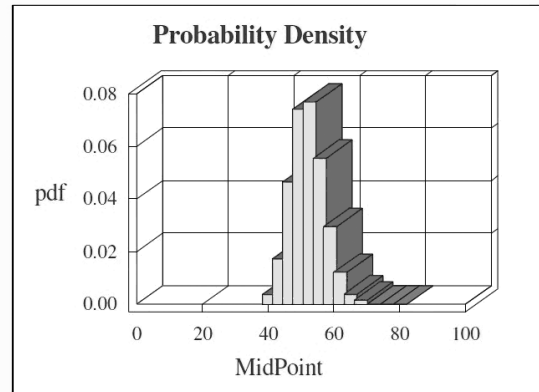
Property	Value
Minimum	36.55
Maximum	67.71
Mean Value	50.00
Median	49.75
Avg. Dev.	3.975
Variance	24.91
Skewness	0.2905
Kurtosis	0.7302E-01

**Probability Density Distribution**

MidPoint	p.d.f.
38.11	0.3637E-02
41.23	0.1722E-01
44.34	0.4643E-01
47.46	0.7413E-01
50.58	0.7691E-01
53.69	0.5552E-01
56.81	0.2952E-01
59.92	0.1219E-01
63.04	0.3851E-02
66.16	0.1498E-02

**Cumulative Distribution**

c.d.f.	Value
0%	36.55
5%	42.22
10%	43.78
15%	44.86
20%	45.74
25%	46.51
30%	47.21
35%	47.87
40%	48.51
45%	49.13
50%	49.75
55%	50.38
60%	51.02
65%	51.70
70%	52.42
75%	53.21
80%	54.11
85%	55.17
90%	56.53
95%	58.61



Сл. 3. Приказ резултата пробабилистичке процене OGIP конвенционалних лежишта Војводине применом MCS  
 Fig. 3. Results probabilistic evaluation OGIP conventional reservoirs in Vojvodina by MCS

**Statistical Analysis Result:**

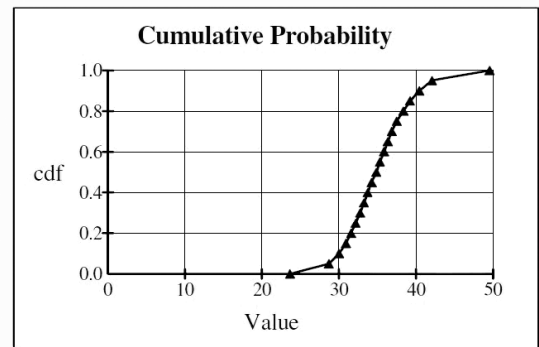
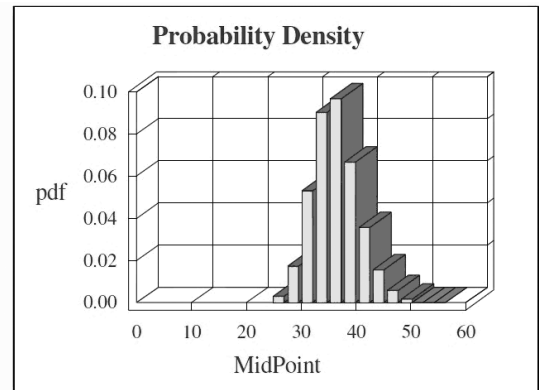
Property	Value
Minimum	23.63
Maximum	49.54
Mean Value	35.00
Median	34.82
Avg. Dev.	3.221
Variance	16.42
Skewness	0.3219
Kurtosis	0.6453E-01

**Probability Density Distribution**

MidPoint	p.d.f.
24.93	0.3088E-02
27.52	0.1737E-01
30.11	0.5314E-01
32.70	0.9033E-01
35.29	0.9676E-01
37.88	0.6678E-01
40.47	0.3564E-01
43.06	0.1557E-01
45.65	0.5790E-02
48.24	0.1544E-02

**Cumulative Distribution**

c.d.f.	Value
0%	23.63
5%	28.66
10%	30.00
15%	30.90
20%	31.54
25%	32.16
30%	32.74
35%	33.23
40%	33.71
45%	34.23
50%	34.82
55%	35.30
60%	35.82
65%	36.33
70%	36.85
75%	37.48
80%	38.34
85%	39.20
90%	40.41
95%	42.07



Сл. 4. Приказ резултата пробабилистичке процене OGIP потенцијалних неконвенционалних лежишта Војводине применом MCS

Fig. 4. Results probabilistic evaluation OGIP potential unconventional reservoirs in Vojvodina by MCS

**Statistical Analysis Result:**

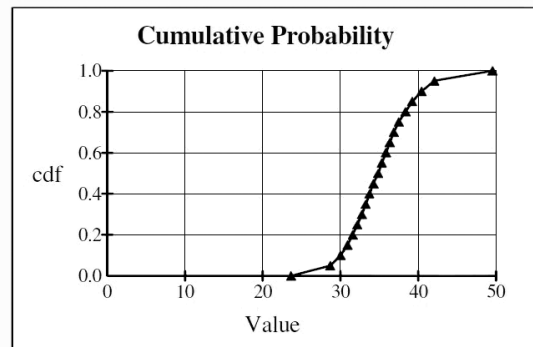
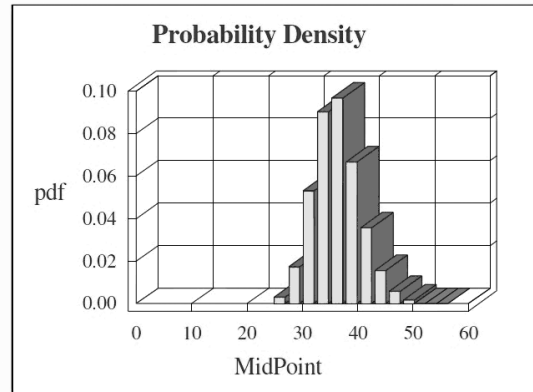
Property	Value
Minimum	23.63
Maximum	49.54
Mean Value	35.00
Median	34.82
Avg. Dev.	3.221
Variance	16.42
Skewness	0.3219
Kurtosis	0.6453E-01

**Probability Density Distribution**

MidPoint	p.d.f.
24.93	0.3088E-02
27.52	0.1737E-01
30.11	0.5314E-01
32.70	0.9033E-01
35.29	0.9676E-01
37.88	0.6678E-01
40.47	0.3564E-01
43.06	0.1557E-01
45.65	0.5790E-02
48.24	0.1544E-02

**Cumulative Distribution**

c.d.f.	Value
0%	23.63
5%	28.66
10%	30.00
15%	30.90
20%	31.54
25%	32.16
30%	32.74
35%	33.23
40%	33.71
45%	34.23
50%	34.82
55%	35.30
60%	35.82
65%	36.33
70%	36.85
75%	37.48
80%	38.34
85%	39.20
90%	40.41
95%	42.07



Сл. 5. Приказ резултата пробабилистичке процене резерви конвенционалних лежишта гаса у Војводини применом MCS  
 Fig. 5. Results probabilistic evaluation reserves conventional reservoirs in Vojvodina by MCS

**Statistical Analysis Result:**

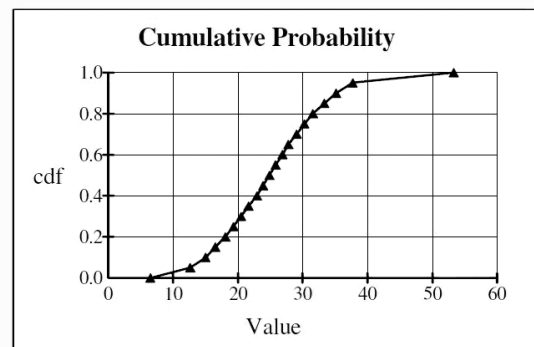
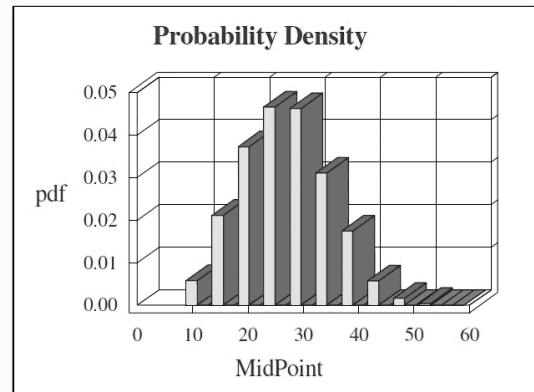
Property	Value
Minimum	6.485
Maximum	53.31
Mean Value	24.99
Median	24.86
Avg. Dev.	6.246
Variance	59.57
Skewness	0.1952
Kurtosis	-.2700

**Probability Density Distribution**

MidPoint	p.d.f.
8.826	0.5838E-02
13.51	0.2114E-01
18.19	0.3730E-01
22.87	0.4663E-01
27.56	0.4627E-01
32.24	0.3111E-01
36.92	0.1744E-01
41.60	0.5766E-02
46.28	0.1637E-02
50.97	0.4271E-03

**Cumulative Distribution**

c.d.f.	Value
0%	6.485
5%	12.63
10%	14.98
15%	16.51
20%	18.06
25%	19.32
30%	20.50
35%	21.64
40%	22.94
45%	23.87
50%	24.86
55%	25.80
60%	26.89
65%	27.79
70%	29.05
75%	30.27
80%	31.58
85%	33.33
90%	35.16
95%	37.71



Сл. 6. Приказ резултата пробабилистичке процене резерви потенцијалних неконвенционалних лежишта гаса у Војводини применом MCS  
 Fig. 6. Results probabilistic evaluation reserves potential unconventional reservoirs in Vojvodina by MCS

Табела 1. Процена OGIP и резерви конвенционалних и потенцијалних неконвенционалних гасних лежишта у Војводини

доказаности	вероватноће	(%)	вероватноћа (%)	конвенционална лежишта (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	неконвенционална лежишта (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	конвенционална лежишта гаса (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )	неконвенционална лежишта гаса (10 <sup>9</sup> m <sup>3</sup> )
Доказано (Proven)	P10	10	90	44	103	30	15
Вероватно (Probable)	P50	50	50	50	169	35	25
Могуће (Possible)	P90	90	10	56.5	226	40	35

једног лежишта је у великој мери условљена применом нових технологија које могу у крајњем циљу резултовати повећаним профитом.

У зависности од типа тигхт гас лежишта и колектор стена потребно је одредити се за примену неке од техника бушења: конвенционалне вертикалне бушотине, хидраулички фрактуриране вертикалне бушотине, косе бушотине, хоризонталне бушотине и хидраулички фрактуриране хоризонталне бушотине.

1. Дебела и хомогена лежишта, без воденог басена
  2. Дебела и хомогена лежишта са воденим басеном
  3. Слојевита лежишта
  4. Ламинарна (танкоуслојена) лежишта
  5. Природно фрактурирана лежишта
- За сваки од ових типова лежишта може се применити нека/више технологија бушења и стимулација бушотина. Примењене технологије бушења и

Табела 2. Примењене технологије бушења и стимулације бушотина за могуће типове tight гас лежишта

Опис дренажне запремине	ПУТАЊА БУШОТИНА				
	Вертикална бушотина	Хидраулички фрактурирана вертикална бушотина	Коса бушотина	Хоризонтална бушотина	Хидраулички фрактурирана хоризонтална бушотина
Дебела и хомогена, без воденог басена	Средњи мобилитет	Ниски мобилитет и високи мобилитет	$k_{\text{в}}/k_{\text{г}} \geq 0.1$	$k_{\text{в}}/k_{\text{г}} \geq 0.1$	У правцу мах. хоризонталног напона ( $\sigma_{\text{х,мах}}$ ) или управно на правац мах. хоризонталног напона
Дебела и хомогена, са воденим басеном	Третман гелом	Мале фрактуре	Не препоручује се: ризик од превременог продора воде	Пожељно је више бушотина, међусобно паралелних, на блиском растојању	Не препоручује се: ризик од превременог продора воде
Слојевита	Средњи мобилитет	Ниски мобилитет	$k_{\text{в}}/k_{\text{г}} \geq 0.1$ Пожељнија од вертикалне	Више хоризонталних бушотина распоређених по вертикали које су избушене из једне нове бушотине	У правцу мах. хоризонталног напона ( $\sigma_{\text{х,мах}}$ )
Ламинарна (танкоуслојена)	Средњи мобилитет	Препоручује се хидрауличко фрактурирање (ниски мобилитет)	Да	Не препоручује се: ризик ниског индекса производње због мале вертикалне пропусности	У правцу мах. хоризонталног напона ( $\sigma_{\text{х,мах}}$ ) или управно на правац мах. хоризонталног напона
Природно фрактурирана	Да	Подупирање природних фрактура	Да	Препоручује се хоризонтална бушотина нормална на равни фрактура	Поновно отварање природних фрактура

У сваком случају први приоритет код разматрања која метода ће се применити је дефинисање оптималног производног дела нове бушотине.

Условно, могући типови лежишта, односно модели дренажне запремине са аспекта tight gas-а могли би бити:

стимулације бушотина за могуће типове tight gas лежишта дате су у табели 2.

На основу изложеног може се закључити следеће:

- Хоризонталне бушотине дају добре резултате у танким лежиштима, а неке од најуспешнијих хоризонталних бушотина избушене су у при-

родно фрактурираним лежиштима. У природно фрактурираним колекторима канал бушотине се буши у правцу нормалном на равни природних фрактура. Нагнута трајекторија је пожељнија када се ради о моћном или изразито ламинираном лежишту или када је однос вертикалног према хоризонталом пермеабилитету (анизотропија) велики. Хоризонтална трајекторија се препоручује у случају лежишта која имају подинску воду.

- Вертикалне бушотине су погодније у случају дебелих лежишта са ниским односом вертикалног према хоризонталном пермеабилитету.
- Стимулације хидрауличким фрактурирањем су подесније у формацијама са ниским вредностима мобилитета. У случају компактних формација потребне су велике полудужине фрактура.

Ипак, која ће се технологија разраде стварно применити на неком лежишту зависи искључиво од економске добити. Процењом дренажне запремине за нови канал бушотине израчунава се динамика производње и додатна нето садашња вредност (НПВ) новог канала упоређује се са другим могућностима као што су ремонтни рад или хидраулично фрактурирање. На основу ваљано окарактерисане дренажне запремине може се вршити оптимализација стратегије производње.

## Закључак

Tight gas лежишта представљају огромне потенцијалне ресурсе. Да би се економски разрадила

оваква лежишта морају се:

- Правилно окарактерисати ресурси кроз статистичке анализе, геолошке студије и дефинисање колектора
- Успешно применити стимулативни поступци и напредне технологије у пракси.

Резултати пробабилистичке процене OGIP и резерви конвенционалних и потенцијалних неконвенционалних лежишта Војводине применом MCS показују да:

- Доказане (P10) OGIP за конвенционална лежишта гаса Војводине износе  $\sim 44 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , а за неконвенционална лежишта гаса  $\sim 103 \cdot 10^9 \text{ m}^3$
- Доказане (P10) резерве за конвенционална лежишта гаса у Војводини износе  $\sim 30 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ , а за потенцијална неконвенционална  $\sim 15 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ .

## Литература

- HOLDITCH, A.S. 2007. *Petroleum engineering handbook*. SPE, Texas A&M U.
- LAKATOS, I. & LAKATOS-SZABO, J. 2009. Research Institute of Earth Sciences, University of Miskolc and Geoengineering Research Group of the Hungarian Academy of Sciences, 3515 Miskolc-Egyetemvaros, POB2., Hungary: *Role of Conventional and Unconventional Hydrocarbons in the 21st Century: Comparison of Resources, Reserves, Recovery Factors and Technologies*.
- TRIFUNOVIĆ, P., MARTINOVIĆ, S. & VITAS, Z. 2002. *Gas energet budućnosti N°1*, YUGAS.
- UZELAC, B., MARTINOVIĆ, S. & TRIFUNOVIĆ, P. 2002. *Prikaz novih tehnologija za korišćenje otpadnih ugljovodoničnih gasova*, YUGAS.

## Анализа нафтно-геолошког модела Дрмљанске депресије Analysis of Petroleum-geological Model of Drmno Depression

ИВАНА МИЛОВАНОВИЋ<sup>1</sup>, ИВАНА БАНОВИЋ ПОПИЋ<sup>1</sup> & ДЕЈАН МАРКОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Дрмљанска депресија припада југоисточном делу Панонског басенског система, обухватајући највећим делом подручје Подунавља и Поморавља, а мањим делом захвата јужни Банат. Прва истраживања, на простору Дрмљанске депресије, започета су 1952. год. гарвиметријским мерењима у склопу регионалног премера североисточне Србије. Након тих првих радова и бушења прве бушотине (Дрмно-1), интензивирани су истражни радови што је резултирало бушењем око 60 бушотина и открићем четири нафтно-гасна поља. Користећи досадашња сазнања и целокупан материјал, сакупљен на поменутом подручју, урађена је сеизмо-геолошка анализа са циљем реинтерпретације нафтно-геолошког модела и открића потенцијалних резерви нафте и гаса у недовољно истраженим деловима депресије. Анализом су утврђени елементи на основу којих је дефинисан модел поменуте депресије. На основу сагледаних елемената произашао је закључак да Дрмљанска депресија припада вискозно-еластичном моделу басена.

**Кључне речи:** Дрмљанска депресија, сеизмо-геолошка анализа, елементи басена, вискозно-еластични модел басена.

**Abstract.** Drmno depression is situated in southeastern part of the Pannonian basin (Serbia), including some parts of Podunavlje and Pomoravlje region and part of southern Banat. First explorations in Drmljanska depression started in 1952 with gravimetric surveys, as a part of regional survey in northeastern Serbia. After these exploration and first well drilling (Drmno-1), hydrocarbon explorations were intensified and resulted in drilling more wells (around 60) and discovering four oil-gas fields. Using previous knowledge and entire material collected in this area, seismic-geological analysis has been made in order to re-interpret petroleum-geological model and discover some new reserves of oil and gas in poorly explored parts of depression. Due to seismo-geological analysis model of depression has been defined and on the basis of considered elements of analysis can be concluded, that Drmljanska depression belongs to visco-elastic basin model type.

**Key words:** Drmno depression, seismo-geological analysis, elements of basin, visco-elastic basin model.

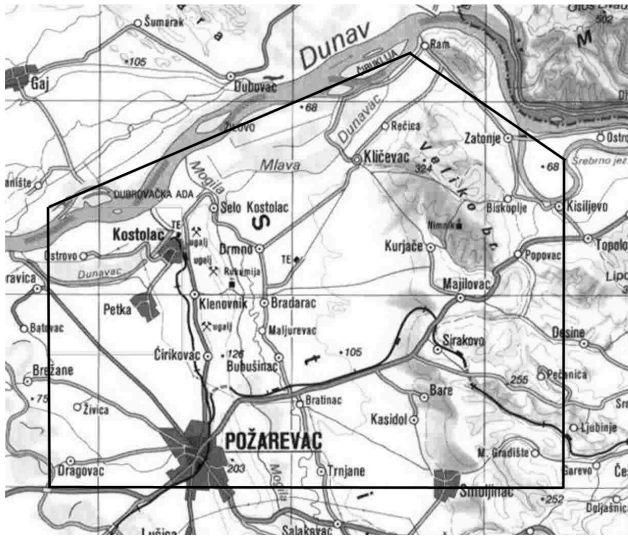
### Увод

Истражни простор „Дрмљанска депресија“ налази се у региону Подунавља, јужно од реке Дунав и источно од реке Велика Морава (сл. 1).

Истраживање угљоводоника на простору Дрмљанске депресије започето је 1952. год. гравиметријским мерењима, а прва избушена бушотина била је Дрмно-1 која је дала позитивне резултате, али без економски оправданих акумулација. На основу изведених геофизичких радова избушено је око 60 бушотина и откривено четири нафтно-гасна поља.

Већина бушотина припада пољима Сираково (23), Брадарац–Маљуревац (11), Маљуревац–Бубушинац (6) и Острово (6). Интерпретацијом расположивих података (геолошких, геохемијских, површинских и дубинских геофизичких, података бушења и испитивања бушотина), њиховом анализом и синтезом, сагледани су структурно-тектонски односи, морфологија, депозиционе средине, матичне и резервоар стене, путеви миграције и нафтно-матични потенцијал. Ови елементи су коришћени за дефинисање нафтно-геолошког модела.

<sup>1</sup> NIS-Naftagas, Narodnog Fronta 12, 21 000 Novi Sad. E-mails: ivana.milovanovic@nis.rs; ivana.popic@nis.rs; dejan.markovic@nis.rs



Сл. 1. Прегледна карта Дрмљанске депресије са уцртаним границама истражног простора

Fig. 1. Map of Drmno depression with borders of exploration area

## Геолошка грађа

Палеонтолошким и петролошко-седиментолошким испитивањима узорака стена из језгрованих интервала и проба са сита, као и интерпретацијом ГФК дијаграма бушотина са посматраног простора, утврђена је геолошка грађа и издвојене следеће стратиграфске јединице: палеозоик, миоцен (доњи миоцен, баден, сармат, панон и понт), плиоцен и квартар.

Палеозојске творевине на овом простору представљене су метаморфитима (фација зелених шкриљаца и метаморфити високог степена кристалинитета – катаклазирани гнајсеви) који чине подлогу различитим неогеним седиментима.

Доњомиоценски седименти набушени су у већини бушотина овог простора, осим на бушотинама са локалитета Острво, Петка и Пожаревац. Граница према палеозојским творевинама је дискордантна. Издвојена су два суперпозициона пакета (доњи и горњи) бракичних и теригено-језерских седимената. Утврђен је слатководни карактер поменутих творевина са постојањем и бракично-маринских секвенци (ГАГИЋ 1990).

Баденски седименти су развијени у морској депозиционој средини, а чине их марински карбонати (кречњаци спрудног комплекса) и кластити (пешчари, конгломерати, бречоконгломерати). Баденска старост утврђена је на основу присуства богате микрофауне, а више делове карактерише смањење салинитета. Сарматски седименти конкордантно залежу преко баденских депоната и јављају се у бракичној депозиционој средини. Литолошки су представљени сменом сивозелених и сивих кварц-лискуновитих, карбонатних, лапоровитих и глино-

витих пешчара са глиновито-песковитим лапорцима. Седименти панонске старости развијени су у услови-ма мирније бочатно-језерске и каспибракичне депозиционе средине. Литолошки их чине глиновити и песковити лапорци који се смењују са карбонатним пешчарима. Понтски седименти исталожени су у каспибракичним условима и леже конкордантно преко панонских депоната. Доњопонтски седименти литолошки су представљени глиновито-песковитим лапорцима у смењивању са слојевима ситнозрних пешчара. Горњопонтске седименте чини смена сивих глиновитих пешчара, лапоровито-песковитих глина, угљевитих глина и жућкастих пескова. Плиоценски и квартарни седименти представљени су слатководним језерским, речно-језерским и барским седиментима, у чији састав улазе разнобојне глине, глиновити пескови, кварц-лискуновити пескови, тањи слојеви шљунка, угљевите глине и прослојци угља (ЈАНКОВИЋ *i dr.* 1982).

## Структурно-тектонски односи

Дрмљанска депресија се одликује својим специфичностима у геолошком и геотектонском развоју у односу на Панонски басенски систем чији је интегрални део (ЕРЦЕГОВАЦ 2002). Комплексност структурно-тектонског склопа огледа се у сучељавању Карпато-балканида са истока, Српско-македонске масе и Унутрашњих Динарида са запада, и тектонског рова Дунава са севера.

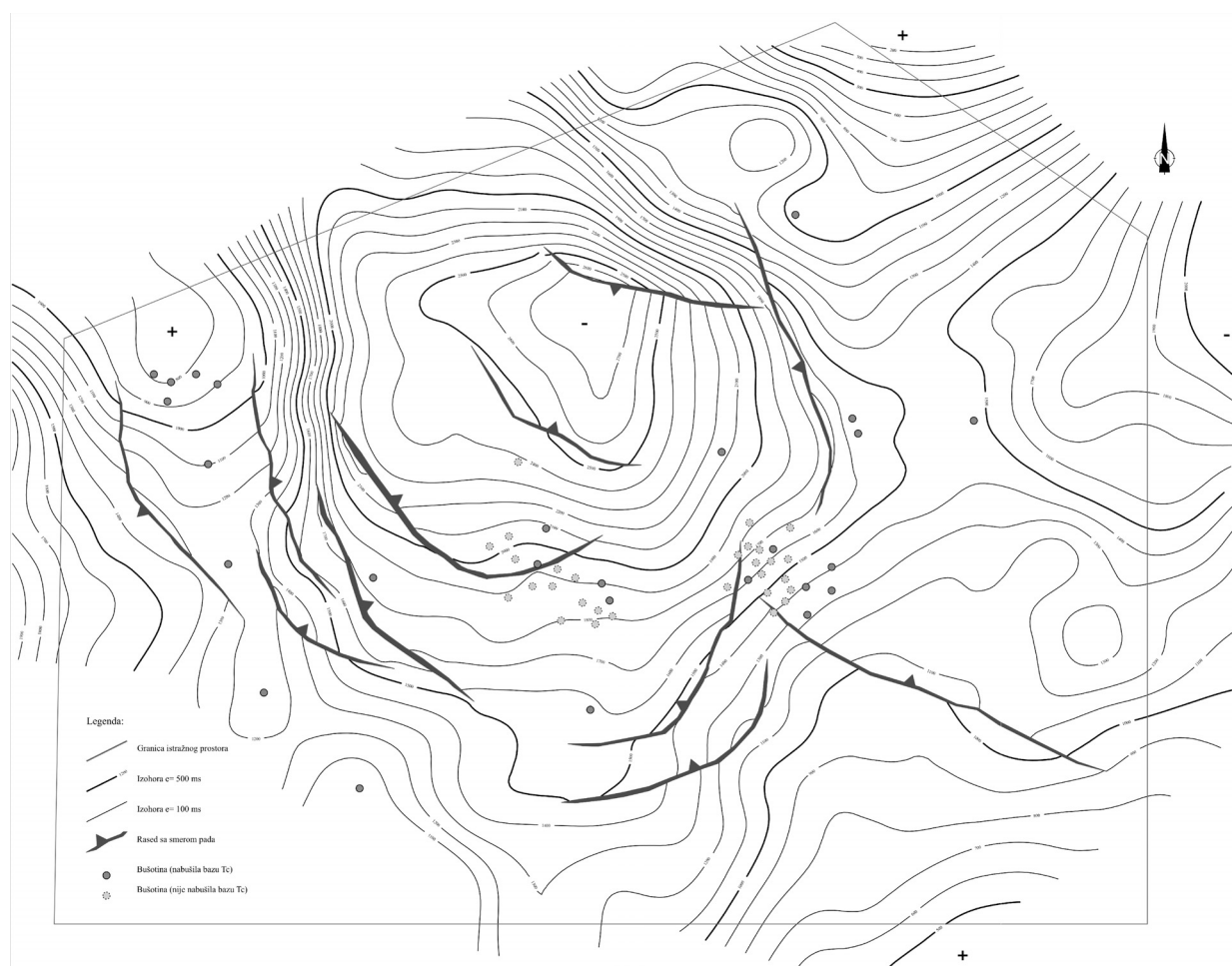
Палеозојске творевине током геолошке историје биле су подвргнуте веома интезивним и више-фазним тектонским активностима. На простору Дрмљанске депресије представљене су метаморфитима високог степена кристалинитета (катаклазирани гнајсеви) и фацијом зелених шкриљаца са карактеристикама ерозионо-тектонске дискорданције према млађим јединицама. Током мезозоика и почетком палеогена шири простор се постепено издиже и представља копно, на шта указује одсуство творевина из наведених хроностратиграфских одељака. Тај период је обележен регресијом и радијалном тектоником. На граници горњег олигоцена и доњег миоцена дошло је до значајних покрета током савске фазе тектогенезе, што је довело до издизања једних области, регресије и спуштања других области, стварања тектонских депресија. Долази до интензивног комадања старијих творевина, стварања хорстова и ровова. Слојеви генерално тону у правцу средишта депресије уз локална раслојавања, фацијалне измене, повијања (rollover) и задебљавања. У том периоду су створени први облици Дрмљанске депресије која је издвојена зonom хорстова. Хорстови на истоку и западу у првобитној фази условљавају изоловану седиментацију теригено-језерских и бракичних депоната доњег миоцена. У оквиру доњомиоценског седимента-

ционог комплекса издвојени су доњи и горњи суперпозициони пакети. Са становишта угљоводничног потенцијала, у доњем пакету доказан је матични потенцијал, а у горњем пакету су колектор стене откривених поља на овом простору. Иако постоји начелни континуитет развоја седиментације, унутар терцијарних наслага присутни су елементи дискордантних односа (доњи миоцен и баден). За време бадена, после штајерске фазе, почиње неотектонски период, у коме доминира вертикална тектоника (DIMITRIJEVIĆ 2000). Старије радијалне структуре реактивирани су неотектонским покретима тако да се поједини делови спуштају, а други издижу формирајући хорстове. Поред постојећих, развијају се и нови раседи који утичу на спуштање и издизање блокова што условљава дебљину наталожених седимената. У том периоду развија се процес маринске седиментације који је повремено прекидан кратким регресивним фазама. Баден је развијен у целисти и представљен карбонатима и кластитима. Крајем бадена - почетком сармата долази до постепене регресије и издизања делова депресије, што узрокује ослабљивање воде на простору северног Поморавља и Подунав-

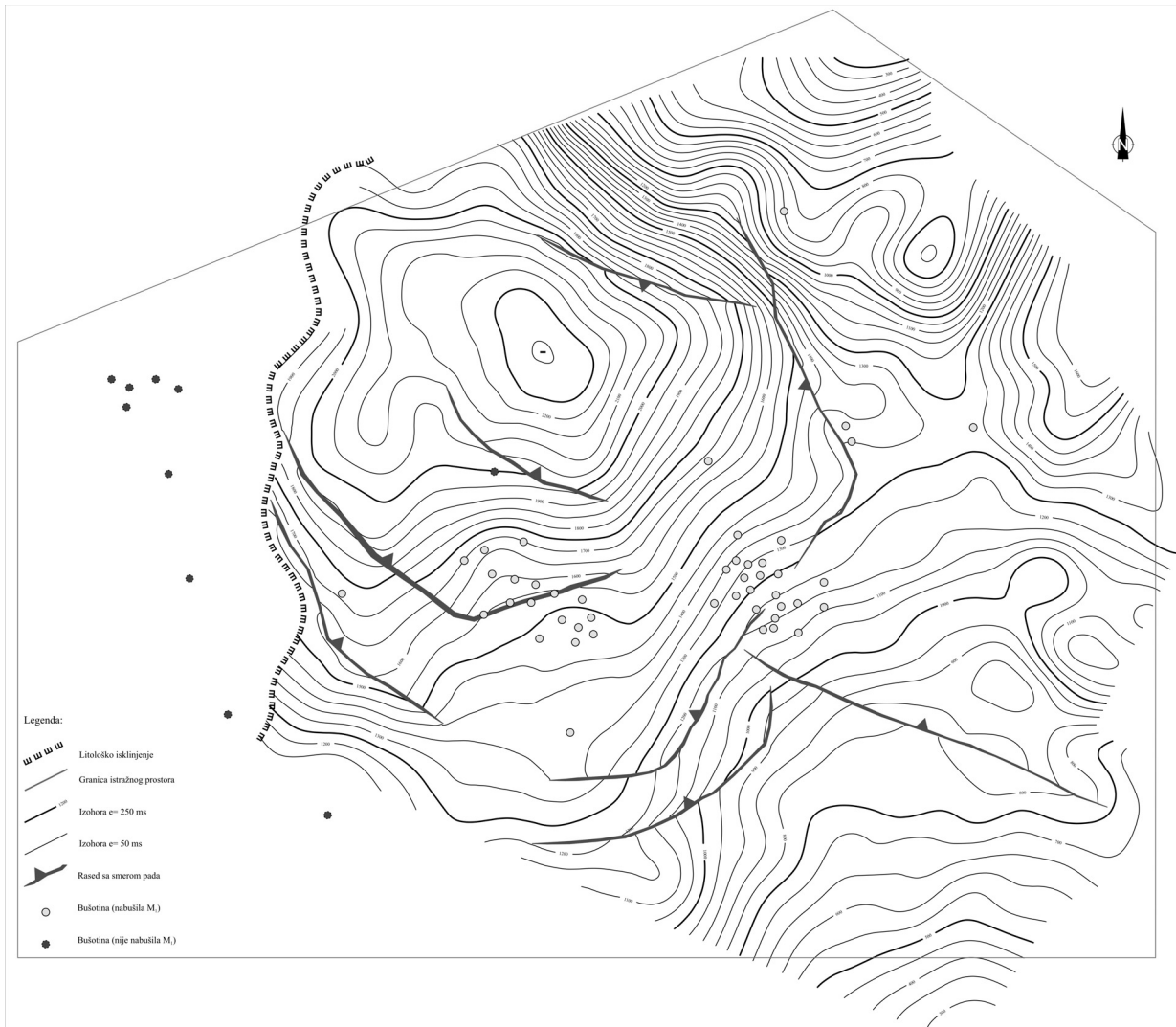
ља. Таложе се плитководни бракични седименти који имају велико латерално распрострањење. Конкордантно преко сарматских депоната таложе се панонски бочатно-језерски и каспибракични седименти. Геодинамички процеси се настављају током понта и квартара.

Као резултат сеизмогеолошке интерпретације Дрмљанске депресије урађене су временско-структурне карте, по бази терцијарних седимената (сл. 2) и по повлати доњомиоценских седимената (сл. 3), и геолошки профили по трасама сеизмичких профила (MILOVANOVIĆ 2009).

На простору су уочени елементи екстензије и ком-пресије на шта указују руптурне форме као каскадни, нормални и реверсни раседи, цветне негативне руптуре – wrench fault које указују на хоризонтално кретање – strike-slip (MAROVIĆ *et al.* 2007). Комбиновано дејство процеса екстензије и компресије у еволуцији басена, које је примећено на простору Дрмљанске депресије, карактерише вискозно-еластичани модел (PIGOTT 2007). Неке форме нису могле бити испраћене и приказане на картама због квалитета 2Д сеизмике (различита годишта, различите апаратуре, различити параметри снимања,



Сл. 2. Временско-структурна карта по бази терцијарних седимената  
Fig. 2. Tertiary basement time-structure map



Сл. 3. Временско-структурна карта по повлати доњомиоценских седимената

Fig. 3. Top of lower miocene time-structure map

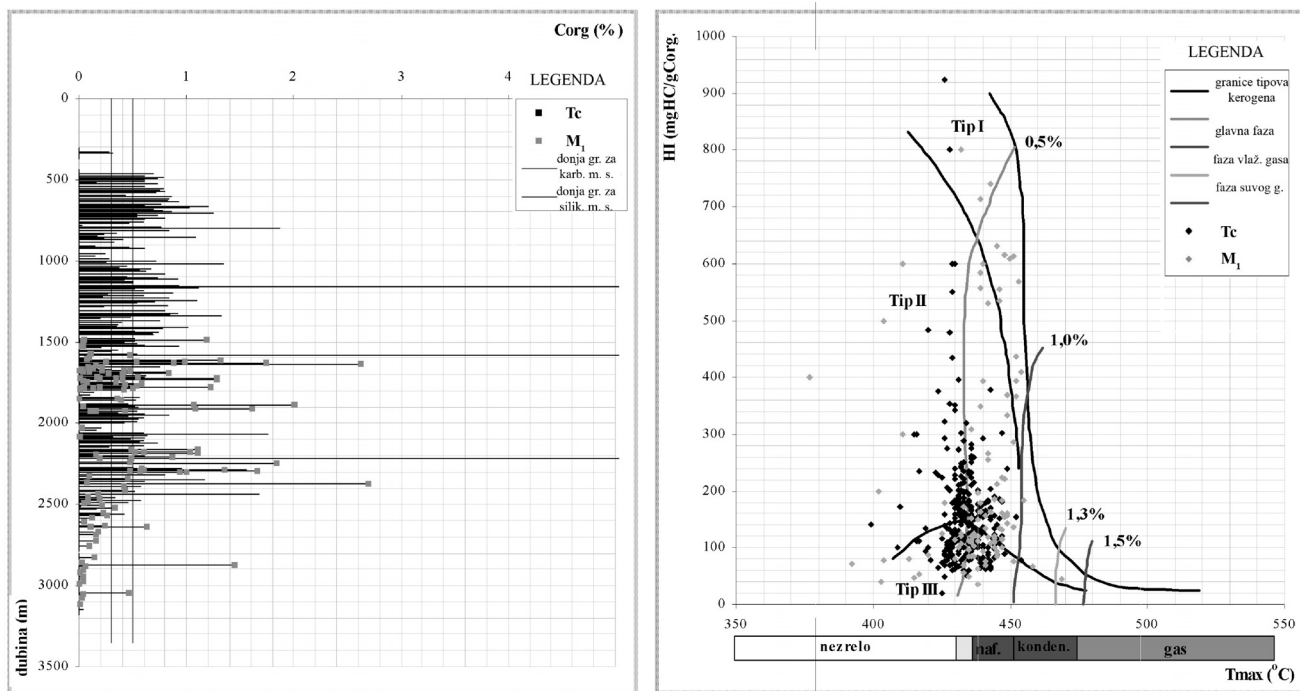
мистие, распоред профила у односу на посматране детаље и сл.). Проблем је представљао превођење карата у дубински домен. Како су закони брзина мерени на бушотинама које се налазе у оквиру откритених поља њихова примена није адекватна на деловима простора без истражних радова. Значајна карактеристика структурно-тектонског склопа Дрмљанске депресије, с једне стране, јесу благо засвођене и тектонски интензивно дислоциране доме и антиклинале компакционог порекла, док с друге стране видљиво је присуство стратиграфских и литолошких замки (Kostić 1994). У нафтно-геолошком смислу поменуте замке су интересантне као потенцијалне локације за акумулацију угљоводоника. Температура, заједно са притиском, директно утиче на сазревање керогена, растворљивост угљоводоника и њихову миграцију из дубљих у плиће делове и из центра ка периферији басена. На основу температура из завршних ЕК мерења са укупно 10 бушотина, прора-

чуната је средња вредност термичког градијента за базу терцијарних седимената. Добијена вредност износи  $4,51$   $^{\circ}\text{C}/100$  m, што је у домену повишених градијената, па су стога присутни повољни услови за сазревање органске материје у матичним стенама. Миграција је вероватно текла у два правца - латерално ка крилима депресије (нафтно-гасна поља Брадарац-Маљуревац, Маљуревац-Бубушинац и Сираково) и вертикално ка хорсту (домен поља Острово). Повишени геотермички градијент и механизам миграције, где су равномерно изражене хоризонтална и вертикална компонента, такође су карактеристике вискозно-еластичаног модела басена (Pigott 2007). Након истискивања угљоводоника из матичних стена у оквиру доњомиоценских седимената (примарна миграција), долази до секундарне миграције из доњег у горњи суперпозициони пакет доњег миоцена или ка резервоарима млађих стратиграфских јединица (баден и сармат). Колектор стене литолошки



су представљене пешчарима, конгломератима, конгломератичним пешчарима, бречачама, алевролитима доњомиоценске старости, осим поља Острво где су колектори сарматски пешчари и баденски спрудни кречњаци. Порозност колектор стена је углавном интергрануларна до секундарна. Вредности порозитета узев уопштено су средње (10–15%) до добре (15–20%).

велике разлике у матичном потенцијалу седимената, што је последица измене услова седиментације (од плитководних, високоенергетских средина обогаћених кисеоником до дубоководних језерских средина са стратификованим воденим стубом). Ове разлике су илустроване на слици 4, где се запажа велики распон вредности садржаја органског угљеника ( $\text{C}_{\text{org}}$ ), али и расутост тачака на Еспиталије-



Сл. 4. Садржај органског угљеника, типови керогена и степен зрелости органске материје терцијарних/доњомиоценских седимената на простору Дрмљанске депресије

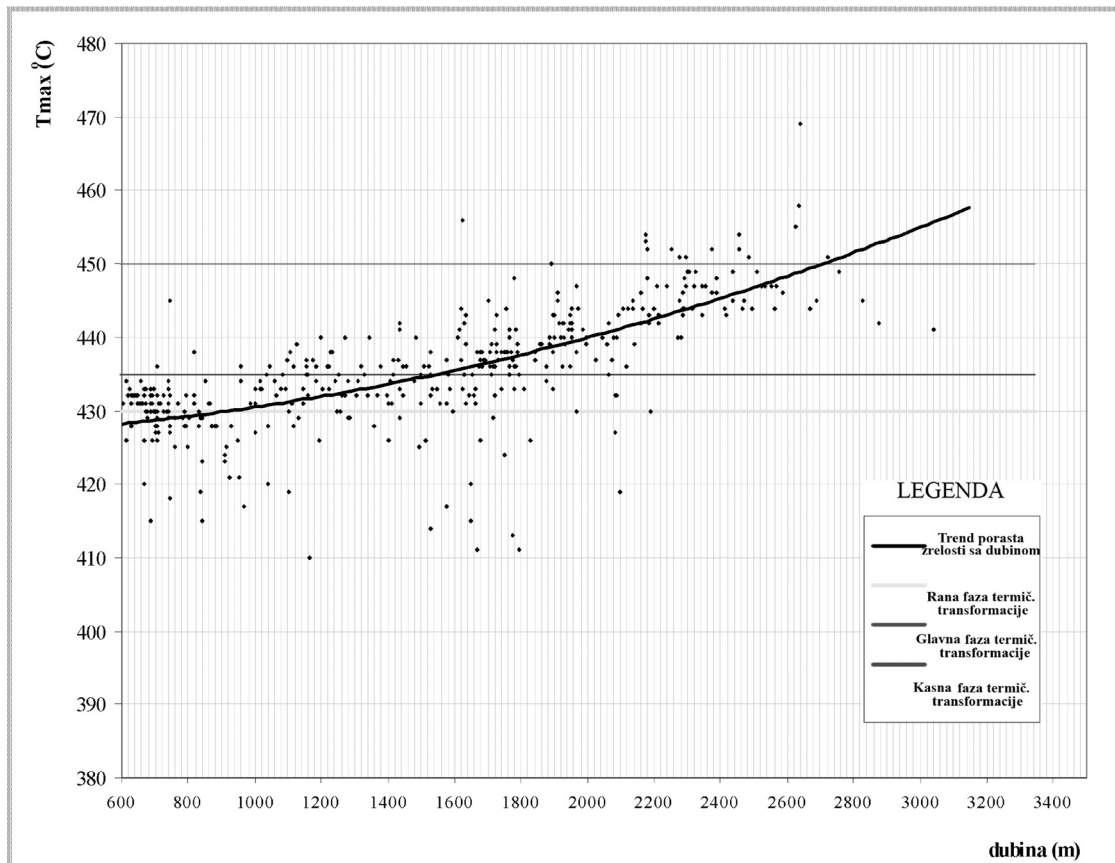
Fig. 4. Total organic carbon, types of kerogen and maturity of organic mater in tertiary/lower miocene sediments in Drmno depression

## Порекло нафте и гаса из лежишта са простора Дрмљанске депресије

Дрмљанска депресија, као рубна депресија Панонског басена, има највећи значај са аспекта досадашњих истраживања лежишта нафте и гаса у Србији – јужно од Саве и Дунава. Сазнање о дебљини седиментних формација у депоцентру (око 5000 m) и сазнање о оптималним условима за сазревање органске материје у стенама, миграцију и акумулацију генерираних угљоводоника условили су повећан обим нафтно-геолошких истраживања. Резултат интезивираних истраживања су открића лежишта нафте и гаса. У циљу дефинисања матичних стена, примењене су пиролитичка метода Rock-Eval, органопетрографска и органогеохемијска метода. Органогеохемијским и физичко-хемијским испитивањем флуида дефинисане су њихове карактеристике и могућа делимична корелација нафта-нафта и нафта-матична стена. Резултати геохемијских испитивања органске материје у стенама указују на

овом дијаграму, што указује на присуство сва четири типа керогена (нафтни - тип I и II, гасовити - тип III и инертни - тип IV). Са аспекта матичног потенцијала издвојен је већи број узорака, пре свега глинаца, лапораца и алевролита доњомиоценске старости, који имају карактер матичних стена средњих до добрих генеративних карактеристика (сл. 4). Просечна вредност садржаја органског угљеника у матичним стенама износи 0,89 %, што одговара средњебогатим матичним стенама. Просечна вредност генеративног потенцијала ( $6 \text{ kgHC/t}$ ) је  $200 \text{ kgHC/t Corg.}$  у узорцима са садржајем органске материје преко 0,5 % упућују на мање повољан тип керогена (II-III).

Доњомиоценске матичне стене за разлику од млађих стратиграфских чланова имају и потребну зрелост за генерисање угљоводоника – активне матичне стене, с обзиром да се налазе у фази „нафтног прозора“, који је одређен у интервалу 1500–2700 m, на основу резултата Rock-Eval пиролитике (параметар  $T_{\text{max}}$ ). Положај нафтног прозора приказан је на слици 5.



Сл. 5. Тренд пораста зрелости седимената са дубином на простору Дрмљанске депресије  
 Fig. 5. Increase of maturity in function with depth in Drmno depression

Испитивањем екстрата матичних стена из бушотина Бра-Маљ-1, Маљ-Буб-1, Сир-1 и др. и нафте из истих, успостављена је позитивна корелација, односно дефинисани су путеви миграције из депоцентра ка ободу, где су запуњавањем замки формирана лежишта.

## Закључак

Дрмљанска депресија, као локална депресија на ободу Панонског басена, завређује да буде засебно третирана са свим својим специфичностима. Детерминација показатеља нафтно-геолошког система извршена је по интегралном приступу (PIGOTT 2007) кроз три пресечна момента: генерисање нафте и гаса, миграција и акумулација у замкама. Синтеза свих анализираних елемената који дефинишу еволуцију депресије (структурно-тектонски склоп, геолошка грађа, морфологија, депозиционе средине) и нафтно-геолошки систем (матичне стене, нафтно-матични потенцијал, механизми и путеви миграције, колектор стене) наводи на закључак да Дрмљанска депресија одговара вискозно-еластичном типу басена.

## Литература

- ГАГИЋ, Н. 1990. Први налази микрофосилних заједница карпатијена и отнангијена у Пожаревачком Подунављу (Стиг, Србија). *Геолошки анали Балканскога њолуосџрва*, 277–294, Београд.
- ДИМИТРИЈЕВИЋ, Д.М. 2000. *Основи тектонике*, 19–20, DIT-Novi Sad.
- ERCEGOVAČ, М. 2002. *Геологија нафте*, 380–398, Rudarsko geološki fakultet, DIT NIS Naftagas.
- JANKOVIĆ, P., PANTIĆ, N., ŠEĆEROV, P., MARKOVIĆ, V., KURBALIJA, J., & BUNDALESKI, M. 1982. Tercijarne naslage Podunavlja (između Smedereva, Požarevca i Velikog Gradišta) na osnovu dubokog bušenja. *X Kongres geologa Jugoslavije*, 1, 123–135, Budva.
- KOŠTIĆ, A. 1994. *Koncepcije i metodologija istraživanja ležišta nafte i gasa na primeru depresije Drmno*, 167–168, Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- MAROVIĆ, M., TOLIĆ, M., RUNDIĆ, L.J. & MILIVOJEVIĆ, J. 2007. *Nealpine Tectonics Serbia*, 38–39, Serbian Geological Society, Belgrade.
- MILOVANOVIĆ, I. 2009. *Studija perspektivnosti istraživanja ugljovodonika na prostoru „Drmlianske depresije“*, 5–153, NIS-Naftagas, Novi Sad.
- PIGOTT, J. 2007. Basin Analysis Workshop-An Integrated Approach, Petroskills. Fond stučne dokumentacije NIS-Naftagasa, Novi Sad.

## Нефтегазоносность присдвиговых зон Ноябрьского региона Западной Сибири

Нафтни потенцијал пре-стрике-слип зона Нојабрског региона, Западни Сибир

СВЕТЛАНА МИХАЙЛОВА<sup>1</sup>, ИРИНА ДИДЕНКО<sup>2</sup>,  
МАРС АЛЬМУХАМЕТОВ<sup>3</sup> и АЛЕКСАНДР РОЖКОВ<sup>4</sup>

**Abstract.** In the Western Siberia, most large hydrocarbon fields are confined by strike-slip faults.

Basement faults play a significant role in structural confinement, as they affect fracture orientation and intensity, and determine reservoir properties, nature of the seals, rock permeability and stratigraphic distribution of hydrocarbons through the sedimentary cover section and the basement, controlling stratal saturation and well productivity. Hydrocarbon fields, confined by strike-slips, are characterized by subjacent saturation and complex multi-layered structure of the section.

Study of fields, confined by strike-slip deformations has helped determine the influence of horizontal faults on the patterns of dimensional and stratigraphic distribution of hydrocarbon deposits, reservoir and sealing properties of the rock, and saturating formation fluids.

Echelon-type structure of the faults and fault blocks of the pre-strike-slip zone which are formed in the sedimentary cover above the basement faults can be reliably mapped based on the 3D seismic data.

**Key words:** Strike-Slip Faults, Reservoir Properties, Pre-Strike-Slip Zone, 3D Seismic Data.

**Апстракт.** Већина великих лежишта угљоводоника у Западном Сибиру су ограничени “*strike-slip*” раседима.

Раседи у подлози имају значајну улогу у структурном затварању, утичу на оријентацију и интензитет фрактуре, одређују карактеристике резервоара, природу заштитних стена, пермеабилитета стена и стратиграфску дистрибуцију угљоводоника кроз седиментне стене кровине и стена подлоге, контролу слојног засићења и бушотинске продуктивности. Лежишта угљоводоника, ограничена “*strike-slip*” раседима, се одликују мањим засићењем и сложеном вишеслојном структуром геолошког профила.

Истраживање поља ограничених стрике-слип раседима помаже утврђивању утицаја хоризонталних раседа на димензије и стратиграфску дистрибуцију лежишта угљоводоника, особине резервоар стена и заштитних стена, као и засићење флуида у формацији.

Ешалонирана структура раседа и раседних блокова формираних пре “*strike-slip*” зоне у седиментном покривачу изнад раседа подлоге може бити поузданије картирана на основу података 3Д сеизмике.

**Кључне речи:** “*strike-slip*” раседи, особине резервоара, зона формирана пре “*strike-slip*” зоне, подаци 3Д сеизмике.

### Введение

С началом планомерного покрытия месторождений съемкой 3Д выявлены признаки проявления

горизонтальных сдвигов фундамента в осадочном чехле Западной Сибири.

Сдвиговые зоны, выраженные в различных формах вторичных структур в районах динамического

<sup>1</sup> LLC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Mikhaylova.SV@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> LLC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Didenko.IV@gazpromneft-ntc.ru

<sup>3</sup> JSC «Gazprom-neft» Moscow, Russia. E-mail: Almukhametov.MA@gazprom-neft.ru

<sup>4</sup> JSC «Gazprom-neft» Moscow, Russia. E-mail: Rozhkov.AP@gazprom-neft.ru

влияния горизонтальных сдвигов фундамента на локальные антиклинальные объекты в осадочном чехле, контролируют большую часть крупных месторождений УВ.

Изучением сдвиговых деформаций в Западной Сибири занимались многие исследователи, но особая роль и фундаментальный вклад в решение теоретических вопросов формирования структур горизонтального сдвига и практических вопросов оптимизации поисково-разведочных работ и повышения эффективности разработки месторождений УВ, осложненных сдвигами, принадлежит специалистам ОАО «ЦГЭ» под руководством к.г.-м.н. Тимурзиева А.И. и д.т.н. академика РАЕН Гогоненкова Г.Н. Ими было обоснованно введено в терминологию неотектоники всеобъемлющее понятие «структура горизонтального сдвига», как ос-

новной структурный объект сдвиговых деформаций.

Горизонтальные сдвиги фундамента идентифицируются на основе сейсмических материалов ЗД по сопутствующим им вторичным структурно-деформационным и флюидодинамическим парагенезам осадочного чехла. В Западной Сибири сдвиговые зоны достоверно выделены работами ЗД в пределах Етышуровского и Вынгапуровского мегавалов, Северного свода, Харампурского вала, Русского и Часельского мегавалов и осложняющих их локальных поднятий и куполов, Надым-Пурской и Пур-Тазовской синеклиз. Выраженные различной степенью контрастности признаки проявления сдвигов фундамента в осадочном чехле установлены на Вынгапуровском, Вынгаяхинском и Ярайнерском месторождениях (Рис.1).

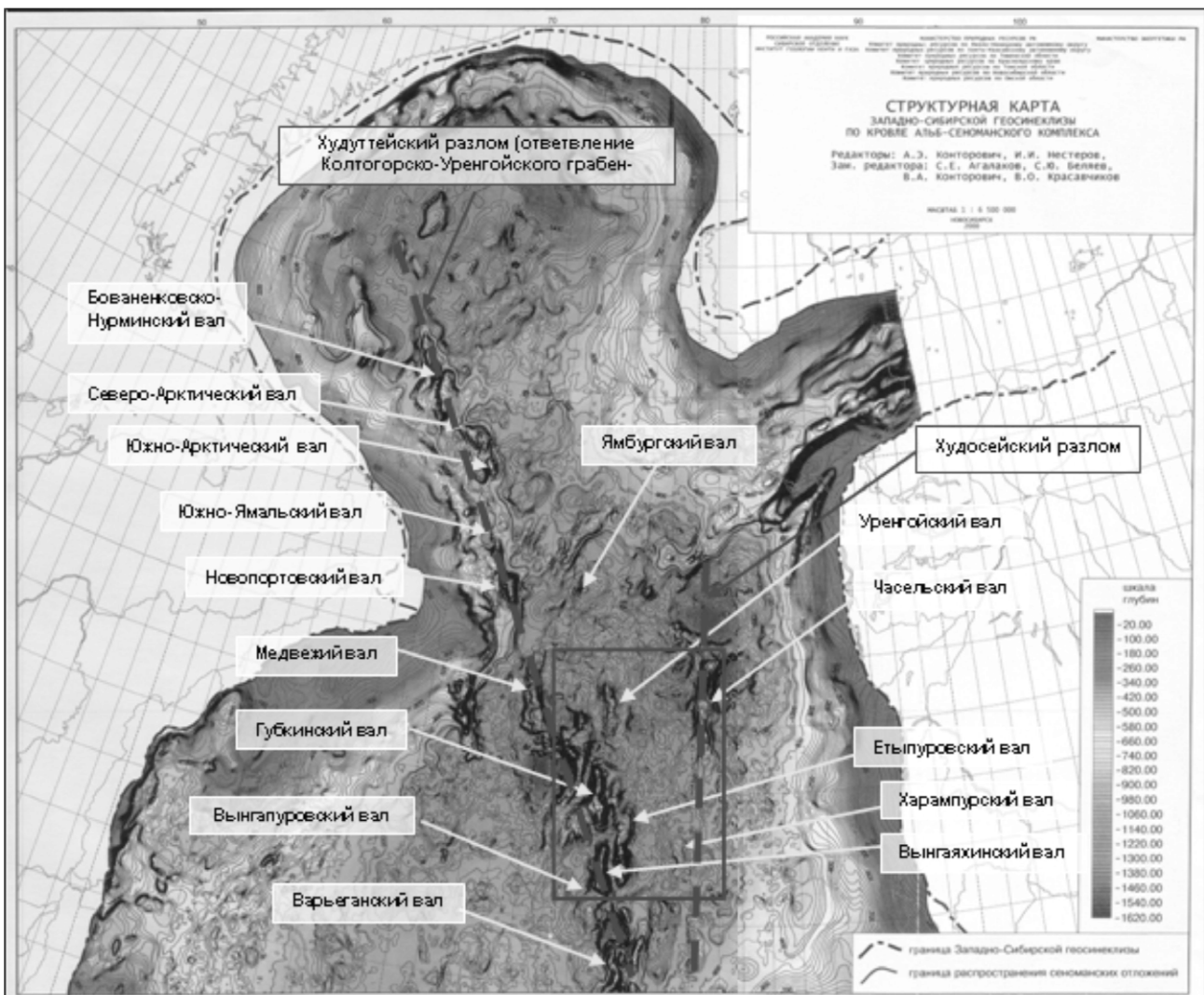


Рис.1 Структурная карта Западно-Сибирской геосинеклизы по кровле альб-сеноманского комплекса по АНАНЯИНОЙ Е.Н. и др. (2007).

Сл. 1. Структурна карта Западно-сибирске геосинеклизе по кровини альб-ценоманског комплекса АНАНЯИНОЙ Е.Н. и др. (2007).

### Влияние сдвиговых деформаций на формирование залежей УВ на примере Еты-Пуровского месторождения

Анализ строения месторождений севера Западной Сибири показывает, что сложная морфология, интенсивная дизъюнктивная нарушенность и бло-

ковое строение определяют низкую эффективность при проведении геологоразведочных работ на месторождениях, осложненных сдвигами. Проектирование разработки, бурение эксплуатационных скважин и проведение геолого-технологических мероприятий (ГТМ) на таких объектах без надежной геомеханической и кинематической

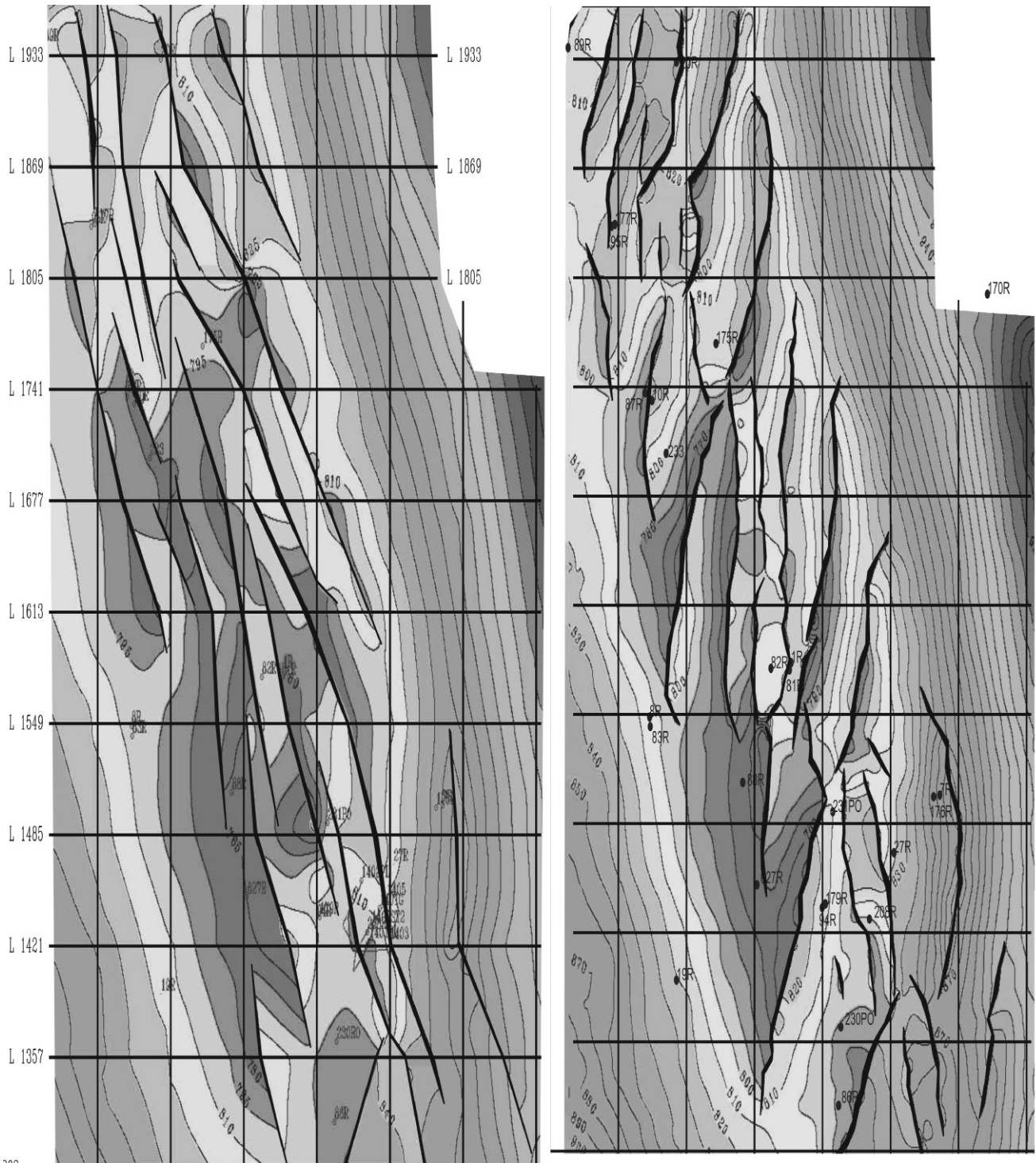


Рис.2. Сравнение результатов картирования разломов по данным 2Д и 3Д.

Рис. 2. Порезъене результата картирања разлома по 2Д и 3Д. Подацима.

модели структуроформирующих, флюидопроводящих и экранирующих разломов, сформированных горизонтальными сдвигами, сопряжено со значительными рисками.

Интенсивное применение в последние годы сейморазведочных работ 3Д позволяет более достоверно выделять и картировать зоны сдвиговых дислокаций, которые работами 2Д отслеживались фрагментарно и весьма условно. Характер строения разломов по материалам сейморазведки 2Д и 3Д принципиально отличается. Анализ съемок сейморазведки 2Д, прилегающих и перекрывающих площади сейморазведки 3Д, с выделенными сдвиговыми дислокациями, показывает, что даже при достаточно плотной сети наблюдений (2×2 км) сейсмические данные сейморазведки 2Д не позволяют опознать кулисный рисунок разломов. Как правило, протяженность кулис меньше расстояния между профилями сейморазведки 2Д, особенно при их диагональном положении относительно простирания кулис. Поэтому не удается обеспечить пространственную корреляцию отдельных кулис по профилям. Отрицательную роль здесь играет тот факт, что оперяющие кулисы сдвигов мало-амплитудные, их полярность меняет-

ся по простиранию, поэтому есть зоны, где разрыва или сдвига в корреляции отражений не наблюдается. Кроме того, при профильных сейсмических наблюдениях отсутствует возможность выполнения процедуры пространственной миграции, а миграция 2Д в плоскости профиля не позволяет восстановить истинную картину сложной геометрии разломов. На данных 2Д оперяющие кулисы сдвигов представлены зонами субпараллельных линий разломов, отражающих общее направление зон региональных сдвигов фундамента Западной Сибири. Как следствие этого, происходит искажение моделей строения залежей из-за неверных структурных построений и неправильной геометрии ловушек (Рис.2).

Классическим примером сдвиговых дислокаций в Западной Сибири является Еты-Пуровский вал, осложненный системой горизонтальных сдвигов фундамента северо-западного простирания (правый сдвиг) на северном куполе и северо-восточного простирания (левый сдвиг) в пределах Южного купола (Рис.3). Вторичные структуры разрушения или линейные системы кулисообразных сбросов в диагональных системах горизонтальных сдвигов фундамента четко выделяются на картах углов

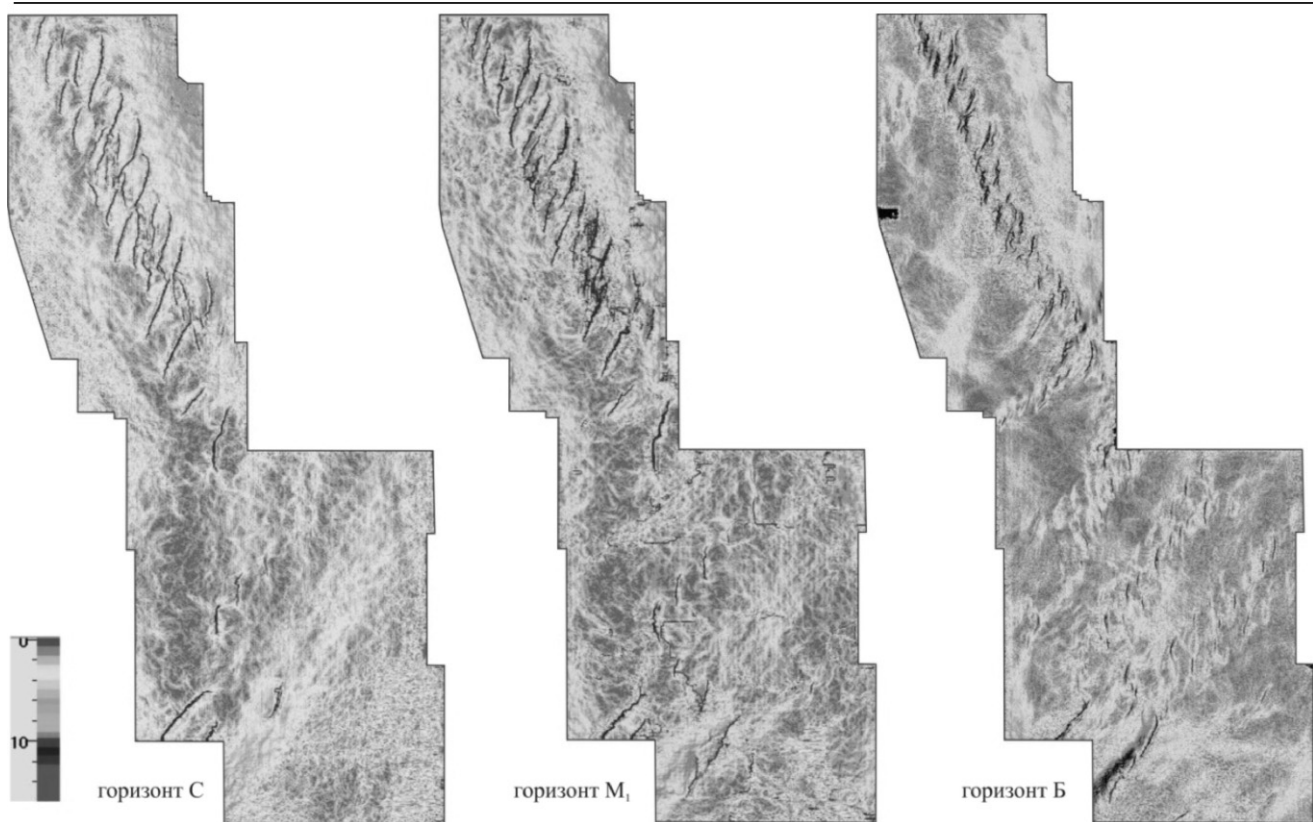


Рис.3. Еты-Пуровский вал. Строение вторичных структур разрушения для диагональных систем горизонтальных сдвигов фундамента на картах углов наклона.

Сл. 3. Еты-Пуровско лежиште. Графа секундарних структура разарања за дијагонални систем хоризонталног померања фундамента на картама падних углава.

наклона на различных глубинных срезах от кровли верхнего мела до кровли верхней юры. Сверху вниз к фундаменту кулисы складываются, как веер, в плоскость сдвига. Горизонтальные сдвиги фундамента не имеют прямого структурного выражения в осадочном чехле в виде линейных физических поверхностей разрыва и смещения пластов. Виртуально они выражаются в чехле через вторичные структуры разрушения, которые образуются в результате горизонтальных сдвигов в вертикальной плоскости разломов фундамента.

Сейсмический образ (Рис.4) сдвиговых дислокаций представляет собой оперяющие кулисы сдвигов фундамента, и в поперечном сечении сдвиги образуют пучок субпараллельных, сходящихся к основанию разломов. Их плоскости в проекции оси схождения фиксируют источник разрывообразования, прогнозируемый по сейсморазведке 3Д ниже кровли фундамента. По данным сейсморазведки 3Д проседание блоков по системе сбросов фиксируется повсеместно в сводах структур Пур-Тазовской синеклизы в интервале от кровли фундамента до различных, включая самые верхние, горизонтов осадочного чехла. Стратиграфический диапазон, охваченный структурами вторичного обрушения сводов и формированием наложенных грабен-прогибов в пределах шовных зон сдвигов, совпадает с моментом разрыва структур оперяющими кулисами и является функцией интенсивности деформаций горизонтального сдвига. Сложные комбинации грабен-горстовых структур отражают неоднородность напряженно-деформированного состояния земной коры и идентифицируют чередование по площади и разрезу зон сжатия и растяжения горных пород.

Внутреннее строение зон сдвиговых дислокаций представляет собой зону фрагментарности сейсмической записи, нарушения сплошности и полной деструкции вмещающих пород (рис.5). Снижение акустической жесткости и изменение атрибутов сейсмической записи в шовной зоне сдвиговых деформаций происходит за счет дезинтеграции пород. В строении структур, осложненных сдвигами, обнаруживается сложная комбинация механических изменений горных пород и флюидодинамического воздействия, вызывающая разрыв осадочного чехла и вздутие пластов над сводами поднятий с их последующими обрушением и проседанием в интервале проникновения разломов в осадочный чехол. Примеры проявления чешуйчатых сопряженных надвигов, дисгармоничной складчатости и рассланцевания пород, послынного шарьирования и черепичного сдваивания разреза в зоне динамического влияния горизонтального сдвига фундамента – повсеместное явление для структур горизонтального сдвига - ГОГОНЕНКОВ Г.Н. и др. (2007). На микроуровне (керна) для зон сдвиговых дислокаций типично проявление интен-

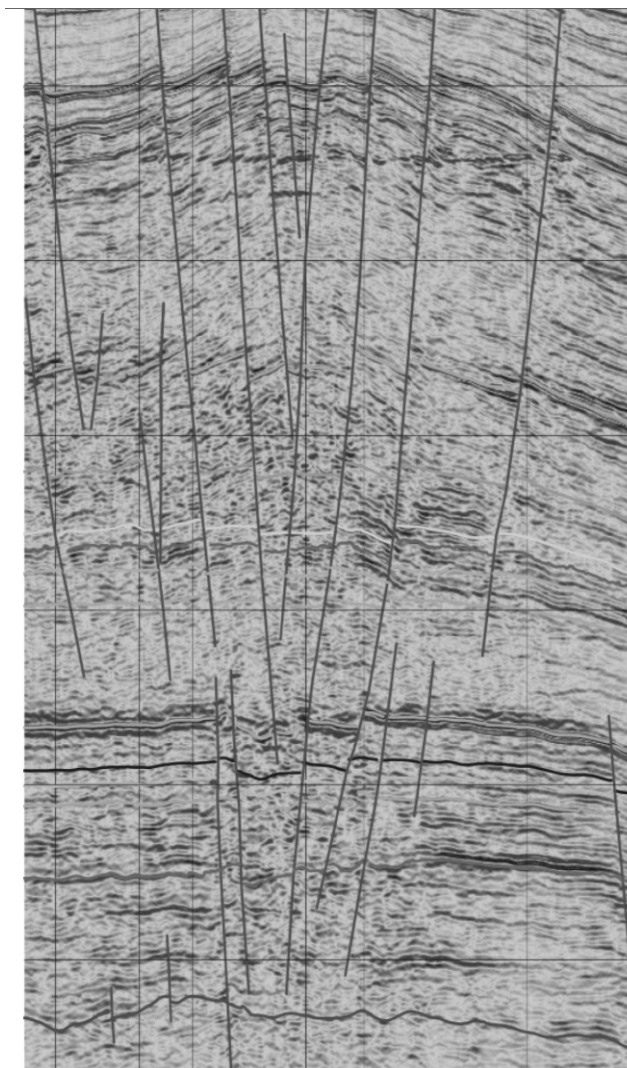


Рис.4 Сейсмический образ сдвиговых деформаций на примере Еты-Пуровского месторождения.

Сл. 4 Сейсмичка слика деформација на примеру Ети-Пуровског лежишта.

сивной трещиноватости, разломов, текстур пластического течения и брекчирования пород.

Сдвиги фундамента имеют важное структуро-контролирующее значение, влияют на направление и интенсивность трещиноватости пород, на свойства коллекторов и покрышек УВ, на проницаемость и характер стратиграфического распределения УВ в разрезе осадочного чехла и фундамента, контролируют насыщение пластов и продуктивность скважин - ГОГОНЕНКОВ Г.Н., и др. (2004). Месторождения УВ, осложненные сдвигами, отличаются сквозным насыщением разреза и сложным многопластовым строением. По результатам палеотектонического анализа на изучаемой территории установлено, что геологические события, оказавшие решающую роль на формирование структурного плана локальных поднятий,



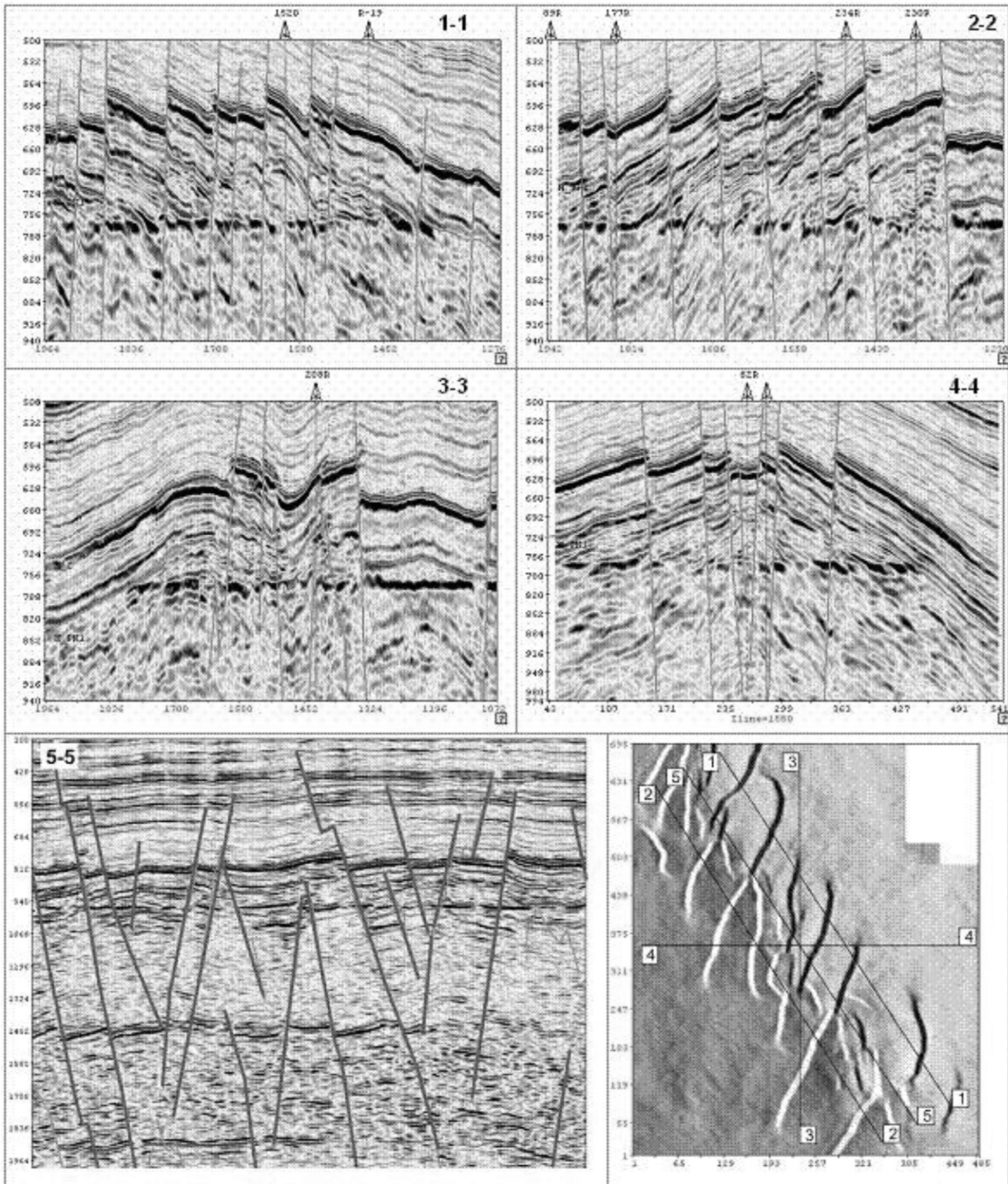


Рис.5. Модель присдвиговых зон на примере Еты-Пуровского месторождения (по данным работ ОАО ЦГЭ автор ТИМУРЗИЕВ А.И.) Пять критических сечений, отражающих различный стиль деформаций. Сечения 1-1 и 2-2 отражают господствующие на своде структуры условия горизонтального сдвига в вертикальной плоскости на разных крыльях складки. Отмечаются одновременные внутрислойные сдвиги (горизонтальный сдвиг в горизонтальной плоскости), приводящие к пластическому нагнетанию пород и сдвиганию разреза. Сечение 3-3 - меридионального сжатия. Выделяются взбросы на фоне локального прогиба; Сечение 4-4 - широтного растяжения. Отмечаются сбросы на своде поднятия; Сечение 5-5 - демонстрирует чередование условий сжатия (горсты) и растяжения (грабены) в шовной зоне сдвига.

Сл. 5. Модел прираседних зона на примеру Ети-Пуровског лежишта (по подацима ОАО ЦГЭ аутора ТИМУРЗИЕВ А.И.) Пет профила одражава различит стил деформација.



развитие и геометрию резервуаров, ловушек и залежей нефти и газа произошли в позднекайнозойское время геологически мгновенно. Низкая палеотектоническая активность развития юрско-меловых горизонтов на всем протяжении геологического времени от ранней юры до позднего мела и отсутствие признаков роста ряда палеоподнятий за это время свидетельствуют о том, что изгиб пластов осадочного чехла и формирование пликативной складчатости происходили одновременно после накопления всей толщи юрско-меловых отложений в условиях интенсивных горизонтальных сдвигов фундамента.

Структуры горизонтального сдвига формируются, благодаря и во время сдвиговых деформаций, поэтому возраст структурообразования и разрывных дислокаций синхронны – Гогоненков Г.Н., и др. (2004). Независимо от возраста основания, горизонтальные сдвиги фундамента являются деформациями новейшего тектонического этапа развития структур.

Для многих залежей УВ в доновейшее время не существовало замкнутых поднятий, а объемы палеоловушек составляли от десятой до трети объема современных гигантских ловушек сеноманских залежей газа. Наличие современных крупных залежей свидетельствует о вертикальной проницаемости разреза при километровых восходящих новейших деформациях земной коры и стометровых амплитудах формирующихся при этом разломов в пределах пронизывающих весь чехол месторождений, дегазацию недр, формирование и разрушение (перестроение) залежей УВ. По данным исследователей известно, что при оживлении разломов вертикальная проницаемость разреза увеличивается на три порядка, а трещины увеличивают проницаемость пластов (за счет трещинной проницаемости) на 10 порядков!

На Еты-Пуровской площади работами ОАО ЦГЭ впервые выявлен реверсный тип разломов (Рис.6). Свойства таких разломов определяются разнонаправленными движениями блоков по одну сторону от сместителя ниже и выше нейтральной поверхности. С одной стороны плоскости реверсного разлома без нарушения последовательности залегания пластов и отсутствия перерывов осадконакопления происходит сокращение мощности за счет встречного движения блоков, пластического выдавливания и уплотнения пород. По другую сторону плоскости разлома за счет растяжения происходят нагнетание и разуплотнение пород. Анализ показал, что изменение мощности нижнего мела (Б-М1) по разные стороны от сместителя реверсных разломов достигает на Еты-Пуровском месторождении 100-150 м. Это позволяет понять возможные причины существующих невязок и являются основой для решения спорных моментов при проведении межскважинной корреляции гори-

зонтов в зонах реверсных разломов и внутри клиньев сжатия.

Изучение месторождений, осложненных сдвиговыми деформациями, позволило установить важную роль горизонтальных сдвигов на формирование и закономерности пространственно-стратиграфического распределения залежей УВ, коллекторские и экранирующие свойства горных пород, свойства насыщающих их флюидов.

Главной особенностью месторождений, осложненных сдвиговыми дислокациями, является большой этаж нефтеносности. Для Еты-Пуровского месторождения в процессе уточнения геологического строения число продуктивных пластов достигло 50, а залежей нефти и газа превысило 150. Высокая вертикальная проницаемость разреза в пределах структур горизонтального сдвига определяет высокую плотность миграционного потока УВ и, как следствие, высокую плотность запасов, локализованных на многочисленных тектонических блоках. В условиях сложного блокового строения и тектонического экранирования залежи УВ характеризуются сложной природой контуров. Обладая высокой проницаемостью на этапе формирования, опережающие сбросы структур в настоящее время являются экранирующими и запирают залежи нефти и газа в многочисленных структурно-тектонических и литологических ловушках. Это подтверждает и сохранность крупной залежи газа в сеноманских отложениях (пласт ПК1), сплошь пронизанной высокоамплитудными сбросами (до 100 м).

Интенсивная нарушенность и тектоническая трещиноватость, картируемые на макроуровне сейсморазведкой 3Д и микроуровне в скважинах (керна), предполагают существенную роль трещинной проницаемости в формировании фильтрационной среды гранулярных коллекторов, особенно юрской части разреза. В пользу этого свидетельствуют факты резкой неоднородности и анизотропии проницаемости юрских коллекторов (Кпр изменяется от сотых долей до десятых долей квадратных микрометров) и перепады дебитов скважин, исчисляемые величинами в 2-3 порядка.

Скважины, пробуренные в пределах локальных присдвиговых блоков шовной зоны сдвигов Северного купола Еты-Пуровского месторождения, дают промышленные притоки. Особое значение имели открытия залежей в пласте Ю11, где получены небывало высокие для Западной Сибири дебиты до  $L_{\text{н}} = 700.0$  т/сут,  $L_{\text{г}} = 491.8$  тыс. м<sup>3</sup>/сут (скв.239ПО), впервые доказавшие высокую продуктивность присдвиговых структур верхнеюрского комплекса Еты-Пуровского вала. Рекомендации по разбуриванию присдвиговых структур Еты-Пуровской площади выполняются со 100% успешностью бурения скважин.

Интерес к изучению зон сдвиговых дислокаций для нефтяных компаний, работающих на объектах,

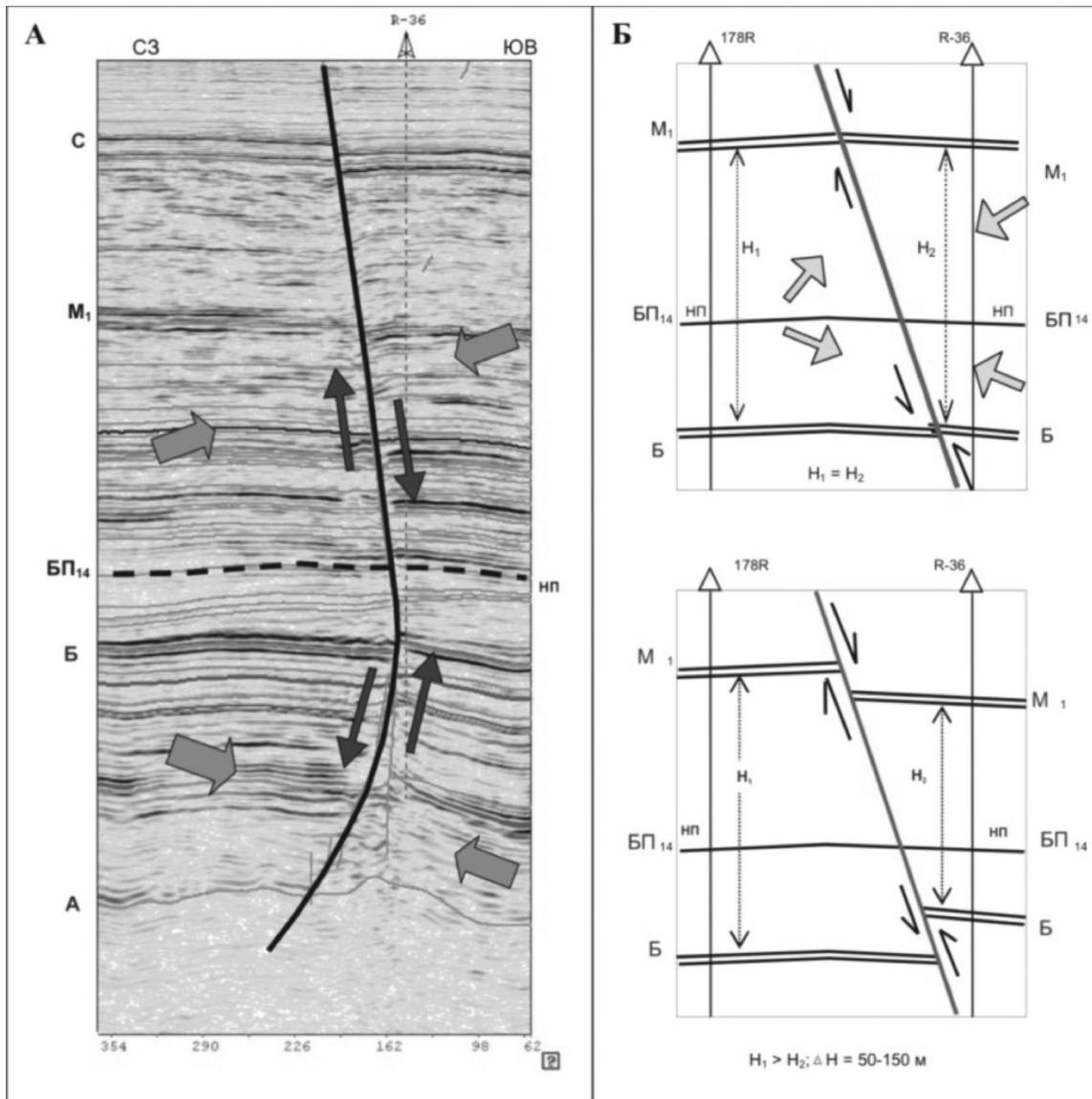


Рис.6. Пример строения реверсного разлома Еты-Пуровского месторождения, Южный купол (ЦГЭ, 2006) А – интерпретация сейсмического разреза, Б – модель формирования и кинематики РР как сброс выше и взброс ниже нейтральной поверхности.

Сл. 6. Пример графе реверсного разлома Еты-Пуровского месторождения, Южный купол (ЦГЭ, 2006) А – интерпретация сейсмического профиля, Б – модель формирования и кинематики РР как распада изнад и испод нейтральной поверхности.

осложненных сдвиговыми деформациями, представляет важное практическое значение на всех этапах геологоразведочного процесса от поисково-разведочного бурения и проектирования разработки залежей на новых площадях до реанимации старых месторождений.

### Список литературы

Ананьина Е.Н., Насонова Н.В., Хамитуллин И.М. 2007. Перспективы нефтегазоносности в зоне

сдвиговых дислокаций. Тезисы докладов IX международной научно-практической конференции Геомодель-2007. Геленджик, 2007, с.26.

Гогоненков Г.Н., Тимурзиев А.И. 2004. Проявление новейших сдвиговых деформаций земной коры и их связь с нефтегазоносностью севера Западной Сибири // ТЭК России – основа процветания страны. ВНИГРИ. Санкт-Петербург. с.196-208.

Гогоненков Г.Н., Кашик А.С., Тимурзиев А.И. (ОАО "ЦГЭ"). 2007. Горизонтальные сдвиги фундамента Западной Сибири. Геология нефти и газа, 3.

## Reservoir Characterization of the Underground Gas Storage Banatski Dvor Карактеризација резервоара подземног складишта Банатски Двор

VIOLETA NICIĆ-JOROVIĆ<sup>1</sup>, IVAN NAJDANOV, VLADIMIR RUŠIĆ,  
ĐORĐE ĆIRIĆ<sup>2</sup> & VICKO ŽITKO<sup>3</sup>

**Abstract.** 3D reflective seismic exploration in Serbia on location of the first underground gas storage (gas field Banatski Dvor) was carried out to get detailed structural and petrophysical model. On the basis of the well logging data, 3D seismic data were inverted in acoustic impedance. Results of the interpretation the acoustic impedance volume and the well logging data served to estimate following petrophysical parameters: porosity, permeability, water saturation and volume of shale content.

The results were satisfactory and were used for the volume estimation of the gas storage. The predicted petrophysical parameters indicate that the application of this workflow is valuable for determining new locations to be drilled either for production or injection the gas.

**Key words:** Reservoir Characterization, Petrophysical Parameters, Acoustic Impedance.

**Апстракт.** У циљу дефинисања детаљног структурног и петрофизичког модела првог складишта гаса (гасно поље Банатски Двор) изведена су 3Д рефлективна сеизмичка испитивања. На основу каротажних података извршена је сеизмичка инверзија 3Д података у акустичну импеданцију. Резултати интерпретације акустичне импеданције и каротажних података послужили су за процену следећих петрофизичких параметара: порозност, пермеабилност, засићење водом и запреминско учешће шејла.

Резултати су били задовољавајући и искоришћени су за процену запремине складишта гаса. Процењени петрофизички параметри су потврдили да примена резултата интерпретација акустичне импеданције и каротажних података омогућава дефинисање нових локација за бушење било производних или инјекционих бушотина.

**Кључне речи:** Складиште гаса, петрофизички параметри, акустична импеданција.

### Introduction

The area of the Banatski Dvor gas field is located in the eastern Vojvodina, Srednji Banat (Fig. 1).

In the area of the underground gas storage 3D seismic survey was designed to get detailed structural model of the reservoir "A" and petrophysical parameters. The survey was acquired 2006 and cover approximately 60 km<sup>2</sup>.

The objective of this study is to determine petrophysical parameters by integrating core data, well logs and seismic data. To achieve this objective, results of the seismic inversion are used.



Fig. 1. Location of the study area

<sup>1</sup> NIS-Naftagas, Batajnički drum 18, 11000 Beograd. E-mail: violeta.n@nis-naftagas.rs

<sup>2</sup> Metalinspekt D.O.O, Žarkovačka 21v, 11000 Beograd.

<sup>3</sup> NIS-Naftagas, Batajnički drum 18, 11000 Beograd.

## Field Description

Structurally, the underground gas storage is a compaction anticline with the strike in SSW–NNE direction (Fig. 2).

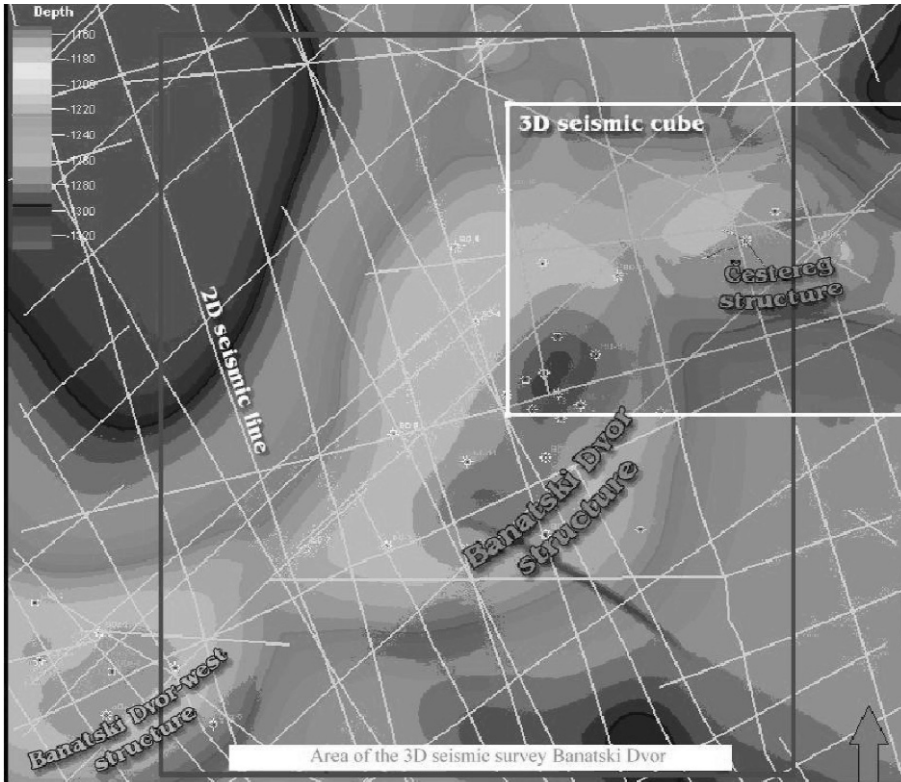


Fig. 2. Structure map of the sandstone horizon “A” (bears gas storage in the Banatski Dvor structure) with 2D and 3D seismic surveys

The area of the Banatski Dvor gas field is built up of Mesozoic, Tertiary and Quaternary sediments. Pontian sandstones and sands are the main gas bearing formations of the Banatski Dvor structure. The Lower Pontian sandstone horizon bears gas reservoir “A” (gas storage).

Core and well log data indicate that the reservoir “A” is heterogeneous, i.e. composed of several clastic deposition cycles. Log patterns and seismic data indicate that the sandstone horizon “A” was deposited in a delta system. General progradation is from the northwest to the southeast.

## Methodology

First, processing of 3D seismic data was performed to get the highest possible resolution on the target zone – the reservoir “A” (YILMAZ 2001). The target zone is on depth interval from 1230 to 1400 m (two-way time 1.18–1.35 s).

Next, well logs and also petrophysical data were prepared. One of the most important procedures in reservoir characterization is seismic to well tie. Accurate synthetic seismograms were created using elastic modeling from P, S

and density logs. Wavelet was extracted from seismic data near the well.

A background model is required and very involved in the amplitude inversion process. A good and detailed background model can largely enhance the accuracy of the inversion results. Detailed background models of P velocity and density were created by interpolating eighteen well logs using the structure and micro structure information. 3D ordinary kriging method was used to create well based background models.

Finally, constrained inversion in eigenvectors basis (MALKIN *et al.* 1999) was used as a method for the amplitude inversion.

Petrophysical parameters of the reservoir “A” were estimated based on the interpretation of the acoustic impedance volume and the well logging data.

## Seismic to well tie

Synthetic seismogram for the well BD-11 was created using elastic modeling from P velocity and density logs. Velocity of S waves was obtained from the Mudrock line. Preliminary, well logs were filtered by Backus filter.

Wavelet was estimated from seismic data near the well BD-11 and synthetic seismogram is presented in Figure 3.

## Amplitude inversion and reservoir characterization

The 3D seismic data provide information to characterize lateral variations of physical rock properties, such as porosity and permeability within a reservoir. The process of generating petrophysical parameters of the reservoir “A” involved several steps:

- Interpret key horizons and define layer topology.
- Create background model of P velocity and density by interpolating well logs.
- Amplitude inversion process.
- Conversion AI to petrophysical parameters.

Amplitude inversion results present lower values of acoustic impedance in the area of the reservoir “A” (Fig. 4).

It is obvious because values of P velocity are lower in the area of the reservoir.

Petrophysical parameters volumes are created from impedance volume using relation petrophysical parameters

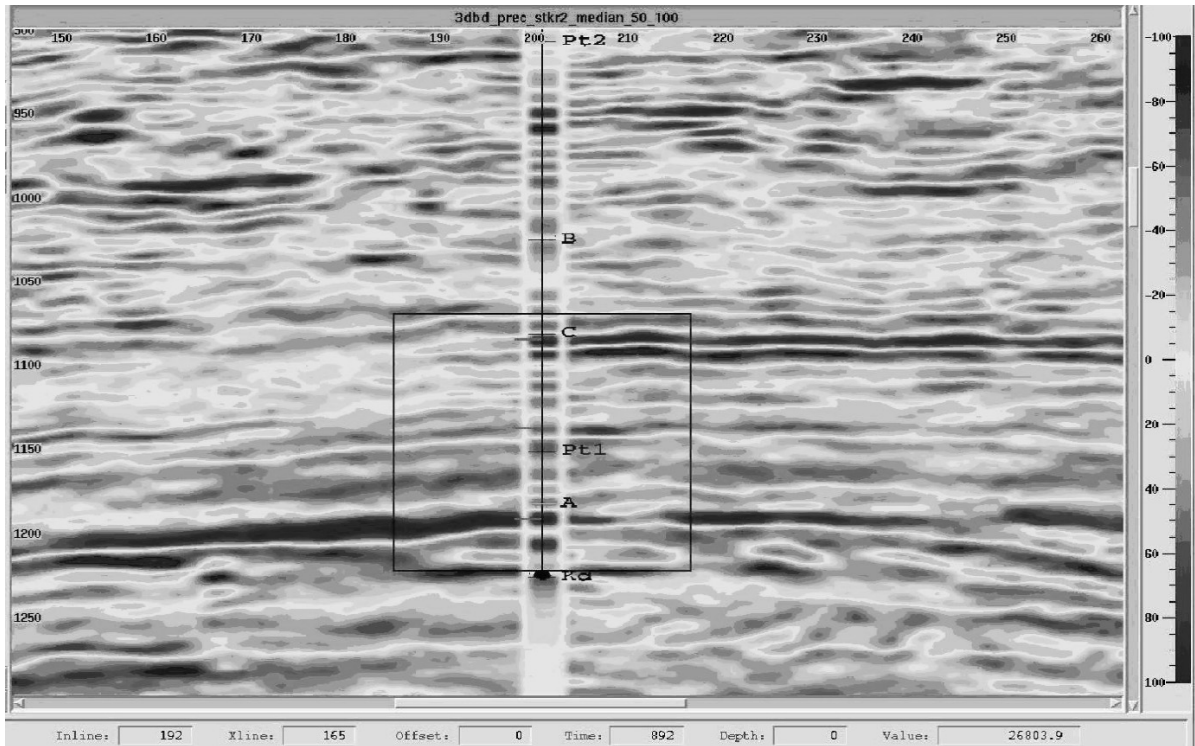


Fig. 3. Synthetic seismogram on the position of well BD-11

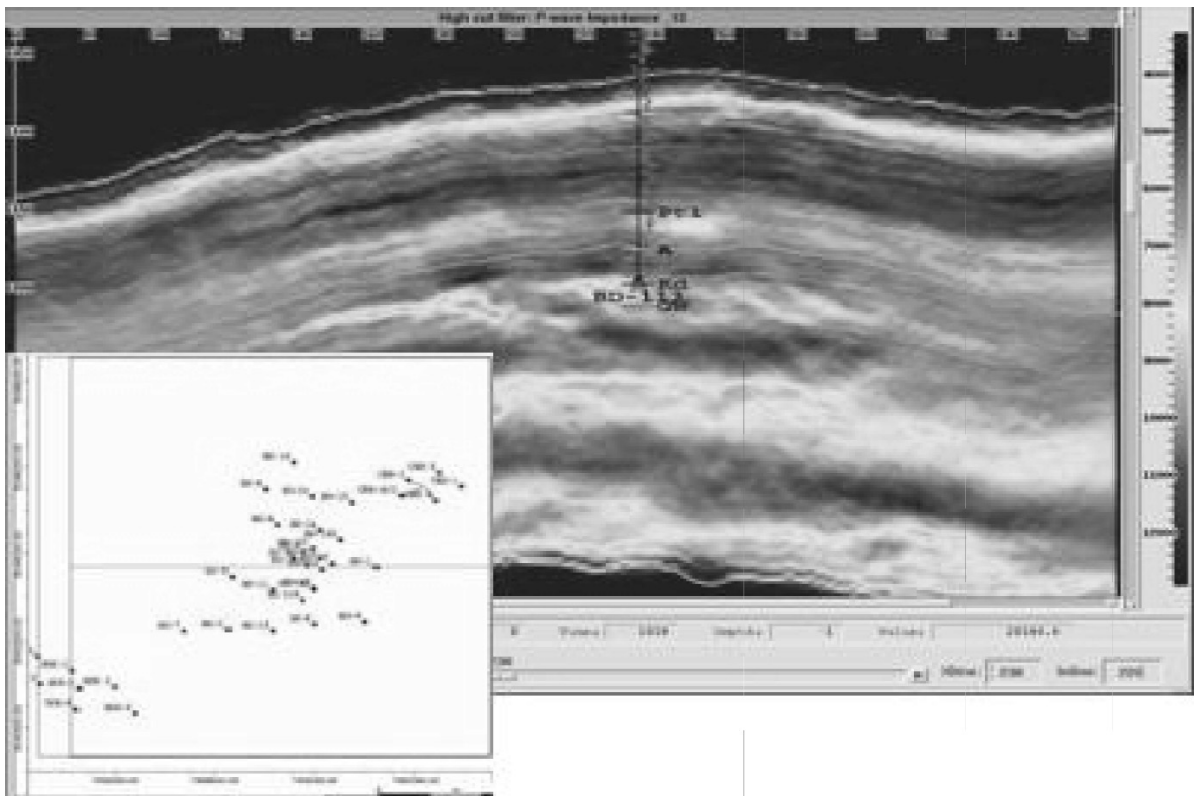


Fig. 4. Acoustic impedance section and well BD-113 (purple curve, acoustic impedance from log values  $V_p * \rho$ )

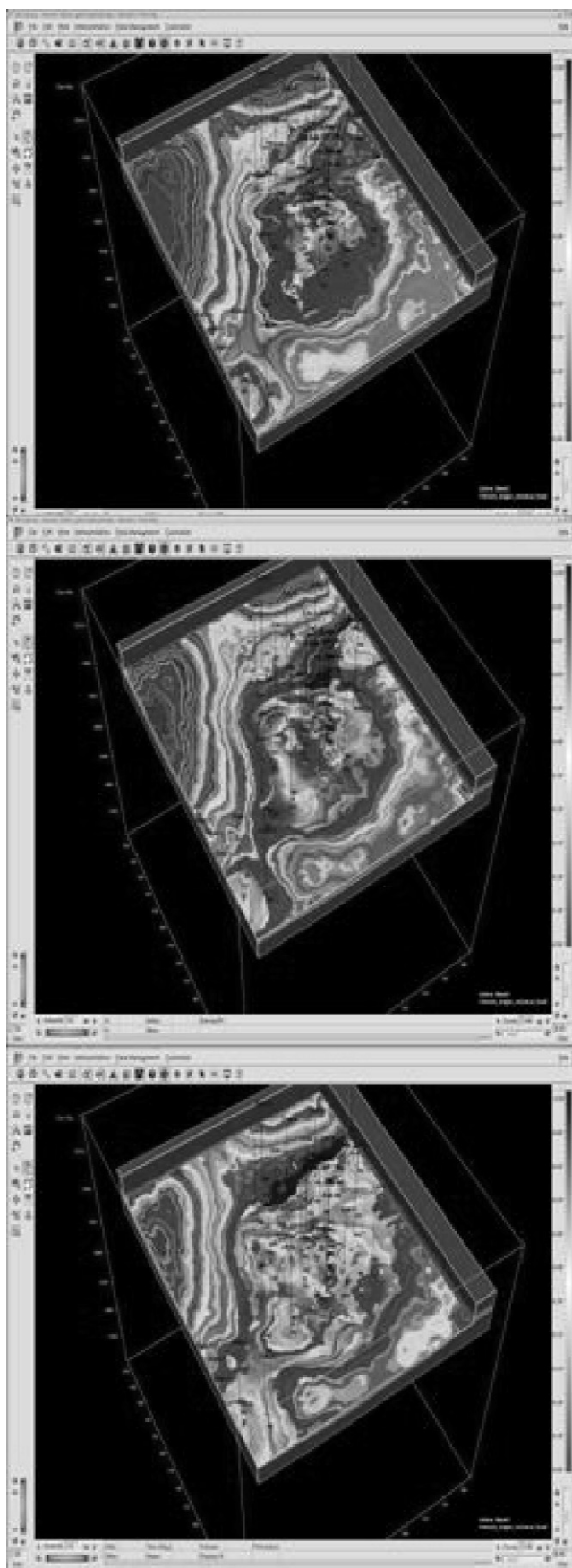


Fig. 5. Porosity on 1180, 1192 and 1210 ms (from up to down)

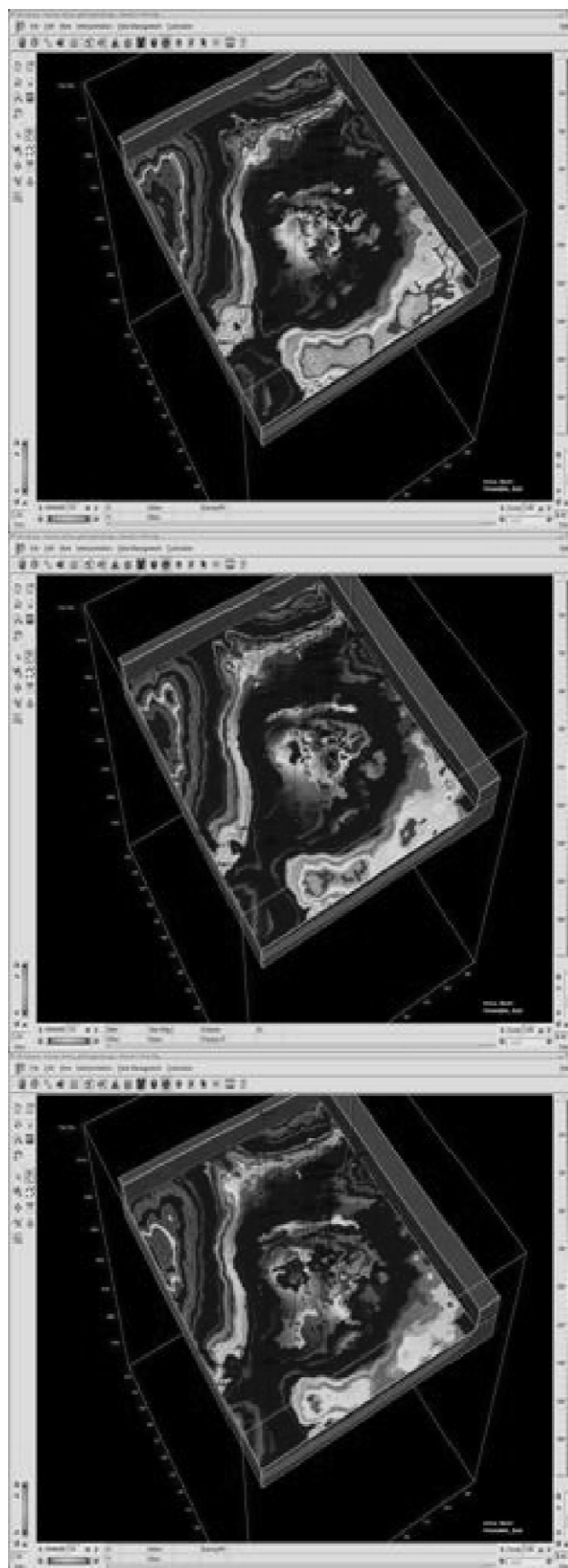


Fig. 6. Permeability on 1188, 1192 and 1196 ms (from up to down)

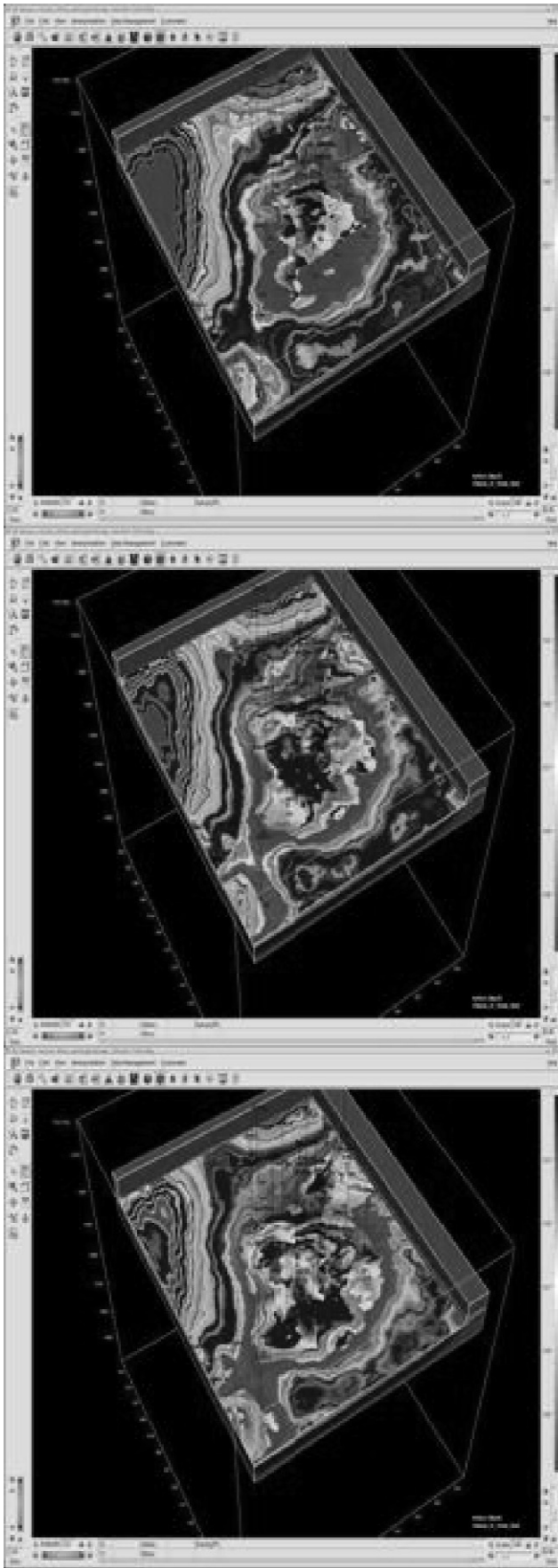


Fig. 7. Volume of shale content on 1182, 1192 and 1200 ms (from up to down)

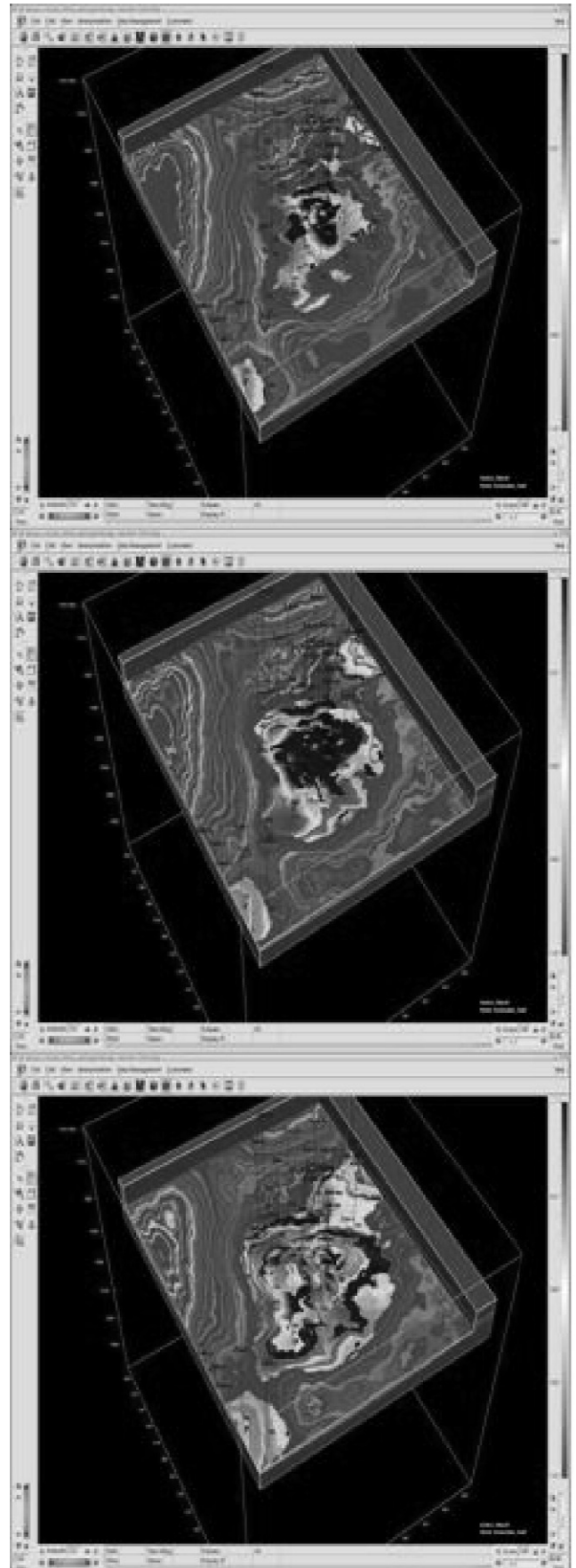


Fig. 8. Water saturation on 1184, 1192 and 1204 ms (from up to down)



– impedance measured at the wells. As the result of synthesis of all available data, porosity, permeability, water saturation and volume of shale content of the reservoir “A” are obtained. Figures 5, 6, 7 and 8 present few time slices of petrophysical parameters. Values of porosity and permeability are higher in the area of the reservoir as water saturation and volume of shale content are lower.

## Conclusions

In this work, an integrated approach was presented for estimation the petrophysical parameters. The integrated interpretation of well logs and seismic data provides a new dimension in petrophysical characterization. The results were used for the volume estimation of the gas storage. The predicted petrophysical parameters indicate that the application of this workflow is valuable for determining new

locations to be drilled either for production or injection the gas.

## Acknowledgments

The authors would like to thank NIS a.d. Naftagas and Srbijagas for supporting this research and permission to publish this work.

## References

- MALKIN, A., ZAKHEM, U. & CANNING, A. 1999. Amplitude inversion of reflectivity type AVO attributes. SEG Expanded abstracts 18, 812–817.
- YILMAZ, O. 2001. Seismic data analysis. Stephen M. Doherty, editor, SEG.



## Оптимизация разработки сложных месторождений Развојна оптимизација комплексних нафтних поља

МАРАТ Ф. НУРИЕВ<sup>1</sup>, ШАМИЛЬ М. ВАЛИТОВ<sup>1</sup> и ФАРИТ Ф. ХАЛУЛИН<sup>1</sup>

**Abstract.** Development stages distribution of Gazprom neft oil fields is given in this paper. The features of the development and dynamics of basic parameters at different stages are considered. Long-term development plans are presented. The main aim of this paper is development optimization of complicated oil fields using horizontal wells and fracturing.

**Key words:** oil fields, development, optimization, horizontal wells, fracturing.

**Апстракт.** У овом раду дат је распоред развојних фаза Гаспром њефтових нафтних поља. То подразумева карактеристике развоја и динамике основних параметара у различитим фазама. Представљени су дугорочни развојни планови. Основни циљ овог рада је оптимизација развоја сложених нафтних поља коришћењем хоризонталних бушотина и фрактурирања.

**Кључне речи:** нафтна поља, развој, оптимизација, хоризонталне бушотине, фрактурирање.

На територији дејателности компаније «Газпром нефть» открито 54 месторођења, из њих: 35 нефтјаних, 5 газонефтјаних, 3 газових, 10 нефтегазоконденсатних и једно газоконденсатно. Началне извлекаеме запасы нефти ОАО «Газпром нефть» по категоријама АВС1 превашавају 1,5 млрд. т., при накопленој добуци свџше 700 млн. т; текуцие извлекаеме запасы састављају более 800 млн.т. Основној објем запасы нефти, нахођеицих се у разрабоци местоорођеици, прихођеици се на дољу ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз». На Ноябрьскџ регион прихођеици се 76% началних извлекаемџ запасы нефти, на «Газпромнефть-Хантос» - 21% и 3% на «Газпромнефть-Восток».

В настојащее время ОАО «Газпромнефть-Ноябрьскнефтегаз» сџвместно с другими региональными центрами нефтедобуци ОАО «Газпром нефть» - ООО «Газпромнефть-Хантос» (г. Ханты-Мансийск) и ООО «Газпромнефть-Восток» (г. Томск) разрабоцивају 28 местоорођеици, на коорџе прихођеици се 90% сџвс запасы компаније.

Местоорођеици Ноябрьскогџ нефтегазоносногџ района в основној приуроочеици к залежама нижнемеловџх отлођеици (пласты групуи БС). Геологџческое строение залежеици харакџтеризуеици се небольшими нефтенасыщенными толцинами – 5-15 м,

пористостью 18-21%, при средней проницаемости от 0,06 до 0,18 мкм<sup>2</sup>. Залежи в основном пластово-сводовые, структурно-литологџческие, литологџчески-ограниченными. Значительное количество залежеици подстилаются водој и имеют значения насыщенности нефти 0,45–0,65.

Значительная часть извлекаемџх запасы нефти местоорођеици ОАО «Газпром нефть» относится к категории трудноизвлекаемџх. На 1.01.2010 года на данный тип објектов (подгазовые, ВНЗ, малопроницаемые, высокообводненные) прихођеици се 86% от текуцих извлекаемџх запасы нефти промышленных категориџ.

В Западној Сибири подавляющее число местоорођеици маловязкој нефти, приурочеицих в меловџм и юрским отлођеициам, разрабоцивается с применением заводнения. Следует отметить, что внедрение заводнения сыграло определяющую роль в повышении эффективности эксплуатации местоорођеици. Использование метода поддержания пластовогџ давления позволило достигџть бољших коэффициентов извлечения нефти при существенно меньшей плотности сетки.

Деџствующий фонд добуцивающих скважин ОАО «Газпром нефть» на 1.01.2010г. саставил – более 5,3 тыс. ед., нагнетательных – 2,3 тыс. ед. Соотно-

<sup>1</sup> Gazprom neft JSC, Profsoyuznaya str. 125a, Moscow, Russia. E-mail: Valitov.ShM@gazprom-neft.ru

шение нагнетательных и добывающих скважин эксплуатационного фонда по месторождениям варьирует от 1:1 до 1:3,5. В 2009 г. Добыча нефти составила 30 млн.т, жидкости - 167 млн.т., в продуктивные пласты закачано около 165 млн. м<sup>3</sup> воды.

В 2009 г. средний дебит нефти по новым скважинам составил 36,7 т/сут., по горизонтальным – 39,9 т/сут, при обводненности 86,1 %. Добыча нефти по новым скважинам – около 6,6 млн. тонн. Около 64% текущей добычи нефти приходится на 5 месторождений: Сугмутское, Суторминское, Спорышевское, Вынгапуровское и Приобское.

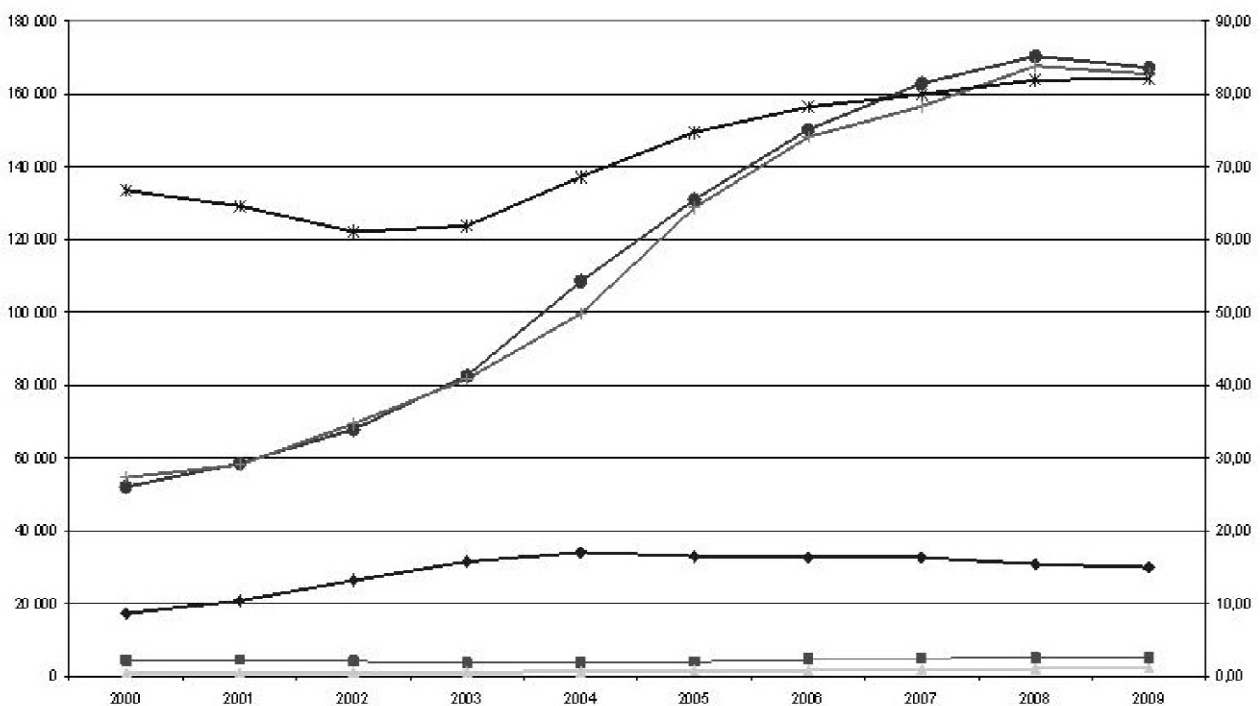
Динамика основных показателей разработки месторождений компании за последние годы представлена на рис.1. В 2010 году добыча нефти ожидается на уровне около 29 млн.т. Средний дебит нефти за период 2000-2009г вырос с 11,9 т/сут до 16,3 т/сут.

- Гидроразрыв пласта 1,01 тыс. ед.;
- Перевод скважин на другие горизонты 1,156 тыс. ед. и др.

Наибольшая эффективность получена от бурения горизонтальных скважин, гидроразрывов пласта, бурения боковых стволов и углублений.

На сегодняшний день средний дебит горизонтальной скважины составляет 39,9 тонн/сутки. Доля в суточной добыче компании от всех горизонтальных скважин – 13,2%. К началу 2010г. выполнено 1010 операций ГРП на различных эксплуатационных объектах. Накопленная добыча за период с 2005 по 2009 года за счет применения ГРП составила 3,067 млн.тонн нефти.

За период с 2004 по 2009 гг. на месторождениях ОАО «Газпром нефть» были пробурены вторые стволы и углубления в 211 скважинах. Следует отметить, что дебиты нефти скважин, эксплуа-



Фиг. 1. Динамика основных показателей разработки по месторождениям ОАО «Газпром нефть»

Сл. 1. Динамика основных показателя разраде по лежиштима ОАО «Газпром нефть»

Рост среднего дебита нефти обусловлен применением современных технологий нефтеизвлечения. На месторождениях компании с 2000 года ведется бурение горизонтальных скважин, с 2001 года – бурение боковых стволов. Гидроразрыв пласта (ГРП) в компании начали проводить с 1990 года, а с мая 2005 года проводятся ГРП и на горизонтальных скважинах. За последние пять лет проведено более 15 тыс. различных мероприятий, в том числе:

- Бурение новых скважин 2,506 тыс. ед.;
- Горизонтальные скважины 0,3 тыс. ед.;

тирующихся с боковыми горизонтальными стволами в 2 – 4 раза выше обычных вертикальных скважин, обводненность продукции таких скважин на 10-50% ниже, что свидетельствует о вовлечения в разработку ранее недренируемых запасов нефти.

Всего по месторождениям ОАО «Газпром нефть» за 2009 г. за счет проведения геологических мероприятий дополнительно добыто более 4,9 млн. т. нефти.

Одним из ярких примеров сложнопостроенных объектов является Приобское месторождение,

Южную лицензионную территорию разрабатывает компания.

Все проблемы и трудности, возникающие при освоении и разработке Приобского месторождения, так или иначе, диктуются сложным геологическим строением этого объекта (табл. 1), тем не менее, компанией отработан полный технологический цикл, освоения месторождения, начинающийся с геологоразведочных работ и заканчивающийся технологическими режимами работы скважин.

Подбор дизайна трещины осуществляется для каждой скважины индивидуально, исходя из особенностей вскрытого разреза. Выполняются опытные работы по опробованию новых технологий, таких как, пенный гидроразрыв, ГРП с селективным пакером и т.д.

На месторождении успешно испытаны и внедряются системы адаптивного управления ЭЦН. Применяется отечественная технология адаптивной эксплуатации скважин с использова-

Таблица 1. Геолого-физические параметры продуктивных пластов Приобского месторождения

Параметры	Объекты	
	АС <sub>10</sub>	АС <sub>12</sub>
Тип залежи	литологический	
Тип коллектора	терригенный	
Средняя эффективная нефтенасыщенная толщина, м	5.1	9.8
Пористость, %	18.5	18
Средняя нефтенасыщенность пласта, доли ед.	0.57	0.5
Проницаемость, мкм <sup>2</sup>	0.0086	0.0024
Песчанистость, доли ед.	0.115	0.103
Расчлененность, ед.	6.5	7.5
Начальное пластовое давление, МПа	25.7	26.8

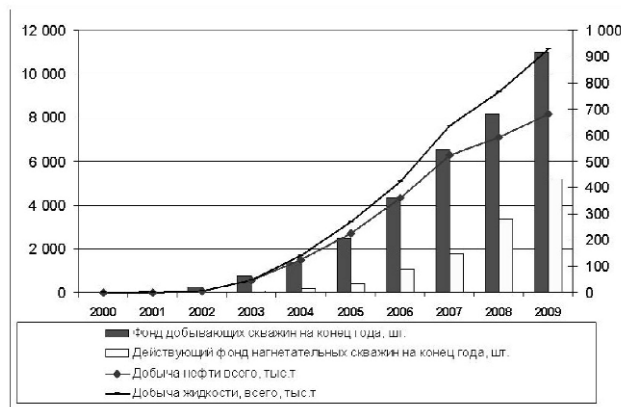
Большим плюсом является то, что месторождение относительно новое, это позволило уже на начальном этапе освоения использовать современные достижения в области полевой и скважинной геофизики, промысловых исследований, передовое скважинное оборудование и телеметрические системы. На настоящий момент вся территория лицензионного участка покрыта сейсморазведочными работами ЗД, результаты которых легли в основу построения детальной геологической модели месторождения, используемой для мониторинга запасов и построения гидродинамической модели.

Риски, связанные с высокой вертикальной и латеральной изменчивостью удается снизить за счет опережающего эксплуатационного бурения и расконсервации разведочных скважин с последующим проведением на них гидроразрыва. Динамика добычи нефти на месторождении приведена на рис.2.

Применение ГРП на всех скважинах, является уже не столько проведением ГТМ, но элементом технологии разработки месторождения. Именно проведение массового ГРП позволило добиться экономической эффективности разработки столь низкопродуктивного объекта.

непрерывно-циклических адаптивных режимов работы насоса, базирующаяся на стандартном оснащении скважин погружным и наземным электрооборудованием.

Значительная часть фонда месторождения эксплуатируют пласты АС<sub>10</sub>, АС<sub>12</sub> совместно. Для контроля выработки запасов добывающие скважины оснащаются датчиками (манометр, расходо-



Фиг. 2. Динамика добычи нефти, жидкости и фонда скважин Приобского месторождения  
Сл. 2. Динамика произведне нефти Приобског лежишта

Таблица 2. Геолого-физические параметры продуктивного пласта Сугмутского месторождения

	Размерность	БС <sub>9</sub> <sup>2</sup>
Средняя глубина	м	2811-2870
Тип залежи		Структурно-литологическая клиноформенная
Тип коллектора		Терригенный поровый
Средняя толщина эффективная	м	22,8
Средняя толщина нефтенасыщенная	м	9,9
Средняя насыщенность нефтью	д.ед.	0,49-0,64
Средняя пористость	д.ед.	0,17-0,18
Средняя проницаемость	мкм <sup>2</sup>	0,047
Коэффициент песчаности	д.ед.	0,75
Коэффициент расчлененности	д.ед.	6,1

мер, влагомер), размещаемыми с помощью якорей в кровле каждого интервала перфорации. Все многопластовые нагнетательные скважины оснащены комплектами оборудования для одновременно-раздельной закачки.

Фонд скважин, оборудованных электроцентробежными насосами, оснащен датчиками давления и температуры на приеме насоса. Контролируемые параметры в режиме реального времени поступают в единый регистрирующий и обрабатывающий комплекс.

На настоящий момент создана постоянно действующая гидродинамическая модель ЮЛТ Приобского месторождения. Данные моделирования используются для решения задач проектирования, планирования ГТМ, определения рейтинга бурения, мониторинга и повышения эффективности системы ППД.

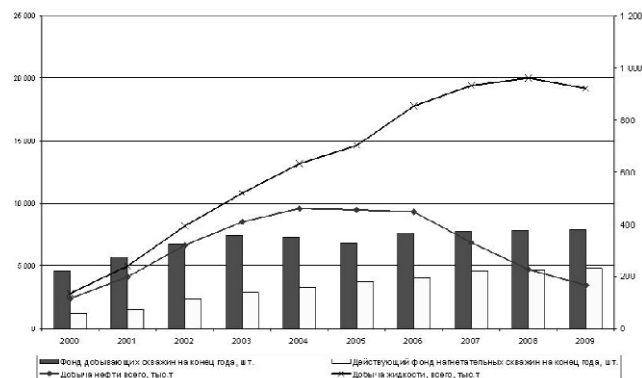
В настоящее время по уровню суточной текущей добычи нефти Сугмутское месторождение является третьим по величине в Компании, уступая лидерство Приобскому и Вынгапуровскому месторождениям.

Месторождение в значительной степени разбуривали горизонтальными скважинами (ГС), сетка которых определялась после детального моделирования системы разработки и проведения полномасштабных сейсмических мероприятий. Применение новых технологий было заложено в проектные документы на разработку месторождений.

Продуктивный песчаный пласт БС<sub>9</sub><sup>2</sup> Сугмутского месторождения залегает в верхней части ме-

гионской свиты нижнего отдела меловой системы и представлен клиноформными песчаными телами. Геолого-физические характеристики продуктивного пласта представлены в табл.2.

В 2001 году на Сугмутском месторождении в качестве опытно-промышленного эксперимента было пробурено пять горизонтальных скважин. Их дебиты кратно превысили дебиты соседних вертикальных скважин и уже в «Технологической схеме разработки Сугмутского месторождения» 2002 года предусматривалось разбуривание участков месторождений системой горизонтальных скважин: лучевой, рядной, двухрядной, а также одиночными ГС.



Фиг. 3. Динамика добычи нефти, жидкости и фонда скважин Сугмутского месторождения

Сл. 3. Динамика произведне нефти Сугмутского лежишта

Максимальный уровень добычи нефти был достигнут в 2004 году и составил 9,6 млн.т., (рис.3), добыча нефти за 2009 год – около 3,5 млн.т. Средняя обводненость в 2009 году составила около 82%.

На 01.01.2010г. действующий фонд ГС на месторождении составляет 42 скважины, при общем фонде добывающих скважин 380. Средние дебиты ГС за весь период эксплуатации составляют: по нефти – 238 т/сут; по жидкости – 390 т/сут.

Текущий средний дебит по ГС составляет около 45,9 т/сут, что почти в 2 раза больше среднего дебита по месторождению. Наиболее удачные скважины имели начальный дебит более тысячи тонн нефти в сутки. Накопленная добыча нефти за счет применения ГС на Сугмутском месторождении на 01.01.2010 г. более 23 млн.т.

Однако на текущий момент именно обводнение

ГС является основной причиной снижения добычи нефти. Регулирование разработки по данным участкам, особенно где пробурены скважины с большой протяженностью горизонтального участка ствола, затруднительно. Поэтому остро встает вопрос о поиске высокоэффективных технологий РИР для горизонтальных скважин.

Приоритетом для дальнейшей разработки месторождения является восточный район. В настоящее время за счет увеличения объема нефтенасыщенных пород и корректировке границы в восточной части месторождения увеличение запасов нефти составляет около 2 млн.т. нефти.

Рассмотренные выше результаты мероприятий по оптимизации разработки направлены на повышение эффективности управления запасами и максимизацию коэффициента извлечения нефти сложнопостроенных месторождений.



## Современная тектоническая модель Восточно-Черноморского региона

Нови тектонски модел региона Источног Црног Мора

АЛЕКСАНДР ОБУХОВ<sup>1</sup> и ИРИНА ИСТОМИНА<sup>2</sup>

**Abstract.** A new tectonic interpretation is presented for the northern edge of Thetis. Gravitational geodynamics is a new method of tectonic interpretation of sedimentary basin evolution based on prevailing regional stretching in the history of their development. Influenced by the gravity of the upper part of the earth shell, sedimentary basins and separate rock formations inside of them migrate along the rheological seals accompanied with lots of fluid movements into adjacent rift troughs. During all its history, preexistent Thetis continental slope was the area of stripping and creeping depositional sequences. Deep water basins of the Black Sea formed as a result of breaks in the earth crust. Probably there Cenozoic depositions are not overlaying Cretaceous Jurassic and older strata but occur immediately on the Eocene volcanic basement. Coastal ridges are formed as a result of isostatic uplift of tectonically denudated bands of pre-Oligocene competent rock after stripping Oligocene-Miocene mantle with simultaneous overturning along the listric faults. The major structure in the West Caucasus is sublatitudinal (west-north-west) system of listric faults. Such interpretation significantly improves the petroleum potential for the entire northern edge area of Alpine-Himalayan rift belt. There, under the upper infolded strata, gently sloping structures are developed, predominantly of carbonate pre-low-Cretaceous age. A similar model can be applied also to the northern Mediterranean part of Thetis, that is why large deep hydrocarbon fields can be discovered there, under the folded upper mantle.

**Key Words:** Gravitational Geodynamics, Tectonics, Rifts, Strip, Petroleum Potential, North-West Caucasus.

**Апстракт.** Представљена је нова тектонска интерпретација северног руба Тетиса. Гравитациона геодинамика представља нови метод тектонске интерпретације еволуције седиментног басена на основу преовлађујућег регионалног истезања током геолошке историје. Под утицајем гравитације горњих делова земљиног омотача, седиментни басени и одвојене стенске формације унутар њих мигрирају дуж реолошких спојева удружених са мноштвом покрета флуида у суседне рифтне трогове. Током читаве своје историје, некадашња тетиска континентална падина била је област ерозије и померања депозиционих секвенци. Дубоки водени басени Црног мора формиран су као резултат разламања у земљиној кори. Ту кенозојски седименти не леже преко кредних, јурских и старијих слојева већ се јављају директно на еоценској вулканској основи. Обалски гребени су формиран као резултат изостатичког издизања тектонски денудованих трака преолигоценских стена после ерозије олиго-миоценског омотача са симултаном превртањем дуж листричних раседа. Главна структура у Западном Кавказу је субекваторијални систем листричних раседа. Таква интерпретација значајно поправља нафтни потенцијал за читав северни руб Алпско-хималајског рифтног појаса. Тамо, испод горњих, набраних, слојева, развијене су структуре благог пада, углавном састављене од карбоната предоњокредне старости. Сличан модел се такође може применити на северне делове медитеранског дела Тетиса, и зато се ту могу открити велика лежишта угљоводоника, испод убраног горњег омотача.

**Кључне речи:** гравитациона геодинамика, тектоника, рифтови, нафтни потенцијал, Северозападни Кавказ.

<sup>1</sup> Gazprom Neft Oil Company, Moscow, Russia. E-mail: Obukhov.AN@gazprom-neft.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Istomina.IV@gazpromneft-ntc.ru

## Введение

Вдоль всей северной окраины Альпийско-Гималайского орогенного пояса прослеживается важнейшая геотектоническая граница Евразии – древний континентальный склон Тетиса. Особенно ясно проследить этот склон можно с конца мелазоцена, когда на северной окраине Тетиса формировались крупные флишоподобные осадочные линзы. Это Карпаты, Аджаро-Триалетия, Загрос, Афгано-Гималайский флиш. Кромка континентального склона, вдоль которой располагаются осадочные тела флиша, является весьма перспективным объектом для поисков нефти и газа, поскольку она сложена шельфовыми карбонатами, которые в своей последующей истории неоднократно выводились на поверхность и подвергались карстовому выщелачиванию и размыву (формирование коллекторских горизонтов). В современном структурном плане зона представляет собой преимущественно горно-складчатое сооружение, однако его складчатость обусловлена гравитационными срывами верхних формаций, а

нижние структурные этажи имеют пологую тектонику растяжения. Поэтому, там, где древний континентальный склон Тетиса перекрыт глинистыми и/или соленосными формациями (покрышками), он может содержать гигантские скопления нефти и газа, в том числе и в крупных юрско-меловых олигосторонах. Таким образом, существует возможность открытия новых месторождений углеводородов на северном побережье Средиземного моря и на его северной акватории.

## Новая тектоническая модель

Конкретное исследование истории развития и геодинамики этой интереснейшей структуры Евразии сейчас вполне подготовлено масштабными сейсмическими работами в этом регионе. Геодинамические исследования лишь тогда могут быть вполне достоверными, когда они опираются на площадные сейсмические данные, покрывающие изучаемый регион таким образом, чтобы в поле анализа попадал весь деформируемый геоблок. Грави-

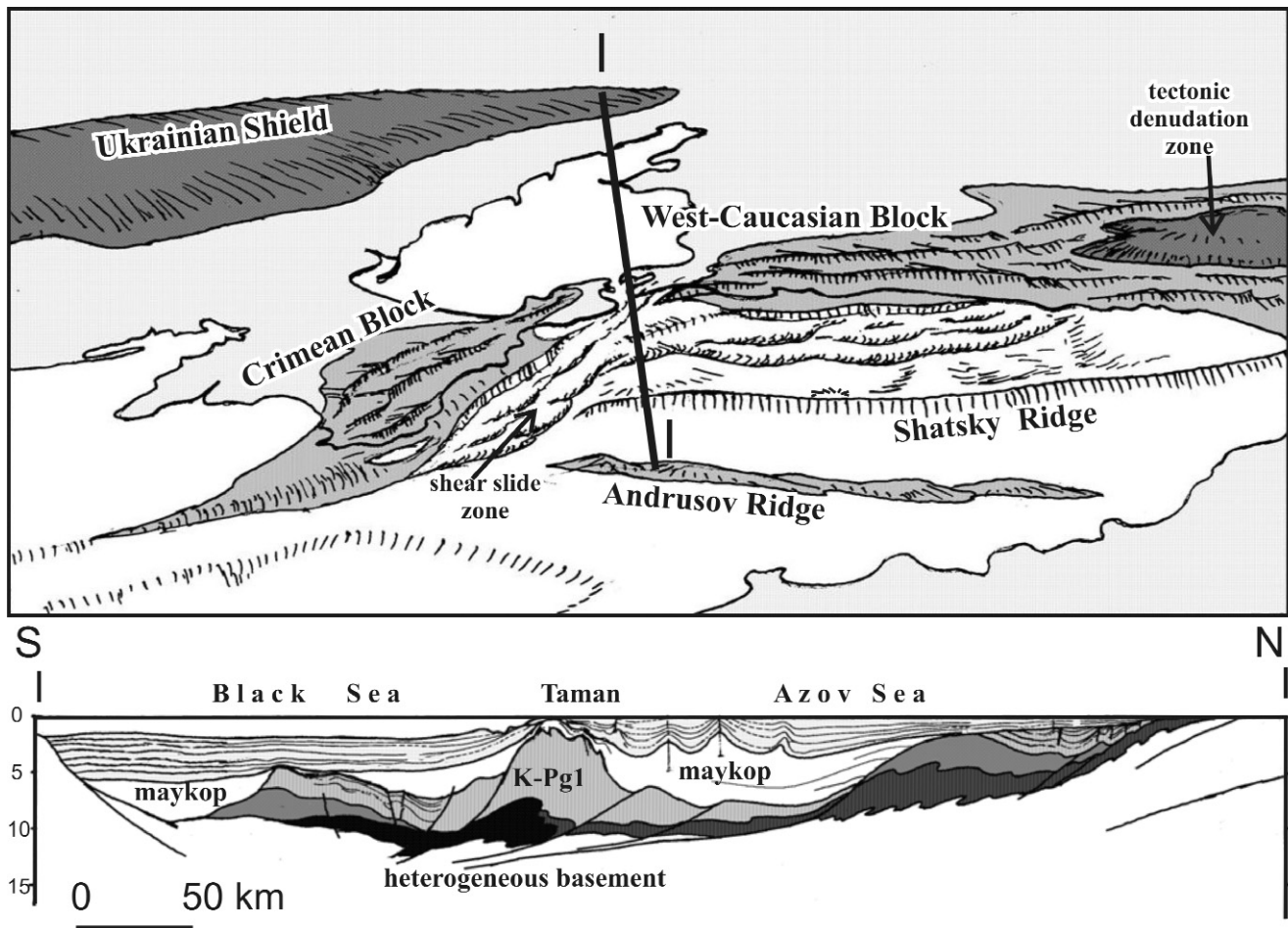


Рис. 1. Гравитационно-геодинамическая модель Азово-Черноморского региона.  
Сл. 1. Гравитационно геодинамически модел Азовско-црноморског региона.



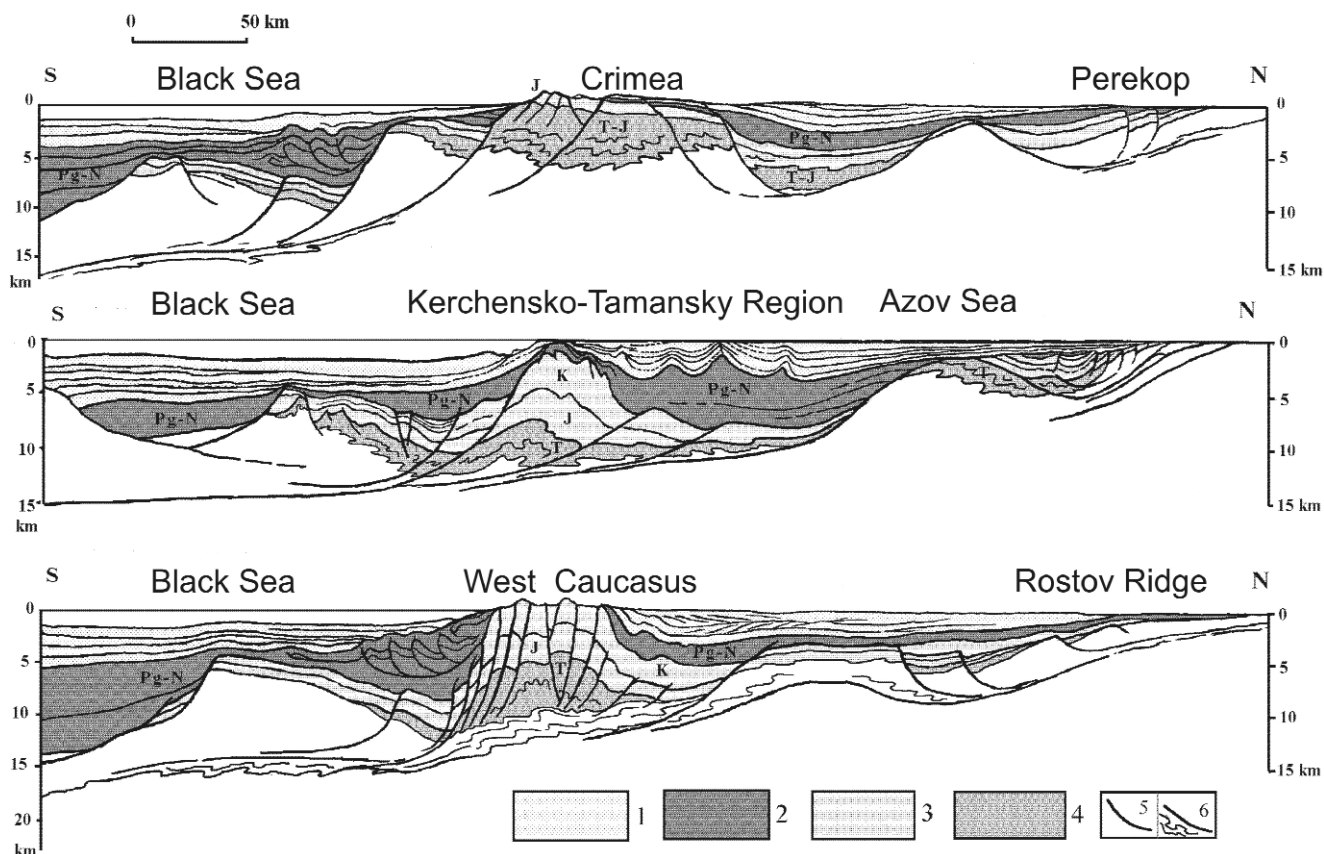


Рис. 2. Сейсмогеологический профиль Дообская пл. – вал Шатского.  
 Сл. 2. Сейсмогеологический профиль: Добска пл. – Шатски гр.

тационная геодинамика - ОБУХОВ (1997) представляет новый способ тектонической интерпретации эволюции осадочных бассейнов, основанный на преобладании регионального растяжения в их истории развития. Под воздействием гравитации пластины верхней части земной коры, осадочные бассейны и отдельные формации внутри них перемещаются по реологическим экранам с активным участием флюидодинамики в прилегающие рифтовые понижения. Планетарные зоны спрединга развиты не только в океанах, но и на преобладающих площадях континентов. Даже горные системы изначально порождены растяжением. Типичная горная система представляет собой чередование узких хребтов и глубоких впадин – то есть, прежде всего, это зона растяжения (Рис. 1, 2), представленная системой удлиненных наклонных блоков, подвернутых листрическими сбросами. Таков, например, Западный Кавказ. Отметим, что Индоло-Кубанский и Черноморский осадочные бассейны вокруг этого орогена хорошо изучены современной сейсморазведкой - ТУГОЛЕСОВ и др. (1985), РОБИНСОН А.Г., ед. (1990), вся геодинамика региона буквально записана в их чехле. По результатам проведенного сейсмогеологического анализа основная структура Западного Кавказа – субширо-

тая система листрических сбросов с юг-юго-западным падением, рассеченная поперечными сбросо-сдвигами. Горная зона Западного Кавказа представляет собой древний континентальный склон и обширную тектонически денудированную зону, на которой происходил гравитационный срыв неогенового чехла вследствие сползания, что хорошо видно по профилям через Туапсинский прогиб (Рис. 1, 2, 3).

Наблюдаемая складчатость мел-эоценового флишоидного комплекса образовалась вследствие его гравитационного срыва (по типу аллохтонных складок Туапсинского прогиба) в майкопское время с южного склона Восточно-Европейской платформы.

В целом осадочные бассейны направленно перемещаются по поверхности планеты. Особенно наглядно мегаклиноформное (вследствие миграции депоцентров) строение осадочных бассейнов наблюдается на континентальных окраинах, и здесь столь же отчетливо проявляется инверсия бассейнов и их разрыв на склоновых поднятиях. Вследствие этого наиболее яркие примеры гравитационно-геодинамических явлений можно наблюдать на рассматриваемой континентальной окраине Тетиса. Причем, кроме направленной миграции

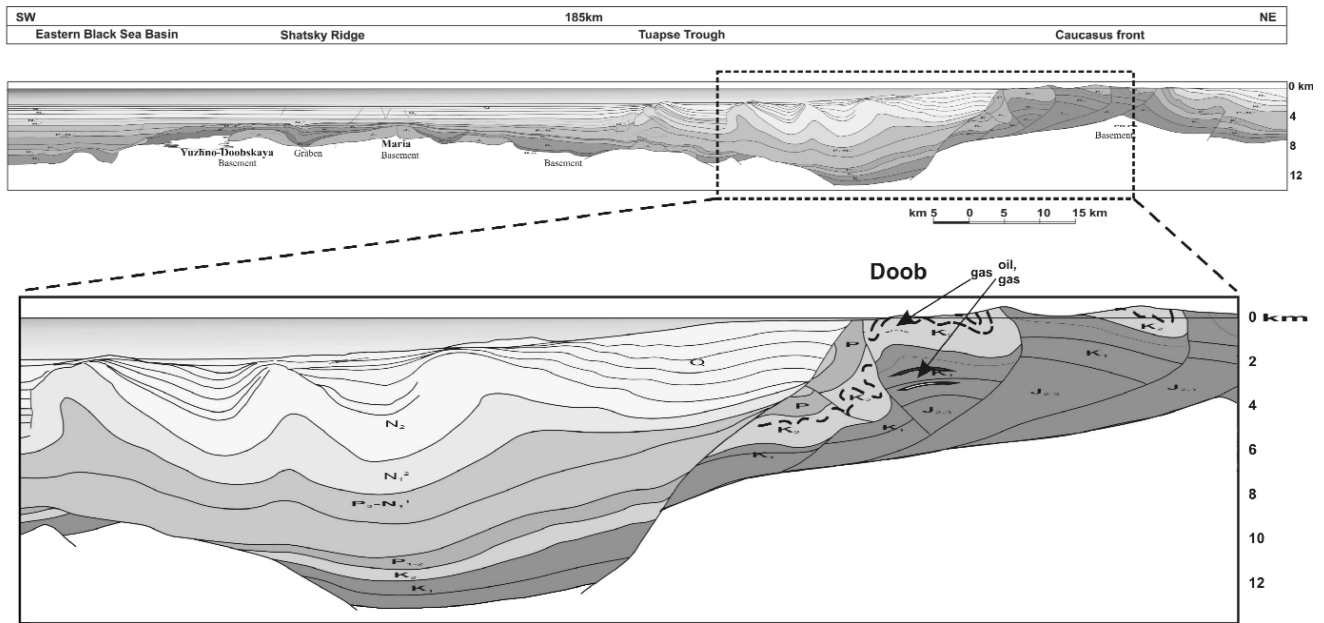


Рис. 3. Геологические разрезы через Азово-Черноморский регион (с использованием данных ВМНПО “Союзморгео”). Легенда: 1-4. осадочные комплексы: 1. надмайкопский кайнозойский, 2. майкопский, 3. юрско-мел-эоценовый, 4. триасовый; 5. листрические сбросы; 6. зоны срыва и течения пород.

Сл. 3. Геологические профили через Азовско-черноморский регион (с данными ВМНПО “Союзморгео”). Легенда: 1-4. седиментные комплексы: 1. кенозойские, 2. майкопские, 3. юрско-кредно-эоценовые, 4. триасовые; 5. раседи; 6. зоне раседа и течења слојева.

структурно-формационных комплексов в сторону моря, столь же явно наблюдается латеральная миграция крупных осадочных тел вдоль континентального склона – от инверсированного юрско-мелового карбонатного бассейна Туркмении через Южно-Каспийский олигоцен-четвертичный, Восточно-Кавказский юрский дельтовый, Западно-Кавказский верхнемеловой-эоценовый флишевый, Крымский триас-юрский флишевый, Карпатский верхнемеловой-эоценовый флишевый. Эти осадочные тела определяют тектонический и формационный тип региона, который они занимают. Гравитационная неустойчивость флишеидных тел определяет развитие срывов, надвигов, но все они происходят на фоне общего растяжения и потому под складчатым чехлом могут находиться слабдеформированные толщи формаций шельфового происхождения.

### Некоторые итоги изучения Восточно-Черноморского региона

В целом северо-восток Черноморского региона является частью одного из крупнейших осадочных бассейнов Альпийско-Гималайского подвижного пояса - Черноморского. Последний в свою очередь сочленяется с Закавказским и Южно-Каспийским нефтегазоносными кайнозойскими бассейнами,

являющимися задуговыми прогибами в тылу мел-эоценового окраинно-континентального вулканического пояса. В Черноморском бассейне пока не открыты крупные месторождения углеводородов, что явно не соответствует его значительным размерам и потенциальным возможностям.

В 2001-2009 гг. российские компании провели масштабные геологоразведочные работы на глубоководной акватории северо-востока Черного моря. Были проведены сейсмические работы 2Д и 3Д (более 10 тыс. пог.км и 4,5 тыс км<sup>2</sup>), проведены магнитометрические, геохимические, инженерно-геологические исследования и полевые геологические исследования на прилегающей суше - АФАНАСЕНКОВ и др. (2007). Проведенные сейсмические работы в пределах западного погружения Кавказа (2007-2009г.г.) показали наличие двух структурных этажей: верхнего – мелового, наиболее дислоцированного, и нижнего – триас-юрского?, с более пологим залеганием комплексов отложений.

Весьма интересна гравитационно-геодинамическая эволюция Азово-Черноморского сегмента рассматриваемого континентального склона. Хорошая сейсмическая изученность позволяет проследить все детали деформаций осадочных бассейнов в этом регионе. В пермо-триасе-лейасе здесь располагались флишеидные бассейны континентальной окраины, которые традиционно для этих геологически неустойчивых толщ срывались в

сторону океана, и на континентальном склоне формировались обширные изостатически всплывающие выступы основания, в том числе и граничные. В юрское время эта всплывшая окраина континента в районе вала Шатского стала мелководным шельфом, на котором стала образовываться карбонатная платформа с краевыми рифами. В мелу начался рифтовый раскол шельфа. Карбонатные пластины разрывались, отодвигались друг от друга, подвергались листрическими разломами, образовывая субширотные цепи островов (подобно Адриатическим). На этом подвижном основании продолжался развиваться мелководный шельф. Но в позднем мелу-эоцене образовался глубоководный палео-Черноморский (как часть Тетиса) бассейн на континентальном склоне которого формировался терригенно-карбонатный флиш.

Осадочный чехол Азово-Черноморского региона подразделяется на пять структурно-формационных комплексов: фундамент гетерогенный (докембрий, палеозой, вулканогенный юрско-эоценовый); триас-нижнеюрский окраинно-континентальный флишевый; среднеюрский вулканогенный; верхне-юрско-эоценовый шельфовый платформенный; олигоцен-миоценовый устойчивого некомпенсированного погружения; плиоцен-четвертичный резкого погружения (обрушения) и орогенеза, вызванного гравитационно-геодинамическими процессами. Осадочный чехол практически всюду имеет с фундаментом тектонический контакт. Триас-нижнеюрский флишевый комплекс образовался на активной окраине Тетиса. Юрско-эоценовый шельфовый комплекс уже в большей мере характеризует условия пассивной окраины. Оligocen-миоценовый майкопский глинистый комплекс отложений формировался в некомпенсированном бассейне в условиях углубленного шельфа с многочисленными проградирующими авандельтами или продвинутыми в море дельтами. Основной чертой комплекса является его сорванность с основания, дисгармоничность, нарушенность взбросо-надвигами и связанными с ними глинистыми диапирами. Плиоцен-четвертичный комплекс образовывался в условиях резкого почти катастрофического погружения дна Черного моря на его современные глубины.

Структурный каркас Азово-Черноморского региона образован тремя крупными квестообразными мезозойскими блоками (Рис.1): Крымский пологий, представленный обширным однокрыльевым мегантиклинорием, а точнее подвернутым блоком, с которого гравитационно сорван и перемещен в прогиб Сорокина весь кайнозойский чехол; Западно-Кавказский ступенчатый, представляющий собой систему узких круто наклоненных к северо-востоку подвернутых блоков, с которых также гравитационно был удален олигоцен-нео-

геновый чехол, ныне слагающий аллохтонный комплекс Туапсинского прогиба. Блок вала Шатского пологий глубоководный, являющийся также квестовой моноклиалью, наклоненной к северо-востоку.

Значительные перспективы нефтегазоносности северо-восточной части Черного моря обосновываются развитием мощных зрелых нефтематеринских олигоцен-миоценовых толщ, а также обширных дельт палеорек (Дона, Кубани и др.) с многочисленными русловыми ловушками, увеличением размеров структурных ловушек в удаленных от берега зонах.

В целом континентально-склоновый участок северо-восточного шельфа Черного моря весьма сходен с тектонически аналогичными бассейнами континентальных глубоководных окраин Африки - дельта Конго (шельфы Анголы, Габона) и Южной Америки (Бразилия, бассейн Кампос и др.). Близки и их литолого-формационные характеристики.

## Выводы

Таким образом, в северо-восточной части Черного моря выделяются следующие нефтегазоносные комплексы: юрско-эоценовый карбонатно-терригенный с крупными (связанными с зонами трещиноватости, эрозионными останцами и рифами) ловушками в районе структуры Палласа и на континентальном склоне); олигоцен-миоценовый преимущественно глинистый с линзовидными структурно-литологическими ловушками на Таманском шельфе и континентальном склоне и его подножии, а также в Гурийском прогибе; миоцен-плиоценовый дельтовый и авандельтовый с литологическими (русловыми) и структурно-литологическими ловушками на шельфе, континентальном склоне и его подножии.

Основной стиль геодинамики северо-восточной части Черного моря - региональное растяжение с листрическими сбросами, падающими в сторону глубоководных котловин. В свою очередь кайнозойский структурный этаж гравитационно сорван с основания и образует южное направление гидродинамического стресса (миграционного потока), заканчивающееся в районе вала Шатского. Гравитационно-геодинамическая интерпретация существенно увеличивает перспективы нефтегазоносности всей северной бортовой зоны Альпийско-Гималайского рифтового пояса. Здесь под верхними складчатыми формациями могут быть обнаружены пологие структуры преимущественно карбонатного рифтового доэоценового комплекса. Поэтому в северной Средиземноморской части Тетиса, под складчатым верхним чехлом могут быть открыты крупные месторождения углеводородов в глубоких горизонтах.

## Список литературы

- АФАНАСЕНКОВ А.П., НИКИШИН А.М., ОБУХОВ А.Н. 2007. Геологическое строение и углеводородный потенциал Восточно-Черноморского региона. 172 с., Научный мир, Москва.
- ТУГОЛЕСОВ Д.А., ГОРШКОВ А.С., МЕЙСНЕР Л.Б., СОЛОВЬЕВ В.В., ХАХАЛЕВ Е.М. 1985. Тектоника мезокайнозойских отложений Черноморской впадины. 215 с., Недра, Москва.
- ОБУХОВ А.Н. 1997. Гравитационная геодинамика нефтегазоносных бассейнов подвижных зон земной коры. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени докт. геол.-мин. наук, 52 с., ИГиРГИ, Москва.
- ROBINSON A.G. I DR. 1990. Regional and petroleum geology of the Black Sea and surrounding region. 320 s., *AAPG Memoir*, 68.

## Сейсмогеологическое моделирование сложнопостроенных объектов Южно-приобского месторождения

### Сеизмичко и геолошко моделирање комплексних перспективних подручја Јужно-приобског лежишта

ВИКТОРИЈА ОВЕЧКИНА<sup>1</sup>, ПАВЕЛ ГЕРАСИМЕНКО<sup>2</sup> и АНДРЕЈ БАРЫШНИКОВ<sup>3</sup>

**Abstract.** Yuzhno-Priobskoye field belongs to a large petroleum zone of submeridional trending. One of the peculiar features of this region is oil accumulations in silty-sandrock lenses of various extension. Within the study area, such traps are associated with  $\text{Å}10$  and  $\text{Å}12$  layers which are confined lithologically, as well as by the structure of clinoform bodies. Drilling revealed significant facies variations in the formation, complex traps and claying. In order to understand the behavior of numerous geological factors in the interwell space, 3D seismic data was used.

Monitoring of the development drilling in one of the zones of Yuzhno-Priobskoye field, presently subject to intensive development, revealed an area of land-slide dislocation against the classic clinoform structure, affecting the area of the development of  $\text{Å}10_2$  and  $\text{Å}11$  layers. Upward the section, in the area of the development of  $\text{Å}10_0$  layer, a series of alluvial cones can be observed and clearly mapped. Detailed study of the identified morphological features of the geological structure of this field area via integrated interpretation of the seismic and drilling data ensure more accurate forecast of the effective thickness of reservoir beds, which helps reduce development drilling risks in this zone.

**Key words:** landslides, reservoir, clinoform structure, deposit.

**Апстракт.** Јужно-Приобско поље припада великој нафтној зони субмеридијанског правца. Једна од посебних особина овог региона су акумулације нафте у алевритско-песковитим сочивима различитих димензија. Унутар проучаваног подручја, такве замке се налазе заједно са  $\text{AC}_{10}$  и  $\text{AC}_{12}$  слојевима који су ограничени литолошким променама, као и структуром тела облика клиноформи. Бушењем су откривене значајне фазијалне разлике у формацији, комплексне замке и заглињење. Да би се разумело понашање бројних геолошких фактора у подручју између бушотина, употребљени су подаци 3Д сеизмике.

Контролисањем разрадног бушења у једној од зона поља Јужно-Приобскоје, које је данас предмет интензивне разраде, откривено је подручје дислокације клижења насупрот класичне структуре клиноформе, што утиче на разраду слојева  $\text{AC}_{10_2}$  и  $\text{AC}_{11}$  на том подручју. У вишем делу серије, на подручју разраде слоја  $\text{AC}_{10_0}$ , може се опазити и јасно картирати серија алувијалних купа. Детаљно проучавање уочених морфолошких особина геолошке структуре подручја поља на основу интерпретације података добијених сеизмиком и бушењем обезбеђује много тачније предвиђање ефективне дебљине резервоар слојева, што утиче на смањивање ризика разрадног бушења у тој зони.

**Кључне речи:** клижења, резервоар, структура клиноформе, лежиште.

Южно –Приобское - одно из месторождений Западной Сибири, которое еще долго будет предметом дискуссий Иньшкина (2008)

Представления о геологическом строении неокомского комплекса Западной Сибири серьезно

менялись с конца 50-х годов 20-го века (горизонтально-слоистая модель) до сегодняшнего дня (клиноформное строение). Большой объем новых данных, появляющийся в связи с активной разработкой месторождения свидетельствует о том, что

<sup>1</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Ovechkina.VU@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Gerasimenko.PN@gazpromneft-ntc.ru

<sup>3</sup> JSC«Gazpromneft-KhantosLLÑ»Khanti- Mansiys,Russia.E-mail:Baryshnikov.AV@hantos.gazprom-neft.ru

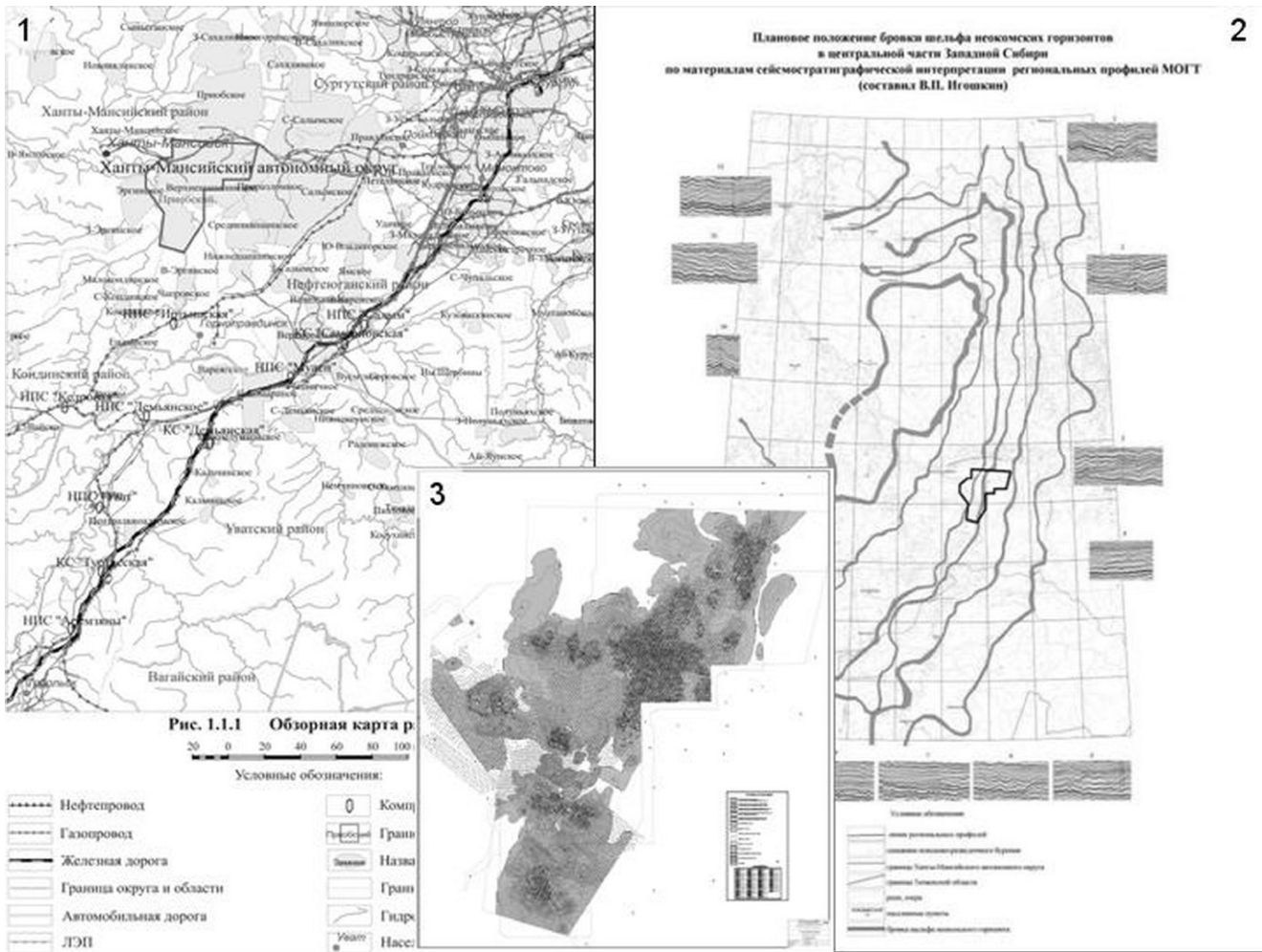


Рис.1. Южно-Приобское месторождение: 1- Обзорная карта работ; 2 - Плановое положение бровки шельфа неокомских горизонтов; 3 - Карта суммарных эффективных нефтенасыщенных толщин.

Сл. 1. Южно-приобско лежиште: 1- прегледна карта; 2 – положая ивице шелфа неокомских хоризоната; 3 - Карта укупних ефективних дебљина нафтоносника.

все многообразие геологических явлений и их взаимоотношения еще далеко не изучены.

Для детального геологического моделирования месторождения и его дальнейшей успешной разработки необходимы сведения о распределении свойств пластов-коллекторов в межскважинном пространстве. Эту задачу помогает решить пространственная сейсморазведка 3Д. На основе сейсмических данных применяют несколько методик. Одними из самых распространенных являются статистический анализ сейсмических атрибутов, сеймофациальный анализ, инверсия и АВО анализ.

Методики атрибутного анализа основаны на наличии значимых связей между распределением сейсмического атрибута в интервале пласта и характеристик этого пласта в точках пробуренных скважин. Это не всегда представляется возможным в связи с недоизученным поведением пластов-коллекторов (по местоположению, форме и составу).

Только комплексный анализ всех имеющихся данных (данные ГИС, сейсмические исследования, анализ керн, анализ литофациальной обстановки) позволяет приблизиться к пониманию геологического строения и вещественного состава пород, слагающих коллекторы нефтяных залежей месторождения.

Одним из подходов (и достаточно успешным) для решения ранее описанных задач является интерпретация сейсморазведочных данных с использованием новейших возможностей программных продуктов.

Тщательный подход при привязке отражающих горизонтов к стратиграфическим границам, коррелиция изохронных поверхностей с учетом возможных геологических событий, корректное определение интервалов развития пласта позволяет достаточно достоверно анализировать изменение характеристик сейсмической записи и

сопоставлять эти изменения с параметрами пластов-коллекторов в точках скважин.

Таким образом выявляются либо уточняются морфологические особенности геологических образований, гипсометрические планы поверхностей, строятся карты сейсмофаций.

Иллюстрацией к вышесказанному может служить участок Южно-Приобского месторождения в интервале объектов разработки АС 10\_0 и А 10\_2.

В процессе работ по сейсмогеологическому мониторингу эксплуатационного бурения пласта АС10\_2 были выявлены объекты, опознанные как погребенные подводные оползни.

- распределение толщин в плане носит характер узкого выноса материала типа «утюг» и отличается от веерного расширения «конусов выноса».

Для повышения точности прогнозных карт помимо новых данных бурения на Южно-Приобском участке при сейсмической переинтерпретации применялись различные математические процедуры выявления поведения пласта-коллектора. Успешным оказалось использование карт классификаций куба акустических импедансов (пакеты Вангуард, Стратимагиз компании Парадигм.

Стоит отметить простой, но эффективный поисковый критерий - ДТ (временные толщины)

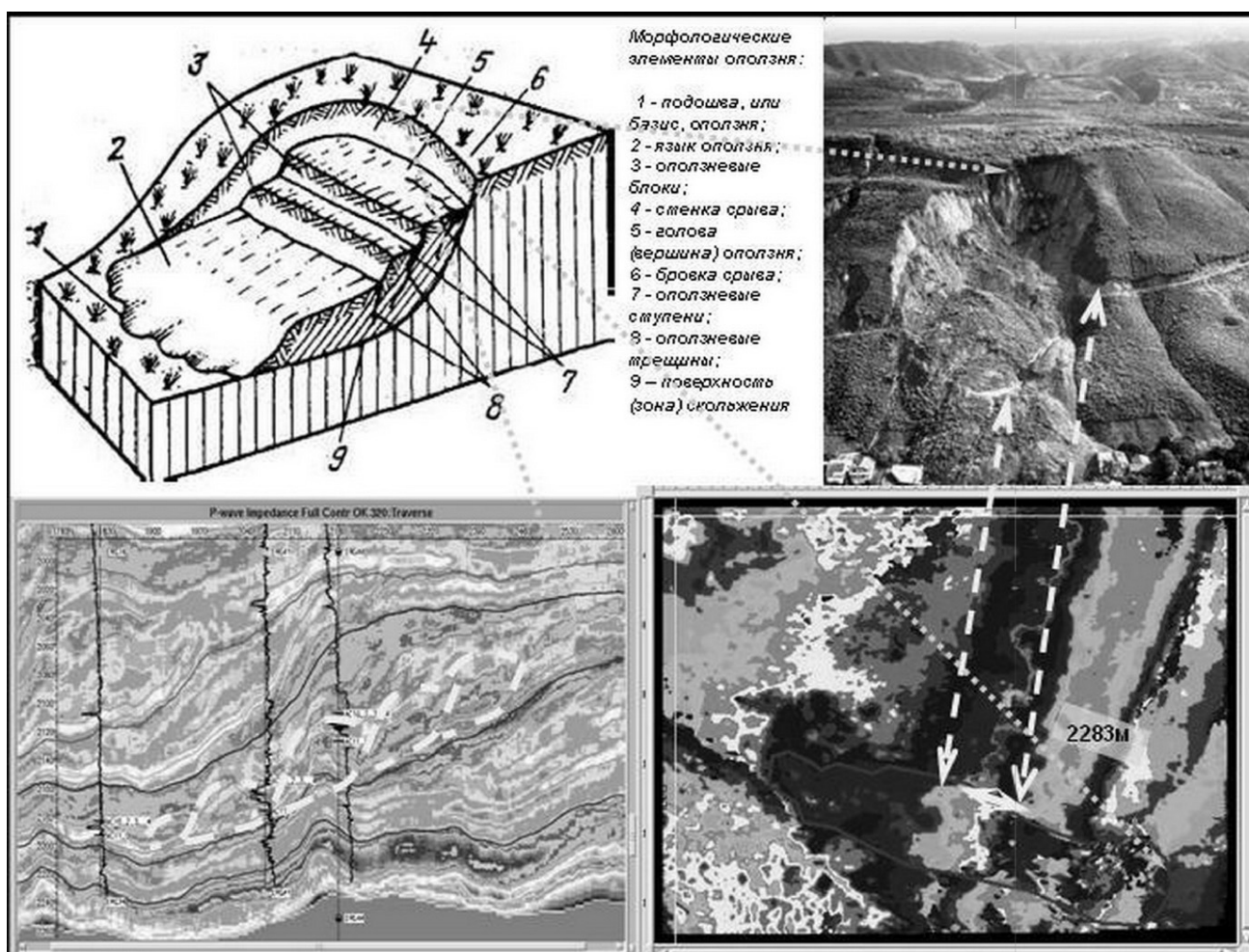


Рис.2. Морфологические элементы оползня.

Сл. 2. Морфолошкии элементы одрона.

К такому заключению подтолкнули следующие данные:

- толщины пласта в скважинах, пробуренных в рамках априорной модели не соответствуют прогнозным величинам;

- толщины в скважинах, расположенных близко друг от друга, отличаются существенно, вплоть до полного исчезновения на небольших расстояниях;

между ОГ. Определенный рисунок увеличения ДТ (выступающий клин в сторону падения клиноформы) указывает на возможность обнаружения оползневого тела. Олейник Е.В. Плавник Г.И. (2007)

Сложный палеорельеф изучаемых поверхностей подчеркивается геометрическими атрибутами (карта углов-наклонов ДИП)



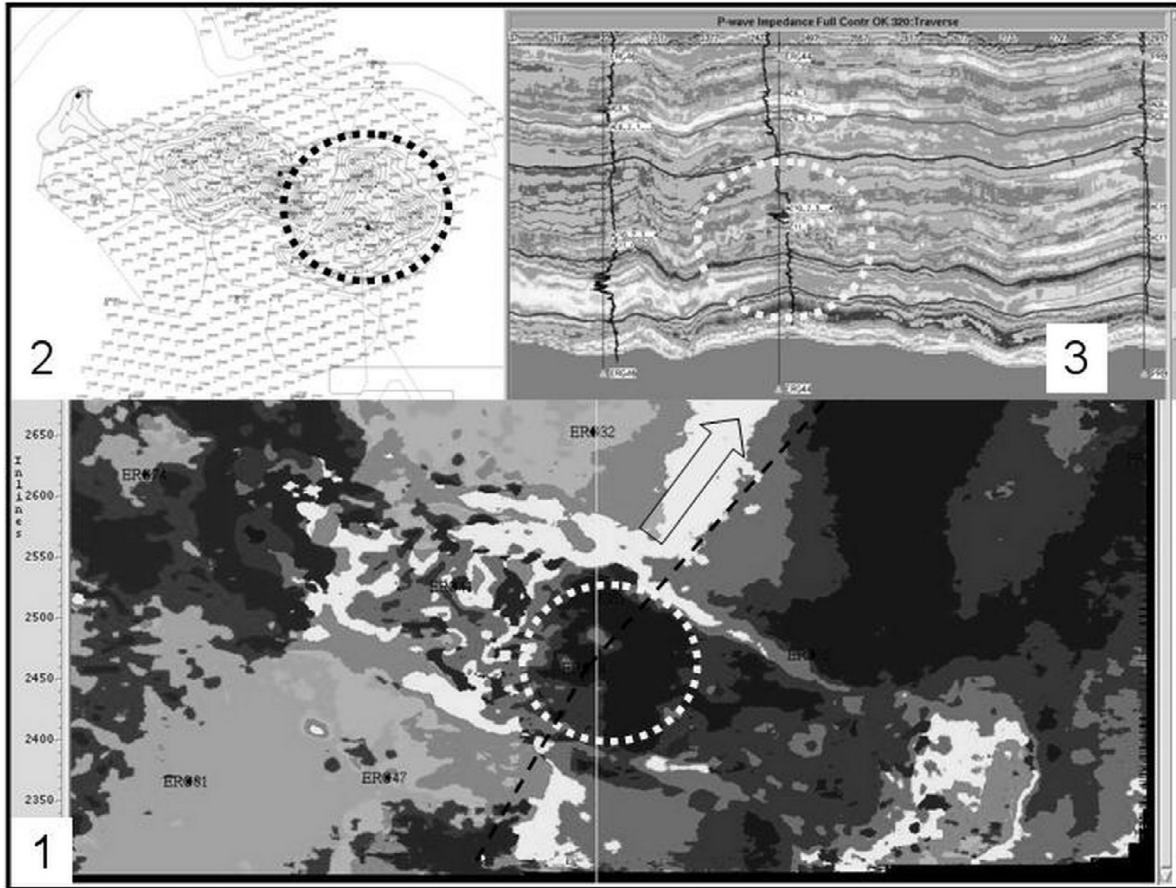


Рис.3. Карта классификаций сейсмофаций (1), карта эффективных толщин уточненной модели пласта AC 10\_2 (2) и разрез куба акустических импедансов поперек оползня (3).

Сл. 3. Карта классификације сеизмофација (1), карта ефективних дебелина прецизнијег модела слоја AC 10\_2 (2) и профил акустичких импеданци преко одрона (3).

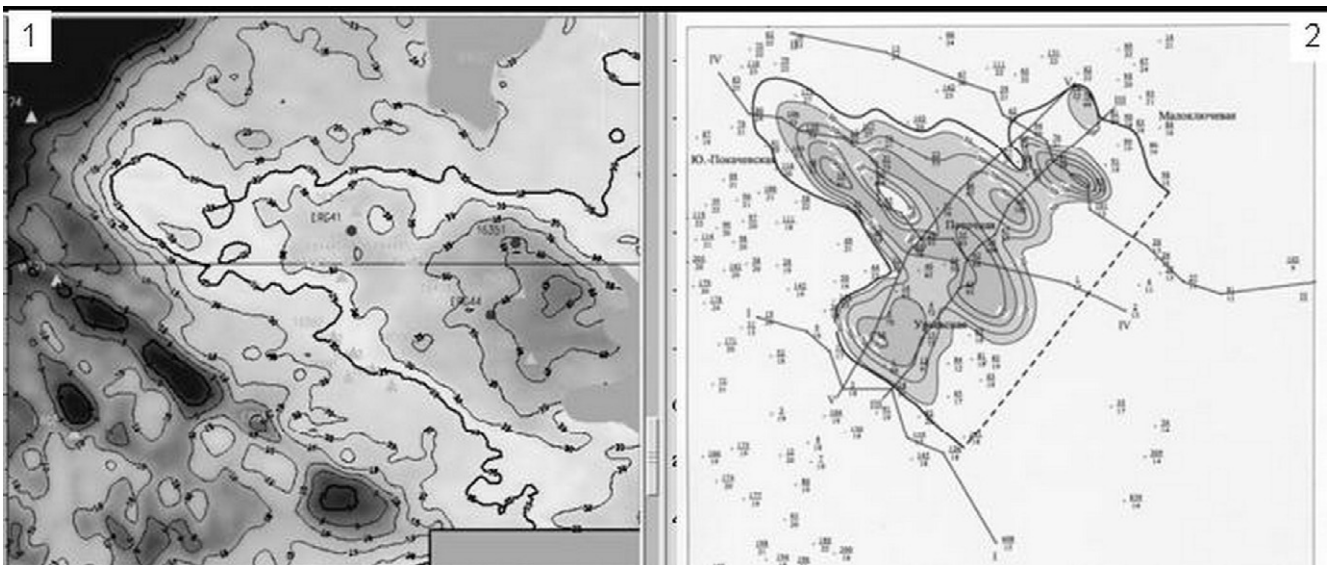


Рис.4. Карты толщин: 1- Временные толщины (ДТ) в интервале развития пласта AC 10\_2; 2- Карта толщин от кровли верхнего битуминознопроплатка до кровли георгиевской свиты.

Сл. 4. Карта дебелина: 1- Повремена задебљања (ДТ) и интервали развоја слојева AC 10\_2; 2- Карта дебелина од кровине горњег битуминозног слоја до кровине георгиевске свите.



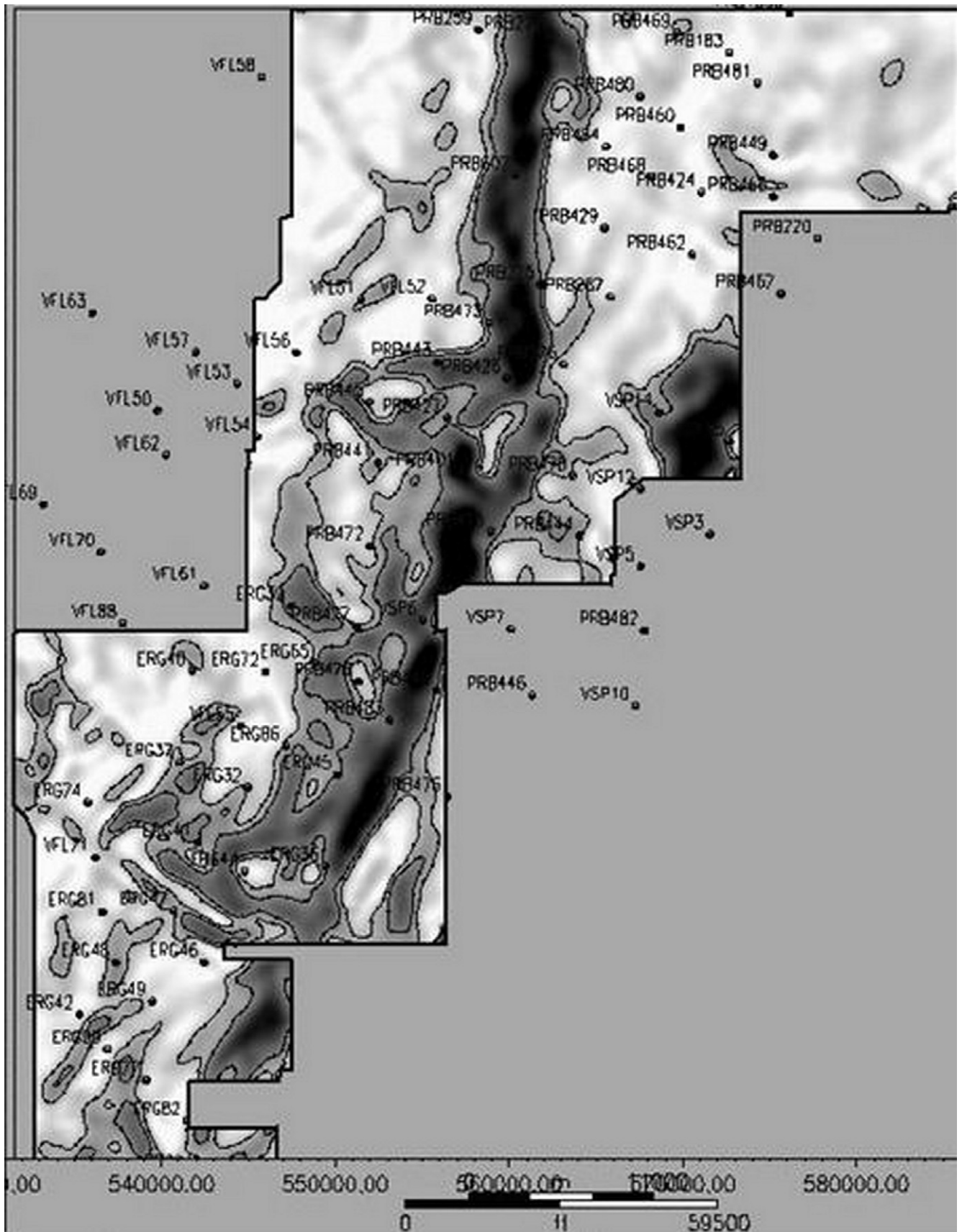


Рис.5. Карта углов наклонов по горизонту, соотносимому с кровлей пласта АС10-2.  
 Сл. 5. Карта падних углова по хоризонту, у корелацији са кровином слоја АС10-2.

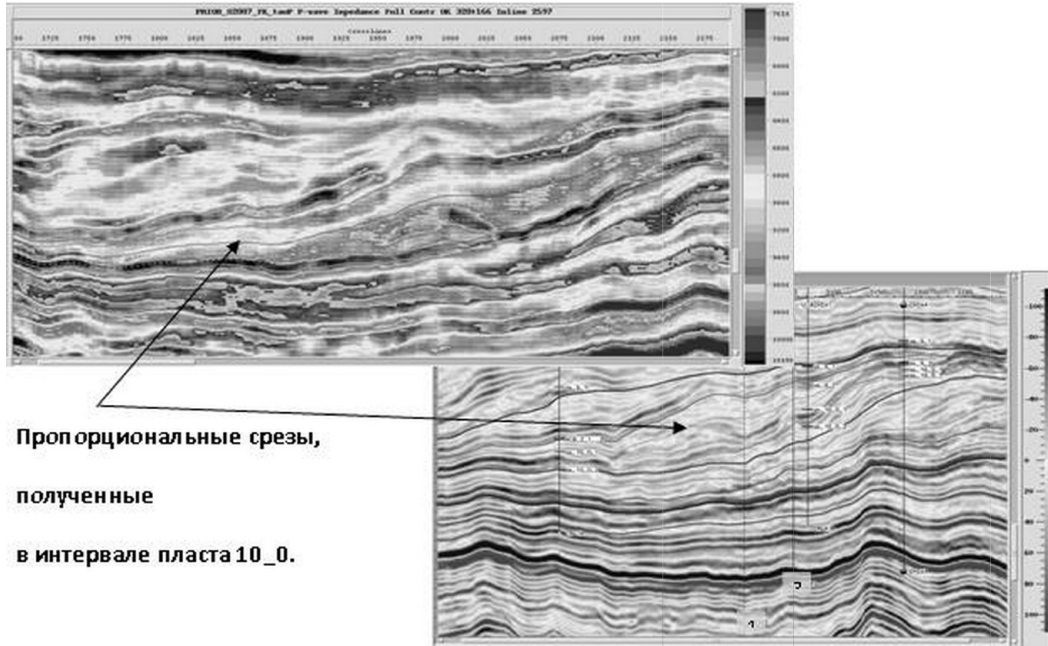


Рис.6. Вертикальные срезы: 1- Куба импедансов; 2 -Амплитудного куба.  
Сл. 6. Вертикални профил: 1- импеданце; 2 - Амплитуде.

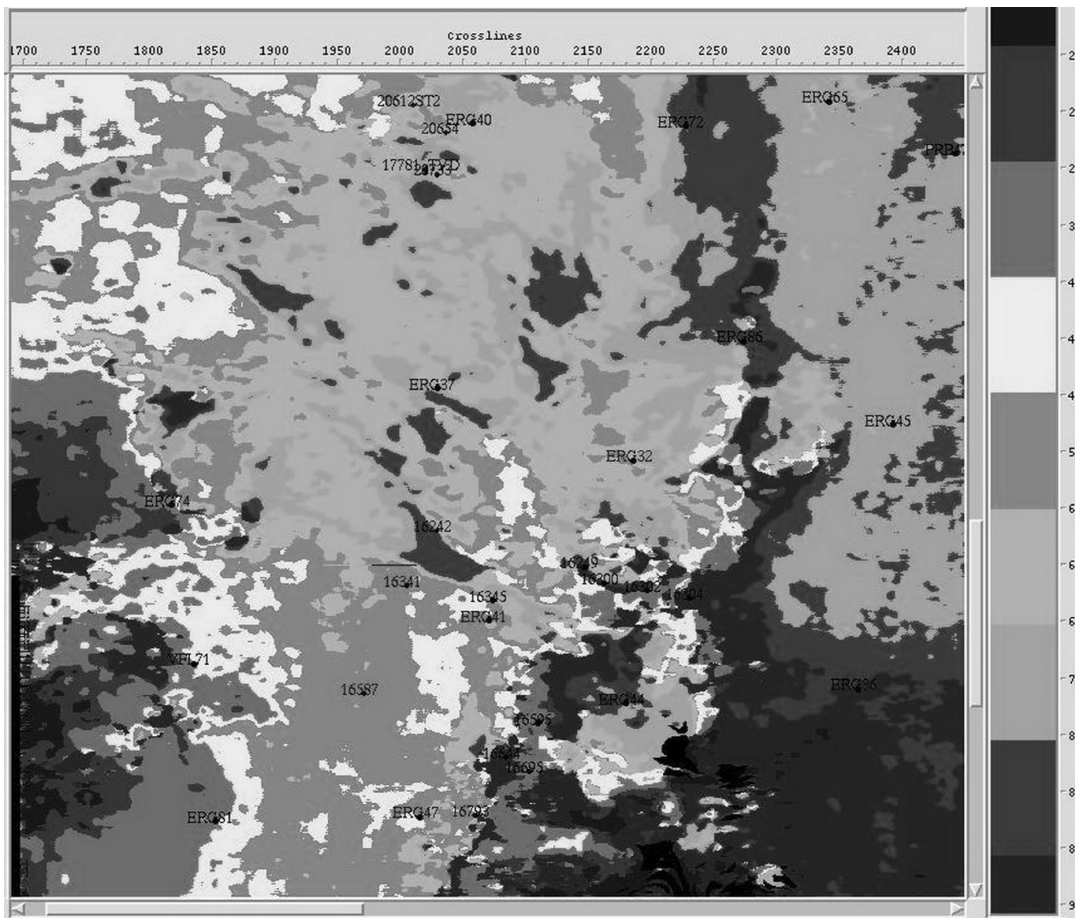


Рис.7. Карты сейсмических атрибутов: 1- Карта классификаций сейсмических фаций; 2 -Распределение амплитуд по поверхности амплитудного среза.  
Сл. 7. Карта сеизмических атрибута: 1- Карта классификације сеизмичких фација; 2 - Дистрибуција амплитуда по површини прекида.

Полученные результаты подтолкнули изменить угол зрения на строение пласта с классического клиноформного на клиноформный, осложненный оползневыми явлениями.

На основе полученных материалов была пересмотрена интерпретация пласта АС 10\_2 на всей площади и сделан вывод, что подводно-оползневые

фации являются не единичным аномальным явлением, а достаточно распространенными седиментационными образованиями. Их распространение в пределах Фроловского типа разреза отмечалось и в более ранних исследованиях МОНАСТЫРЕВА Н.А., Филиппович Ю.В. (2003)

Выше по разрезу, на этой же площади раз-

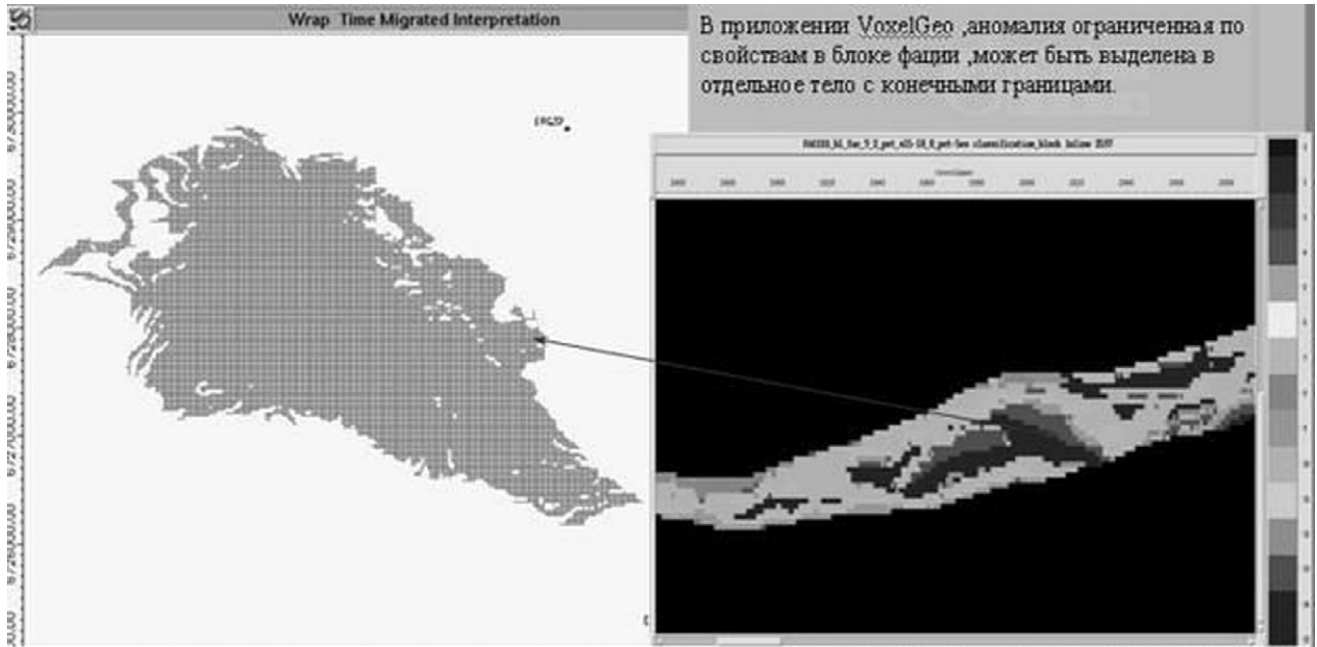


Рис.8. Блок фаций и тело конуса выноса.

Сл. 8. Блок фация и тело конуса удалявања.

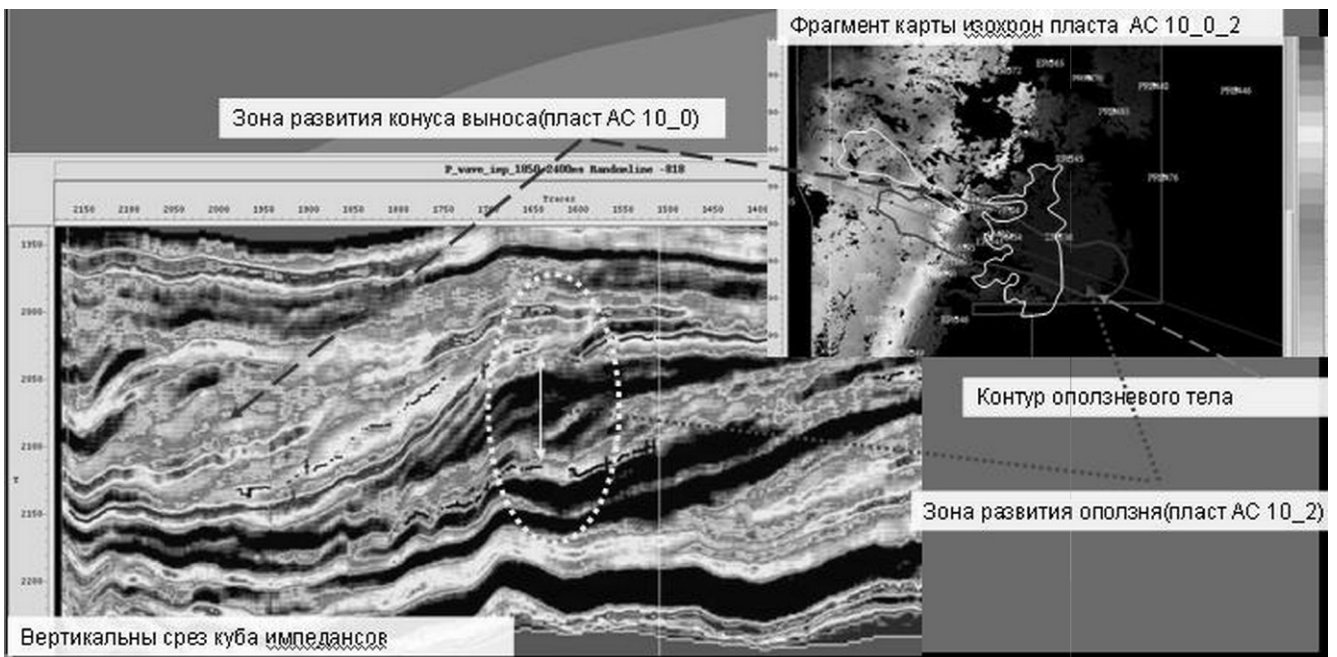


Рис.9. Объекты изучения в разное геологическое время.

Сл. 9. Объекты проучавања у различитом геолошком времену.

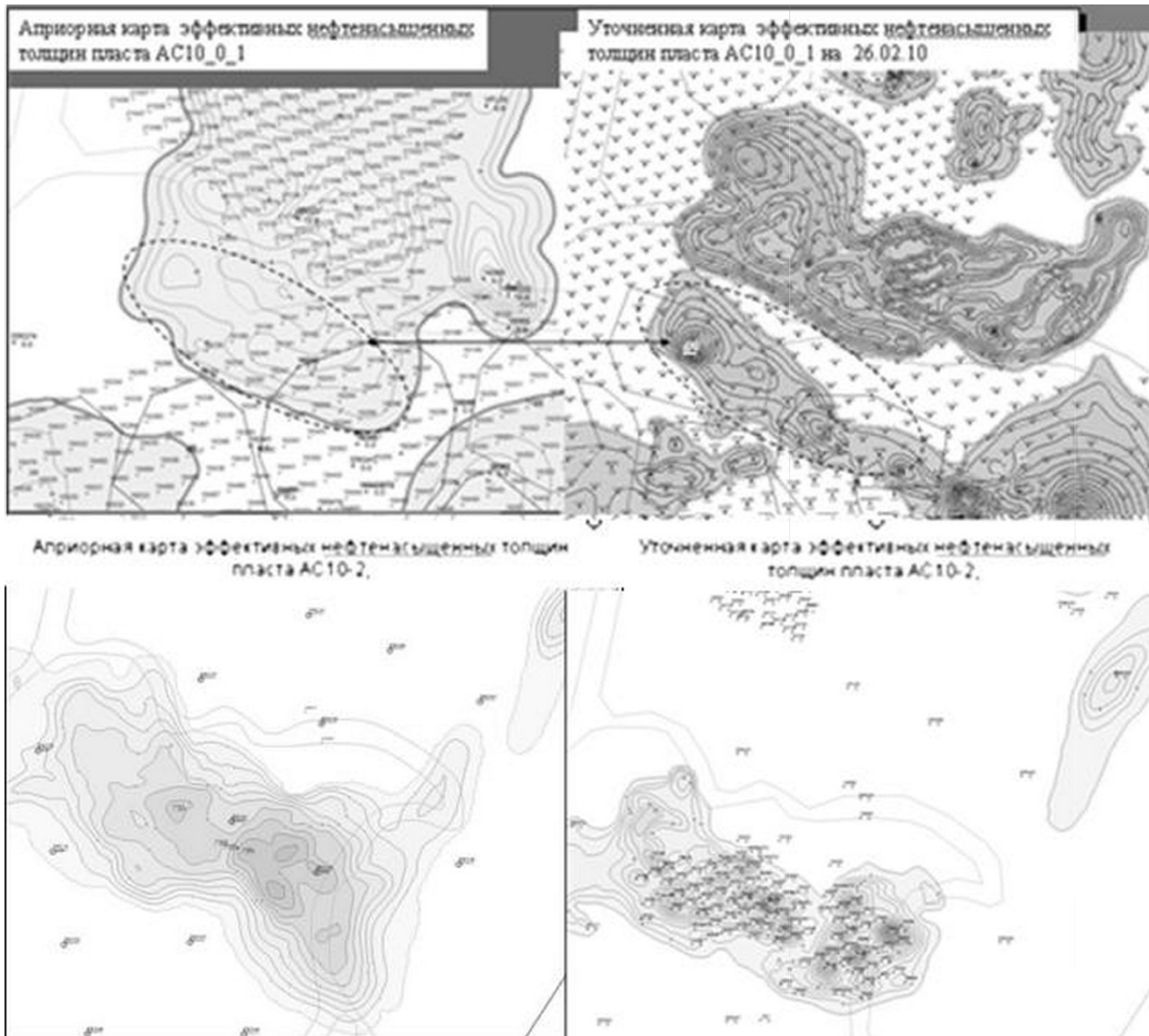


Рис.10. Карты эффективных нефтенасыщенных толщин в процессе мониторинга.

Сл. 10. Карта эффективных нефтенасыщенных толщин в процессе мониторинга.

буривания, изучалось строение объекта АС 10\_0. По результатам проведенных работ объект представляет собой серию сложнопостроенных «конусов выноса». Поведение пласта не укладывается в один ОГ т.е. не описывается одной изохронной поверхностью, а коррелируется только подстилающая поверхность осадконакопления и перекрывающая глинистая толща. Для получения значимых атрибутивных характеристик пласта использовались:

- деления интервала пласта на пропорциональные срезы, один из которых, можно принять как огибающую к поверхности песчаников, и
- блоки фаций между ОГ, сопоставимыми с поверхностями подстилающих и перекрывающих глин, реализованные в пакете Stratimagic (Paradigm).

От поверхности выбранного пропорционального среза подобран интервал сопоставимый с развитием пласта-коллектора, по нему посчитана серия атрибутов и карты классификаций по амплитудному кубу и кубу акустических импедансов.

Блоки сейсмофаций, посчитанные с различными параметрами помогли локализовать элементы конусов выноса. (VoxelGeo(Paradigm)).

Не стоит забывать об эффективности простых подходов к интерпретации. Карта изохрон ОГ, сопоставимого с подошвой пласта АС 10\_0 или с кровлей подстилающих глин весьма наглядно демонстрирует геометрию поверхности вероятного заполнения осадочными породами.

Следует отметить, что формирование канала поступления осадков в конус выноса пласта АС

10\_0 происходит по линии ,находящейся над зоной одного из бортов оползневого тела объекта АС 10\_2.

Каждый из этих объектов изучался отдельно, согласно задач разработки. А, в конечном итоге, вырисовывается система компенсационной унаследованности геологического строения участка, которая позволяет, выделив и уточнив геологическое явление на одном уровне прогнозировать проявление другого геологического явления в последующем либо предыдущем геологическом времени.

При проектировании разработки залежей необходимо учитывать сложное клиноформное строение продуктивных пластов и особенности распространения коллекторов, поскольку пласт, выделяемый как покровный, зачастую не может рассматриваться в качестве единого резервуара. Карты нефтенасыщенных толщин наглядно демонстрируют чрезвычайную сложность внутреннего литологического строения объектов, требующую принятия нестандартных решений по организации эффективной системы их разработки для повышения нефтеотдачи.

Описанные выше действия способствуют пересмотру исходных геологических моделей объектов разработки, позволяют геологической службе ООО «Газпромнефть-Хантос» оперативно коррек-

тировать планы эксплуатационного бурения по данному району и значительно снизить число перебуриваний за счет сокращения неэффективных затрат – бурения бесприточных и низкопродуктивных скважин.

## Список литературы

- Иньшкина Анастасия Александровна. 2008. Изучение геологического строения клиноформных резервуаров Западной Сибири по данным сейсморазведки и каротажа. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова
- Карогодин, Ю.Н., Ершов, С.В. (ОИГГиМ СО РАН), Коньшев, А.И. (НК «ЮКОС»), Рязяпов, Р.К. (АО «Юганскнефтегаз»). 1995. Фациально-палеогеоморфологические формирования песчаных тел клиноформциклитов приобской зоны нефтенакпления. Геология нефти и газа, 5.
- Монастырева, Н.А., Филиппович, Ю.В. 2003. Крупные обвальное-оползневые дислокации в неокомском клиноформном комплексе Западной Сибири. Вестник недропользователя, 11.
- Олейник, Е.В. Плавник, Г.И. 2007. Неокомские оползневые явления на Урьевской и Поточной площадях Среднего Приобья. Вестник недропользователя, 17.



## Геолошки модел нафтно-гасног поља Кикинда Исток Geological Model of the Hydrocarbon Reservoir Kikinda Istok

БРАНИСЛАВ РАДИШИЋ<sup>1</sup>, ЂУРА КНЕЖЕВИЋ<sup>2</sup>, МИЛУН МИХАЛЛОВИЋ<sup>3</sup> и КРУНИСЛАВ ИЛИЋ<sup>4</sup>

**Апстракт.** Панонски басен, као део централне Европе, представља геолошку провинцију веома погодну за акумулацију угљоводоника што се, деценијама уназад, потврђује експлоатационим угљоводоничним пољима, односно, објектима (бушотинама) у Мађарској, Румунији, Хрватској и Србији (Војводина).

У досадашњим истраживањима нафте и гаса на просторима Војводине утврђено је присуство угљоводоника у терцијарном комплексу и стенама подлоге терцијара: мезозојским и палеозојским творевинама, магматским и метаморфним стенама. Једно од таквих поља је и нафтно-гасно поље Кикинда исток које се налази у југо-источном делу Панонског басена, тј. у Србији (Војводини).

Структура Кикинда исток (у даљем тексту Kis) детектована је сеизмичким мерењима (2D и 3D) при чијој интерпретацији је регистрован врло интересантан структурни облик, а позитивност на угљоводонике потврђена је 1980. године бушењем прве (B-1) од укупно пет избушених бушотина до 1984. године.

Анализом и интеграцијом свих расположивих геолошких, геофизичких, бушотинских и производних података, односно поштовањем логичког следа при решавању нафтно-геолошке проблематике урађен је знатно прецизнији структурно-тектонски модел којим је дефинисано угљоводонично лежиште Кикинда исток које одликује специфична генеза, грађа и врло интензивна тектоника која је условила издјеленост (вишефазно каскадно раседање) структуре, односно нафтно-гасног лежишта Kis на три блока (три хидродинамичке целине).

У раду је презентован геолошки модел угљоводоничног лежишта Кикинда исток којим је утврђено његово проширење, а сходно томе и повећање резерви нафте и гаса.

**Кључне речи:** Панонски басен, тектоника, кристаласти шкриљци, моно-брече, пукотинска порозност, геолошки модел, резерве угљоводоника.

**Abstract.** The Pannonian Basin, being a part of Central Europe, represents a geological province that is very suitable for hydrocarbon accumulations, which has been confirmed for decades by exploitation of hydrocarbon fields, i.e., objects (wells) in Hungary, Romania, Croatia and Serbia (Vojvodina).

In previous oil and gas exploration activities in the region of Vojvodina, presence of hydrocarbons was established in the Tertiary complex and Tertiary rocks foundation: Mesozoic and Paleozoic creations, igneous and metamorphic rocks. One of these fields is oil-gas field Kikinda istok, situated in south-eastern part of the Pannonian Basin, i.e. Serbia (Vojvodina).

The structure Kikinda istok (hereinafter referred to as Kis) was detected by seismic surveys (2D and 3D), in interpretation of which a very interesting structural shape was registered, while the positivity in hydrocarbons was confirmed in the year 1980, by drilling of the first well (B-1), of total five wells drilled by the end of 1984.

By analyzing and integrating all available geological, geophysical, well and production data, more exactly, by following the logical sequence while solving oil-geological problems engaged in attaining a much more precise structural-tectonic model, led to defining the hydrocarbon reservoir Kikinda istok, characterized by a specific genesis, materials and very intense tectonic which caused separation (polyphase cascaded faulting) of the structure, i.e., oil-gas reservoir Kis into three separated blocks (three hydrodynamic units).

<sup>1</sup> НИС Нафтагас, Народног фронта 12, 21 000 Нови Сад. E-mail: branislav.radisic@nis.rs

<sup>2</sup> НИС Нафтагас, Народног фронта 12, 21 000 Нови Сад. E-mail: djura.k@nis.rs

<sup>3</sup> НИС Нафтагас, Народног фронта 12, 21 000 Нови Сад. E-mail: mihajlovic.milun@nis.rs

<sup>4</sup> НИС Нафтагас, Народног фронта 12, 21 000 Нови Сад. E-mail: krunislav.ilic@nis.rs

This paper presents the geological model of the hydrocarbon reservoir Kikinda istok, which confirmed its expansion and, consequently, an increase of oil and gas reserves.

**Key words:** Pannonian Basin, tectonics, crystalline schist, mono-breccias, fracture porosity, geological model, hydrocarbon reserves.

## Увод

Једно од најинтересантнијих подручја у Војводини у погледу засићења колектор стена угљоводоница јесте подручје северног Баната коме припада и нафтно-гасно поље Кикинда исток. У непосредној близини структуре Кикинда исток налазе се нафтно-гасна поља Кикинда и Кикинда варош.

Нафтно-гасно поље Кикинда исток стратиграфски припада палеозооку, који је изграђен од кристалних шкриљаца, и миоцену, који је представљен конгломератично-бречоидним материјалом (одломци шкриљаца). Овај простор био је изложен утицају веома интензивне тектонике (вишефазно каскадно раседање) што је потврђено интерпретацијом 2D и 3D сеизмичких профила, као и резултатима испитивања избушених бушотина на структури Кикинда исток.

У колектор стенама доминира пукотинска порозност, која је настала као последица тектонске активности. Поменуте пукотине представљале су путеве миграције угљоводоника, а послужиле су и као резервоар истих.

Испитивањима у пет избушених бушотина детерминисано је нафтно лежиште са гасном капом.

Циљ овог рада била је реинтерпретација (израда новог геолошког модела) и прорачун резерви нафте и гаса лежишта K1s.

## Геолошка грађа лежишта

Геолошка грађа структуре Кикинда исток детерминисана је на основу бушотинских података, а представљена је седиментима квартара и неогена који дискордантно и трансгресивно прекривају стене палеозојске старости (палеорељеф, тзв. „темелно горје“).

Стене подлоге неогена, односно палеорељеф чине јако тектонизирани кристалисти шкриљци различитог степена кристалинитета, углавном хлоритско-серицитско-мусковитски, са честим прелазима из једних облика у друге. У њиховом горњем делу веома је изражена распаднутост, здробљеност и бречоидан изглед, односно смањење компакције ових стена. Дубина залегања кристалних шкриљаца је у интервалу од 2853.0 m (III блок - најдубљи, В-1) до 2611.0 m (I блок - најплићи, В-3).

Седименти препанонског миоцена, који дискордантно леже преко палеозојских шкриљаца, представљени су моно-бречама (крупнији одломци пренеогених стена и њиховог детритуса), конгло-

мератично-бречоидним материјалом (одломци кристалних шкриљаца и њихових измењених продуката) и, навише, алевролитима, глинцима, пешчарима и лапорцима (панон) који већ чине заштитне стене. Дубина залегања миоценских седимената креће се у интервалу од 2803.0 m (III блок - најдубљи, В-1) до 2509.0 m (панон, I блок - најплићи, В-3).

## Тектоника структуре кикинда исток

У структурно-тектонском смислу локалитет Кис представља латерални гребен у подлози терцијара који се од оближње структуре Кикинда поље (велики масив) пружа у правцу северо-исток ка структури Велико Село.

Крајем панона, зона тонућег латералног гребена разломљена је на блокове (сл. 1.), каскадним раседањем, између којих су еволуирале тектонско-литолошке баријере којима је спречена потпуна миграција угљоводоника у плиће хоризонте (западно), али су фазне границе у хидродинамичким целинама остале различите (сл. 2, 3 и 4.). Наведеном структурно-тектонском еволуцијом формирано је блоковско лежиште нафте са гасном капом K1s у своду каскадно раскомадане моноклине са панонским седиментима као заштитним стенама.

Радијални покрети утицали су на промену стена палеорељефа у погледу промене величине порне запремине. Положај, величина скока и међусобни односи утврђених раседа дати су на структурној карти и геолошким профилима (сл. 2, 3 и 4.).

У односу на акумулацију угљоводоника у лежишту K1s време раседања је постмиграционо.

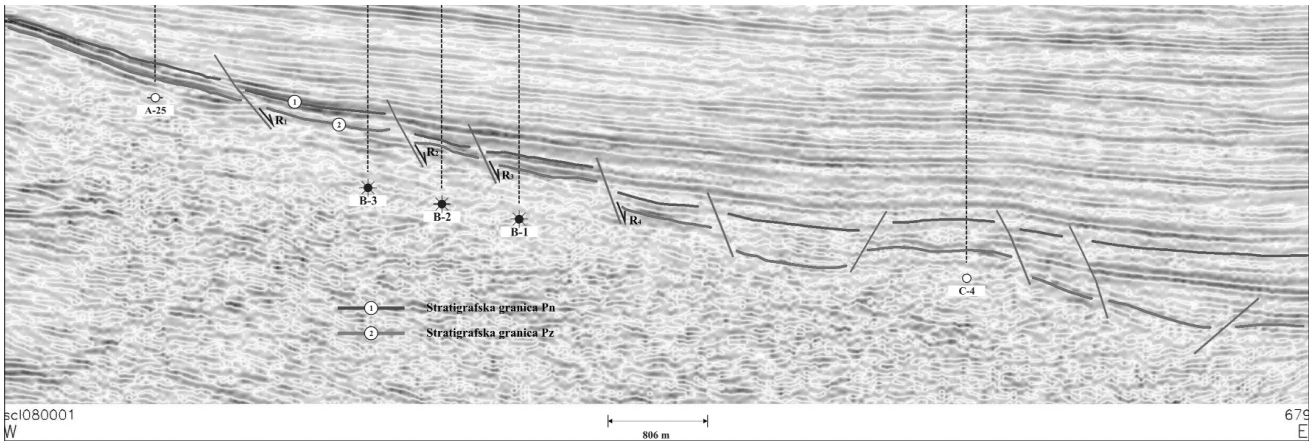
Лежиште Кис припада групи масивних лежишта са структурно-тектонским трапом (по А.И. Levorsen-у). Доња граница нафтно-гасног лежишта представљена је подинском водом (WOC-контакт нафта-вода).

## Петрофизичка својства колектор стена

Колектор стене лежишта Кис, као што је поменуто, представљене су тектонизираним кристалним шкриљцима и конгло-бречоидним материјалом - пукотински тип порозности, а залежу на дубинама од -2470 m (I блок - најплићи, бушотина В-3) до контакта нафта-вода -2851 m (III блок - најдубљи, В-1).

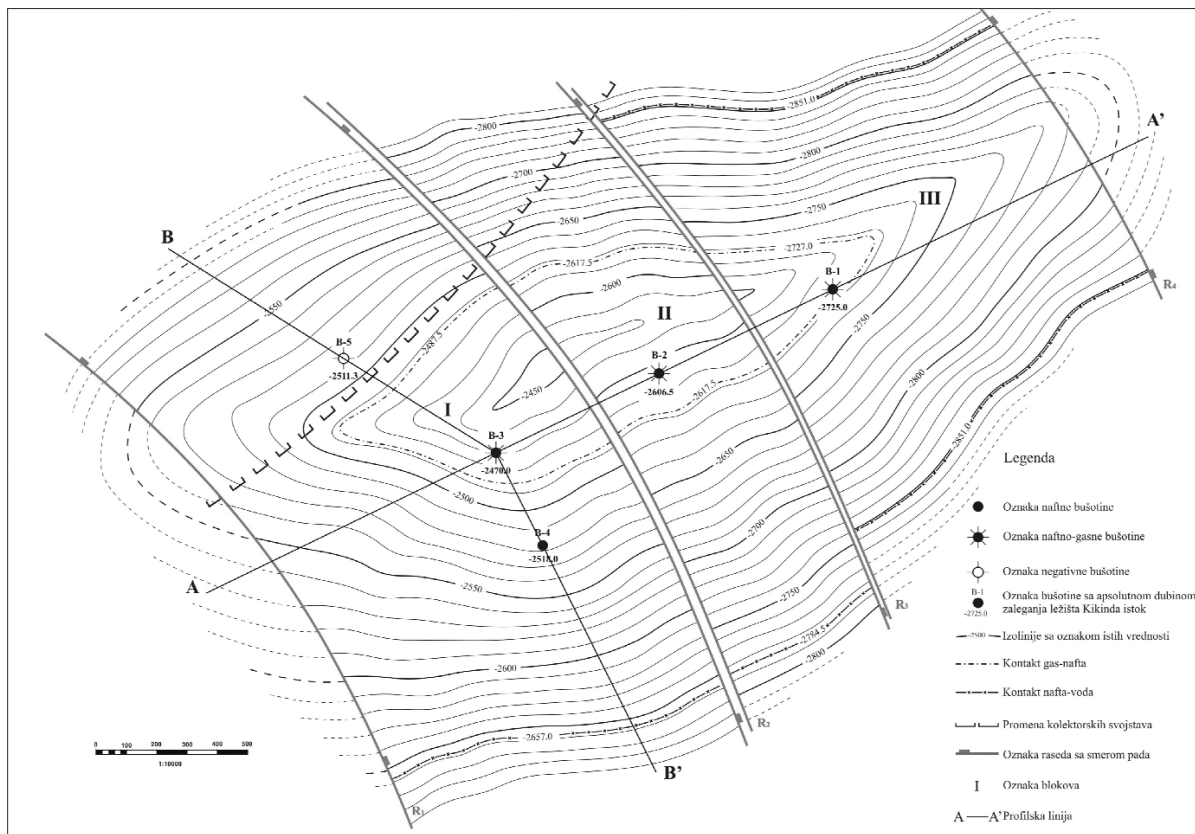
Услед немогућности квалитативне анализе каротажних података (неповољна геометрија канала





Сл. 1. Сеизмички профил из 2Д сеизмичког пакета поља Кикинда исток са геолошком интерпретацијом (аутор: М. Михајловић)

Fig. 1. Seismic cross-section from 2D seismic package of field Kikinda istok with geological interpretation (author: M. Mihajlović)



Сл. 2. Структурна карта по повлати нафтно-гасног лежишта Кикинда исток (аутори: Б. Радишић, К. Илић)

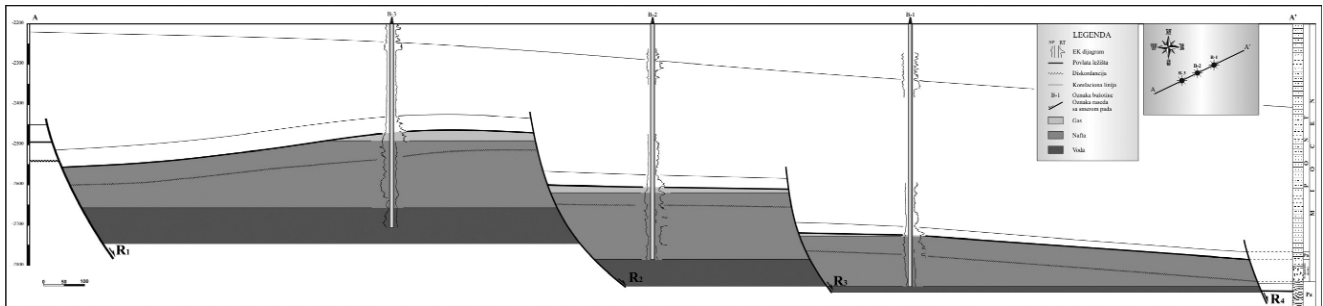
Fig. 2. Structural map of the top of oil-gas reservoir Kikinda istok (authors: B. Radišić, K. Ilić)

бушотина), малог броја лабораторијских анализа и ниског процента добијених језгара (<50%), а сходно „Правилник-у о класификацији и категоризацији резерви нафте, кондензата и природних гасова и вођења евиденције о њима“, Сл. лист 80/87, усвојена је вредност порозности и засићења водом од 0.02 д.ј., односно 0.10 д.ј., док се (из наведених разлога) о

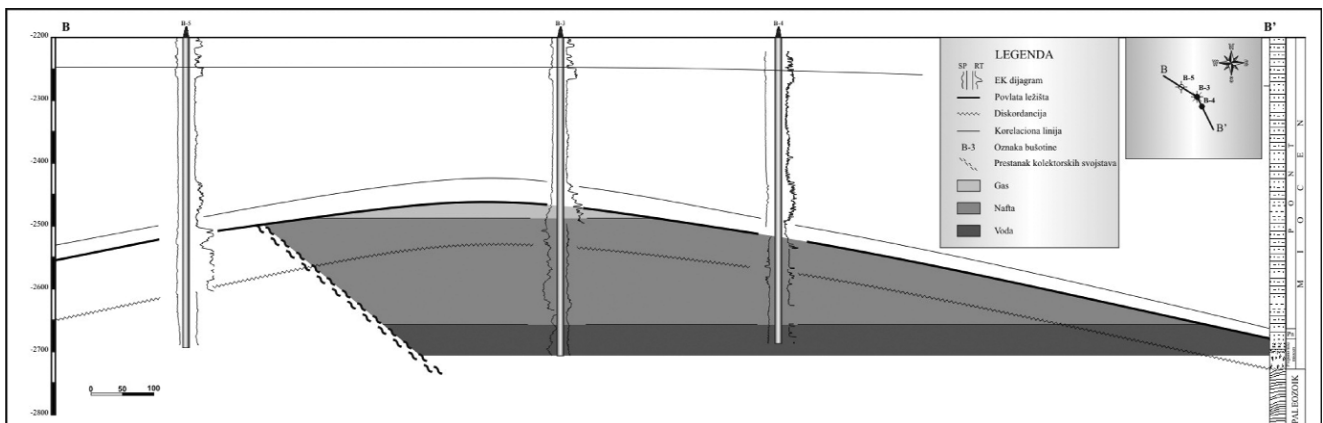
вредности пропусности може говорити само као о реду величине који се креће од 0.001–19.73 mD.

### Геолошки модел

При креирању геолошког модела нафтно-гасног лежишта Кис (сл. 2, 3 и 4.) вршена је интеграција



Сл. 3. Геолошки профил А-А' нафтно-гасног лежишта Кикинда исток (аутори: Б. Радишић, К. Илић)  
 Fig. 3. Cross-section A-A' of oil-gas reservoir Kikinda istok (authors: B. Radišić, K. Ilić)



Сл. 4. Геолошки профил В-В' нафтно-гасног лежишта Кикинда исток (аутори: Б. Радишић, К. Илић)  
 Fig. 4. Cross-section B-B' of oil-gas reservoir Kikinda istok (authors: B. Radišić, K. Ilić)

свих расположивих података добијених геолошким и геофизичким методама истраживања, дубоким бушењем, производним подацима и хидродинамичким мерењима.

Интерпретацијом расположивих података током рада на новом геолошком моделу лежишта Кис, није било могуће занемарити, недвосмисленим чињеницама чврсто подупрту, потребу за проширењем лежишта у односу на, до тада, познате контуре.

Прорачуном (запреминском методом) добијена је вредност геолошких резерви угљоводоника која је, у односу на оне добијене претходним моделом, знатно већа и која, свакако, намеће потребу за улагањем у изналажење економски исплативог модуса њихове експлоатације (стимулација и, евентуално, погушћење мреже бушотина).

## Закључак

Нови геолошки модел нафтно-гасног лежишта Кис, представљеног масивним резервоаром који је каскадним раседањем издељен на три блока,

односно три хидродинамичке целине засићене угљоводоником, урађен је синтезом великог броја разноврсних података добијених геолошким и геофизичким методама истраживања, дубоким бушењем и производним подацима.

Израдом новог модела, односно проширењем лежишта, добијене су геолошке резерве које би се, одређеним будућим радовима на лежишту Кис, могле превести у придобиве резерве и тиме остварити знатан бенефит.

## Литература

Аксин, В. 1965: *Геологија нафте*. Нафтагас, Нови Сад, 131–145.

*Пројекат детаљних геолошких истраживања и истраживања производних могућности нафтног налазишта "Кикинда исток"*, 1990. ДП "Нафта-гас", ОД "Истраживања и технологије", Сектор за нафтно-геолошка истраживања, Сектор за разраду лежишта, Нови Сад. Стручна и техничка документација НИС Нафтагас, Нови Сад.

## Геологоразведочные работы в пределах Новороссийской и Дообской площадей, опыт и проблемы

Геолошка истраживања у подручјима Новоросијског и Дообског блока, стечена знања и нерешена питања

СВЕТЛАНА РАСКАЗОВА<sup>1</sup>, ИРИНА ИСТОМИНА<sup>2</sup> и ЭДУАРД КОШКАРОВ<sup>3</sup>

**Abstract.** The presentation provides the results of the exploration work in Novorossiyskiy and Doobskiy blocks located in the proximity of the western dipping of the Great Caucasus mega-anticlinorium, constituting a large Alpine mountain system of the Alpine-Himalayan belt.

Regional prospecting and seismic surveys provided new knowledge about the structure of poorly explored Lower Cretaceous and Jurassic deposits. Local structures identified in Jurassic and Cretaceous deposits appear to have some petroleum potential. Confirmation of these assumptions and more detailed knowledge about these prospects establish prerequisites for further wildcat and exploratory drilling and possible discovery of oil and gas fields.

Among outstanding issues, which have not been adequately addressed during the previous studies, would be enhancement of the seismic data quality related to the complex slip-thrust fault tectonics.

**Key words:** Common-Depth Point Method, Upper Cretaceous, Lower Cretaceous, Anticlinal Structure, Gas, Oil, Northwest Caucasus.

**Апстракт.** Презентација пружа увид у резултате истражних радова у блоковима Новоросијскиј и Дообскиј, лоцираним у близини западних падина мега-антиклиноријума Великог Кавказа, као дела великог Алпског планинског система Алпско-хималајског појаса.

Регионална истраживања и сеизмичка испитивања дала су нова сазнања о саставу слабо истражених доњокредних и јурских наслага. Могуће је да локалне структуре утврђене у јурским и доњокредним седиментима поседују одређени нафтни потенцијал. Потврда ових претпоставки и боље познавање ових терена даје предуслове за будуће истражно бушење и могућа открића нафтних и гасних поља.

Међу нерешеним питањима, која у претходним студијама нису адекватно обрађена, било би повећање квалитета сеизмичких података везаних за комплексну раседну тектонику навлачења.

**Кључне речи:** метод тачака истих дубина, горња креда, доња креда, антиклинална структура, нафта, гас, северозападни Кавказ.

### Введение

Перспективы горно-складчатых областей интересуют многие нефтегазодобывающие компании. Горно-складчатые области наименее опоскованы сейсморазведкой, так как характеризуются сложной ландшафтной и приповерхностной обстановками, крутыми углами залегания пластов, разрывной тектоникой, наличием нескольких разли-

чных по строению структурных этажей и т. п. Любая из перечисленных проблем в отдельности, решается сейсморазведочными методами. На сегодняшний день в арсенале наземной сейсморазведки имеются разнообразные технологии сбора и обработки данных, позволяющие получать объективную информацию, на основе которой создаются достоверные геологические модели.

Задача минимизации влияния совокупности всех

<sup>1</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Rasskazova.SN@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Istomina.IV@gazpromneft-ntc.ru

<sup>3</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Koshkarov.EG@gazpromneft-ntc.ru

указанных проблем до настоящего времени не нашла приемлемого решения, и повышение информативности сейсмических данных в районах горно-складчатых областей по-прежнему остается актуальной задачей.

### Результаты сейсморазведочных исследований

Район проведенных исследований располагается в пределах западного погружения мегантиклинория Большого Кавказа, входящего в состав горно-складчатой системы Альпийско-Гималайского пояса. Западный Кавказ изучался многими исследователями. К началу 90-х г.г. в горной части Западного Кавказа произошёл резкий спад геологоразведочных работ. Однозначной оценки перспективам Западного Кавказа так и не было сделано. Одни исследователи на основе анализа процессов нефтегазообразования и формирования

дидились с 1973 года методом МОВ (метод отраженных волн) и РНП (регулируемый направленный прием), МОГТ-2Д в комплексе с другими геофизическими методами - с 1978 по 2004 г.г. На Дообской площади впервые проведены сейсморазведочные работы в 2008г. - МОГТ-2Д.

За период изучения района исследований эволюция методики и техники полевых наблюдений привела к увеличению баз наблюдений с 1275м до 2450м, кратности прослеживания – от 12 до 30, уменьшился шаг квантования сейсмозаписи и т. п. На аппаратном уровне произошла смена аналоговых сейсмостанций на цифровые. На смену импульсным газодинамическим источникам возбуждения пришли вибрационные источники, позволяющие адаптировать параметры возбуждаемых колебаний к решаемым задачам. Однако анализ результатов примененных методик за 30 лет изучения территории исследования показал, что ни одна из них не обеспечила необходимой информативности полученных данных (Рис. 1).

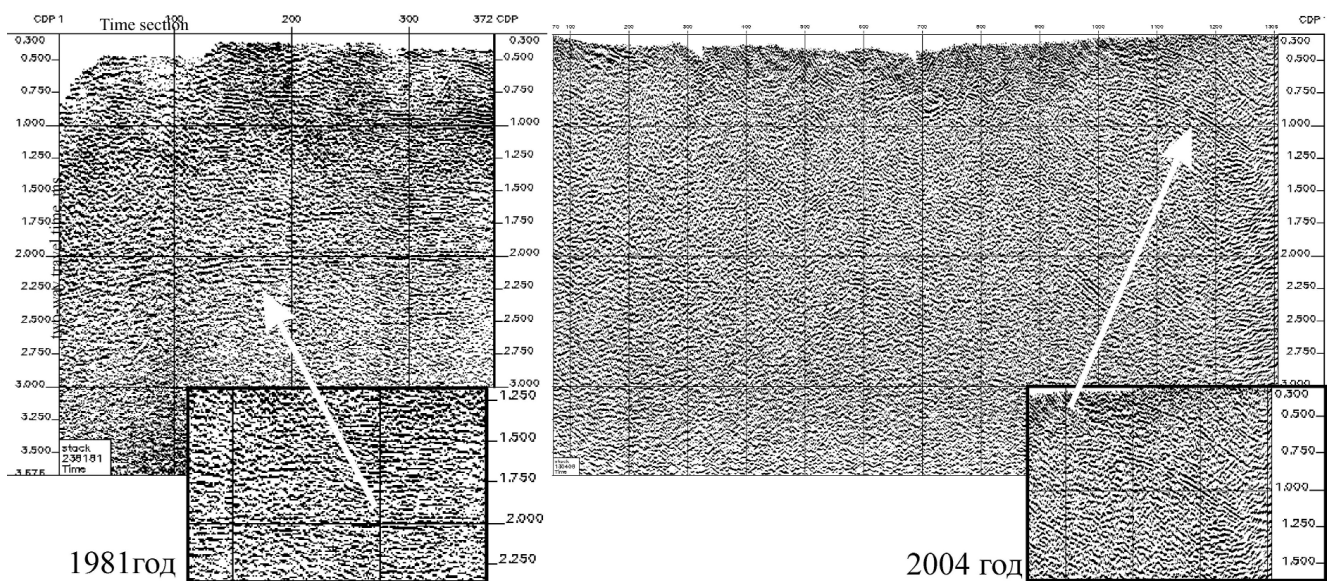


Рис.1 Сопоставление материалов 1981г и 2004г.  
Сл. 1. Поре́ење материјала 1981. и 2004. године.

залежей УВ давали положительную оценку перспективам нижнемеловых и юрских отложений Западного Кавказа, другие - отрицательную, аргументируя это интенсивным развитием разрывных нарушений открытого типа.

Значительная выработанность природных ресурсов нефти и газа в равнинной части Черноморского региона, увеличение потребности в газовом топливе сделало актуальным возобновление геологоразведочных работ в регионе.

Полевые сейсморазведочные работы на Новороссийском участке и соседних территориях прово-

В 2008г. силами ОАО «Газпром нефть» на Новороссийском и Дообском лицензионных участках по системам прямолинейных и криволинейных профилей были проведены сейсморазведочные работы МОГТ-2Д в объеме 335 и 54 пог. км соответственно. Основные параметры системы наблюдений были определены по результатам опытных работ. При проведении полевых работ МОГТ-2Д были применены широкополосные виброисточники модели INPUT/OUTPUT, телеметрические станции «INPUT/OUTPUT SYSTEM TWO» и SERSEL. Была выбрана центральная система

наблюдений с длиной расстановки 8000м. Максимальная кратность прослеживания составила 160. Топографо-геодезическая привязка пунктов приёма и пунктов возбуждения проводилась при помощи спутниковой ГПС системы. Объем прямолинейных профилей составил 55%, криволинейных -

направление вкост простиранию, видимые отражения выделяются только на участках пересекающих сводовые части перегибов (уровень записи до 1 сек). В целевом интервале записи на уровне 2-3 секунд когерентная запись присутствует спорадически (Рис.2).

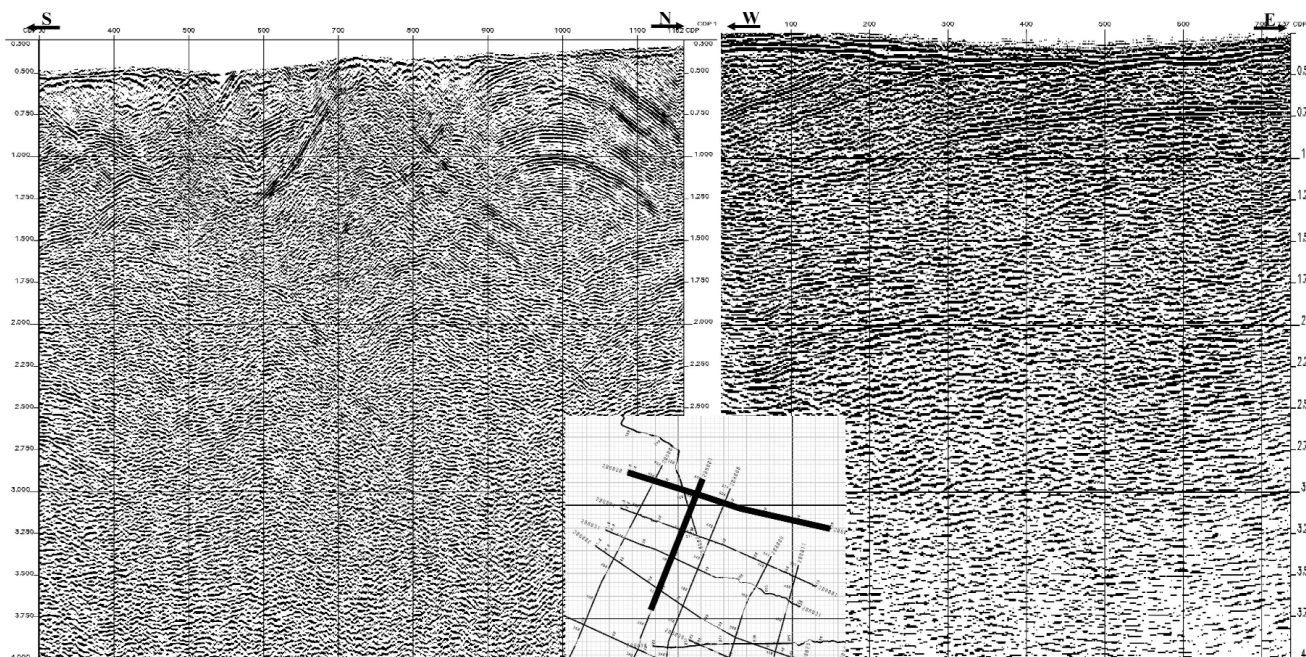


Рис.2 Информативность временных разрезов в зависимости от ориентации приемной расстановки.

Сл. 2. Информативность временных профилей зависит от ориентации.

45% (16 профилей в южной и восточной частях работ из 33-х). На Дообской площади отработано 11 профилей – 100% криволинейных.

Особенности рельефа местности и условия проходимости технологического транспорта потребовали прокладки профилей по существующим или пересохшим руслам водотоков, что обусловило значительную кривизну линий профилей с большим количеством точек излома при значительном изменении направления.

При выполнении работ было установлено, что по воспроизведениям можно контролировать только приповерхностную часть разреза. Выступы в рельефе коренных пород и наличие крутонаклонных отражающих границ обусловили значительное рассеяние сейсмической энергии. В интервале времён регистрации ниже значений 200-400 мс амплитуда полезного сигнала не превышает фон помех, и информативность волновой картины на профилях существенно зависит от положения расстановки приёмников. В случаях совпадения с направлением простирания коренных пород, временной интервал прослеживания отражений достигает 3сек и более. На профилях, имеющих

Самыми дефектными оказались короткие наиболее криволинейные профили, в волновом поле которых либо практически полностью отсутствует полезная информация, либо ее присутствие минимально (Рис. 3).

Таким образом, основными характеристиками полученных сейсмических данных явились: а) высокий уровень разного рода помех; б) во многих случаях невысокая интенсивность полезных отражений; в) сложный интерференционный характер волнового поля. В таких условиях оптимизация графа обработки стала нетривиальной задачей, так как информативность сейсмических данных и, следовательно, достоверность создаваемых на их основе геологических моделей в значительной степени определяются оптимальностью набора процедур обработки полученных в поле сейсмограмм.

В рамках конкурса по выбору подрядчика для обработки сейсмических данных была выполнена тестовая обработка по одному из наиболее «сложных» профилей. Результат обработки должен был обеспечить наиболее эффективное решение структурной геологической задачи.



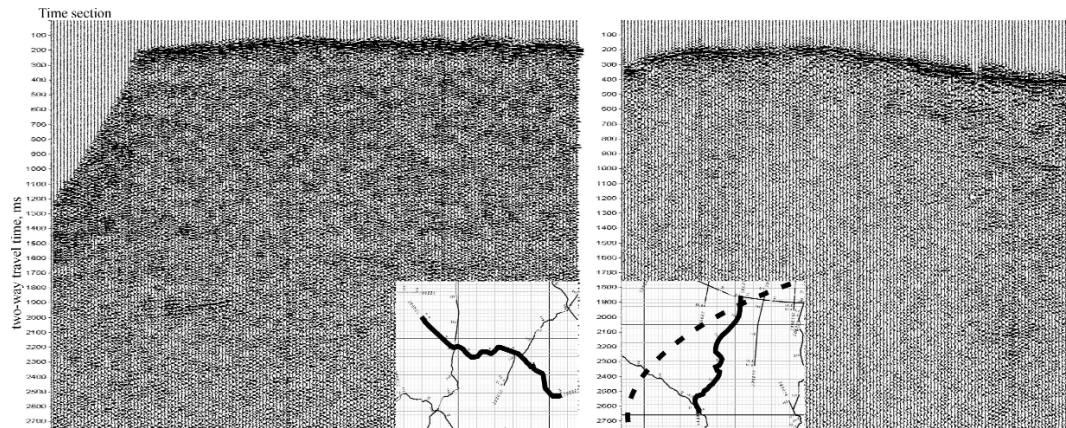


Рис.3 Волновое поле криволинейных профилей.  
Сл. 3. Таласно поле криволинейных профилей.

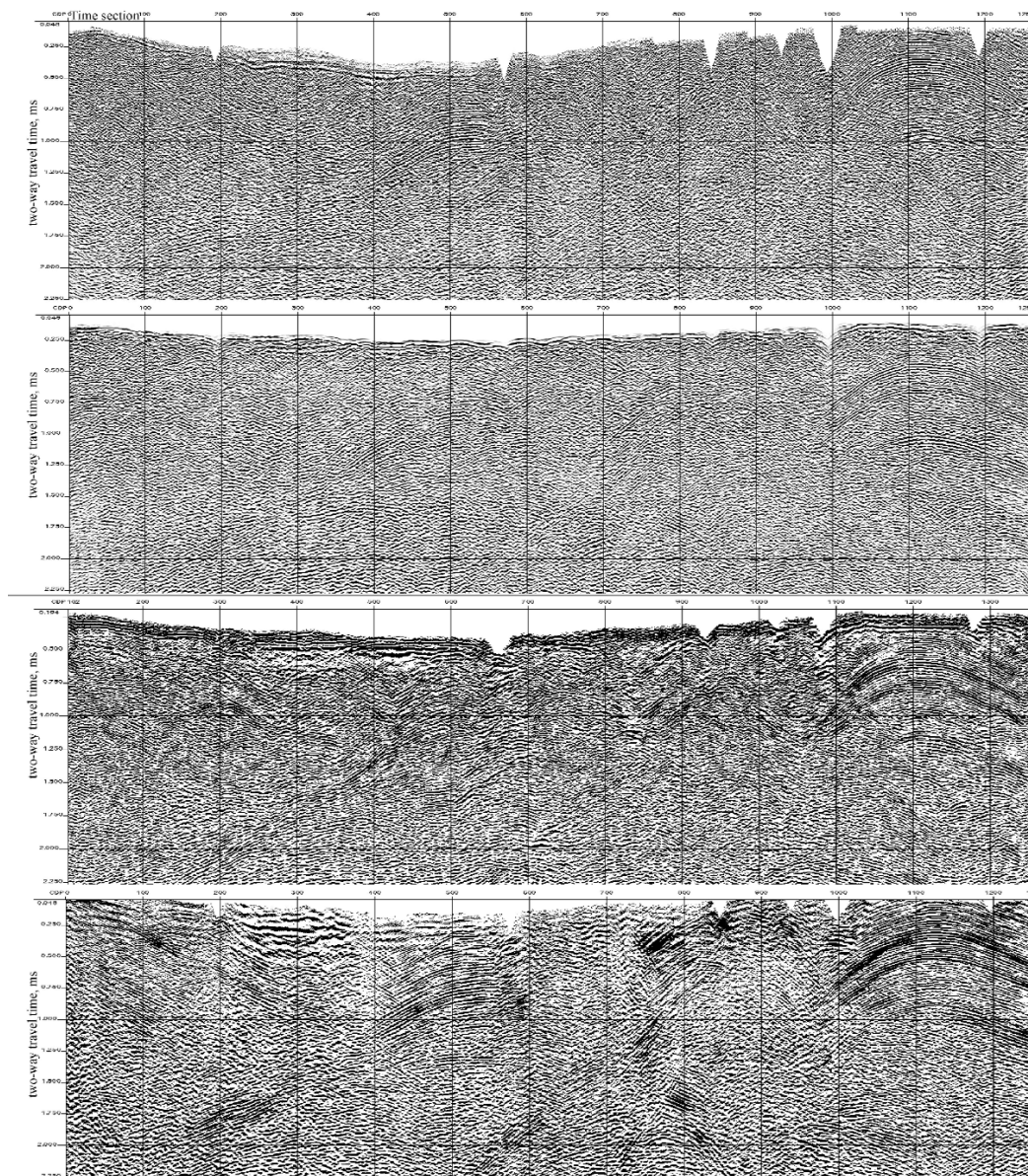


Рис. 4 Результаты тестовой обработки.  
Сл. 4. Результаты тестовой обработки.

На рисунке приведено сопоставление результатов обработки в последовательности изменения характера волновой картины по критерию качества прослеживания отражений и возможности выделения дизъюнктивов (Рис. 4).

По результатам стандартной обработки, без применения специализированных процедур построения сейсмического изображения, не удалось полу-

том числе, о распределении интервальных скоростей в разрезе, так как на участке работ отсутствуют глубокие скважины.

Была проведена обработка по технологии Multifocusing tm Geomage (Рис. 5), PRO ЗАО Пангея (Рис. 6). PSDM Geoprime (Рис. 7). Первые две технологии хорошо известны – БЕРКОВИЧ А. и др. (2007), GLOGOVSKY V.M. и др. (1988).

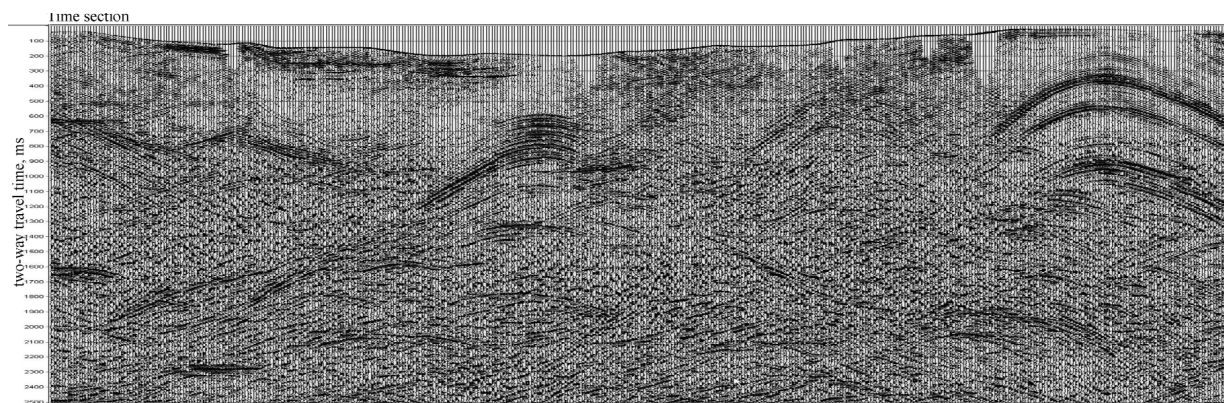


Рис. 5 Временной разрез после обработки по технологии Multifocusing tm.  
Сл. 5. Временски пресек после обраде технологијом Multifocusing tm.

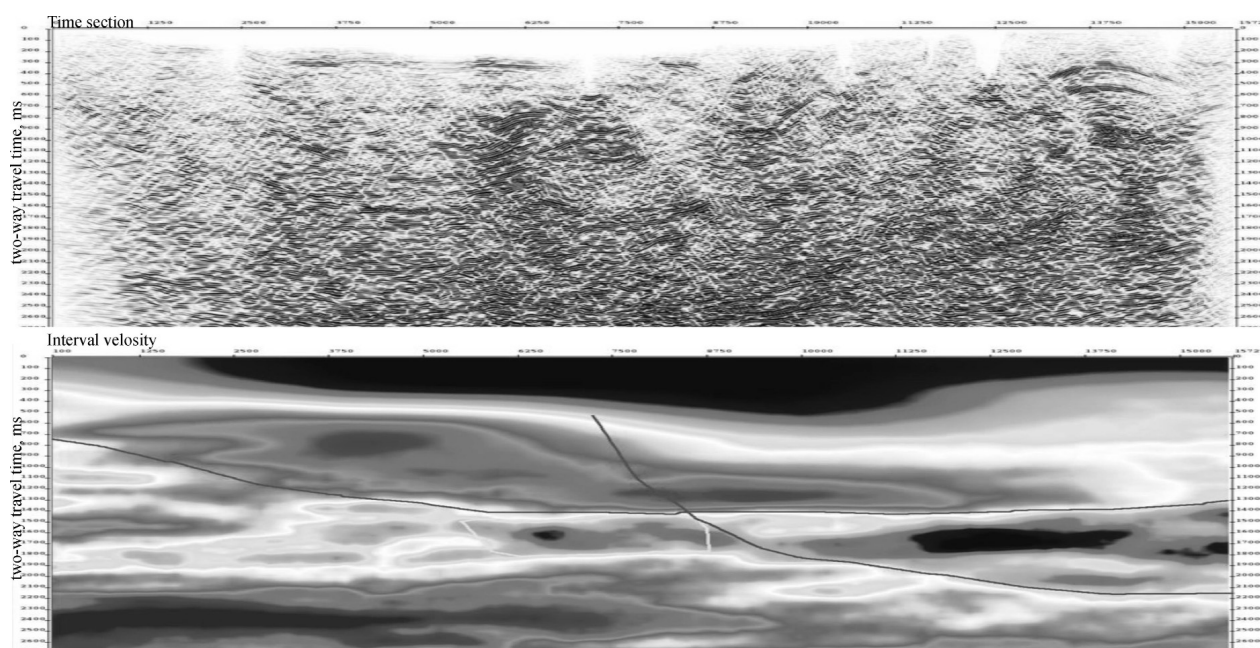


Рис. 6 Результат тестовой обработки по технологии ПРО.  
Сл. 6. Результат теста и обраде технологијом ПРО.

чить адекватный временной разрез в вертикальной плоскости. Поэтому, в рамках тестовой обработки была предпринята попытка изучить возможность использования интерпретационных процедур обработки, повышающих, с одной стороны, возможности суммирования и корректного построения сейсмических изображений, с другой - позволяющих получить дополнительную информацию, в

Третий метод основан на идеологии Параметрической Развертки Отображений (ПРО), в основе которой лежит кинематическое и частично динамическое решение обратной дифракционной задачи в пространстве центров лучей.

После тестовой специализированной обработки был сделан вывод о целесообразности применения процедуры глубинной миграции до суммирования и

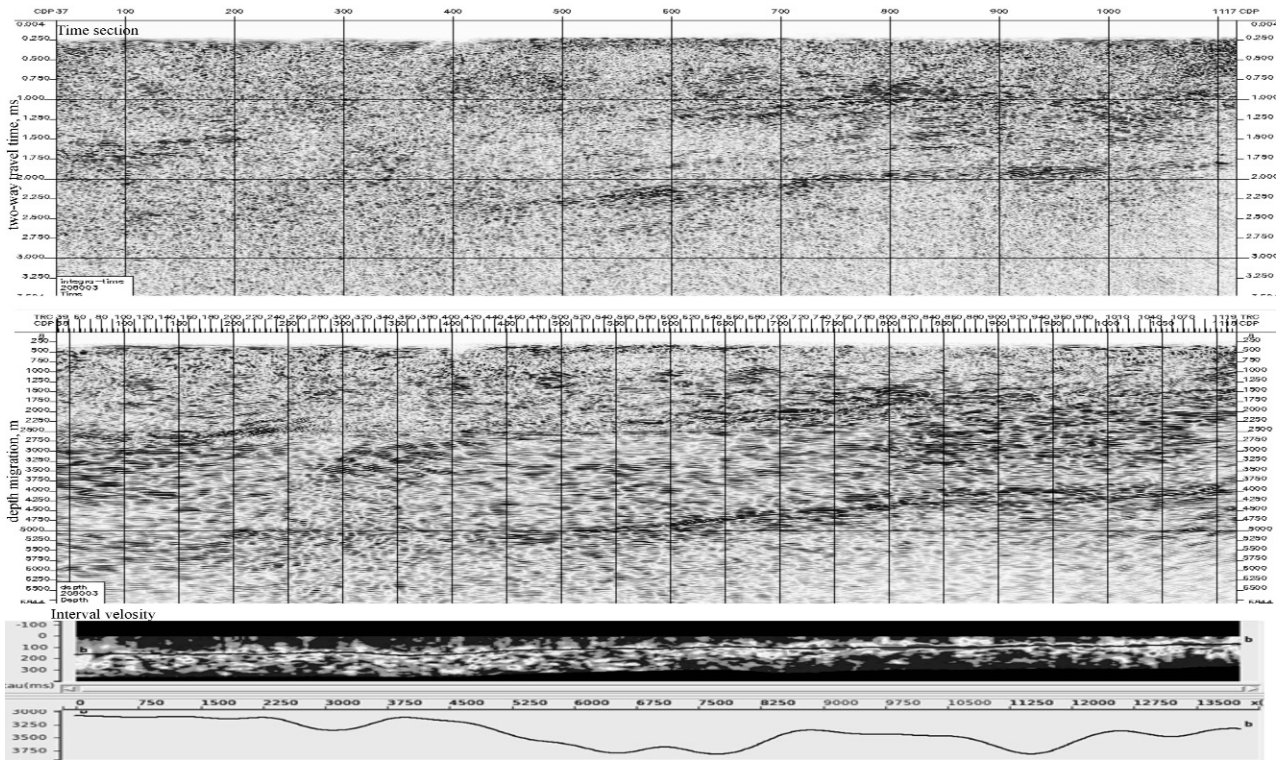


Рис. 7 Результат тестовой обработки после глубинной миграции до суммирования.  
 Сл. 7. Результат тестова обраде после дубинских миграција.

оценки положения целевого комплекса по глубинно-динамическим разрезам.

В рамках геологоразведочных работ была проведена интерпретации сейсмического материала, изучено геологическое строение мезозойских отложений, протрассированы тектонические нарушения, подтверждено несовпадение структурных планов юрско-нижнемеловых и верхнемеловых отложений (Рис. 8). По отражающим горизонтам в отложениях верхнего и нижнего мела, а также в кровле юрских отложений закартированы с разной степенью достоверности 6 локальных антиклинальных структур.

Однако из-за низкого качества сейсмических изображений морфометрические параметры объектов требуют уточнения.

### Выводы

Проведенные сейсморазведочные работы 2Д на Новороссийском и Дообском участках выявили проблемы, с которыми пришлось столкнуться на этапе проведения геологоразведочных работ в сложных сейсмогеологических и поверхностных условиях.

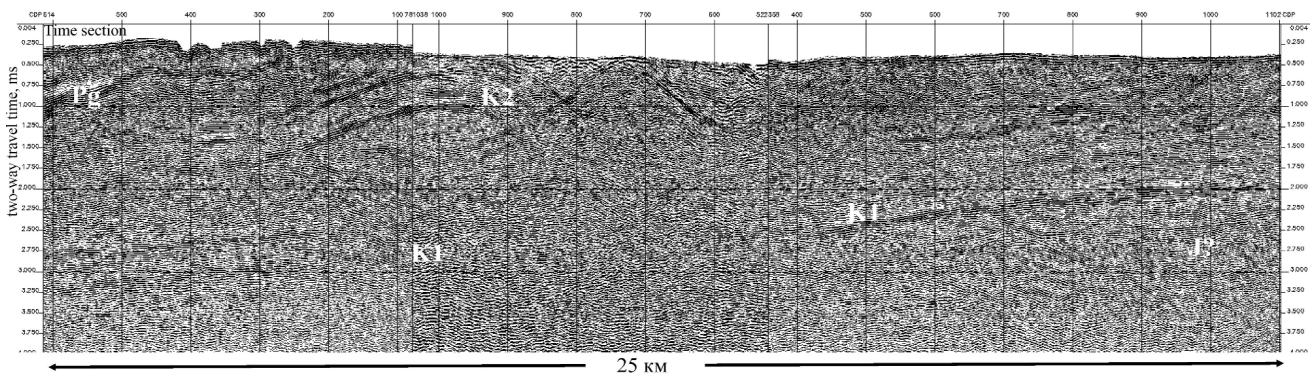


Рис. 8 Временной композитный разрез.  
 Сл. 8. Временски композитни пресек



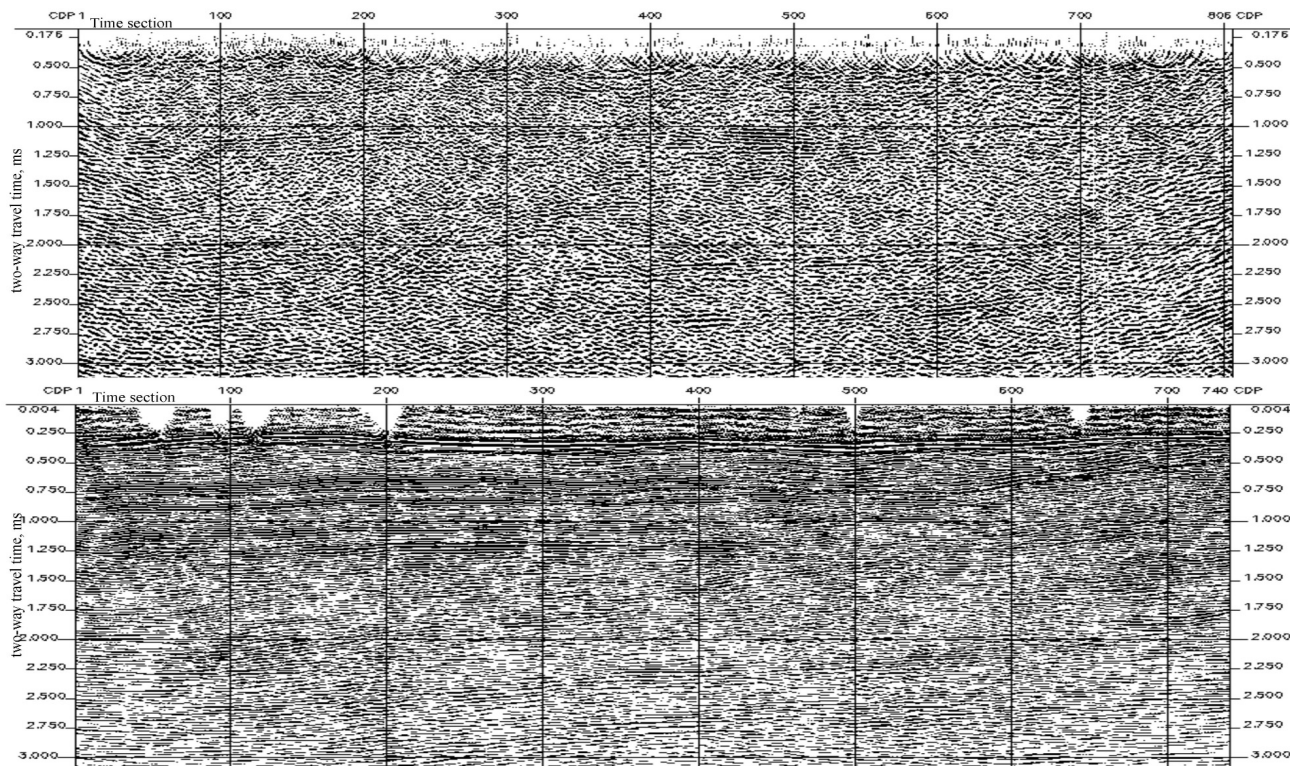


Рис.9 Сопоставление материалов 2008г и 1995г.  
Сл. 9. Порежь материала 2008. и 1995. године.

Совокупность выбранной полевой методики наблюдений с применением современной телеметрической измерительной системы регистрации, вибрационных источников упругих колебаний, соответствующих международным требованиям, и автономных спутниковых геодезических приемников, повышающих точность топогеодезических работ, позволило повысить качество полученной сейсмической информации (Рис. 9).

К числу проблемных вопросов, не нашедших в рамках проведенных исследований адекватного решения, является повышение информативности сейсмических данных в условиях сложной сбросо-надвиговой тектоники.

Решение данной проблемы должно быть обусловлено дальнейшей оптимизацией сбора сейсмической информации на технологическом и методическом уровне.

Применение телеметрических систем регистрации с передачей данных по проводам в особо сложных поверхностных условиях крайне затруднительно. Кабельная архитектура накладывает ограничения на проектируемые системы наблюдений. В последние годы на рынке геофизических сервисных услуг появились новые технологии, использующие при проведении сейсморазведочных работ 2Д/3Д бескабельные системы сбора и регистрации сейсмических данных. Преимущества подобных систем заключается в возможности адаптировать съемку к конкрет-

ным поверхностным, приповерхностным или глубинным условиям. При этом упрощаются вопросы техники безопасности и охраны окружающей среды. Повышается производительность и оперативность при проведении работ.

На методическом уровне, при проведении полевых работ в сложных районах необходимо учитывать возможности современных обрабатывающих комплексов и требования, которые предъявляются к сейсмическим материалам, полученным в подобных сейсмогеологических условиях.

Детальная проработка вопросов касающихся проведения работ, предварительное моделирование волновых полей при применении различных систем наблюдений, оптимальное планирование сети профилей позволит повысить качество и надежность получаемых результатов.

## Список литературы

- БЕРКОВИЧ А., и др. 2007. Мультифокусинг - новый метод обработки сейсмических данных многократных наблюдений, с. 39. Сборник тезисов докладов ИС-ой международной научно-практической конференции и выставки Геомодель 2007.
- GLOGOVSKY V.M., GOGONENKOV G.N. 1988. Study of methods for determining velocity and depth parameters in layered realistic media, pp. 157-173. *Geophysical transactions*, vol. 33, 3-4.



## Управљање крупним геолошко-истраживачким пројектима, као основа реализације стратешких циљева НИС-Нафтагаса

### Management of Major Geological Research Projects, as the Basis of Realization of Strategic Goals of the NIS Naftagas

ДЕНИС СУГАИПОВ<sup>1</sup>, М. ДАНИЛИН<sup>2</sup> и АЛЕКСАНДАР КУЛАГИН<sup>3</sup>

**Апстракт.** Реализација стратешких циљева нафтне компаније везаних за прираст билансних резерви нафте и газа на територији Србије и суседних држава, која подразумева управљање истраживачким процесом, као скупом неколико крупних пројеката. У резултату анализе постојеће геолошко-геофизичке и теренске информације и извршених процена, рејонизације и класификације територије по нивоу истражености, могућим типовима замки и нафтној перспективности, издвојена су три крупна пројекта који се разликују територијално и носе условне називе “Војводина”, “Србија-југ” (јужно од Саве и Дунава) и “Балкан” (Босна и Херцеговина, Црна Гора).

У пројекту “Војводина” главна пажња је посвећена истраживању и откривању сателитски лежишта, структурних замки на недовољно истраженим површинама и откривању лежишта у неструктурним замкама и колекторима нетрадиционалног типа.

Друга два пројекта обухватају релативно слабо истражене територије, за које је важно обезбедити фазно извођење истраживачких радова и планску реализацију фаза процене, регионалних, зонских и детаљних геолошко-геофизичких радова. Пројекти се разликују по роковима извршења, али су у многоме слични по методама и приступу њиховој реализацији и усмерени су, пре свега, на откривање великих антиклиналних замки у зонама судара регионалних тектонских структура и у близини могућих путева миграције угљоводоника.

**Кључне речи:** прираст билансних резерви нафте и гаса, Војводина, Србија-југ, Балкан.

**Abstract.** Strategic objectives of the oil company in order to increase oil & gas balance reserves additions in Serbia and neighboring states, which compromise the exploration process as a set of several major projects. An analysis of available geological, geophysical and field data and assessments, zoning, and the classification of areas by exploration degree, possible types of traps and oil perspectivity identified three major projects, which differ by territory and have a code name “Vojvodina”, “Serbia-South” (Serbia, south of the rivers Sava and Danube) and the “Balkans” (Montenegro, Bosnia and Herzegovina).

In the “Vojvodina” project the focus is on exploration and prospecting of satellite wells, structural traps in the insufficiently explored area and the prospecting of accumulations in non-structural traps and collectors of non-traditional type.

The other two projects cover relatively poorly explored area, where it is important to ensure stadiality of exploration and consistent realiation of evaluation stages, regional, zonal and detailed geological and geophysical work. Projects vary in terms of performance, but many similarities in the methods and approaches to their implementation and are aimed primarily at finding large anticlinal traps in the areas of junction of the regional tectonic structures and near potential migration routes of hydrocarbons.

**Key words:** Oil & Gas Balance Reserves Additions, Vojvodina, Serbia-South, Balkans.

<sup>1</sup> НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: sugaipov.da@nis.rs

<sup>2</sup> НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: danilin.ma@nis.rs

<sup>3</sup> НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail: kulagin.av@nis.rs

У складу са стратегијом развоја НИС-Нафтагаса до 2020. године основни задатак геолошке службе НИС-Нафтагаса се састоји у обезбеђивању резерви угљоводоника (УВ) неопходних за остварење планираног раста производње нафте и гаса. Решење овог проблема је могуће само уз примену адекватних стратешких приступа геолошком истраживању ресурса на територији Србије и суседних региона у циљу проналаaska нових, као и завршетка истраживања постојећих налазишта. Конкретна реализација ове стратегије у виду детаљног програма истражних радова зависи, како од геолошке грађе овог региона, тако и од, што је исто тако важно, економских фактора и историје досадашњих истраживања у претходном периоду.

Анализа постојеће ресурсне базе, резултата истражних радова кроз историју НИС-Нафтагаса, теренских података и тренутне економске ситуације, нас доводи до следећих закључака:

- без обзира на прилично обимне истражне радове на територији Војводине, ова територија је недовољно истражена савременим методама сеизмичких истраживања и бушењем, поготово се то тиче пограничних зона, дубљих структурних етажа нафтоносности и неструктурних замки;

- територија Србије јужно од Саве и Дунава, као и суседних држава (Црне Горе и Босне и Херцеговине) се може сматрати недовољно истраженом у смислу истраживања лежишта УВ;

- геолошка грађа и прилично висок ниво истражености горњих етажа нафтоносности у већем делу Војводине не дају много наде да су овде могућа већа открића (по регионалним мерилима) лежишта УВ. Основне наде за прираст резерви се овде полажу на многобројна сателитска лежишта већоткривених нафтних и гасних налазишта. Ипак, већа открића су реално могућа на недовољно истраженим површинама у дубљим деловима седиментационог басена (поготово у зонама судара тектонских елемената), као и, наравно, на територији уже Србије и већ поменутих суседних држава;

- праћење динамике производње УВ у осталим, доста старијим нафтно-гасним регионима света (укључујући и Русију), показује да се на фону постепеног пада производње у различитим временским периодима, као правило повремено видљива и повећања производње, изазвана увођењем нових технологија, открићима нових налазишта у дубљим или раније пропуштеним етажама нафтоносности, или почетком разраде неструктурних замки. На територији Војводине овакви скокови у производњи нису постојали, иако, према постојећој геолошко-геофизичкој информацији, неструктурна лежишта на овој територији би требали бити заступљени у великом броју, а дубоки хоризонти поседују прилично високе перспективе за откривање нових налазишта УВ, укључујући и налазишта нетрадиционалног типа;

- тренутно је економска ситуација таква, да је разуман само прираст актуелних или условно актуелних резерви УВ (који могу постати актуелни у краткорочној перспективи). То су резерве које се налазе на скоро свим сателитским лежиштима у Војводини, а због близине инфраструктури већ активних лежишта. Остала мања лежишта у Војводини треба откривати, припремати и укључивати у експлоатацију у групама. Ван граница Војводине економски оправдана су само открића великих лежишта.

У складу са горе наведеним, основна стратешка идеја геолошких радова у НИС-Нафтагасу је организација стално активног геолошко-истраживачког процеса, који је усмерен на реализацију три крупна пројекта, сваки са својим карактеристикама и спецификом: условни називи ових пројеката су “Војводина”, “Србија-југ” (јужно од Саве и Дунава) и “Балкан” (пре свега Босна и Херцеговина, Црна Гора). Основни параметри овог процеса су наведени у табели.

У пројекту “Војводина” основним приоритетом остаје истраживање и завршетак истраживања сателитских лежишта и откривање традиционалних објеката на релативно мало истраженим територијама. При томе главна метода истраживања је 3Д и детаљно (густина профила преко 2,5 km/km<sup>2</sup>) 2Д сеизмичко истраживање. Овде коефицијент успешности мора износити минимум 70%. Откривање структура у дубљим хоризонтима, у колекторима нетрадиционалног типа и неструктурних замки представљају ризичније и посебне потпројекте овог пројекта, где је дозвољени коефицијент успешности на нивоу 30%.

Пројекти “Србија-југ” и “Балкан” су прилично слични по приступу и разликују се само у роковима реализације појединих фаза. За разлику од првог пројекта овде се геолошки радови изводе на слабо истраженој територији, те је од велике важности поштовање свих фаза радова.

У првој фази се изводе тематски радови везани са геолошко-економску процену територије, рејонизација и класификација са аспекта геолошких перспектива и очекиваних економских резултата (фаза процене).

У фази регионалних радова основна пажња се посвећује регионалним геофизичким профилима, чији је основни задатак проналажење дубинских зона судара крупних тектонских елемената и крупних тектонских структура. Примењује се комбинација метода 2Д сеизмичког истраживања, гравиметриског, геомагнетског истраживања и регионалне геологије, а дубина истраживања износи минимум 20 km.

Регионална истраживања ће омогућити одређивање површина за постављање зонске 2Д сеизмике, са релативно ниском густином прекривања (око 1–1,5 km/km<sup>2</sup>) и дубином истраживања око 3–4 km.

Табела 1. Основни параметри геолошко-истраживачког процеса у НИС-Нафтагасу у периоду 2010-2020.

Приоритет	Фаза	Објекти истраживања	Врста радова	Рок	Удео инвестиција
Пројекат "Војводина"					
1	Истраживање	Традиционалне замке УВ (сателитска лежишта)	Детаљно 3Д сеизмичко истраживање, контурно-истражно бушење	2010- 2020.	30%
2	Регионално истраживање	Традиционалне (углавном структурне) замке УВ на релативно мало истраженим површинама	Детаљна и зонска 2Д сеизмика, истражно бушење	2011- 2020.	20%
		Структуре у новим етажама нафтоносности			
		Нетрадиционалне замке («неконвенционални» гас итд.)		2011- 2020.	
Пројекат "Србија-југ" (Јужно од Саве и Дунава)					
1	Процена	Крупне структуре и зоне судара тектонских елемената	Регионална геофизика, параметарско бушење	2010- 2015.	20%
2	Регионално истраживање	Структурне замке	Зонска геофизика и истражно бушење	2010- 2020.	
3	Истраживање	Структурне и (могуће) неструктурне замке	Детаљна геофизика, контурно-истражно бушење	2014- 2020.	
Пројекат "Балкан (Црна Гора и Боена и Херцеговина)"					
1	Процена	Нафто-перспективни блокови и зоне, крупне структуре и зоне судара тектонских елемената	Тематски радови, регионална геофизика, параметарско бушење	2010- 2015.	20%
2	Регионално истраживање	Структурне замке	Зонска геофизика и истражно бушење	2014- 2020.	
3	Истраживање	Структурне и (могуће) неструктурне замке	Детаљна геофизика, контурно-истражно бушење	2016- 2020.	
Стална адаптација циљева и задатака управљања пројектом у зависности од променљивости геолошко-технолошких и геолошко-економских фактора					

Реализација крупних пројеката

Истражно бушење урађено на основу резултата зонских сеизмичких истраживања ће показати неопходност детаљних геофизичких радова и накнадног контурно-истражног бушења. Дозвољени коефицијент успешности истражног бушења на наведени слабо истраженим територијама износи 20–25 %.

Један од кључних елемената описаног приступа управљању геолошко-истражним процесом је оперативна адаптација циљева, задатака, приоритета и метода према променљивим спољним факторима, пре свега према добијеним новим подацима, као резултату изведених радова, и према тренутној економској ситуацији. У том циљу се врши константан преглед и поређење постојећих и новодобијених података, резултата примене савремених метода обраде и интерпретације геолошко-геофизичке информације (басенско моделирање, палеотектонска и палеоморфолошка анализа итд.), мониторинг

савремених високотехнолошких и ефикасних сеизмичких метода, технологија бушења, испитивања слојева, повећања продуктивности бушотина и коефицијента искоришћења УВ. Све то нам омогућује не само вршење правовремених корекција у току извођења пројекта, већ и давање препорука за нове, перспективније радове, укључујући нове објекте истраживања, као што су замке у колекторима нетрадиционалног типа (такозвани “неконвенционални” гас).

Имамо све основе да верујемо, да ће планска и фазна реализација горе описаног процеса омогућити већ у средњорочној перспективи откривање довољног броја нових лежишта и обезбеђивање неопходног прираста резерви УВ у складу са стратегијом НИС-Нафтагас, као и дати подстицај за даљи раст производње нафте и гаса како на територији Војводине, тако и у региону.

## Трансрегиональные мегасдвиги и региональная нефтегазоносность Западной Сибири

### Трансрегионални мегараседи и појаве гаса у Западном Сибиру

ЮРИЙ ФИЛИПPOВИЧ<sup>1</sup> и СЕРГЕЙ ХАФИЗОВ<sup>2</sup>

**Abstract.** Huge dimensions and high level of subsurface awareness about Western Siberian sedimentary basin allow identification of regional regularities for oil and gas occurrence for the whole northern part of Eurasian continent and surrounding Arctic shelf. In all Western Siberia and within its large areas there exist extensive ruptured zones that form the diagonal trends of the planetary regmatic system. In the northern part of the basin individual fractures cut the sedimentary mantle with the throw increasing upward and reaching 200m. Similar systems of fault lines have been identified for Timano-Pechora and Yenisei-Khatanga regions. According to detailed 3D seismic data, those tectonic lines are large-scale heave faults. Shearing took place during the Mesozoic-Cenozoic age, and it was especially prominent during the Neogene.

The displacement types under analysis determine to a great extent the oil kitchen and oil charge location processes. The intersection of two diagonal transregional ruptured zones control large HC kitchens, which proves that they are directly inter-related. Thus, thermo-mechanical stress, emerging in tectonically mobile zones, mechano-chemical activity, spotty lateral and vertical distribution of thermodynamic properties contribute to the direction and manner of petroleum generation and accumulation processes.

**Key words:** Regional Faults, Tectonics, Oil and Gas Potential, Western Siberia.

**Апстракт.** Огромне димензије и висок ниво потповршинског значаја седиментног басена Западног Сибира омогућавају идентификацију регионалних законитости појава нафте и гаса за читав северни део Евроазијског континента и околног Арктичког шелфа. У огромном простору Западног Сибира постоје велике руптурне зоне које формирају дијагонални тренд планетарних регматских система. У северном делу басена индивидуалне фрактуре пресецају седиментни омотач са ходом који се повећава навише и достиже 200м. Слични системи раседних линија утврђени су и у регионима Тимано-Печора и Јенисеј-Катанга. Према детаљним 3Д сеизмичким подацима, ове тектонске линије представљају раседе великих размера. Смицање се одиграло током мезозоица и кенозоица, и било је посебно истакнуто током неогена.

Анализирани типови померања су у великој мери одредили процесе стварања и миграције нафте. Пресек две дијагоналне трансрегионалне руптурне зоне контролише велике масе матичних стена, што указује на њихову директну повезаност. Према томе, термо-механички стрес, настао у тектонски мобилним зонама, механичко-хемијска активност, неједнако бочно и вертикално распрострањење термодинамичких карактеристика придоносе правцу и условима стварања нафте и процесима акумулације.

**Кључне речи:** Регионални раседи, тектоника, нафтно-гасни потенцијал, Западни Сибир.

В пределах Западной Сибири разрывные линейные элементы трансрегионального масштаба традиционно выделялись по геоморфологическим признаками, результатам аэрокосмодешифрирования, интер-

претации потенциальных полей и нашли свое отражение практически на всех известных и малоизвестных тектонических картах и схемах. Однако их горизонтально сдвиговая природа в явном

<sup>1</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Filippovich.YuV@gazpromneft-ntc.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia. E-mail: Khafizov.SF@gazpromneft-ntc.ru

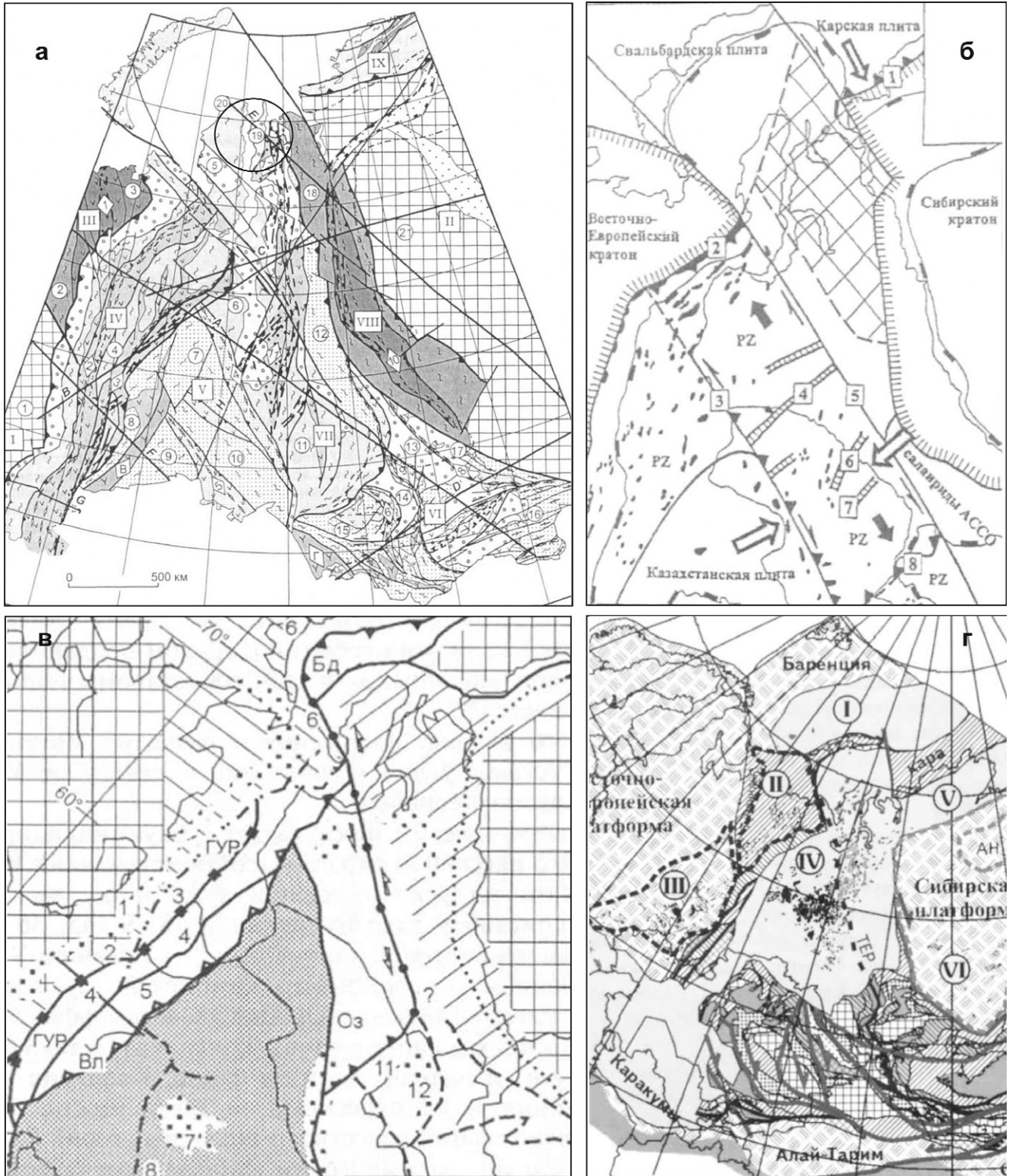


Рис.1. Трансрегиональный сдвиговой линеамент, выделяемый различными исследователями: а - Егоров А.С., Чистцов Д.Н. (2003); б - Подурушин В.Ф. (2003); в - Пучков В.Н. (2003); г - Соборнов К.О., Якубчук А.С. (2006).  
 Сл. 1. Трансрегионални линеаменти издвојени од стране различитих истраживача: Егоров А.С., Чистцов Д.Н. (2003); б - Подурушин В.Ф. (2003); в - Пучков В.Н. (2003); г - Соборнов К.О., Якубчук А.С. (2006).

виде стала широко рассматриваться лишь в последнее время - НАТАЛЫН, ШЕНГЕР (2000); Филиппович

(2001); Егоров, Чистяков (2003 - рис.1а); Подурушин (2003 - рис.1б); Пучков (2003 - рис.1в);



СОБОРНОВ, ЯКУБЧУК (2006 – рис.1г). Более того, в этих исследованиях сдвиговым дислокациям придается определяющая роль в образовании и развитии мезозойско-кайнозойской Западно-Сибирской геосинеклизы (ЗСГС). Любопытно, что большинство публикаций по этой проблематике появились практически одновременно в период 2000-2003 г.г. То есть идея, образно говоря, уже «висела в воздухе» и накопленный огромный объем информации требовал ревизии традиционных геологических представлений.

В качестве основных мегасдвиговых дислокаций Западной Сибири по комплексу геолого-геофизических параметров выделяются Тургайский, Барнаульско-Ангарский, Иртышский и Саяно-Пайхойский мегасдвиги, формирующие геометрически правильную систему, и фланги которых однозначно выделяются в структурах горно-складчатого обрамления (Рис.2). Первые два, имеющие северо-восточную ориентировку относятся к правосторонним сдвиговым линейам, последние два северо-западного простирания – к левосторонним – Филиппович Ю.В. (2001).

Проблема связи нефтегазоносности с трансрегиональной системой сдвиговых дислокаций уже, априори, решается однозначно положительно. В связи с тем, что существует прямая взаимообусловленность рельефа, седиментационных особенностей продуктивных горизонтов и горизонтальных сдвигов, соответственно ее автоматически можно переносить на нефтегазоносность. Последняя и контролируется структурно-тектоническим и литолого-фаціальным факторами.

Анализ площадного взаимоотношения установленной региональной нефтегазоносности ЗСГС и генерализованных линий трансрегиональных сдвиговых дислокаций выявил следующие закономерности. Перекрещивающиеся Саяно-Пайхойский и Тургайский мегасдвиги по существу определяют область с максимальной концентрацией запасов УВ и самым широким этажом нефтегазоносности по разрезу (Рис.3). Кроме того, эти линейаменты разделяют территорию ЗСГС на четыре тектонических блока-сектора, которые контролируют распределение региональных УВ-систем с различным фазовым составом и стратиграфичес-

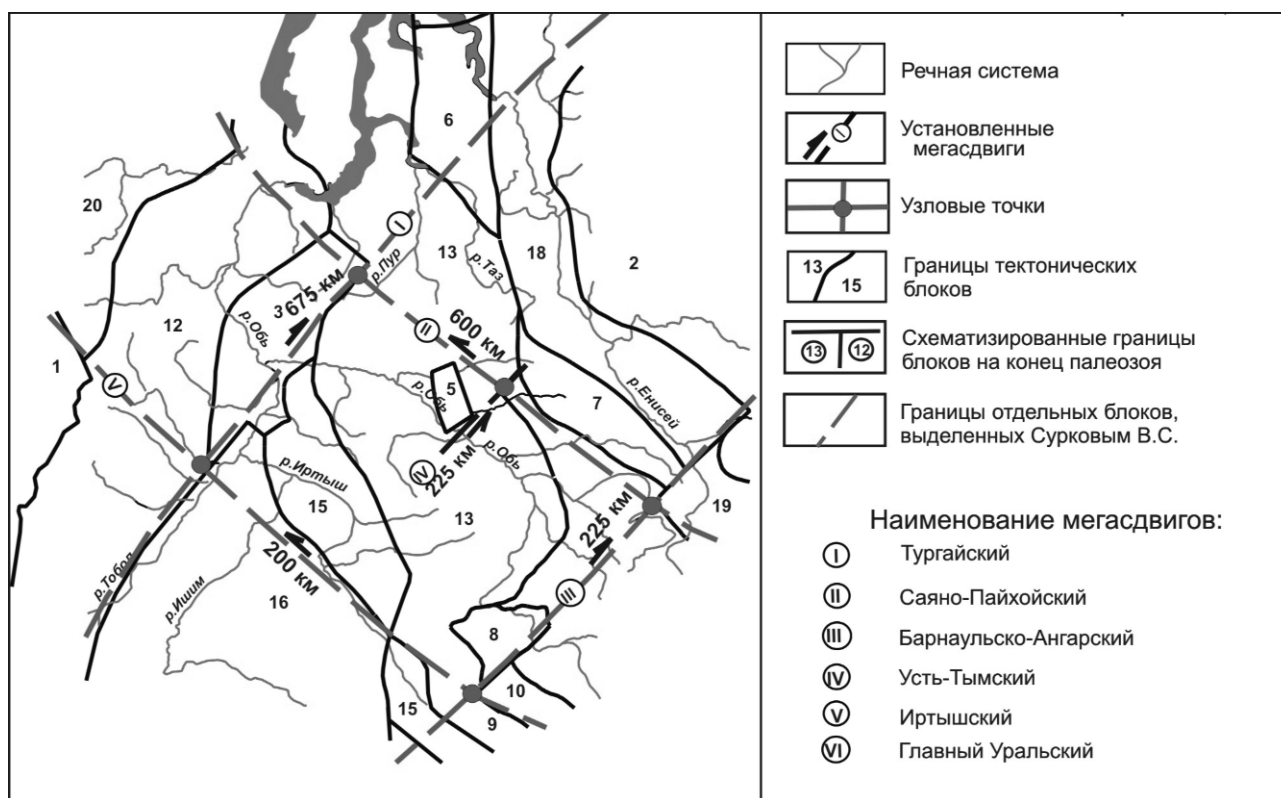


Рис.2. Система трансрегиональных мегасдвигов Западно-Сибирской плиты (Филиппович Ю.В., 2001). Легенда: 1-Восточно-Европейская платформа; 2-Сибирская платформа; 3-Уват-Хантымансийский; 5-Усть-Тымский; 6-Няояхский; 7-Верхнекетский; 8-Барнаульский; 9-Рудно-Алтайский; 10-Теректинский; 12-Уральский; 13-Центрально-Западно-Сибирский; 14-Таймырский; 15-Салымский; 16-Центрально-Казахстанский; 17-Салаирско-Кузнецкий; 18-Енисейский; 19-Восточно-Саянский; 20-Тимано-Печорский.

Сл. 2. Систем трансрегиональных мегасдвигов Западно-Сибирской плоче (Филиппович Ю.В., 2001). Легенда: 1-Источноевропейская платформа; 2-Сибирская платформа; 3-20 Називи блокава.

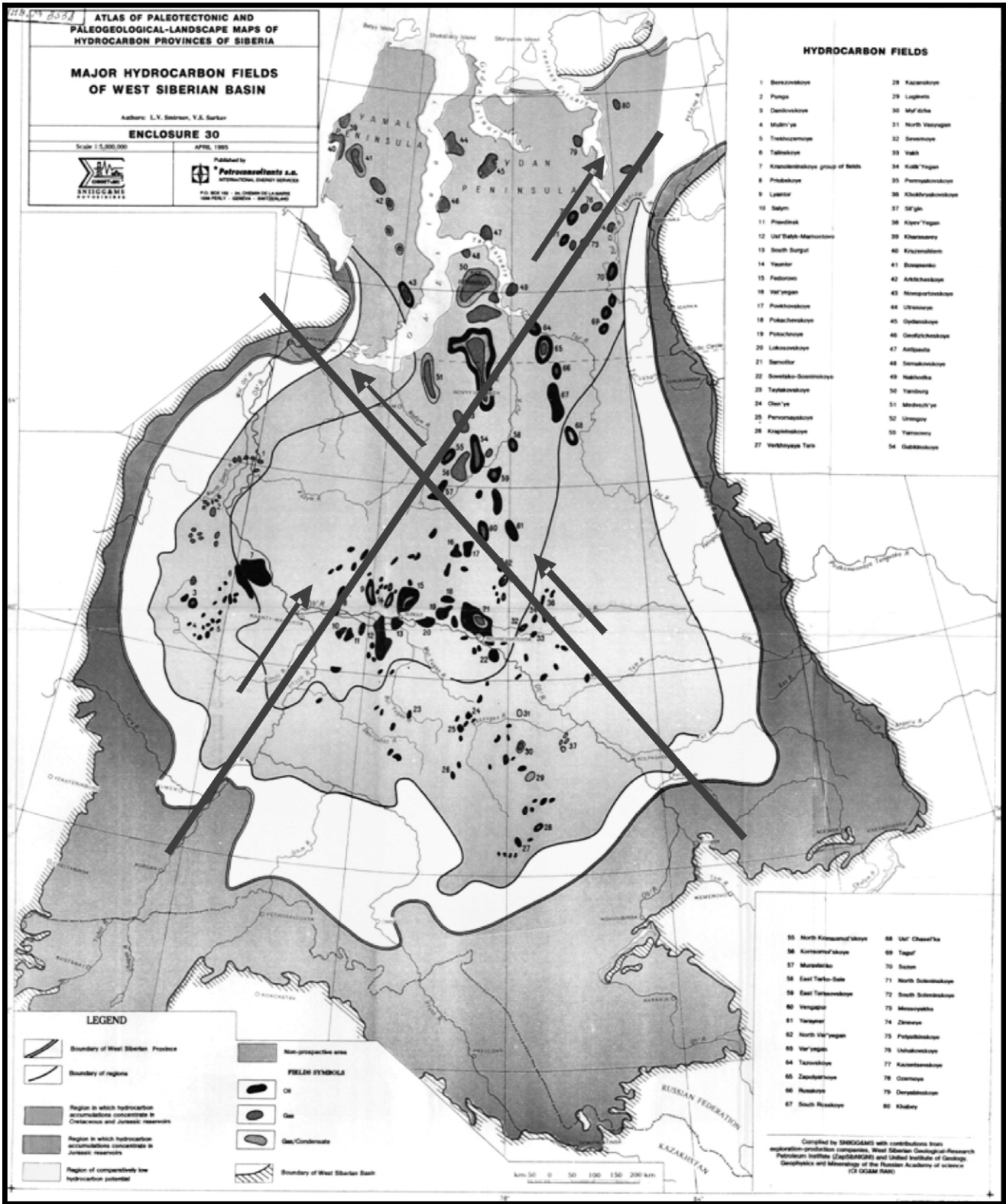


Рис.3. Упрощенная схема нефтегазоносности Западно-Сибирской геосинеклизы (СНИИГиМС, 1995)  
 Сл. 3. Упрощенная схема нефтегазоносности Западно-сибирской геосинеклизы.

кой приуроченностью. Так, наиболее выраженная закономерность отмечается по южному и северному блокам. Первый – в основном нефтяной,

второй – преимущественно газоконденсатный. При этом оба отличаются максимальным этажом нефтегазоносности. Восточный и западный блоки-

сектора характеризуются смешанным составом месторождений УВ (нефтегазоконденсатные).

Выявленная региональная закономерность позволяет уверенно говорить об определяющем влиянии на характер нефтегазоносности ЗСГС тектоно-динамического фактора. Северный блок однозначно испытывает преобладающие процессы растяжения, южный – сжатия. Восточный и западный отличаются более сложной тектонодинамической обстановкой. Причем, оба должны испытывать вращение вследствие трансрегиональных напряжений: восточный – по часовой стрелке, западный – против часовой стрелки. Здесь необходимо отметить, что направления вращения совпадают с установленными соответственно для Сибирской и Русской платформ.

Гео(тектоно)динамический подход к анализу условий генерации, миграции и аккумуляции УВ является наиболее активно развивающимся в последние два десятилетия как в общетеоретическом плане, так и уже в конкретном практическом приложении. При этом в рамках большинства геодинамических исследований в качестве определяющих рассматриваются только долговременные вертикальные движения: погружение или рост как отдельных структур, так и крупных бассейнов, то есть исследования по существу проводятся в рамках эволюционной модели. Однако наиболее сильное энергетическое воздействие на геологическую среду оказывают непродолжительные по времени (мгновенные в геологическом отношении) катастрофические преобразования, иными словами процессы, сопровождающие разрывную тектонику и, в первую очередь, горизонтальные тектонические движения.

Соловьев Н.Н. и Амурский Г.И. (1984) указывали, что наиболее плодотворными в отношении изучения процессов нефтегазонакопления должны оказаться исследования влияния динамики тектонических процессов в обстановке нелинейно-напряженного состояния земной коры. Причем тектонический фактор является определяющим не только для традиционных критериев оценки перспективности: структурно-морфологической и литолого-фациальной дифференциации осадочного выполнения бассейнов, но и, в не последнюю очередь, ответственен за ключевые геолого-геохимические процессы, в том числе включающие вертикальные и латеральные термобарические изменения. При этом Петров А.И. и Шеин В.С. (2001) отмечают эффект существенного понижения температурного барьера преобразования и генерации УВ за счет сейсмогенной составляющей (волн напряжений), возникающей при нарушении упругой сплошности пород и воздействующей по типу механизма фильтра-прессинга.

Еще на рубеже 60-70-х годов прошлого века по результатам лабораторных и полевых тектоно-

физических исследований установлено существование геодинамических переменных полей напряжений (Гзовский М.В., Кропоткин П.Н. и др.). Они фиксируются практически повсеместно активным проявлением горизонтальной составляющей, намного превышающей вертикальную. Например, в осадочном чехле Северо-Американской платформы сумма горизонтальных напряжений на глубине 700 м на 300 кг/см<sup>2</sup> превышает удвоенную геостатическую нагрузку - Соловьев Н.Н. и др. (1984).

Весьма показательным примером может служить гигантская зона сеноманского газонакопления междуречья рек Оби и Таза, которую в определенной степени контролируют фрагменты Саяно-Пайхойского и Тургайского мегасдвигов.

Карогодин Ю.Н. (2004) с целью выявления источника природного газа и установления направлений его латеральной миграции провел зональный площадной анализ изменения высот и изменения глубин ГВК сеноманских залежей северных и арктических районов Западной Сибири (рис.4). Им установлено квазиконцентрическое изменение этих параметров, что свидетельствует о существовании единого центрального источника газа. По его мнению, первоначально доминировала вертикальная миграция из глубинного очага генерации, затем происходило радиальное латеральное перераспределение УВ, формируя несколько поясов продуктивности.

Вынесенные на рисунки фрагменты генерализованных линий Саяно-Пайхойского (северо-западного) и Тургайского (северо-восточного) мегасдвигов явно располагаются не случайным образом, а наглядно демонстрируют взаимосвязанность с зональным распределением газоносности, согласуясь с морфологическими особенностями обеих карт. Причем, обе карты подчеркивают кинематическую специфику линеаментов: левостороннюю для Саяно-Пайхойского и правостороннюю для Тургайского, что дополнительно свидетельствует об их значительной кайнозойской активности.

Представленные рисунки позволяют сделать более глубокие выводы в отношении генезиса УВ, нежели которые высказал Карогодин Ю.Н. (2004). В качестве источника УВ он рассматривал органическое вещество практически всего интервала юрско-нижнемеловых отложений осадочного чехла и возможно триасовые и палеозойские образования доюрского основания. Однако в данном случае следует также принимать во внимание глубинные каталитические источники: «газовое дыхание планеты». В южном «нефтяном блоке», испытывающем преимущественно режим сжатия, очевидно, преобладает водородный состав глубинного флюида, специфической особенностью которого является наибольшая проникающая способность и максимальный восстановительный

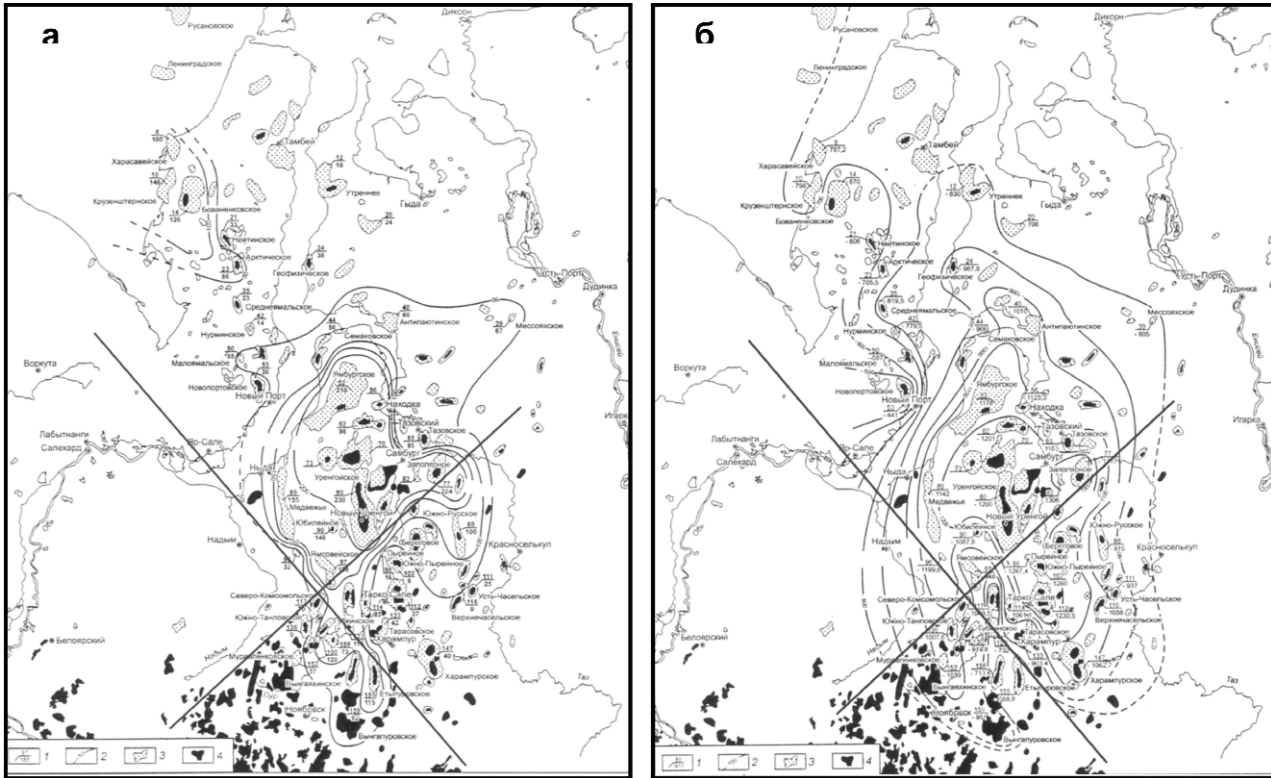


Рис.4. Единый центральный источник газа северных и арктических районов Западной Сибири (по КАРОГОДИНУ Ю.Н., 2004): а - карта высот сеноманских залежей; б - карта изменения глубин ГВК (ВНК) сеноманских залежей.

Сл. 4. Јединствени централни извор гаса северних и арктичких рејона Западног Сибира (по КАРОГОДИНУ Ю.Н., 2004): а - карта висине ценоманских слојева; б - карта промене дубине ГВК (ВНК) ценоманских слојева.

потенциал для захороненного органического вещества.

В северном «газовом блоке», находящемся в режиме растяжения и соответственно более проницаемом, предположительно преобладает глубинная метановая и углекислая дегазация (а также азот и гелий), обуславливающая процессы окисления и метанизации. Кроме того, преобладающая обстановка растяжения способствует выделению газа в свободное состояние.

Таким образом, возникающий в тектонически мобильных зонах термомеханический стресс, механохимическая активизация, неравномерное распределение по площади и разрезу термодинамических характеристик обуславливают направленность и стиль процессов нефтегазообразования и нефтегазонакопления. Соответственно, в свете рассматриваемой проблемы представляется, что выявленные трансконтинентальные мегасдвиговые дислокации определяют специфику крупных зон нефтегазон-

акопления и преобладающий тип продуктивных объектов, и, как следствие, выбор методики поисково-разведочных работ.

## Список литературы

- КАРОГОДИН Ю.Н. 2004. Закономерности локализации гигантских скоплений газа Западной Сибири. *Геологическая и геофизика*, 1, т. 45, с.49-54.
- ПЕТРОВ А.И., ШЕИН В.Ц. 2001. О необходимости учета современной геодинамики при оценке и пересчете промышленных запасов нефти и газа. *Геология нефти и газа*, 3.
- СОЛОВЬЕВ Н.Н., АМУРСКИЙ Г.И. 1984. Тектонодинамика и нефтегазоносность. *Геотектоника*, 1, с.34-40.
- Филиппович Ю.В. 2001. Новая концепция тектонического строения фундамента и осадочного чехла Западно-Сибирской плиты. *Геология нефти и газа*, 5, с.51-62.

## Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами на основе микро и макро структурного анализа

### Оптимизација разраде поља са неконвенционалним ресурсима на основу макро- и микроструктурних анализа

ИЛЬШАТ ТАЛИПОВ<sup>1</sup>, МАРАТ АЗАМАТОВ<sup>2</sup> и РУСТЭМ УСМАНОВ<sup>3</sup>

**Abstract.** Nowadays the time of giant fields with homogeneous geology is over, and more fields have unconventional resources. Unconventional resources development requires detail research of field. The “U” field locating in the Western Siberia consists, in cross section, of two overthrust slices Paleozoic base and Meso-Cenozoic sedimentary cover. Tectonically license place belongs to Verhnenadimskaya monocline in southern part of Nadim-Tazovskaya syncline. Sedimentary cover composed of heterogeneous sandstone and siltstone include production layers related to Jurassic and Cretaceous. Base formation layer (Cretaceous, BS 10-1) producing hydrocarbons since 1993 is a compound reservoir consisting of wedge-shaped interlayers. Present days problems exist in further development strategy. These problems are associated with oil recovery rate, pressure maintenance program, well pattern optimization. Thereby necessity to studying of possible filtration and fluid migration directions features occurred. Previously oriented 36 core samples from 6 wells were studied for this investigation. Orientation of core samples was provided with help of the spatial demagnetization with using step by step heating. Sediments may be characterized by three magnetic vectors. Paleovector is generated during sedimentation, chemical vector is generated if rock undergoes diagenesis and the third one vector is occurred due to present day magnetization vector influence. The first orientation vector is more stable and remains after thermal demagnetization process, thus paleovector let us orientate core samples. Coordinate system is drawn on sample after orientation of core and thin sections are carried out in three direction. Then preferential directions of filtration and fluid migration are evaluated. Studying of thin sections from oriented core samples of strata BS 10-1 approved that there are two general directions of filtration and fluid migration. Rose-diagram of distribution for porosity and date measurements preferential orientation for dislocations and microfissures gives us evidence that the main direction of hydrocarbon migration are approximately 250-350 North-East and 3500-3600 North-West direct. In addition for microstructure analysis petrophysical properties investigation was carried out on oriented core samples. Observation results display that in stratum BS 10-1 two general directions of filtration and fluid migration dominate. These results are conformable with microstructure analysis. On the base of these data geological/filtration model was constructed, well pattern was justified, directed of hydraulic fracturing and infill drilling was planned. All of these help as to select the main principles of reservoir management.

**Key Words:** Petrophysical Properties, Fluid Migration, Rose-Diagram, Geological/Filtration Model, Microstructure Analysis.

**Апстракт.** Прошло је време диновских поља са хомогеном геолошком грађом, и многа поља имају неконвенционалне ресурсе. Разрада неконвенционалних ресурса захтева детаљно проучавање поља. Поље “У” у Западном Сибиру се, у попречном пресеку, састоји од две навлаке изграђене од палеозојске основе и мезозојско-кенозојског седиментног покривача. У тектонском погледу припадају Верхненадимској моноклини у јужном делу Надим-Тазовске синеклизе. Седиментни покривач је изграђен од хетерогених пешчара и алевролита укључујући јурске и кредне продуктивне слојеве. Базални слој формације (креда, БС 10-1), из кога се производе угљоводоници од 1993, је сложен резервоар изграђен од прослојака клинастог облика. У данашње време постоје проблеми везани за будућу стратегију разраде. Ови проблеми су повезани са капацитетом производње нафте, програмом одржавања притиска, оптимизацијом мреже

<sup>1</sup> SC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Talipov.IF@yamal.gazprom-neft.ru

<sup>2</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Azamatov.MA@yamal.gazprom-neft.ru

<sup>3</sup> JSC «Gazpromneft-Noyabrskneftegaz», «Muravlenkovskneft», Muravlenko, Russia. E-mail: Usmanov.RKh@yamal.gazprom-neft.ru

бушотина. Због тога се јавља неопходност изучавања особина могуће филтрације и смера миграције флуида. Током овог истраживања анализирано је 36 оријентисаних узорка језгара из 6 бушотина. Оријентација узорка језгара је урађена уз помоћ просторне демагнетизације коришћењем постепеног загревања. Седименти се могу карактерисати помоћу три магнетска вектора. Палеовектор је генерисан током седиментације, хемијски вектор је генерисан ако је стена претрпела дијагенезу и трећи вектор се појављује захваљујући утицају данашњег вектора магнетизације. Првобитна оријентација вектора је стабилнија и задржава се након процеса термалне демагнетизације, тако да палеовектор омогућава оријентацију узорка језгара. Након оријентације језгара и израде танких препарата за три правца координатни систем нестаје са узорка. Тада је процењен приоритетни смер филтрације и миграције флуида. Испитивањем танких препарата оријентисаних узорка језгара слоја БС 10-1 потврђено је постојање два основна правца филтрације и миграције флуида. Росеов дијаграм дистрибуције порозности и подаци мерења приоритетне оријентације дислокација и микропукотина указују да су главни правци миграције угљоводоника приближно 250-350 северо-источно и 3500-3600 северо-западно. Поред микроструктурних анализа, испитивање петрофизичких особина је урађено на оријентисаним узорцима језгара. Посматрање резултата указује да у слоју БС 10-1 доминирају два главна правца филтрације и миграције флуида. Ови резултати су у сагласности са анализама микроструктура. На основу ових података урађен је геолошки/филтрациони модел, образложена је мрежа бушотина, планирана је усмерена хидраулична фрактурација и интерполацијско бушење. Све ово нам помаже да одредимо основне принципе управљања лежиштем.

**Кључне речи:** Петрофизичке особине, миграција флуида, Росеов дијаграм, геолошки/филтрациони модел, микроструктурна анализа.

**Анотација.** В настоящее время разработка гигантских месторождений с однородным строением коллектора уходит в прошлое, и всё большее внимание уделяется месторождениям с трудноизвлекаемыми запасами. В отличие от “классических месторождений”, разработка таких месторождений требует детального изучения геологии на микро и макро уровне с учетом истории разработки.

Изучение на микро уровне - микроструктурный анализ ориентированных в пространстве шлифов керн с целью исследования анизотропии в шлифах: определение ориентировки зерен, длинных осей пор, развития микротрещин и вторичных минералов.

Изучение на макро уровне - детальная корреляция пластов, структуры, развития региональных трещин с помощью 2Д и 3Д сейсмоки.

Данные полученные после исследований на микро и макро уровне могут использоваться для построения детальной геологической и фильтрационной моделей на основе которых производится подбор комплекса методов увеличения нефтеотдачи для вовлечения в разработку трудноизвлекаемых запасов.

Ключевые слова: генеральные направления фильтрации и флюидомиграции, исследования на микро- и макроуровне, трудноизвлекаемые запасы.

## Введение

Одно из месторождений с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов рассмотренное в ходе данной работы находится в разработке с 1993 года и на сегодняшний день имеет низкий текущий КИН связанный с неопределенностями в строении пласта. Новые данные 3Д сейсмоки и детальная корреляция пласта показывают, что пласт сложен пропластками и нарушен комплексом трещин. Вследствие чего для оптимизации разработки данного месторождения существовала необходимость в построении детальной геологической и фильтрационной моделей с последующим подбором и анализом комплекса методов увеличения нефтеотдачи (МУН).

Наиболее часто применяемые на практике вторичные гидродинамические МУН включают такие технологии, как нестационарное заводнение

и форсированный отбор. В сочетании с третичными физическими МУН - гидравлический разрыв пласта, уплотняющая сетка скважин, вторичные МУН представляют собой наиболее эффективный и малозатратный комплекс оптимизации разработки.

Как отмечают многие исследователи, на процесс заводнения сильное влияние оказывает, наряду с вертикальной неоднородностью, латеральная анизотропия. Известно, что свойства коллектора, такие как пористость и проницаемость, могут быть анизотропны. Пористость влияет на ресурсы резервуара, а проницаемость на процесс разработки, поэтому существует необходимость в детальном изучении этих свойств при выборе наиболее оптимальной стратегии разработки месторождения, углеводородные запасы которого подпадают под категорию трудноизвлекаемых.

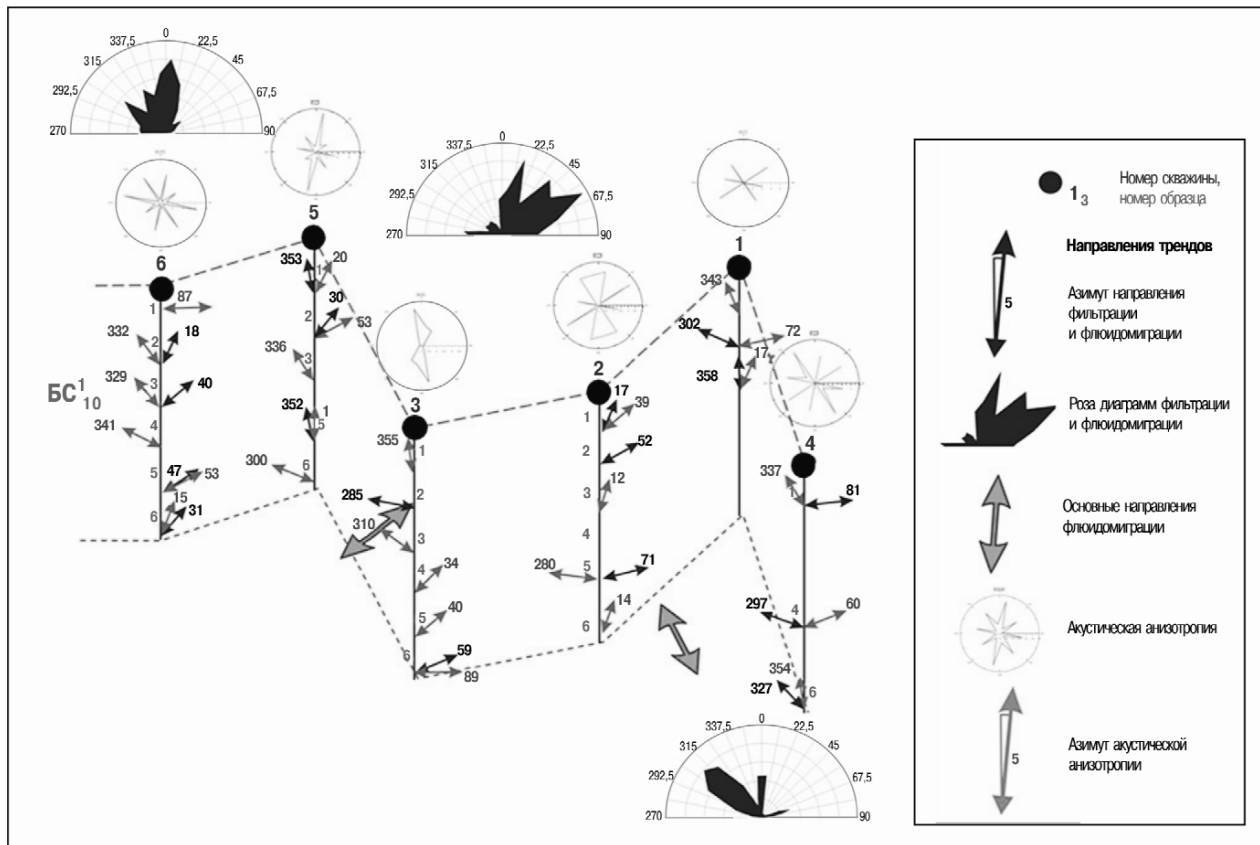


Рис. 1. Генеральные направления миграции углеводородов в резервуаре по результатам различных исследований.  
Сл. 1. Главни правци миграције угљоводоника према резултатима различитих истраживања.

### Описание месторождения

Рассмотренное в процессе работы месторождение, как и многие другие месторождения Западной Сибири, локализовано в мощной толще терригенных пород мезокайнозойского чехла, залегающего на размытой поверхности доюрских отложений. Основные продуктивные комплексы приурочены к Меловым отложениям пластов серии БС. Тектонически описываемая площадь приурочена к Южно-Пурпейскому и Умсейскому локальным поднятиям Северо-Памальяхинского структурного мыса, осложняющего северную периферию Верхне-Надымской моноклинали южной части Надым-Тазовской синеклизы.

Объект разработки – неомком БС10-1, представляющий основной промышленный интерес, ранее представлялся как однородное, согласно залегающее тело пласта. Со временем строение уточнялось на основе данных новых 2Д/3Д сейсмических исследований и бурения эксплуатационного фонда скважин. На сегодняшний день резервуар представляется как сложное тело с множеством клиноформенных пропластков и трещин. Пласт сложен преимущественно серыми, мелко-среднезернистыми песчаниками обогащен-

ными углисто-слюдистым материалом с переслаиванием алевролитов и аргиллитов, цемент - карбонатно-глинистый.

### Проблемы разработки

Существующая на месторождении система поддержания пластового давления была организована спустя 3 года после начала разработки, что привело, в свою очередь, к снижению среднего значения пластового давления на 10 атм от первоначального. На первый взгляд малое отклонение от первоначального пластового давления имеет существенное влияние на темп отбора запасов. Существующая система поддержания пластового давления характеризуется неравномерным вытеснением как по вертикали так и по латерали из-за сложного геологического строения пласта представляющего собой тело с множеством клиноформенных пропластков и трещин.

Для решения вышеперечисленных проблем связанных с разработкой рассматриваемого коллектора путем подбора комплекса МУН существовала необходимость в построении детальной геологической и фильтрационной моделей

с привлечением результатов исследований, свойств коллектора находящегося в процессе разработки, на микро и макро уровне.

### Изучение неоднородности пород коллекторов продуктивного пласта с последующим построением геологической и фильтрационной моделей

Для построения геологической и фильтрационной моделей рассматриваемого коллектора были изучены природа и закономерности развития зон фильтрации и флюидомиграции на основе анализа 36 образцов керн, предварительно ориентированных при помощи метода палеомагнитного анализа. Из каждого образца керн были сделаны шлифы в 3-х направлениях (Север, Восток, и перпендикулярно оси бурения). На основе анализа полученных шлифов проводились подсчёты: предпочтительных ориентировок длинных осей пор (пустых и заполненных твердыми и жидкими углеводородами); микротрещин, к которым относятся трещины, переходящие друг в друга, т.е. находящиеся в одной плоскости и в разрезе шлифа и пересекающие не менее 3 обломков; микродислокаций, к которым отнесены параллельные дислокации в пределах одного, как правило, крупного (более 0,5 мм) обломка; ориентировки вторичных продуктов пороодообразования. В ходе исследования было установлено, что в керне а также в шлифах наблюдаются многочисленные дефекты и дислокации зерен кварца и полевых шпатов, а также цемента. Для всех образцов характерно развитие вертикальных и субвертикальных микродислокаций, которые далее преобразовываются в видимые микротрещины. Они являются результатом напряжения растяжения, так как их полости часто заполнены вторичными продуктами. Косые дислокации, которые вероятно являются результатом горизонтальных тектонических движений, заполнены бурыми и чёрными твёрдыми частицами, либо остатками жидких углеводородов. Серии вертикальных дислокаций рассекают как отдельные обломки, так и часто объединяются в протяжённые зоны микротрещиноватости. Изучение ориентировки и подсчёты свободных и заполненных пустот, а также дислокаций и микротрещин для изучаемого пласта месторождения показало, что генеральные направления миграции углеводородов составляют  $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$  северо-восток и  $340^{\circ}$ - $350^{\circ}$  северо-запад.

В дополнение к микроструктурному анализу, на ориентированных образцах, проводилось исследование скоростей пробега упругой волны вдоль плоскости напластования. Полученные результаты хорошо коррелируются с данными микроструктурного анализа Муслимов Р.Х. (2003).

Согласно проведённых 3Д сейсмических исследований на месторождении, как отмечалось выше, имеются тектонические нарушения (рис. 2). Как можно видеть на структурной карте, направления дислокаций согласуются с данными микроструктурного и петрофизического анализа. Направление трещин совпадает с одним из генеральных направлений фильтрации и флюидомиграции –  $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$  северо-восток.

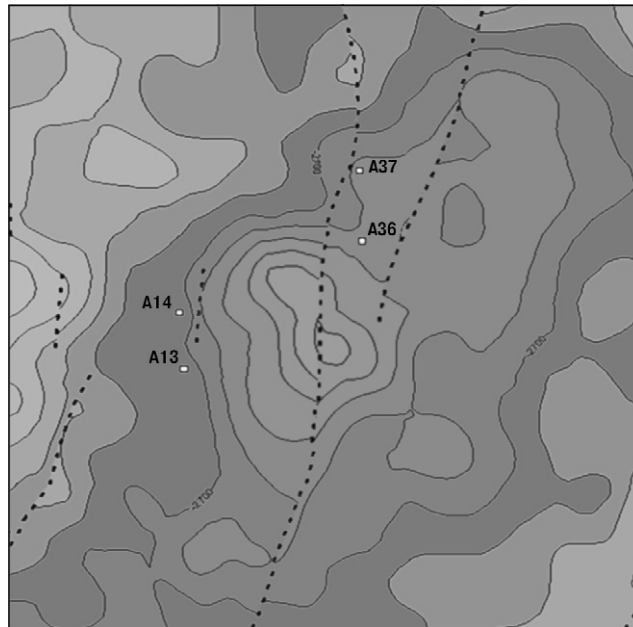


Рис. 2. Структурная карта с нанесенными тектоническими нарушениями.

Сл. 2. Структурна карта са обележением тектонским деформацијама.

Как показывают порометрические исследования с помощью центрифугирования и литологопетрографический анализ в шлифах коллектор имеет два типа пустотного пространства, во-первых, межгранулярные поры и, во-вторых, пространство, связанное с трещиноватостью.

Таким образом, можно предположить, что в продуктивном пласте наблюдается два генеральных направления фильтрации и флюидомиграции углеводородов:  $25^{\circ}$ - $35^{\circ}$  северо-восток, связанное по большей части с вторичной пористостью (микротрещиноватость и микродислокации) и  $340^{\circ}$ - $350^{\circ}$  северо-запад, связанное в основной массе с межгранулярной пористостью.

### Анализ методов увеличения нефтеотдачи

После построения геологической и фильтрационной моделей были проанализированы гидродинамические и физические методы увеличения нефтеотдачи.



### Форсированный отбор жидкости

При моделировании скважины, достигшие обводнённости 98%, переводились под форсированный отбор жидкости. Построенный график накопленной добычи показывает, что в течение 15 лет дополнительная добыча от форсированного отбора составит всего 1000т нефти (рис. 3). Таким образом, данный метод, применённый для обводнённых скважин, является малоэффективным.

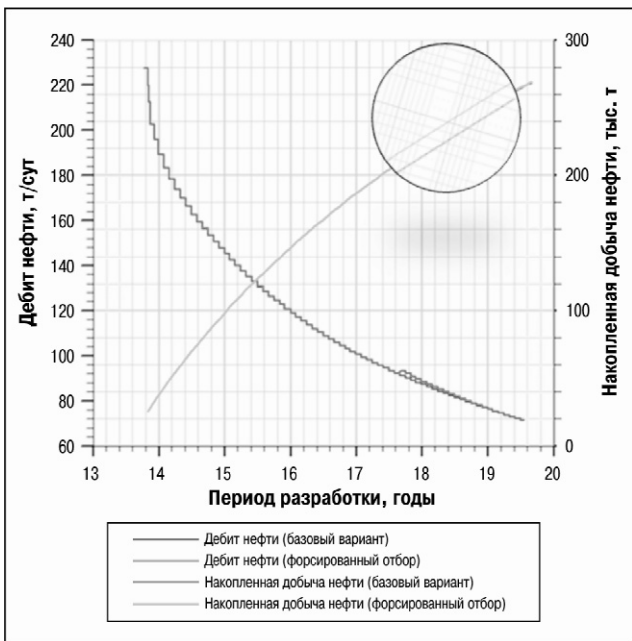


Рис. 3. Сравнение суточной и накопленной добычи нефти для базового варианта и варианта форсированного отбора. Сл. 3. Поређење дневне и кумулативне производње нафте за основну варијанту и варијанту форсираног избора.

### Циклическое заводнение

Циклическое заводнение является основным методом увеличения нефтеотдачи на месторождениях трудноизвлекаемыми запасами. В данном случае мы видим, что при использовании циклического заводнения динамика роста обводнённости уменьшается, но при этом наблюдается снижение темпа отбора нефти (рис. 4).

### Оптимизация давления закачки

Результаты расчётов на гидродинамической модели показали, что при увеличении давления закачки на месторождении обводнённость скважинной продукции увеличивается, при этом дебит добывающих скважин остаётся неизменным. Вследствие чего накопленная добыча нефти уменьшается. Исходя из этого, можно сделать заключение о том, что увеличение давления закачки не может быть

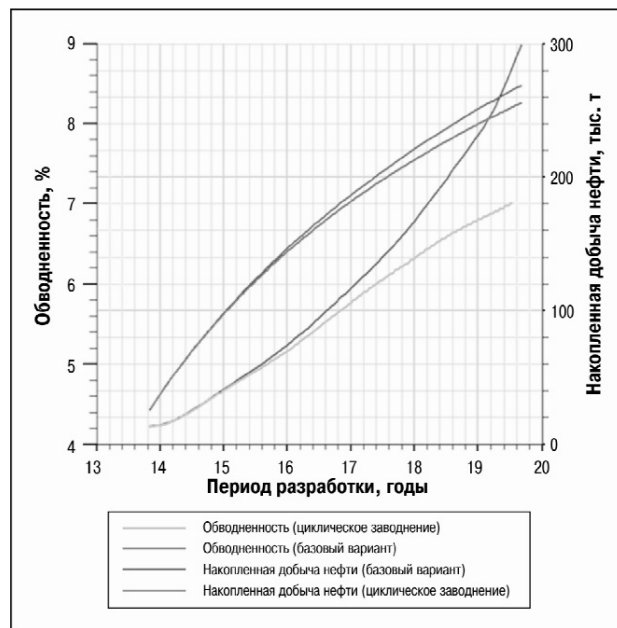


Рис. 4. Динамика обводнённости и накопленная добыча нефти для базового варианта и варианта циклического заводнения.

Сл. 4. Динамика наводнёности и кумулативне производње нафте за основну варијанту и варијанту цикличног наводњења.

рекомендовано как способ увеличения нефтеотдачи для данного месторождения (рис.5).

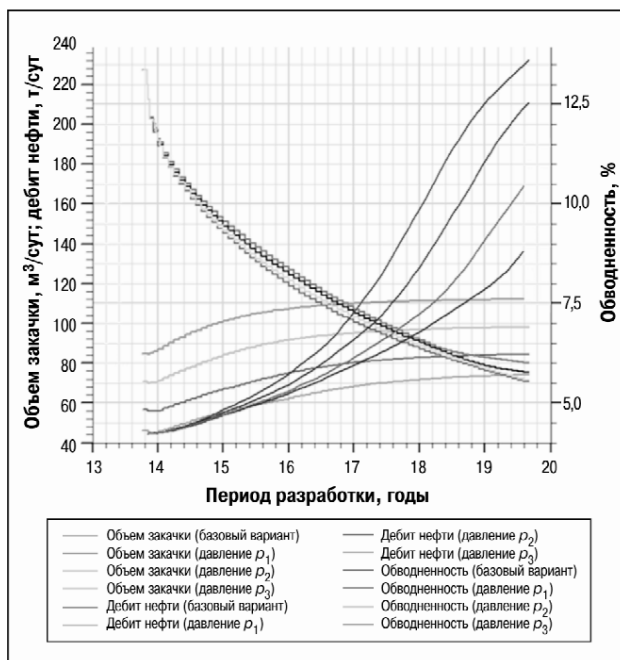


Рис. 5. Изменения дебита нефти, объемов закачки и динамика обводнённости для базового варианта и различных вариантов давления закачки.

Сл. 5. Промене у протоку нафте, обим и динамика убризгавање воде за основну варијанту и различите опције притиска убризгавања.

## Гидравлический разрыв пласта на нагнетательных скважинах

После изучения фильтрации и флюидомиграции мы можем планировать гидравлический разрыв пласта на нагнетательных скважинах для увеличения охвата заводнением. И как можно видеть на графике (рис. 6) при ГРП на нагнетательных скважинах дополнительная накопленная добыча составляет 20000 тон за 15 лет, что в свою очередь является свидетельством эффективности данного МУН на нагнетательных скважинах.

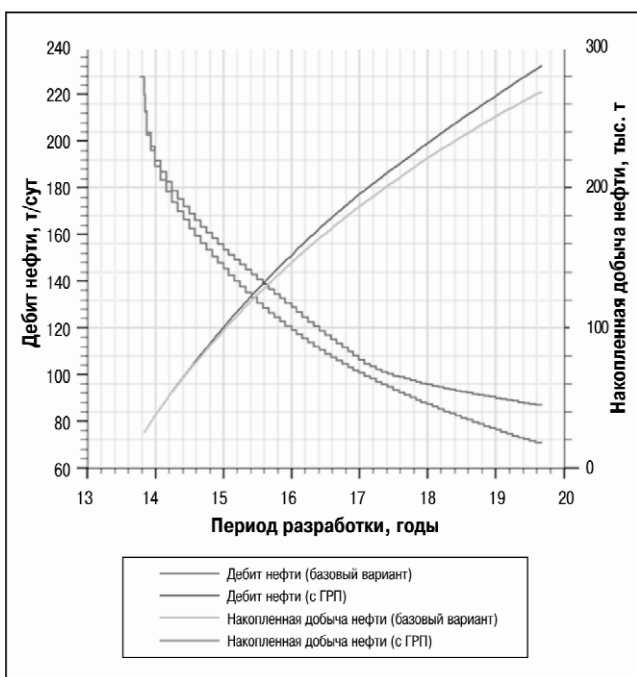


Рис. 6. Дебит нефти и накопленная добыча нефти для базового варианта и варианта ГРП на скважинах ППД.  
Сл. 6. Губитак нафте и кумулативна производња нафте за основну варијанту и варијанту ГРП на бушотинама ППД.

## Заключение

В данной работе на основе микроструктурного анализа предварительно ориентированных в пространстве с помощью палеомагнитного анализа шлифов керн были установлены два генеральных направления фильтрации и флюидомиграции углеводородов связанные с вторичной и межгранулярной пористостью.

С учётом полученных данных были построены детальная геологическая и фильтрационная модели. В моделях точно заложены направления движения флюидов в пласте. Представленные мод-

ели легли в основу анализа применимости комплекса вторичных (гидродинамических) и третичных (физических) методов увеличения нефтеотдачи.

В ходе анализа применимости различных методов увеличения нефтеотдачи было установлено, что на представленном месторождении наиболее эффективно использование гидравлического разрыва пласта с целью увеличения охвата заводнением и вовлечения в разработку недренируемых запасов. Знание генеральных направлений флюидомиграции позволило исключить преждевременное обводнение добывающих скважин.

Полученные результаты представленной работы в дальнейшем были использованы при планировании геолого-технических мероприятий на рассмотренном месторождении. Был предложен ряд добывающих скважин, с ранее проведенными гидравлическими разрывами пласта, для перевода под нагнетание.

## Рекомендации

Разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами требует изучения геологии коллектора на микро и макро уровнях. На основе микроструктурного анализа предварительно ориентированных в пространстве с помощью палеомагнитного анализа шлифов керн возможно определение генеральных направлений фильтрации и флюидомиграции углеводородов связанных с вторичной и межгранулярной пористостью с последующим учетом при построении детальных геологических и гидродинамических моделей.

Полученные детальные модели могут применяться для анализа и прогнозирования возможных областей нефте-газонакопления, а так же широко использоваться для анализа и планирования системы разработки, подбора наиболее оптимальных методов увеличения нефтеотдачи и сценариев разработки с максимальной величиной извлекаемых запасов.

## Литература

- БАГРИНЦЕВА, К.И., 1982. Трещиноватость осадочных пород.  
 ГОЛЯФ-РАХТ Т.Д., 1986. Основы нефтепромысловой геологии и разработки трещиноватых коллекторов.  
 МУСЛИМОВ Р.Х., 2003. Современные методы разработки месторождений при заводнении.  
 PASSCHIER CEES W., TROUW RUDOLF A.J., 2005. Microtectonics.  
 STACY L. McELROY, SPE 10759: The effect of lateral anisotropy on flood pattern dimensions and orientation.

## Results of multihorizon wells long-term monitoring equipped with Simultaneous-Separate Production (SSP) system on Priobskoe oil field.

ANDREI BARYSHNIKOV<sup>1</sup>, VLADIMIR SIDORENKO<sup>2</sup> & MIHAIL KREMENETSKIY<sup>3</sup>

This paper describes the experience gained through the pilot exploitation of the Simultaneous-Separate Production systems in terms of informativity and production control capability.

Overview of such systems, ways and technologies used for production control from multihorizon wells on Priobskoe oil field are also discussed in this work.

Results of downhole monitoring by the SSP (ORD – Russian abbreviation) are presented and discussed in this work. One of the benefits of the SSP was well testing during production of well at different flow regimes. Field results of such testing attempt are presented.

The main points and SSP capabilities covered in this paper are the following: Evaluation of petrophysical properties of each formation during production, including skin factor; evaluation of relative flow rates during production at different regimes; dependence of downhole hygrometer informativity upon production flow rate.

Technical issues, such as reliability of downhole flow meter in case of production below bubble point pressure discovered during the pilot exploitation period of these technologies are also described in this paper. Recommendations for further exploitation and next steps of integration of such systems are also discussed. Opportunity of uniform network of wells-monitors generation is revealed in final part of the paper.

**Key words:** Simultaneous-Separate Production (ORD), downhole monitoring, multihorizon well, flow meter, Priobskoe oil field.

---

<sup>1</sup> «Gazpromneft-Khantos» Khanty-Mansiysk, Russia. E-mail: Baryshnikov.AV@hantos.gazprom-neft.ru

<sup>2</sup> «Gazpromneft-Khantos» Khanty-Mansiysk, Russia. E-mail: Sidorenko.VV@hantos.gazprom-neft.ru

<sup>3</sup> JSC «Gazpromneft NTC» Saint-Petersburg, Russia.

## Geološki model i geneza sedimentacionog basena na području gasnog polja Martonoš-Zapad

MILUTIN BEJATOVIĆ<sup>1</sup>, RADOMIR STOJANOVIĆ<sup>2</sup> i PETAR TRIFUNOVIĆ<sup>3</sup>

Rekonstrukcija depozicionih sredina taloženja i kreiranje geološkog modela ležišta ugljovodonika, predstavljaju delikatan i kompleksan proces koji je moguće rešiti timskim radom specijalista različitih profila.

Svojstva sedimenata koja karakterišu pojedine depozicione sredine se mogu sagledati na osnovu podataka dobijenih interpretacijom seizmičkih merenja, interpretacije GFK-a (uključujući podatke dipmetra), analizom jezgrovanog materijala, proizvodnih podataka i dr.

U geološkom smislu depoziciona sredina utiče na svojstva ležišta i kolektor stene ugljovodonika kroz varijacije mineraloškog i litološkog sastava, promene oblika i krupnoće zrna, vertikalne i lateralne distribucije određenih facija, distribucije petrofizičkih parametara i dr.

Analizom i sintezom svih napred navedenih podataka i informacija kreirani su geološki modeli ležišta gasnog polja Martonoš zapad, a takođe je procenjeno da je peščarski kompleks (gasna ležišta) deponovan u priobalnom deltnom pojasu za vreme donjeg pontaa.

Na osnovu geološkog modela i procene depozicione sredine date su sugestije koje su bitne sa aspekta nastavka istražnih radova, razrade i proizvodnje.

**Ključne reči:** sedimentacioni basen, model ležišta, deltni sistemi.

---

<sup>1</sup> NIS Naftagas, Narodnog Fronta 12, 21000 Novi Sad. E-mail: milutin.bejatovic@nis.rs

<sup>2</sup> NIS Naftagas, Narodnog Fronta 12, 21000 Novi Sad. E-mail: radomir.stojanovic@nis.rs

<sup>3</sup> NIS Naftagas, Narodnog Fronta 12, 21000 Novi Sad. E-mail: petar.trifunovic@nis.rs

## Hydrodynamic Modeling for Designing Infill Drilling - Field Kikinda Varoš M+Tg

TATJANA INJAC<sup>1</sup> & SLOBODAN ANĐUŠIĆ<sup>2</sup>

Primary goal of reservoir management is to define the optimum conditions needed for as much as possible economical recovery of hydrocarbons. Today, one of the basic reservoir modeling methodology is numerical simulation. Thanks to three-dimensional picture of distribution and fluid flow within the reservoir, it is possible to interpret and understand reservoir behavior, estimate ultimate recovery factor and make development plan. After acceptable model adjustment and good history matching is obtained, simulation model provide prediction of future production profile, which is input for economic forecast of cash flow.

Kikinda varoš M+TG is one of the biggest oil field in NIS Naftagas. Field behavior during the production life of the field and basic reservoir analysis- material balance and decline curve analysis have given new estimation of original oil in place (OOIP) and oil reserves . Consequently, it was shown that there was a need for new modeling of Kikinda varoš M+Tg reservoir. Hence, it was created new static model and volumetric estimation confirmed OOIP calculated by material balance equation. Then, hydrodynamic model was done by 3D three-phase composite model. As a result of new geological and hydrodynamic model, various field development scenarios were considered, including infill drilling and implementation of EOR (according to the screening analysis, reservoir is good candidate for CO<sub>2</sub> miscible flooding). Enhanced recovery processes are very expensive and primary production is not finished yet, therefore development plan is focused on infill drilling.

After model was successfully history matched, according to the oil saturation distribution there was lot of unequally exploited zones. Partially, zones were highly saturated because of poor petrophysical properties in which production could be effectively increased by fracturing already existing wells in the basement. Beside that, hydrodynamic modeling has shown that there is a need for infill drilling in east and southeast part of field. Since the existing wells could not produce oil from that part of reservoir, infill drilling would not just increase oil production, but also would provide higher ultimate recovery of reservoir.

At first stage was used scenario which introduced 6 new wells in production, one already drilled and five new infill locations. Expected incremental oil production during period of 15 years is 382 000 m<sup>3</sup> and 41\*10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> gas, increasing ultimate recovery factor for 2%. Economic performances were excellent - payout time is one year and sensitivity analysis indicates that the project is still economically effective with reduction in planned production volume by 50%. At the end of 2009, infill drilling campaign was started with a program of 5 targets in the south east part of field. In the same time, this part of field is completely delineated. Results of drilling confirm geological model and production which is over 25m<sup>3</sup>/day by well, validate hydrodynamic model.

**Key words:** hydrodynamic modeling, oil saturation, reservoir, development plan, infill drilling, recovery factor, primary production, Kikinda, Srbija.

---

<sup>1</sup> NIS Naftagas, 21 000 Novi Sad, Narodnog Fronta 12, E-mail: tatjana.injac@nis.rs

<sup>2</sup> NIS Naftagas, 21 000 Novi Sad, Narodnog Fronta 12, E-mail: slobodan.andjusic@nis.rs

## Sedimentology of the Reservoir Rocks of Underground Gas Storage Banatski Dvor

RADMILO JOVANOVIĆ<sup>1</sup>

Banatski Dvor village is situated in the middle Banat, about 100km N from Belgrade and 15km NE from Zrenjanin town. Underground gas storage is in siliciclastics of Upper Pontian age. The reservoir rocks are light gray psammities and gray to dark gray pelites. The fine grained rocks are moderately cemented but psammities are weakly cemented to non-cemented. Sandstones are thick to thin bedded and partially horizontally laminated. In fine grained sediments horizontal and cross tabular planar lamination dominate but ripple lamination is rare. In fine grained rocks is presented syndiagenetic destruction of beds. Dark brown relicts of desiccated oil sporadically mark lamination in the fine laminae .

The texture of rocks is psammitic to pelitic. Quartz grains are dominant minerals. Muscovite and rare altered biotite are mostly concentrated in surfaces of stratification. Plagioclase are more often than alkaline feldspars. Fragments of rocks are represented by cherts and quartzites. Rare calcite grains are present. The matrix of noncemented rocks is built of involved rocks. Grains are dominantly angular to medium rounded. The sorting are medium to bad. Fine grained rocks are cemented with calcite.

According to big thickness of Upper Pontian beds, in Banatski Dvor, and in the whole SE part of Pannonian Basin, generally rapid sedimentation is caused by intensive basin subsidence which gave high rate deposition of fine grained psammitic clastics. In Upper Pontian, because of intensive tectonic, i.e. uplift movements, Pannonian Basin was already few million years isolated of world sea, i.e. the epicontinental sea was formed. That was a reason of deficiency of sea currents. The main factors which influence on transportation of clastics were: gravitation, wave and tidal currents and temporary storms. Sediment bodies, composed predominantly of fine grained sediments, were strata formed by aggradational deposition in basin. Other sediment bodies, composed predominantly of psammitic sediments, were superimposed by irregular and angular lenses formed by progradation of flooded beach.

In sedimentary bodies, two main kinds of coarse upward sequences are divided. In phases of expanded subsidence with increasing accumulation of silty-sandy sediments is formed „coarse upward sequence with prevalence of finegrained sediments“. In the beginning, the lower, fine grained part of sequence is forming by aggradational deposition. There, sandy lenses of tempestites are scarce. By reduction of intensity of subsidence and decreasing sediments accumulation, influence of energy of wave and tide is higher, but the intensity of progradation on clastic shelf is lower and starts the fractionation of yielded sediments, than with bottom currents, i.e. predominantly by saltation, the coarse grains are concentrated in tidal sandy lenses and submarine dunes of flooded shores. When the intensity of subsidence is relatively uniform, the aggradational sedimentation was equal to progradation of psammities. By bottom currents transportation the „coarse upward sequences with predominance of psammitic fraction“ is formed. Below and between of accumulation of tidal sandy lenses and submarine dunes are interbeds, beds and intercalations of fine grained sediments.

All these sedimentary processes and their products indicate that the reservoir rocks of underground gas storage Banatski Dvor were formed on sedimentary environment defined as a „clastic shelf of epikontinental sea“ with prevailed activities of waves and tidal currents in conditions of relative rapid subsidence and intensive accumulation of silty-sandy detritus from land and progradation of shore sandy facies complexes. In these kind of reservoir rocks the intensity of migration of gas fluids depend of distribution of sequences. In vertical direction gas migration intensity is variable and in lateral directions migration of gas is faster and variable with lower level of intensity.

**Key words:** Gas Storage, Reservoir Rocks, Upper Pontian, Clastic Shelf, Epicontinental Sea, Banatski Dvor, Middle Banat, Serbia.

---

<sup>1</sup> NTC NIS Naftagas, Narodnog Fronta 12, 21 000 Novi Sad, Serbia, E-mail: radmilo.jovanovic@nis.rs

## Hydrocarbon Prospectivity in the Stratigraphic Traps - Češko Selo (Southern Banat)

DUŠAN KARAS<sup>1</sup> & DEJAN RADIVOJEVIĆ<sup>2</sup>

The hydrocarbon prospect “Češko Selo” is located in the southeastern part of Pannonian Basin, between Kuštilj to the north; Izbište, Deliblatska Peščara and Grebenac in the west, the Danube River in the south and the Romanian border in the east.

Regional Rock-Eval analysis demonstrates that potential source rocks (Pannonian, Sarmatian and Badenian sediments) have modest generative potential.

The presence of Zagajica depression in the southeast where the thickness of the Tertiary sediments is over 3000 meters provides the assumption that, regardless of the geochemical study results, there is sufficient organic matter and favorable thermal maturities for the generation of significant amounts of hydrocarbons.

The presence of unconformities concomitant with intensive tectonic activities has created possible hydrocarbon migration pathways from the deeper formations.

Hydrocarbon shows from cored Pannonian and Sarmatian sediments in well Za-1 together with oil shows represented with crystalline schist in well Gc-1 leads to the focus of further research in the same formations for potential prospects. Based upon the interpretation of existing data including a seismic survey from 2005, the main exploration object within an expressed middle Miocene (Sarmatian,, Badenian) sequence represented with clastics deposited in paleovalley is determined. These sediments pinch-out toward the SE on seismic line 8095 at a depth of approximately 1070 meters.

This package of sediments are present with medium to coarse grained sediments from short distance transportation and were deposited in a shallow marine environment probably with a linear delivery (most likely parallel to the former shore line).

Seal rocks are lithologically represented by clayey-marly sediments which probably belong to the Upper Miocene.

---

<sup>1</sup> NIS Naftagas, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, Serbia. E-mail: dusan.karas@nis-naftagas.rs

<sup>2</sup> NIS Naftagas, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, Serbia. E-mail: dejan.r@nis-naftagas.rs

## Continued Quest for Hydrocarbons in Dinarides

DARKO TUFEKČIĆ<sup>1</sup>

The study results of the Lower Triassic evaporite basin setting in the Adriatic Sea area gave a strong incentive to examine in a systematic manner the northeaster margin of this huge evaporite basin. My analysis of seismic and well information demonstrates that the External Dinarides region also belongs to this geological feature, forming a distinctive evaporite sub-basin of the same age. The Central Dinaric Ridge (CRD) partially separates this sub-basin from the Adriatic Basin. Diapirism in the Dinaric sub-basin is significantly less pronounced, however, distinctive salt pillows could be mapped very reliably using seismic data. In addition, numerous outcrops of the anhydrite and gypsum occupying the marginal zone of the Basin support the assumption that the evaporite deposition of the whole basin could be classified as a basin–central evaporite deposition system.

Evaporites played an important role in structural development of the Dinarides. Compressions during the Tertiary were predominantly decoupled between pre-and post Lower Triassic evaporites. As a result, the northeaster margin shortening was accommodated by south westerly-directed fan thrust system along associated Lower Triassic evaporite decollement. In contrast to the imbricated fan zone, the central part of the sub-basin shows distinctive salt pillow tectonics clearly evidenced by geophysical data (gravity and seismic). Pulses of the salt pillows controlled the location of kilometre-scale fold structure, which has important implications for hydrocarbon exploration in Dinarides.

With favourable juxtaposition of reservoir, source and seal this area has significant potential for hydrocarbon accumulations. Consequently, this new stratigraphic and tectonic architecture might play an important role in the future exploration of the Dinarides.

**Key words:** External Dinarides, evaporite deposition, salt pillows, hydrocarbon exploration

---

<sup>1</sup> Independent Consultant, Visnjica 33, 10000 Zagreb, Croatia. E-mail: darkotufekcic@hotmail.com



## Tehničko-tehnološke mogućnosti centralne laboratorije, NTC NIS-Naftagas

DRAGAN OPRIJAN<sup>1</sup>, MIRJANA BAROŠ<sup>2</sup>, VALERIJA CINGELI<sup>3</sup> i JELENA AĆIMOVIĆ<sup>4</sup>

Zvanični početak rada Centralne laboratorije smatra se 1950. godina u Zrenjaninu. Tokom 1954 godine laboratorija je preseljena u Novi Sad gde započinje svoj razvoj prateći ciljeve Naftagasa. Od 2009. godine Centralna laboratorija je deo Naučno tehničkog centra NIS-Naftagas.

Uspješno poslovanje bazira se na stručnom kadru koji čini 18 visoko obrazovnih stručnjaka, 3 sa višom i 12 sa srednjom stručnom spremom, obavljajući ispitivanja i uzorkovanja na kapitalnoj opremi, održavajući kontinuitet dobre laboratorijske prakse. Pouzdanost i tačnost rezultata potvrđena su sertifikatom „Akreditovane laboratorije za ispitivanje“, dodeljene 1998. godine. Centralna laboratorija i danas posluje po zahtevima standarda SRPS ISO/IEC 17025:2006. Takođe je i sertifikovana po zahtevima standarda 9001:2008 i 14001:2005. Stručan rad se praktično sprovodi sa 106 akreditovanih metoda ispitivanja i 6 metoda uzorkovanja u okviru tri službe: Služba za analizu stena, Služba za analizu fluida i Služba za analizu vode i ekološki monitoring.

Sastavni deo laboratorije je zbirka sa ukupnim brojem od 24.291 m jezgrovanog materijala. U najvećem broju ona daju geološku građu panonskog basena na teritoriji Vojvodine.

Za tačne i pravovremene geološke interpretacije profila bušotina kao i određivanje potrebnih repera i granica, za određene korelacije u širem regionalnom smislu, pri istraživanju nafte, gasa i geotermalne energije, neophodno je pripremiti i obraditi veliki broj laboratorijskih uzoraka i preparata iz jezgara i proba sa sita za petrografska, paleontološka, palinološka, sedimentološka i geohemijska ispitivanja.

U Službi za analizu stena rade se mineraloško-petrološke analize instrumentalnim metodama: mikroskopska i metoda rendgenske difrakcije. Osnovni fizički parametri određuju se metodom poroziteta i propusnosti stena i oni se upotpunjuju podacima kapilariteta, faznih i relativnih propusnosti u laboratorijskim i ležišnim uslovima. Proširivanjem podataka sa sedimentološkim (granulometrijskim analizama), petrografskim i hemijskim ispitivanjima dobija se adekvatna slika stenske mase ležišta u datom trenutku bitne za razradu ležišta.

Geohemijska ispitivanja stena, nafte odnosno bitumena vrše se u svrhu karakterizacije organske materije u steni tj. određivanje matične stene, njenog naftnog potencijala, tipa organske materije (kerogena, stepena maturacije i karakteristika geneze ugljovodonika) kroz kontrolisanu pirolizu.

Služba za analizu fluida obuhvata fizičko-hemijsku analizu nafte, analizu nafte u ležišnim (PVT) i u normalnim uslovima. Pored standardnih analiza rade se i analiza ugljovodoničnog kondenzata i efikasnost hemikalija za poboljšanje karakteristika nafte. Prateći savremene tendencije u službi zaštite životne sredine i povećane upotrebe gasnih energenata rade se analize tečnog naftnog gasa, komponentni sastav prirodnog gasa, vlaga, sadržaj H<sub>2</sub>S i ispitivanja kvaliteta trietilen-glikola za sušenje gasa.

Služba za analizu vode i ekološki monitoring u svojim aktivnostima radi na analizama voda: slojne, podzemne, termomineralne, otpadne i vode za piće. Ekološki monitoring obuhvata: emisiju gasova i praškastih materija u vazduh, analizu otpadnih voda i analizu zemljišta.

U operativne poslove Centralne laboratorije spadaju uzorkovanja i merenja na terenu.

**Ključne reči:** laboratorija, ispitivanja, stene, nafta, voda, ekološki monitoring.

<sup>1</sup> Centralna laboratorija, Put Šajkaškog odreda 9, 21000 Novi Sad. E-mail: dragan.o@nis-naftagas.rs

<sup>2</sup> Centralna laboratorija, Put Šajkaškog odreda 9, 21000 Novi Sad. E-mail: mirjana.b@nis-naftagas.rs

<sup>3</sup> Centralna laboratorija, Put Šajkaškog odreda 9, 21000 Novi Sad. E-mail: valerija.cingeli@nis-naftagas.rs

<sup>4</sup> Centralna laboratorija, Put Šajkaškog odreda 9, 21000 Novi Sad. E-mail: jelena.acimovic@nis-naftagas.rs

## **Petroleum System Modeling of the Pannonian Basin: Insight From the Post Triassic Northern Banat Basin, Serbia**

JOHN D. PIGOTT<sup>1</sup>, ANDREA MAGOON<sup>1</sup>, HULYA YILMAZ<sup>1</sup>,  
KULWADEE L. PIGOTT<sup>1</sup>, DEJAN RADIVOJEVIC<sup>2</sup> & IVANA MILOVANOVIC<sup>2</sup>

Basin modeling of the post Triassic rocks of the Northern Banat polyhistory basin of Serbia provides critical insight into the effects of potential post Pannonian basin tectonics upon petroleum system evolution and the delineation of hydrocarbon exploration strategies.

Integrating borehole thermal (BHT) and geochemical (T<sub>max</sub> and R<sub>0</sub>) information with regional reflection seismic, source generation from post Jurassic source rocks in the Northern Banat commenced at 5.3 Ma in the basin deeps and in some cases extended beneath the oil floor at 1.2 Ma. Source rocks on the highs are generally thermally immature. Maximum crustal stretching betas determined from tectonics subsidence range up to 1.3 in the grabens. As maximum fluid advective rates from sediment compaction commenced at 7 Ma and extended to 5.2 Ma, the potential expelled fluids for pushing hydrocarbons overlaps the times of source rock maturation and thus provides potential migration energies. As most of the present day structure is syn-Enrod, migration pathways can be validly constructed on today's post Triassic structure and suggest East-West primary pathway mapping can delineate prospective fairway plays. Therefore, if faults associated with graben-basin development have low SGR's (Shale Gouge Ratios < 20), sealed reservoirs traps on the horst highs are appropriate exploration targets. But, if the faults have high SGR's (>20), then topsealed reservoirs traps downdip below the faults would be potential targets.

---

<sup>1</sup> University of Oklahoma, Norman OK USA;

<sup>2</sup> NIS Naftagas, Narodnog fronta 12, 21000 Novi Sad, Serbia

## Кратак преглед најзначајнијих резултата аеромагнетских испитивања Републике Србије

A short review of the most significant results of aeromagnetic survey in the Republic of Serbia

СЛОБОДАН ВУКАШИНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Аеромагнетским испитивањима читаве територије Републике Србије остварени су значајни резултати. Они се огледају пре свега у израђеним прецизним аеромагнетским картама Републике у размерама 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 и 1:2000000. Интерпретацијом аеромагнетских карата изведена су бројна геолошка сазнања, од којих су најзначајнија наведена у овом раду, по питању дубинских разлома прекривених магматита, скривених рудних лежишта, извора геотермалне енергије, лежишта угљоводоника и сеизма. Идентификоване су основне разломне структуре, дубински разломи, њихов континуитет и преко територија чији подаци површине терена на то не указују, прекривени су (у Војводини, у Шумадији). Прекривени магматити установљени су са великим степеном вероватноће у више простора, а у неким пределима утврђени су поуздано, у случају да су реверсно намагнетисани. По интересантности издвајају се прекривени магматити у Тимочној зони јужно од Бучја до Борова (на граници са Бугарском), у баљевачком миоценском басену, на Голији, у рејону Космај–Барајево, у Мачви и у Војводини на потезу Даљ–Хетин. У уској вези са прекривеним магматитима указано је на потенцијално рудоносне (са скривеним рудним лежиштима) и геотермалне терене. По запаженој одређеној просторној вези између магматогењих разлома и постојећих лежишта нафте и гаса у Војводини, указано је на терене где се нова лежишта могу очекивати. По сеизмичности посебно су испољени дубински разломи Вардарско-шумадијске зоне. Њихова активност је узрок земљотреса на простору Гњилана, Копаоника, Рудника, Маљена и терена суседних региона, у Босанској Крајини и Македонији.

**Кључне речи:** аеромагнетометрија, дубински разломи, магматити, скривена рудна лежишта, геотермална енергија, лежишта угљоводоника, сеизмизам.

**Abstract.** Aeromagnetic survey of the whole territory of the Republic of Serbia has yielded important results. These are presented first of all through generated precise aeromagnetic maps of the Republic in scales 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000 and 1:2000000. The interpretation of these aeromagnetic maps yielded voluminous geologic knowledge, the most important points being given in this paper, regarding deep fault structures, covered magmatic bodies, covered mineral deposits, geothermal energy resources, hydrocarbon deposits and seismic movement sources. The basic fault structures have been recognized – the deep faults; their continuity over the territories whose surface structure doesn't point to their existence i.e. they are covered (in Voivodina and Šumadija areas). The presence of covered magmatic bodies has been determined with high level of certainty in many areas, and in some areas it has been certified - in the case when they are reversely magnetized. The covered magmatic bodies in Timok zone south of Bučje to Borovo (bordering with Bulgaria), in Baļjevac Miocene basin, Golija mountain, in Kosmaj–Barajevo area, in Mačva and in Voivodina in Dalj–Hetin area have been singled out as very interesting. Connected to covered magmatic bodies, potentially ore-bearing areas (with covered ore bodies) and geothermal fields have been pin-pointed. According to the certain spatial connection of magmatogenic faults and the known oil and gas deposits in Voivodina, the areas where new deposits can be expected have been indicated. The deep faults of Vardar–Šumadija zone are distinguished for their seismicity. Their activity has caused the earthquakes in Gnjilane, Kopaonik Mt., Rudnik Mt., Maljen mt. and the neighbouring areas, in Bosanska Krajina and FYROM.

**Key words:** aeromagnetometry, deep faults, magmatic bodies, covered ore bodies, geothermal energy, hydrocarbon deposits, seismic activity.

<sup>1</sup> Устаничка 214, 11000 Београд. E-mail: milavuk@eunet.rs

## Увод

Аеромагнетска испитивања територије Р. Србије, регионална и детаљна, одвијала су се, са мањим и већим прекидима, у периоду 1961–1992 године. Од посебног значаја су систематска високопрецизна регионална испитивања читаве територије, од 1972–1980 године. О методологији, примењеној техници, резултатима и другим појединостима писали смо детаљно у одговарајућим публикацијама. У овој прилици дајемо кратак преглед постигнутих најзначајнијих резултата, да заинтересовани на прикладан начин стекну увид у основна остварења иницирана подацима аеромагнетских испитивања. Шира сазнања могу се наћи у ранијим детаљнијим публикацијама, са потребном документацијом, која се овде не приказује. Уопште гледано, најзначајнији резултати аеромагнетских испитивања Р. Србије, посебно регионалних високопрецизних целе територије, огледају се у израђеним аеромагнетским картама и неким веома вредним сазнањима о геолошкој грађи наше Републике, проистеклих интерпретацијом аномалног магнетског поља.

У приказу постигнутих резултата наводимо пре свега високопрецизне аеромагнетске карте, израђене на бази систематских регионалних испитивања (1972–1980), које представљају непролазну фактографску грађу, а затим респектабилне резултате геолошке интерпретације тих карата, као и карата проистеклих из детаљних аеромагнетских испитивања. Наравно, интерпретација карата аномалног магнетског поља је субјективног карактера, без обзира на уложени напор аутора да она буде што веродостојнија. Несумњиво, прецизне аеромагнетске карте пружају могућност и другим истраживачима да дају своја тумачења, бар по неким питањима.

**Аеромагнетске карте Р. Србије** израђене су у више размера, са минималном еквидистанцом између изоаномала  $\Delta T$  интензитета од  $2nT$ . У питању су карте размера: 1:100000, 1:200000, 1:500000, 1:1000000, 1:2000000, од којих су неке надграђене елементима интерпретације аномалног магнетског поља, представљене као аеромагнетско-структурне карте.

Аеромагнетска карта Р. Србије 1:100000 израђена је на истим топо основама, листовима, као и Основна геолошка карта. Обухвата 74 листа са одговарајућим Тумачем, који је припремљен за штампу. Тумач је тако конципиран да се у глобалном смислу може користити независно од стандардних карата, размере 1:100000. Ово је могуће захваљујући чињеници да је сваки лист представљен са две паралелне слике, од којих је једна само са изоаномалама  $\Delta O$  интензитета, а друга и са елементима изведеним интерпретацијом аномалног поља. Карте и Тумач компетентни рецензенти оценили су да је у питању капитално дело геолошке науке Србије.

Аеромагнетска карта Р. Србије 1:200000 израђена је на двадесет листова гриничке поделе. И ову

карту прати одговарајући Тумач, који је садржајно на исти начин конципиран као и за карту 1:100000, како по тексту, тако и по сликама, прегледним картама. Овај Тумач је за сада у виду елабората, који је такође предвиђен за штампу, као монографија.

Аеромагнетска карта Р. Србије 1:500000 израђена је на једном листу, на топо основи Војногеографског института. Оригинал карте, израђен висококвалитетно на провидној фолији, са изоаномалама у боји, на волшебан начин је нестао, 1996. године. Одговарајући војни и цивилни органи нису успели да је пронађу, као документ са ознаком “Народна одбрана, службена тајна, поверљиво.” По (црно белој) копији оригинала израђена карта прикључена је у одговарајућу студију (“Аномално магнетско поље и геолошка грађа Р. Србије”) која је предата инвеститору (1996.), Савезном секретаријату за науку. Уз студију израђена је и Аеромагнетско-структурна карта Р. Србије (карта изоаномала са елементима изведеним интерпретацијом аномалног поља) и Аеромагнетска карта Р. Србије 1:1000000. Текстурални део ове студије штампан је (2005.) у виду монографије, са само једним прилогом, са Аеромагнетско-структурном картом 1:1000000.

Аеромагнетска карта 1:2000000 израђена је у намери да буде приказана (1996.) у едицији Геолошки атлас Србије. Нажалост, вољом “моћника” до овога није дошло, на конкурс је “победила” музејска карта  $\Delta Z$  интензитета!

Детаљније о наведеним картама може се наћи у публикацији “О финалној документацији аеромагнетских испитивања Републике Србије, њеној садржини и доступности” у Записницима Српског геолошког друштва за 2003. годину.

Интерпретацијом наведених аеромагнетских карата, као и других аеромагнетских података (детаљних карата израђених у периоду од 1961. до 1992. године, података дуж профила дубоког сеизмичког сондирања), изведена су бројна геолошка сазнања од којих приказујемо најзначајнија, сходно наслову овога рада. У основи нова сазнања, геолошке импликације аномалног магнетског поља одnose се на идентификацију дубинских разлома, прекривених магматита/магматогених структура и потенцијално рудоносних (са скривеним рудним лежиштима), геотермалних, нафтно-гасоносних и сеизмогених терена као и на глобалну геоструктуру реонизацију.

**Дубински разломи** установљени су на правцима Прибој–Пријеполје–Тутин–Баковица, Зворник–Повлен–Чачак–Рашка–Голеш, Фрушка гора–Ковачица–Космај–Брзеће–Гњилане (централни дубински разлом Вардарско-шумадијске зоне), Иланца–Крагујевац–Куршумлија–Прешево, Ридань–Крепољин–Соко Бања–Руј планина, Мајданпек–Бучје–Борово и Далњ–Меленци–Хетин. Маркирани су интензивним или местимичним појавама базита (базичне и ултра-

базичне стене) и киселијих магматита (интермедијарни и др.) и њима изазваним магнетским аномалијама. Издвојено је и више других разлома, углавном дислокација релативно нижег реда које прате дубинске разломе. Од ових посебно се истиче разлом са доказаним (бушењем) постојећим прекривеним терцијарним гранитоидима на правцу Богатић–Борања, који се у правцу југа простира на Сребреницу. У магматогеном смислу издваја се и разлом на потезу Рупље–Караманица, у чијем пресецишту са попречним дислокацијама је извршен пробој терцијарних магматита.

**Прекривени магматити**, базити (ултрабазити, базичне стене), интермедијарни и кисели, аеромагнетски су индицирани углавном у оквиру разломних структура, у њиховом ужем и ширем домену. Прекривени базити установљени су скоро искључиво уз већину наведених дубинских разлома, посебно у дужем континуитету испод седимената у домену центарлног дубинског разлома Вардарско-шумадијске зоне. Познавање прекривених интермедијарних и киселих магматита има посебан рудни и геотермални значај. Ови магматити јављају се у виду интрузивних маса субвулканског и хипоабисалног карактера или гранитоидних интрузија. Индицирани су и просторно детерминисани у западној Шумадији, источној Србији и неким другим просторима. Њихово постојање је сасвим извесно у случају да су реверсно намагнетисани или да на аномалијама делимично издањују.

У западној Шумадији у питању су прекривени терцијарни магматити, представљени субвулканско-хипоабисалним интрузивним масама на потезу Брезна–Млаковац, на Руднику, код Живковаца, Венчана, на правцу Љиг–Врујци–Липа, као и гранитоидним плутонитом на подручју Космај–Барајево. Магматити на потезу Љиг–Липа и Брезна–Млаковац су реверсно намагнетисани, исто као и већи део вулканита борачког масива.

У источној Србији прекривени магматити индицирани су углавном у оквиру Риданско-крепољинског разлома и Тимочке зоне. Риданско-крепољински разлом, који се простира од Ридна на Дунаву до границе са Бугарском (планине Руј), прате магматити (тзв. банатити), на мањим или већим међусобним растојањима. У Тимочкој зони, која се простира од Мајданпека до Борова (на граници са Бугарском), прекривени магматити на потезу Бучје–Борово простиру се практично континуално испод мезозојских и терцијарних седимената, са апикалним деловима који понегде издањују. На откривеном делу Тимочке еруптивне области, између Бучја и Мајданпека, дефинисан је основни вулканитски корен, који се простира приближно средиштем области. Остале делове откривене области чине углавном пирокластички и изливне плоче са секундарним кореновима, изливним каналима. Северно од Мајданпека до Дунава, магматити по

магнетским подацима изостају. У источној Србији прекривени киселији магматити се очекују и на подручју Благојев Камен–Маркова Крчма, као и на ширем простору Старе Планине у више предела.

Осим у западној Шумадији и источној Србији постојање прекривених киселијих магматита на бази аеромагнетских података је доказано или се са великим степеном вероватноће очекује: на потезу Борања–Богатић (код Богатића су бушењем утврђени и то по аеромагнетским подацима на прорачунатој дубини), затим на правцу Дал–Хетин (уз базите), у ширем рејону сурдуличког гранодиоритског масива (углавном у његовом контактном омотачу), интрузив код Бујановца (на око 3 km испод површине), на Голији (незнатно издањују), у баљевачко-миоценском басену реверсно намагнетисани, извршио метаморфозу угља (у камени), затим на ширем простору Јастребца (Петина, М. Јастребац), код Прокупља и Подујева. У овим просторима очекују се субвулканско-хипоабисалне интрузивне масе или гранитоидни плутонити.

**Потенцијално рудносни терени**, са прекривеним/скривеним рудним лежиштима, на бази аеромагнетских података проистичу у контексту сазнања непосредне везе металогенетских процеса са развојем тектоно-магматске активности, односно да просторну дистрибуцију металичних минералних сировина најчешће условљавају разломи и магматогене структуре. Отуда је у потрази за новим рудним лежиштима од изузетног значаја утврдити и проучити ове структуре, поготово оне са прекривеним киселијим магматитима, млађим од непосредног покривача, стена погодних геохемијских особина (карбонатне и др.). Утврђени просторни однос између познатих орудњења и магнетских структура послужио је као основ за оцену потенцијално рудоносних терена, у којима има изгледа очекивати скривена рудна лежишта. Било је кључно сазнање о геотектонском и геомагнетском положају познатих рудних лежишта и схватању да појава минерализација на делу магнетске структуре истиче рудну интересантност структуре у целини. Претпостављајући одређену везу (повољна средина, генетска и др.) између узрочника магнетских аномалија и минерализационих процеса, тј. да просторна коинциденција орудњења и аномалија није случајна.

У овој прилици од потенцијално рудоносних простора везаних за напред наведене прекривене киселије магматите, са или без рудних индикација на површини терена, посебно издвајамо део Тимочке зоне између Бучја и Борова, Риданско-крепољинску зону, Благојев Камен, Стару Планину, Голију, баљевачки-миоценски басен и Космај–Барајево. На откривеном делу Тимочке зоне магматита, откривене у рецентном ерозионом нивоу северно од Бучја, магматити су условили бројна лежишта и појаве бакра и других метала. Логично

се очекује да су то условили и испод мезозојских и терцијарних седимената, на покривеном делу јужно од Бучја до Борова, у чијем пределу су на површини терена установљене рудне појаве бакра са пратећим металима. На прекривеном делу зоне истраживање скривених рудних лежишта треба започети на делимично индивидуалисаним магнетским максимумима, где су основне масе магматита релативно ближе површини терена, са којима би евентуално генетски везана орудњења могла бити понајпре индицирана (геофизички, геохемијски и др.).

У Риданско-крепољинској зони у рецентном ерозионом нивоу северно од Крепољина, откривене су рудне појаве Pb–Zn, Cu, Fe и др., просторно и генетски везане за банатите. С обзиром да су у Румунији уз банатите утврђена значајна рудна лежишта, очекује се да су и простори са прекривеним магматитима до Руј планине потенцијално рудоносни и да их треба истражити, првенствено делове изграђене од карбонатских творевина и црвених пешчара.

На ширем простору Благојевог Камена (предео Маркове Крчме) установљена магнетска аномалија изазвана је узрочником чија срачуната дубина износи око 1,5 km. Основано је идентификован као гранитоидни плутонит, коме приписујемо бројне рудне појаве волфрама, злата и сребра на површини терена. Очекујемо да је условио и значајнија скривена лежишта ових метала, па дотични терен треба адекватно истражити.

На Старој Планини уз откривене или прекривене магматите издвојено је више терена где се очекује откривање различитих рудних лежишта, која треба детаљно истражити. Уверење је базирано на одређеном просторном односу познатих минерализација и магнетских аномалија и на неким општим сазнањима. Чињеница је и да су на бугарском делу Старе Планине откривена значајна рудна лежишта и да државна граница није геолошка, металогенетска.

На подручју Голије магнетски је индицирана веома пространа гранитоидна интрузија, само незнатно издањена на површини (апикални делови), за коју се генетски везују постојеће рудне појаве Pb–Zn и др. Читав простор гранитоидног плутонита са околином је потенцијално рудоносан у погледу скривених рудних лежишта, те га у целини треба адекватно истражити.

На подручју баљевачког миоценског басена претпоставља се постојање прекривеног субвулканског интрузива, реверсно намагнетисаног. Утиснут крајем миоцена или касније, овај интрузив условио је интензивне хидротермалне промене и генезу лежишта магнезита и других минералних сировина (олова-цинка, бора и др.), као и метаморфозу угља, у камени. Упутно је адекватно истражити читав басен и његов обод.

На подручју Космај–Барајево пространа аеромагнетска аномалија изазвана је прекривеним гра-

нитоидним плутонитом, са незнатним издањем код Рогача. Њему се генетски приписују позната орудњења полуметала (Бабе, Љута страна), са Pb–Zn као водећом сировином. Познате рудне појаве откривене су захваљујући изданцима на површини терена, а логично је очекивати да нису једина и најзначајнија орудњења на читавом простору аеромагнетске аномалије, у седиментном омотачу гранитоидног плутонита. Досадашња истраживања одвијала су се практично само на Бабама, где је у античко време руда експлоатисана. Било би сврсисходно да се у целини дотични простор адекватно систематски истражи.

Вредно је истаћи и да су индицирањем и детерминисањем простора прекривених серпентинита, аеромагнетски подаци допринели да се на контакту серпентинита открију нова орудњења (Pb–Zn и др.) код Зијаче и Кишнице.

**Геотермално потенцијално перспективни терени** са вероватно постојећим прекривеним магматитима, млађим од покривача, представљају терене са могућим изворима геотермалне енергије, поред рудног имају и геотермални значај. Истаћи ћемо само неке терене, идући од западне ка источној Србији: потез Борања–Богатић, Љиг–Врујци–Липа, Млаковац–Брезна (тзв. ватрени појас), Космај–Барајево, Дал–Хетин, баљевачки миоценски басен, затим јужне делове Риданско-крепољинске и Тимочке зоне. Напомињемо да су се раније наше оцене о геотермалној перспективности у Мачви и на потезу Љиг–Врујци–Липа касније потврдиле. Код Богатића бушењем је утврђена не само термална вода (температуре до 76° C), већ и интрузија (“грејач”) на прорачунатој дубини. То очекујемо и за друге наведене терене. Посебно на “ватреном појасу” Млаковац–Брезна и на подручју Космај–Барајево.

**Потенцијално нафтно-гасносни терени** се такође у одређеном степену издвајају по аеромагнетским подацима. Бројне су присталице схватања да дубински разломи магматоног карактера, са пратећим дислокацијама, могу имати велики значај у настајању нафтно-гасних терена у домену свога распрострањена. Могу допринети стварању депресија са великом дебљином седимената, затим формирању повољних структура за акумулацију угљоводоника (антиформи и др.), а највероватније доприносе и генерисању и миграцији угљоводоника, постојању лежишта нафте и гаса. Базирајући се на овоме и постојећим локацијама познатих лежишта у Србији, Војводини, дошли смо до закључка да се откривање нових лежишта на бази аеромагнетских података може очекивати пре свега у домену дубинског разлома Дал–Хетин (посебно северни део према севернобанатској депресији), затим на правцу Брестовац–Велика Грета и у локалној депресији на ширем простору Моровића.

**Сеизмички потенцијално нестабилне терене** у глобалном смислу опредељују зоне судара плане-

тарних плоча, али за настанак земљотреса веома су битне “локалне” геоструктурне прилике појединих земаља. Тако, у нашој земљи и на ширем простору судар афричке и евроазијске плоче је општи потенцијални узрочник сеизмичности, док су појаве сеизмизма везане углавном за дубинске разломе и пратеће попречне дислокације у њиховом домену. То значи да је идентификацијом ових разлома (напред наведених) одређена и сеизмичка потенцијална нестабилност терена, на којима би се могли догодити (и догађају се) мањи и већи земљотреси.

Сеизмичка нестабилност у Србији нарочито је испољена у домену западног и централног дубинског разлома Вардарско-шумадијске зоне. Њихова активност је узрок земљотреса Гњилана, Копаоника, Рудника, Маљена и терена суседних региона (Скопља, Демир капије, односно Тузле, Босанске Крајине...). Посебну сеизмичност има подручје Копаоника, преко кога се простиру, сучељавају, три дубинска разлома. О потенцијалној сеизмичкој нестабилности Копаоника и ширег простора писали смо пре земљотреса 1978. и 1980., док је по тадашњим сеизмичким картама Србије тај терен био назначен као релативно стабилан.

Дакле, терене у домену дубинских разлома треба третирати као сеизмички потенцијално нестабилне и сагласно томе прилагодити људску делатност (градњу и др.) у дотичним просторима, укључујући и делове где до сада није била испољена сеизмичка активност.

**Геоструктурна рејонизација**, издавање основних геотектонских јединица битно се побољшава кроз податке аеромагнетских испитивања. Стечена сазнања по напред изнетој проблематици дају одређени прилог/допринос за геоструктурну, односно геотектонску рејонизацију територије Р. Србије. Проблему за чије потпуније решавање је неопходно још више геолошких и геофизичких података, као и синтетског тимског проучавања.

— • —

На крају, у овом раду укратко смо приказали најзначајније резултате аеромагнетских испитивања Р. Србије. За детаљније упознавање, заинтересоване упућујемо пре свега на штампану монографију “Аномално магнетско поље и геолошка грађа Републике Србије”, у којој је дата целокупна изворна и публикована литература. Томе ће свакако послужити и тумачи аеромагнетске карте 1:100000 и 1:200000. Први је у штампи, верујемо да ће у догледно време бити штампан и други.

## Литература

Вукашиновић, С. 2005. Аномално магнетско поље и геолошка грађа Републике Србије. Геоинститут, Београд.





## Analiza geomagnetskih merenja na sekularnim stanicama u Srbiji i na referentnoj stanici u Sloveniji u 2008. godini

### Analyses of Geomagnetic Measurements at Secular Stations in Serbia and on the Reference Station in Slovenia in 2008

SPOMENKO J. MIHAJLOVIĆ<sup>1</sup>, ALEKSANDAR ĐORĐEVIĆ<sup>2</sup> & RUDI ČOP<sup>3</sup>

**Apstrakt.** U 2008. godini, Geomagnetski zavod, izveo je geomagnetski premer na mreži sekularnih stanica u Republici Srbiji. Kampanja geomagnetskog premera, na 15 sekularnih stanica u Republici Srbiji, trajala je od juna do septembra 2008. godine.

Posle završenog geomagnetskog premera na sekularnim stanicama u Srbiji, zajednički tim istraživača iz Geomagnetskog zavoda (Republika Srbija) i Visokoškolskog centra iz Sežane – Laboratorija za geomagnetizam i aeronomiju (Republika Slovenija), u periodu od 24. do 29. septembra 2008. godine, izveli su prva snimanja dnevnih varijacija i trokomponentna geomagnetska merenja, na lokaciji referentne stanice 6000-Predmeja, na teritoriji Republike Slovenije.

Rezultati geomagnetskog premera na sekularnim stanicama u Srbiji, u 2008. godini i rezultati geomagnetskih merenja na referentnoj stanici 6000-Predmeja, upoređivani su sa geomagnetskim merenjima na Geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK).

**Ključne reči:** geomagnetski premer, sekularne stanice, spektar dnevnih varijacija.

**Abstract.** During 2008, measurements of total intensity of geomagnetic fields were carried out on the fifteen secular stations in Serbia and on the reference station 6000-Predmeja (Slovenia), by Geomagnetic Survey.

Those values were compared with values of total intensity of geomagnetic fields measured on Geomagnetic Observatory Grocka.

Details of measurements and technical data will be presented in this article.

**Key words:** Geomagnetic measurement, secular stations, Daily variations spectrum.

## Uvod

Poznato je da je magnetsko polje Zemlje složeno i da zavisi kako od unutrašnjih, tako i spoljašnjih faktora. Da bi smo iz merenog polja definisali anomalijско, potrebno je poznavanje svih ostalih, a to znači specijalna merenja koja nam to omogućuju.

Promene intenziteta vektora magnetskog polja Zemlje se dešavaju u vremenu i po prostoru, nepravilno i neregularno, i nastaju pod uticajem složenih geofizičkih procesa u unutrašnjim i spoljašnjim izvorima, te stoga nije moguće uspostaviti jedan stalni, statički model magnetskog polja Zemlje. Zbog toga, prema međunarodnim standardima IAGA-e (Internacionalne Asocijacije za Geomagnetizam i Aeronomiju

- International Association for Geomagnetism and Aeronomy), na svakih 5 godina, na osnovu geomagnetskih opservatorijskih merenja i geomagnetskih premera na stanicama i tačkama, u državama u celom svetu, izrađuje se model magnetskog polja Zemlje, koji se definiše kao IGRF - Međunarodno Geomagnetno Referentno Polje (IGRF - International Geomagnetic Reference Field).

## Geomagnetski premer

Mesta ili posebno odabrane lokacije, na kojima se projektuju objekti za neprekidne registracije varijacija i tačke za merenja apsolutnih vrednosti elemenata geomagnetskog

<sup>1</sup> Geomagnetski zavod, Put za Umčare 3, 11306 Grocka, Beograd, Srbija. E-mail: mih@sezampro.yu

<sup>2</sup> Rudarsko geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija.

<sup>3</sup> Visokoškolsko Središče Sežana, Kraška 2, 6210 Sežana, Slovenia.

polja, označavaju se kao sekularne ili referentne stanice. Promene vrednosti geomagnetskog polja određene na tim stanicama su sekularne varijacije, za određenu epohu.

Prema međunarodnim standardima, merenja elemenata geomagnetskog polja na sekularnim stanicama, su periodična i ponavljaju se u intervalima od 1 do 10 godina, a najčešće se geomagnetski premer ponavlja na svakih 5 godina. Rešenja koja propisuju internacionalne asocijacije IUGG i IAGA, kažu da rastojanje između sekularnih stanica može biti do 200 km /4/. Rastojanje između projektovanih sekularnih stanica na državnoj teritoriji u bivšoj Jugoslaviji, Saveznoj Republici Jugoslaviji i Republici Srbiji je do 100 km /10/.

Kada se izvode relativna geomagnetska merenja, tada se određuju razlike vrednosti komponente geomagnetskog polja između dve ili više tačaka merenja, za tačno definisan vremenski period. Merenja apsolutnih vrednosti vektora geomagnetskog polja predstavljaju određivanje intenziteta (modula, amplitude) komponente vektora geomagnetskog polja.

Srednja vrednost opažanog, merenog geomagnetskog polja, u određenom vremenskom intervalu, na nekoj tački, označava se kao glavno polje (stabilni, postojani deo polja). Ako je izabrani vremenski interval posmatranja godina, tada se srednja vrednost označava kao normalna, ili srednja godišnja vrednost. Ova vrednost se na geomagnetskim opservatorijama određuje iz srednje časovnih, dnevnih i mesečnih vrednosti. Na osnovu srednje godišnjih vrednosti geomagnetskog polja, u periodu jednog sunčevog ciklusa (npr. oko 10 godina), određuje se glavno ili normalno polje (MIHAJLOVIĆ & OBRADOVIĆ 2003; MIHAJLOVIĆ *i dr.* 2006).

Stanice ili tačke na kojima izvodimo periodična (ponovljena) geomagnetska merenja, označavaju se kao stanice za ponovljena merenja (*repeat stations*) i to su stanice na kojima se uvek izvode državni geomagnetski premeri, npr. geomagnetski premer na sekularnim stanicama, na mreži tačaka prvog i drugog reda. Na navedenim stanicama ili tačkama mogu se jedino razlikovati klase ili grupe geomagnetskih merenja, koje izvodimo na njima. Tačnost merenja koja se moraju ostvariti mogu biti različita, prema kategoriji geomagnetskog premera koji se izvodi (NEWITT *et al.* 1996).

Razlike se nalaze u trajanju vremenskih intervala, u kojima se izvode geomagnetska merenja, od 15–30 minuta, pa do 5 dana, na svakoj stanici ili tački. Geomagnetska merenja su trokomponentna ili merenja samo jedne komponente (skalarna merenja). Na ovim stanicama, odnosno na tačkama, geomagnetska merenja su relativna ili apsolutna. To su ponekad registracije dnevnih varijacija, a ponekad trokomponentna apsolutna merenja na mreži tačaka, sa ciljem da se definišu sekularne varijacije, za određenu epohu.

## Geomagnetski premer na sekularnim stanicama

U izbor lokacije na kojoj će biti postavljena sekularna i referentna stanica, moraju biti uključeni sledeći kriterijumi: reprezentativnost registracija i apsolutnih merenja kompo-

nenta geomagnetskog polja za regiju, u kojoj je projektovana sekularna stanica; eliminisanje anomalija geomagnetskog polja izazvanih geološkim strukturama; potpovršinske strukture – slojevi da budu električno homogeni. Lokacija stanice mora biti izdvojena, dovoljno udaljena, od veštačkih izvora smetnji (električnog, elektroenergetskog i elektromagnetskog šuma). U praksi, prilikom izvođenja geomagnetskih premera, sve nabrojane uslove za pravilan izbor lokacije za sekularnu i referentnu stanicu, često je teško ispuniti (NEWITT *et al.* 1996).

Pri izboru mesta gde će biti instaliran senzor trokomponentnog magnetometra za registracije dnevnih varijacija i pri izboru pozicija pomoćnih tačaka, u okolini sekularne stanice, na kojima se izvode apsolutna merenja komponenta geomagnetskog polja, potrebno je analizirati još neke dodatne uslove. Pri izboru navedenih tačaka, u okolini sekularne stanice, potrebno je odrediti horizontalni i vertikalni gradijent totalnog intenziteta geomagnetskog polja i potrebno je da gradijent nije veći od 3–5 nT/m. Kada je to moguće, za sekularnu stanicu i tačke, uvek se bira lokacija, do koje je u bilo koje doba i pri različitim vremenskim uslovima, moguće pristupiti. Potrebno je na lokaciji sekularne stanice imati dobar pregled, pogled i vidljivost odgovarajućih referentnih oznaka (mire- tačke, objekti u miru).

Veoma važno pravilo, koje se ispunjava pri izboru lokacija za sekularnu stanicu, jeste eliminacija magnetskog polja koje potiče od veštačkih izvora (izbegavati jednosmerne elektrificirane železnice, strujne vodove jednosmernog napajanja, prenosne (distributivne) sisteme električne struje, radarski i antenski sistemi, i drugi veštački izvori magnetskog i elektromagnetskog polja) (NEWITT *et al.* 1996).

Geomagnetski premer na sekularnim i referentnim stanicama sastoji se od registracija (snimanja) dnevnih varijacija, i apsolutna merenja komponenta geomagnetskog polja, na sekularnim stanicama i referentnim tačkama. Geomagnetska merenja na sekularnim i referentnim stanicama, često se, u praksi označavaju kao magneto-varijaciona merenja i ova kategorija merenja uvek je sastavni deo državnih geomagnetskih premera. Ponekad, magnetno-varijaciona merenja i ispitivanja izvode se u okviru kompleksnih petroloških i petromagnetskih istraživanja velikih geoloških jedinica (terana), kilometarskih raseda, basena, regionalnih ili lokalnih geofizičkih anomalija (MIHAJLOVIĆ & OBRADOVIĆ 2003).

Na sekularnim stanicama, izvode se kontinualne, digitalne registracije komponenta geomagnetskog polja (snimanje i/ili monitoring D, H, Z ili X, Y, Z komponente), u intervalu od 3 do 5 dana. U danima dok traju snimanja dnevnih varijacija, izvode se merenja apsolutnih vrednosti komponenta geomagnetskog polja. Na dvema tačkama, u okolini sekularne stanice, izvode se serije merenja apsolutnih vrednosti komponenta geomagnetskog polja, dva puta u toku dana, u jutarnjim i večernjim satima. U tradiciji kampanja geomagnetskih premera, koji su bili izvođeni u bivšoj Jugoslaviji i Republici Srbiji, ova kategorija merenja označava se kao snimanje vremenskih varijacija geomagnetskog polja, ili monitoring promenljivog dela geomagnetskog polja, odnosno monitoring dnevnih varijacija.

U geomagnetskim premerima koristi se klasa trokomponentnih i skalarnih magnetometara za digitalne registracije dnevnih varijacija (variometri, trokomponentni fluksgejt i protonski precesioni magnetometri) i za apsolutna merenja koriste se DIM magnetometri (Deklinacioni – Inklinacioni magnetometar) i protonski magnetometri, za merenje totalnog intenziteta vektora geomagnetskog polja (F ili T komponenta). Na sekularnim geomagnetskim premerima, pored apsolutnih merenja, DIM magnetometar se koristi za opažanje azimuta Sunca.

DIM magnetometar je u osnovi kombinacija teodolita na koji je instaliran fluksgejt senzor i koristi se kao standardna konfiguracija instrumenta za apsolutna merenja deklinacije, inklinacije i totalnog intenziteta. DIM magnetometar se najčešće koristi u “nultom modu”, odnosno fluksgejt senzor na teodolitu je usmeren vertikalno na pravac vektora geomagnetskog polja i na izlazu magnetometra, displeju, očitavanje signala je nula. Tačnost DIM magnetometra je od 1” do 12”, a srednja vrednost iznosi oko 5” (lučnih sekundi).

#### NETWORK OF THE REPEAT STATIONS F. R. YUGOSLAVIA 1994



Sl. 1. Mreža sekularnih stanica na teritoriji Srbije i Crne Gore

#### Rezultati geomagnetskog premera na sekularnim stanicama

U prvoj deceniji dvadeset prvog veka, u 2008. godini, Geomagnetski zavod je izveo prvi geomagnetski premer na mreži sekularnih stanica, na državnoj teritoriji Republike Srbije. Geomagnetska merenja su izvedena na 15 sekularnih stanica. Na slici 1. prikazana je mreža sekularnih stani-

ca na teritoriji Savezne Republike Jugoslavije (ili Državne zajednice Srbije i Crne Gore).

Rezultati geomagnetskog premera na sekularnim stanicama u Srbiji, u 2008. godini, su kompletno obrađeni, analizirani i upoređeni sa rezultatima merenja na geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK). Urađena je procedura redukcije geomagnetskih merenja, izračunavanje sekularnih promena i svođenje rezultata geomagnetskog premera na sekularnim stanicama, na epohu 2008.5.

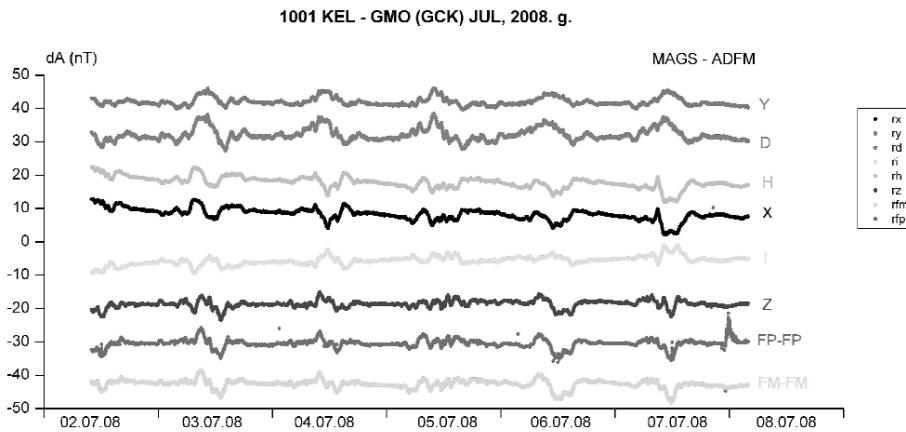
U ovom radu su korišćeni rezultati analize geomagnetskih merenja na tri sekularne stanice u Republici Srbiji (1001Kelebija; 1179 Jagodina; 1182 Novi Pazar) i na jednoj referentnoj stanici u Republici Sloveniji (6000-Predmeja). Sekundne registracije dnevnih varijacija na sekularnim stanicama, upoređene su sa dnevnim varijacijama na Geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK), i u procesu analize određene su razlike između dnevnih varijacija registrovanih na tri sekularne stanice u Srbiji i na jednoj referentnoj stanici u Sloveniji i dnevnih varijacija na Geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK).

U sekularnom geomagnetskom premeru u 2008. godini, za registracije dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja, na sekularnim stanicama, korišćena su dva trokomponentna magnetometra (variometra): Magson 11 - fluksgejt magnetometar, i GSM-19 - Overhauserov trokomponentni protonski magnetometar (često se označava kao dDdI magnetometar). Za registracije dnevnih varijacija totalnog intenziteta geomagnetskog polja korišćen je GSM-19, Overhauserov protonski magnetometar (skalarni- za merenja totalnog intenziteta (F ili T komponenta)).

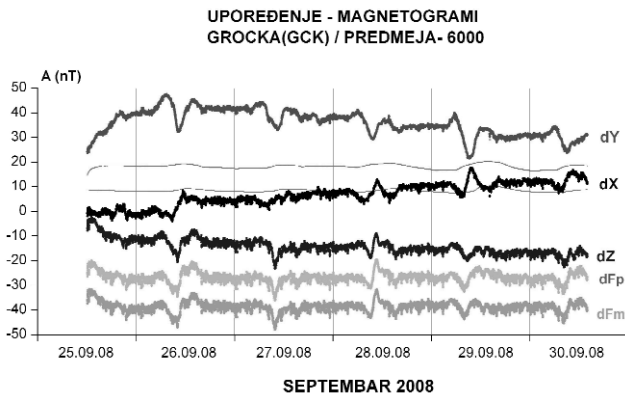
Ova klasa magnetometara ima rezoluciju snimanja digitalnih vrednosti varijacija geomagnetskog polja od 1 registracije / na 1 sekundu, a tačnost registrovanih varijacija je bila  $\Delta\Delta = \pm 0.1$  nT, a vrednosti temperaturnog koeficijenta se kreću od  $\Delta K_t = 1-5$  nT / °C. U vreme izvođenja sekularnog geomagnetskog premera, na geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK), dnevne varijacije komponenta geomagnetskog polja, bile su registrovane klasom identičnih trokomponentnih magnetometara, koji imaju istu rezoluciju i tačnost snimanja (sekundne registracije;  $\Delta\Delta = \pm 0.1$  nT).

Na slici 2 prikazani su magnetogrami - razlike između dnevnih varijacija na sekularnim stanicama 1001-Kelebija, i dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja registrovanih na Geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK), a na slici 3. prikazani su magnetogrami - razlike između dnevnih varijacija na referentnoj stanici 6000-Predmeja (Republika Slovenija) i dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja registrovanih na Geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK).

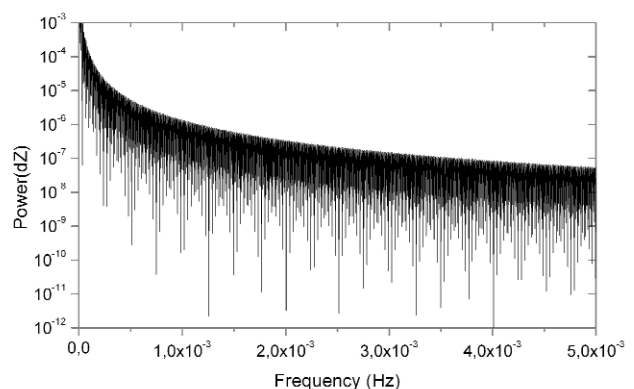
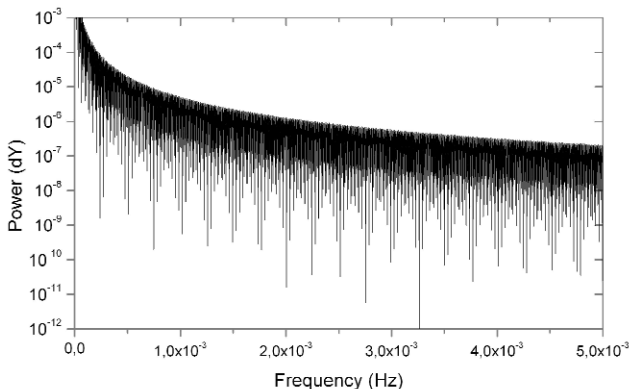
Za apsolutna merenja na sekularnim stanicama i na geomagnetskoj opservatoriji Grocka (GCK), bili su upotrebljavani DIM- deklinaciono-inklinacioni magnetometar (verzija DIM-810; verzija DIM Bartington) i protonski magnetometar (GSM-19). Apsolutna merenja na sekularnim stanicama i na opservatoriji, izvode se po metodi D,I i F serija apsolutnih merenja. Apsolutna merenja se sastoje od serije merenja uglovnih elemenata, deklinacije (D) u četiri pravca, uz istovremene registracije totalnog intenziteta, i serije merenja uglo-



Sl. 2. Magnetogrami - razlike između dnevnih varijacija na sekularnoj stanici 1001Kelebija i dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja registrovanih na Geomagnetnoj opservatoriji Grocka (GCK)



Sl. 3. Magnetogrami - razlike između dnevnih varijacija na referentnoj stanici 6000-Predmeja (Slovenija) i dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja registrovanih na Geomagnetnoj opservatoriji Grocka (GCK)



Sl. 4. Spektralni sadržaj sekundnih registracija dnevnih varijacija geomagnetskog polja na sekularnoj stanici 1001 – Kelebija, jul 2008. godine

vnog elementa, inklinacije (I) u četiri pravca, uz istovremene registracije totalnog intenziteta (F komponente) (NEWITT *et al.* 1996; JANKOWSKI & SUCKSDORFF 1996).

ne promene, zatim geomagnetski poremećaji i pulzacije. Navedene varijacije geomagnetskog polja zavise od promene indeksa solarne aktivnosti (spoljašnji izvori)

Uz primenu programskih paketa, na osnovu izvedenih serija apsolutnih merenja, izračunavaju se bazne vrednosti komponenta geomagnetskog polja na sekularnim stanicama i na Geomagnetnoj opservatoriji Grocka (GCK).

Kompletno ista procedura primenjena je i prilikom izvođenja geomagnetskih merenja na referentnoj (varijacionoj) stanici 6000-Predmeja, u Republici Sloveniji.

Sve kategorije rezultata geomagnetskog premera na sekularnim stanicama i na referentnoj stanici, od sekundnih registracija, minutnih vrednosti dnevnih varijacija, srednje časovnih, dnevnih vrednosti; kategorije apsolutnih merenja i izračunavanja baznih

vrednosti komponenta geomagnetskog polja, uporedivane su sa bazama podataka (sekundne registracije) i sa rezultatima merenja na Geomagnetnoj opservatoriji Grocka (GCK) (MIHAJLOVIĆ & OBRADOVIĆ 2003; MIHAJLOVIĆ *i dr.* 2006; JANKOWSKI & SUCKSDORFF 1996).

### Analiza rezultata geomagnetskog premera na sekularnim stanicama

Na osnovu sekundnih registracija dnevnih varijacija na sekularnim stanicama u Srbiji, definiše se signal koji ima razvoj (trend) približno obliku sinusoide. Signal takve morfologije i strukture određuje domen dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja.

Iz signala dnevnih varijacija registrovanih na sekularnim stanicama, izdvajaju se, odnosno filtriraju kratkoperiodič-

U prethodnom geomagnetskom premeru na sekularnim stanicama, na teritoriji SR Jugoslavije, za epohu 1994.5, u spektru dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja bile su korišćene minutne vrednosti. Za taj geomagnetski premer urađena je analiza spektralnog sadržaja minutnih vrednosti dnevnih varijacija (spektar amplituda; spektar snage), registrovanih na sekularnim stanicama. U kratkoperiodičnom delu spektra domonirale su grupe promena sa periodom od  $t=6$  do  $t=200$  minuta, a u dugoperiodičnom delu spektra domonirale su promene koje su trajale od  $t=600$  do  $t=1200$  minuta (MIHAJLOVIĆ & OBRADOVIĆ 2003; MIHAJLOVIĆ *i dr.* 2006).

U geomagnetskom premeru na sekularnim stanicama u Srbiji i na referentnoj tački u Sloveniji, u 2008. godini, na osnovu sekundnih registracija prikazane su dnevne varijacije, za pet dana koliko traju geomagnetska merenja. To je bilo prvi put, da su u procesu analize spektra dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja, na sekularnim stanicama i referentnoj tački, bile upotrebljene sekundne registracije. Signal dnevnih varijacija koji je definisan sekundnim registracijama na sekularnim stanicama, upoređivan je sa signalom sekundnih registracija dnevnih varijacija na Geomagnetnoj opservatoriji Grocka (GCK). Na slici 4 prikazani su rezultati analize spektralnog sadržaja sekundnih dnevnih varijacija, na jednoj "od najstarijih" sekularnih stanica, 1001 Kelebija.

Upoređenjem i postupkom svodenja ove dve grupe signala, dobijene su razlike u signalu dnevnih varijacija. U strukturi spektra ovako definisanog signala dnevnih varijacija, mogu se "zabeležiti ili odregistrovati" promene geomagnetskog polja, koje su u zavisnosti od promena eksternih izvora (solarna aktivnost, promene magnetskih i elektromagnetskih polja u životnoj sredini) i specifičnih geoloških, geofizičkih uslova u okolini lokacije, na kojoj se nalazi projektovana sekularna i referentna stanica.

Na dijagramima, je prikazana struktura kratkoperiodičnog dela spektra dnevnih varijacija Y i Z komponente geomagnetskog polja, registrovanih u julu 2008. godine, na sekularnoj stanici 1001 Kelebija. To je kratkoperiodični deo spektra dnevnih varijacija u frekventnom opsegu od  $f=2$  mHz do  $f=0.5$  Hz, i sa periodom od  $t=2$  do  $t=500$  sekundi, odnosno to su mikro-pulzacije klase Pc1 do Pc5 (sl. 4).

## Zaključak

Analiza spektralnog sadržaja kratkoperiodičnih promena na sekularnoj stanici 1001 Kelebija pokazuje da su registrovane pulzacije u opsegu od Pc1 do Pc2 (slika 4). Izvori ovih promena mogu biti promene u solarno-geomagnetskoj aktivnosti, i promene u dinamici geofizičkih procesa i uslova u okolini sekularne stanice. U slučaju sekularne stanice 1001 Kelebija, geomagnetski premer je izveden u magnetski mirnim danima. Jedna od najstarijih sekularnih stanica, 1001 Kelebija, postavljena je na krajnjem severu Vojvodine, gde su u regionalnom smislu, dominantni neogeni sedimenti. U okolnoj sredini na lokaciji ove sekularne stanice, nema dodatnih promena električnog, magnetskog i elektromagnet-

skog polja, koji bi mogli da utiču na promene u strukturi spektra dnevnih varijacija na toj sekularnoj stanici.

Prva trokomponentna geomagnetska merenja na referentnoj stanici, Predmeja-6000, na teritoriji Republike Slovenije, izvedena su po "tradicionalnim ili konvencionalnim" metodama geomagnetskih premera, koje se primenjuju u premeru sekularnih stanica u Srbiji.

Prvim registracijama dnevnih varijacija komponenta geomagnetskog polja, na referentnoj, varijacionoj stanici 6000-Predmeja, pokazane su glavne karakteristike vektora geomagnetskog polja, na terenu u okolini sela Predmeja (Slovenija) (slika 3).

U podlozi (osnovi, podini) terena na lokaciji referentne, varijacione stanice Predmeja-6000, prisutni su krečnjački slojevi, odnosno to su delovi slovenačkog karsta, u širem delu regije Istre i istarskog zaleđa. Na takvim terenima, u signalu dnevnih varijacija vektora geomagnetskog polja, može biti registrovan pojačan amplitudni spektar kratkoperiodičnih promena, koje mogu biti označene kao određeni nivo smetnji.

Dnevne varijacije geomagnetskog polja, na Geomagnetnoj opservatoriji Grocka, za period od 26–30. septembra 2008. godine, mogu biti određene kao magnetski mirni dani (*q-quiet days*). U tom slučaju, registracije izraženog spektra kratkoperiodičnih promena, u periodu magnetski mirne geomagnetske aktivnosti, u signalu dnevnih varijacija na stanici 6000-Predmeja, mogu biti označene kao posebna, specifična karakteristike signala (slika 3.). Deo spektra kratkoperiodičnih promena u signalu dnevnih varijacija, može se dovesti u relaciju sa složenim geološkim i geofizičkim uslovima, na lokaciji referentne stanice 6000-Predmeja, na teritoriji Slovenije.

## Literatura

- CHAPMAN, S. & BARTELS, J. 1951. Geomagnetism. Vol. I, Geomagnetic and related phenomena), Oxford.
- JANOVSKI, B.M. 1972. Zemnoi magnetizm I. Glava IX, Izdatelstvo Leningradskogo Univerziteta.
- MIHAJLOVIĆ, J.S. 1993. Spektralna analiza sekularnih varijacija i magnetskih bura na Geomagnetnoj opservatoriji Grocka. Magistarski rad, Beograd.
- MIHAJLOVIĆ, J.S., DJORDJEVIĆ, A., JANKOVIĆ, J. & OBRADOVIĆ, M. 1998. Spektar dnevnih varijacija geomagnetskog polja registrovanih na sekularnim stanicama u Jugoslaviji. Prvi kongres geofizičara Jugoslavije - Zbornik; Beograd, E - 10, 559–564.
- MIHAJLOVIĆ, J.S., RASIĆ, M. & SMILJANIĆ, N. 2000. Spectral analysis and determination transferal functions of electromagnetic field of the Earth. Contribution of YU Association of Physicists, Book 2, 921–924, Vrnjačka Banja - Yugoslavia.
- MIHAJLOVIĆ, J.S. *et al.* 2000. Solar Geophysical Processes and Geomagnetic Disturbances. Contribution of YU Association of Physicists, Book 2, 913–920, Vrnjačka Banja - Yugoslavia.
- MIHAJLOVIĆ, J.S. & OBRADOVIĆ, M. 2003. Metodologija magnetovarijacionih merenja. Zbornik radova XLVII Konferencije ETRAN-a, Sv.II, Beograd.
- MIHAJLOVICH, J.S. & CHOLAKOV, I. 2001. Secular Variations During the 19-21 Solar Cycles. Contributoins to Geophysics

- and Geodesy 2001, Vol. 31/1, 261–263; Publications of SAS, Bratislava, Slovakia.
- MIHAJLOVIĆ, S., POPESKOV, D., LAZOVIĆ, Č. & SMLJANIĆ, N. 2006. Geomagnetic Field Measurements at Repeat Stations in Former Yugoslavia. *Geomagnetics for Aeronautical Safety, NATO Security through Science Series – C: Environmental Security*, 43–57, Springer.
- NEWITT, L.R. *et al.* 1996. Guide for magnetic repeat station surveys. Copyright by IAGA, NOAA Space Environment Center, Boulder, CO, USA.
- JANKOWSKI, J. & SUCKSDORFF, CH. 1996. Guide for Magnetic Measurements and Observatory Practice. IAGA Publications, 1–86, Warsaw.
- RIKITAKE, T. 1966. Electromagnetism and the Earth's interior. (Chapter 19. Conductivity anomaly in the crust and mantle), Elsevier Publishing Company, Amsterdam-London-New York.
- TEHNIČKI IZVEŠTAJ - Rezultati merenja i snimanja promena geomagnetskog polja na referentnoj stanici Predmeja (Republika Slovenija) (tehnička dokumentacija Geomagnetskog zavoda i VŠC Sežana-Laboratorij za geomagnetizam i aeronomijo).

## Геомагнетски премер секуларних станица Србије 2008

### Geomagnetic Field Measurement at Repeat Stations on the Territory of Serbia During the 2008

ДРАГАН ПОПЕСКОВ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Користећи мрежу секуларних станица успостављену 1994. год. на територији Србије у 2008. год. смо извршили премер на 14 секуларних станица. Од 1960. године, па све до последњег премера, користили смо само један теренски вариометар и сада, по први пут, радила су два вариометра. На свакој станици смо имали најмање 5 дана апсолутних мерења (D, I, и F) и континуалних регистрација са два вариометра. Овако примењена радна процедура је иста као она која се користи на геомагнетској опсерваторији.

**Кључне речи:** геомагнетски, премер секуларних станица, мрежа, мерења, епоха.

**Abstract.** Using the network of repeat stations established in 1994 on the territory Serbia, we carried out field measurements in 2008 at 14 repeat stations. Since 1960 till this last survey we have been using a single terrain variometer, and now, for the first time, two variometers were in operation. Each station was occupied for at least five days for absolute measurements (D, I and F) and continuous registrations at two variometers. Therefore, the applied working procedure was actually the same one as commonly used at the geomagnetic observatory.

**Key words:** Geomagnetic, Repeat Station Survey, Network, Measurement, Epoch.

#### Увод

Геомагнетски институт је основан 29. 11. 1957. године са задатком да врши проучавање и праћење промена Земљиног магнетског поља (у даљем тексту ЗМП) на државној територији. Законом о геомагнетском институту (Службени лист СФРЈ бр. 24/74) он је задужен да прикупља податке који се односе на просторне и временске карактеристике ЗМП-а, да прати и проучава регионалну конфигурацију, израђује геомагнетске карте и да проучава закономерност развоја магнетског поља и проналази везе са тектонским, сеизмичким и другим физичким појавама у унутрашњости Земље, на њеној површини и у њеном омотачу.

#### Магнетско поље земље

Земљино магнетско поље је векторска величина која се стално мења у простору и времену. У временском домену уочене су периодичне промене које трају неколико минута, дневне промене, и оне ко-

је имају периоде од једне године, затим око 11 година (циклус Сунчеве активности) и оне промене које означавамо као вековне (секуларне). У просторном распореду нема јасне правилности, али се детаљним геомагнетским премерима и израдом геомагнетских карата, просторне промене и аномалије могу представити и интерпретирати. Ове промене могу утицати на здравље, на рад комуникационих система и безбедност у навигацији. Његово познавање је важно у примењеним геофизичким истраживањима као и код фундаменталних проучавања Земљине унутрашњости.

Можда је, ипак, најзначајније то што геомагнетско поље штити Земљу од високо енергетских честица које долазе са Сунца и могу бити веома штетне по живи свет на њој.

#### Геомагнетско поље и методе истраживања

Према пореклу узрока геомагнетско поље се дели на унутрашње и спољно, а према карактеру поја-

<sup>1</sup> Геомагнетски завод, 11 306 Брестовик, Србија. E-mail: dragan.popeskov@gmail.com

ва на стално и променљиво. Сагласно са овим организују се и спроводе геомагнетска мерења и истраживања процеса и појава, као и карактера просторних и временских промена геомагнетског поља. Прикупљени подаци могу да нам пруже корисне информације једино ако су саставни део једног дуготрајног временског низа истоврсних података, или ако се одређују у међународно препорученим временским терминима, уколико чине и континуални низ и ако су хомогени по тачности којом се одређују. Ово се остварује оснивањем геомагнетске опсерваторије и радовима на геомагнетском премеру. Док се радови на геомагнетској опсерваторији непрекидно одвијају, дотле се периодични геомагнетски премери врше:

- сваких 3–5 година на секуларним станицама;
- сваких 10–15 година на тачкама првог реда

Посебан део модерних геомагнетских испитивања представљају подаци добијени са сателита. Чињеница је да вредности геомагнетског поља нису добијене са површине Земље, па се не могу поистоветити са теренским подацима. Међутим, само сателитски подаци могу имати значај јер дају слику промена конфигурације геомагнетског поља Земље на одређеној висини и могу се давати за временске мање интервале.

## Преглед раније извршених истраживања

Листајући старију литературу везану за опсерваторијска геомагнетска мерења, и на основу забележених података геомагнетских премера, може се констатовати да територија бивше СФРЈ спада у ред геомагнетски релативно добро премераваних подручја Земљине површине.

## Досадашњи геомагнетски премери на секуларним станицама

Мерења на мрежи 15 секуларних станица правилно распоређених по територији СФРЈ су вршена сваких 5 година у периоду 1960–1970. година, а између 1971 и 1989. године мерења су вршена сваке 3 године.

Познати догађаји у вези распада СФРЈ и стварања СРЈ, односно СЦГ, учиниле су да се једини нови премер секуларних станица радио 1994. год.

Током 2005. године, на основу Пројекта геомагнетског премера секуларних станица и аеродрома СЦГ оствареног за потребе АКЛ из Београда извршен је делимичан геомагнетски премер. Од постојећих 14 секуларних станица геомагнетска мерења су изведена на 8 секуларних станица.

Детаљнији приказ о овој проблематици дат је у поглављу Литература, бр. 3 и 4.

## Геомагнетски премер на секуларним станицама изведен током 2008. године

Основни задатак Премера секуларних станица државне територије је да омогући дугорочно праћење геомагнетског поља кроз простор и време. У том циљу треба да се задовоље неки основни критеријуми:

– Мрежа секуларних станица се формира у систему једнакостраничних троуглова (триангулација), са станицама величине 80–100 km.

– При избору локалитета станице води се рачуна о репрезентативности и геомагнетској хомогености.

– Распоред секуларних станица треба да је фиксан, и то се обезбеђује укопавањем каменог бетонског стуба, јер свака промена локације би у поређењу резултата са претходним премером имала урачунату и разлику изазвану променом места.

– Мерења треба да су истоврсна, како по квантитету (исто време задржавања на станици), тако и по квалитету (мерења се изводе инструментима исте класе тачности).

Премер је изведен на мрежи тачака која је успостављена 1994. године. На свакој секуларној станици теренска екипа је вршила трокомпонентна геомагнетска мерења током пет дана. Теренски радови су изведени у периоду јун–новембар 2008. године. Ишло се, генерално, од севера државе према југу.

## Методологија теренских радова

По доласку на секуларну станицу прво се поставља варијационистаница. За релативна мерења, односно континуалну трокомпонентну регистрацију елемената ЗМП-а, коришћени су теренски вариометри типа Магсон и dIdD. У близини, на око 15-ак метара, протонски магнетометар типа ГСМ-19 је вршио континуалну регистрацију тоталног интензитета ЗМП-а. Инструменти су радили у секундном режиму рада.

На две тачке у околини, на растојању од око 1 km од варијационе станице, вршена су апсолутна трокомпонентна геомагнетска мерења. Деклинација и инклинација су мерене деклинационо-инклинационим магнетометром (ДИМ) типа Бартингтон. Пре и после мерења овим инструментом вршена су мерења тоталног интензитета ЗМП-а. Сет апсолутних мерења био је у систему FDIDIF, и изводио се сваког дана што раније пре подне и што касније поподне. Саставни део ових мерења било је одређивање астрономског севера, оно се вршило када су то временске прилике дозвољавале.

У току премера секуларних станица 2008. год. користили смо и ГПС технологију. Подаци се примају са одговарајућих сателита и односе се на тачно време и тачно просторно позиционирање. Ови пријемници су повезани са протонским магнетометрима.



## Обрада података

Прва, прелиминарна обрада података се врши на терену. Ово је неопходно да би били сигурни у исправност инструмената, а самим тим и валидност комплетних теренских података. Апсолутна поузданост и коначна обрада није могућа без упоређења са истоврсним подацима регистрованим на геомангнетској опсерваторији Гроцка.

Коначна обрада података добијених са терена се врши по завршетку комплетног премера секуларних станица. Саставни део ове обраде је упоређивање варијација геомангнетског поља добијених на терену са истоврсним опсерваторијским подацима. Треба водити рачуна да се мора сачекати крај текуће године, због коначне обраде геомангнетских података добијених на геомангнетској опсерваторији Гроцка.

Мерења на свим секуларним станицама треба свести на исту временску тачку што се стручно назива свођење на епоху.

Све је ово потребно знати јер се мерењима на секуларним станицама симулирају мерења на геомангнетским опсерваторијама. И ово је разлог за што пажљивију обраду података, јер ми немамо регистрације на секуларним станицама током 365 или 366 дана, већ само током 3–5 дана, па свака појединачна грешка у тако малом сету мерења има далеко већу тежину него кад се ради о опсерваторијским подацима. Током 2009. године урађена је комплетна обрада података мерења. Ова обимна техничка документација има укупно око 1500 страна. Ово је било потребно урадити јер се по први пут ради са два теренска вариометра. Тек пошто се за сваку секуларну станицу заврши са овим прорачуном ради се дефинитивна рачуница поправки за сетове апсолутних теренских мерења.

Овај обиман материјал налази се и биће доступан у просторијама Геомангнетског завода у Брестовику.

Као крајњи резултат добијени смо, за сваку секуларну станицу, јединствене податке о елементима геомангнетског поља Земље сведене на епоху 2008.5.

Методологија обраде наших теренских мерења усаглашена је са препорукама IAGA, видети у поглављу Литература, бр. 1 и 2.

## Нормално поље

По обављеним теренским мерењима треба извршити обраду података. Уколико има две или више тачака на једној секуларној станици одређује се једна јединствена вредност. Она може бити дата као вредност једне од тачака или као аритметичка средина више њих. При томе се мора исти принцип уважавати током поновљених премера секуларних станица државне територије. Није битно да ли се један принцип узима за све секуларне станице, али је важно да се за свку појединачну секуларну станицу примењује, од премера до премера, исти принцип.

Ми имамо само једну геомангнетску опсерваторију, неке европске земље имају две или више геомангнетских опсерваторија. У другом случају, зависно од конфигурације геомангнетског поља и густине секуларних станица, има случајева да се при премеру секуларних станица ослањају само на геомангнетске опсерваторије, или да постављају теренску геомангнетску опсерваторију за више суседних секуларних станица. Наш приступ је од почетка извођења геомангнетских премера секуларних станица био јасан и јединствен: увек смо имали на свакој секуларној станици теренску геомангнетску опсерваторију. Сада, током премера секуларних станица Србије изведеног 2008. год. имали смо два теренска вариометра. На овај начин смо се још више приближили симулацији геомангнетске опсерваторије, како по квантитету тако и по квалитету и релативних и апсолутних мерења.

На основу мерења на 14 секуларних станица сведених на епоху 2008.5 и на основу средњегодишње вредности на геомангнетској опсерваторији Гроцка као 15. тачке, извршили смо прорачуне геомангнетског премера Србије.

За сва геомангнетска мерења основни су подаци добијени мерењем, тзв мерење вредности, на основу њих се рачунају вредности нормалног поља, а аномалне вредности представљају њихову разлику.

Приказ мерених вредности у графичком облику није од неког већег значаја, јер се ради о малом броју тачака, али је важан за међусобна упоређења са раније изведеним геомангнетским премерима.

Приказ нормалног поља у графичком и цифарском облику је од највећег значаја, јер он, заједно са истоврсним подацима раније изведених премера секуларних станица, даје слику о дугопериодичним променама, и ови подаци су сврха и циљ сваког геомангнетског премера секуларних станица.

Приказ аномалних вредности геомангнетског поља добијених из више премера секуларних станица даје оцену стабилности (квалитета) мерења за сваку појединачну секуларну станицу. Велика аномална вредност једне станице током једног премера не значи да су мерења лоша нити да је изабрана лоша локација. Накнадним упоређивањем ових података са мерењима током више премера у случају да даје стабилну, ма колико велику, аномалију, знак је исправности свих мерења и изабране локације. Напротив, ако вредност аномалије знатно варира од премера до премера, ову тачку треба изместити на неко, у геомангнетском смислу, мирније место.

## Поступак и врсте обраде података у циљу добијања вредности нормалног поља

Уобичајени поступак за што прецизније и што детаљније праћење промена геомангнетског поља државне територије у систему простор и време је извођење премера секуларних станица и таква об-

рада података које ће дати математички израз и графички приказати конфигурацију тог поља. У том смислу опште је прихваћен математички модел који се зове полиномијална анализа. Општи израз полиномијалне анализе другог степена гласи:

$$V=A_1+A_2*(X-X_0)+A_3*(Y-Y_0)+A_4*(X-X_0)^2+A_5*(Y-Y_0)^2+A_6*(X-X_0)*(Y-Y_0)$$

где су  $X$  и  $Y$  географске координате тачке на површини државне територије, а коефицијенти  $A_1, A_2, \dots, A_6$  су константе које важе за поменути површину. Због лакшег рачунања (данас то и није велики проблем) и боље прегледности резултата користи се такозвана централна тачка. То значи да се на средини површине изабере тачка са географским координатама  $(X_0, Y_0)$ .

Комплетан износ  $V$  представља вредност нормалног геомагнетског поља на произвољно изабраној тачки са координатама  $(X, Y)$  и односи се на рачунату епоху.

Сада се нећемо бавити исцрпно свим аспектима значаја секуларне варијације, али се мора истаћи њен значај за:

- свођење и анализу података геомагнетских мерења изведених између два премера,
- дугопериодично праћење промена геомагнетског поља,
- израду прогнозних вредности елемената геомагнетског поља, било појединачно, било за неку територију када се дају прогнозне геомагнетске карте.

Сада ћемо, дати и нумеричке вредности коефицијената нормалног поља добијених геомагнетским премером секуларних станица Р. Србије изведеног током 2008. године. Приказане су вредности за хоризонталну компоненту ЗМП-а:

$$H=22\ 788.5-15.9*(X-X_0)-574.9*(Y-Y_0)+14.4*(X-X_0)^2-3.4*(Y-Y_0)^2+13.3*(X-X_0)*(Y-Y_0)$$

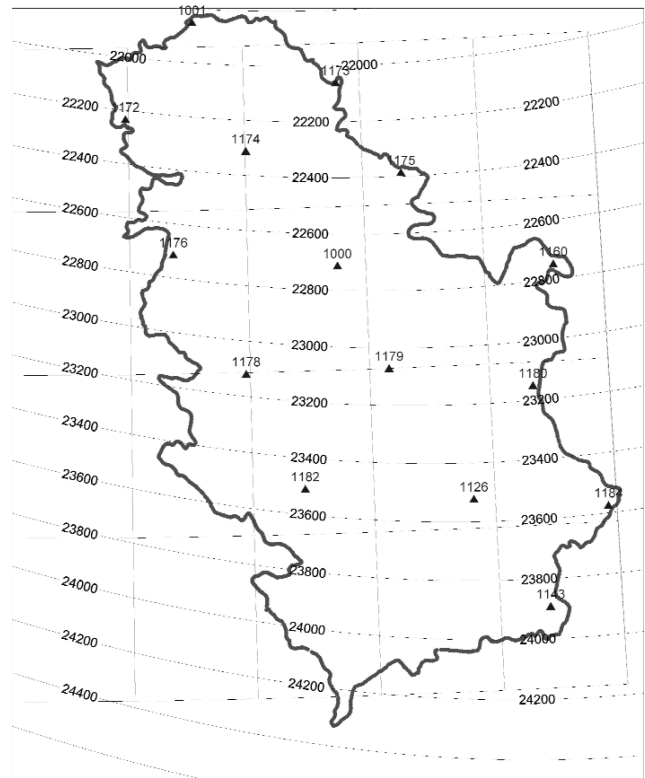
$$X_0 = 21; Y_0 = 44.5$$

На слици 1 приказан је изглед нормалног поља хоризонталне компоненте на територији Р. Србије за епоху 2008.5.

## Закључак

Геомагнетски премер секуларних станица Србије изведен 2008. године урађен је на високом техничком нивоу. Пошто су континуалну регистрацију варијација геомагнетског поља вршила два електронска вариометра може се констатовати да смо се тиме још више приближили изједначавању квантитета и квалитета између геомагнетске опсерваторије и теренске геомагнетске опсерваторије.

ГЕОМАГНЕТСКИ ПРЕМЕР СЕКУЛАРНИХ СТАНИЦА СРБИЈЕ  
H КОМПОНЕНТА - NORMALNO POLJE  
ЕПОХА 2008.5



Слика 1.

Геомагнетски премер изведен током 2008. године инструментално и у смислу обраде теренских података треба да буде основа и узор за будуће радове овог типа.

Резултати геомагнетског Премера секуларних станица изведеног 2008. године дају основу за израду геомагнетских карата актуелне епохе, а исто тако су употребљиви и за израду прогнозних геомагнетских карата. Заинтересовани корисници за ове карте су бројни, Рударско-геолошки факултет у Београду, Војногеографски институт, Војска Србије, Авио Контрола летења итд.

## Литература

- JANKOWSKI, J. & SUCKSDORFF, C. 1996. Guide for magnetic measurements and observatory practice. IAGA, p. 235, Warsaw.
- NEWIT, L.R., BARTON, C.E. & BITTERLY, J. 1996. Guide for magnetic repeat stations surveys. IAGA, p. 114, Warsaw.
- POPESKOV, D. & VUKADINOVIĆ, S. 2003. Current status of repeat stations surveys in Serbia and Montenegro. I European repeat station workshop, Niemgk.
- POPESKOV, D. 2003. Geomagnetic field measurements at repeat stations on the territory of Yugoslavia in the period 1957-2003. I European repeat station workshop, Niemgk.

## Одређивање апсолутних вредности гравитационог убрзања у Србији Determination of Absolute Gravity Values in Serbia

МИРОСЛАВ СТАРЧЕВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У сектору за Основне геодетске радове Републичког геодетског завода из Београда, током 2007. године започета је активност око процедуре за извођење мерења апсолутних вредности гравитационог убрзања на територији Србије, по први пут у њеној историји. Захваљујући шведском донаторском пројекту SIDA са канцеларијом у Београду, ова мерења су успешно спроведена крајем 2007. године.

Мерење убрзања извршено је на три тачке на територији Републике Србије и то: манастир Гргетег на Фрушкој Гори, манастир Градац код Рашке и манастир Свете Богородице у Сићеву крај Ниша.

У раду ће бити приказани детаљи извођења мерења и технички подаци, а презентираће се и значај ових радова за крајњи циљ - одређивање геоида високе резолуције за простор Републике Србије.

**Кључне речи:** апсолутно убрзање, геоид.

**Abstract.** During 2007. in Republic Geodetic Authority, Department for Fundamental Geodetic Works, the procedure for activity regarding to measurements of Absolute gravity values in Serbia was started, first time in history. Thanks to Donation Project SIDA, Belgrade Office, these measurements were successfully performed in the end of 2007.

Absolute gravity measurements are carried out on three points in Serbia as follows: Grgeteg monastery on Fruška Gora mountain, Gradac monastery close to Raška and Saint Mary monastery in Sićevo close to Niš.

The details of measurements and technical data on this measurements will be presented, and significance of this work for the main target - the shape of precise Geoid determination for Serbia as well.

**Key words:** Absolute gravity, geoid.

### Локација мерења

Мерења су спроведена на три тачке на територији Србије, водећи рачуна о довољној међусобној удаљености и покривености територије. Одабрано је да се мерења спроведу у манастирима јер за осетљиви инструмент то су били идеални услови: затворени простор, мирно место без вибрација и буке, са релативно константним притиском и температуром. После обиласка више манастира у Србији од стране шведских и наших стручњака, одабрана су три који највише одговарају траженим условима: манастир Гргетег на Фрушкој Гори, манастир Градац код Рашке и манастир Свете Богородице у Сићеву крај Ниша.

Географски положај тачака на којима је вршено мерење приказан је на слици 1.

### Мерна опрема

Мерење убрзања вршено је апсолутним гравиметром FG5, серијски број 233 који ради на принципу слободног пада тела. Мерења су вршили чланови шведске екипе, а са наше стране били су присутни Мирослав Старчевић и Срђан Ђаловић из Републичког геодетског завода.

Гравиметар FG5 произведен је у фирми Micro-g LaCoste Inc. (USA) и то је данас најсавршенији инструмент у свету за ове намене, са апсолутном грешком мерења од око 2  $\mu$ Gal. У овом случају термин “апсолутно” означава релативно у односу на апсолутне физичке стандарде за време и дужину. Ово значи да инструмент мора врло пажљиво да се калибрише у односу на стандарде који се примењују у међународним лабораторијама.

<sup>1</sup> Републички геодетски завод, Булевар Војводе Мишића 39, 11000 Београд. E-mail: starcevicstari@yahoo.com



Сл. 1. Географски положај мерних тачака  
Fig. 1. Location of measured stations

Апсолутне вредности убрзања одређене су за висину 1.2 m од пода на коме је инструмент стајао, што је међународни стандард за овакву врсту радова. На основу мерених вредности вертикалног градијента, срачунате су апсолутне вредности убрзања и на поду. Оне ће се користити код одређивања разлика убрзања релативним гравиметром.

Гравиметар за мерење апсолутних убрзања FG5 у раду на тачки Гргетег приказан је на слици 2.

На свакој од три станице спровођена је следећа процедура мерења:

- Мерења су прикупљена у две сесије са оријентацијом ка северу и ка југу. Свака сесија трајала је 24 сата. Разлог мерења у две сесије је да се максимално смањи ефекат кориолисове силе на објекат у слободном паду у срцу инструмента. Разлог мерења у трајању од 24 сата у једној сесији је да се смање ефекти океанске плиме и осеке.

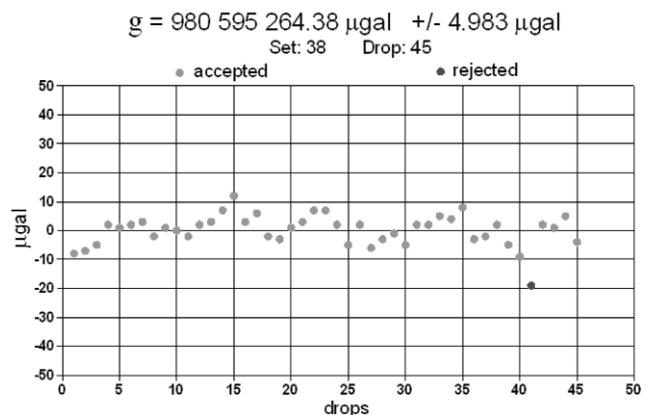
- Свака сесија од 24 сата подељена је у 48 серија од по 50 слободних падова. Један слободни пад укупно је трајао око 10 секунди (око пола секунде за слободан пад тела и остатак времена за подизање објекта специјалним лифтом), што значи да је свака серија трајала око 8 минута. Такође, временски интервал између две серије износио је 30 минута.



Сл. 2. Мерење апсолутног убрзања гравиметром FG5 на тачки у Гргетегу  
Fig. 2. Absolute gravity measurement by Gravity meter FG5 in Grgeteg Monastery

- Хоризонталност и вертикала инструмента проверавани су и кориговани (ако је било потребе) једном у 3 до 4 сата, изузев ноћу. Последња провера пред ноћ била је око 22 сата и прва наредна провера била је око 8 сати ујутру.

На слици 3 дат је графички приказ мерења за сваки слободан пад на преносном рачунару.



Сл. 3. Приказ мерења за слободне падове  
Fig. 3. Graphical view of measurements

## Одређивање вертикалног градијента убрзања

Вертикални градијент убрзања мерен је због потребе уношења корекције дуж пута слободног пада, као и због редукције мерене вредности убрзања са висине 1.2 m на нулту висину на поду просторије у којој је вршено мерење.

У овој кампањи, вертикални градијент одређен је релативним гравиметром Scintrex CG5 тако што је мерење вршено на поду и на висини око 1.5 m. Мерењем разлике висина у тачкама мерења и читаним вредностима убрзања, срачунат је вертикални градијент као количник:

$$U_{zz} = \Delta g / \Delta h$$

где је:  $\Delta g$  – разлика убрзања мерена на поду и на вертикали на висини око 1.5 m

$\Delta h$  – разлика висина у тачкама мерења.

Добијене вредности вертикалног градијента приказане су у Табели 1.

Табела 1. Вертикални градијент убрзања на тачкама мерења.

Стаица	Вертикални градијент $U_{zz}$
Гргетсг	-2.540 $\mu\text{Gal}/\text{cm}$
Градац	-2.575 $\mu\text{Gal}/\text{cm}$
Сићево	-2.087 $\mu\text{Gal}/\text{cm}$

## Обрада извршених мерења

Обрада резултата мерења извршена је у шведској коришћењем софтвера *Absolute Gravity Processing Software version 7* који је саставни део мерног система Micro-g LaCoste Inc. којим је извршено мерење убрзања на тачкама у Србији. Овај програм је у стандардној употреби за обраду података мерења гравиметром FG5.

У процесу обраде уведене су следеће корекције:

- кретање полова,
- плимски ефекти планете Земље,
- океанске плиме и
- атмосферски притисак.

За рачунање корекција коришћене су координате мерних тачака (географске ширине и географске дужине мерних места). Координате полова добијене су коришћењем података са сервиса International Earth Rotation Service (IERS) C04 series. Плимски ефекти планете Земље рачунати су коришћењем ETGTAB routine of Wenzel utilising the Tamura expansion for the tidal potential (TAMURA 1987). Утицај океанских плима рачунат је коришћењем модела FES2004. Утицај атмосферског притиска рачунат је

мерењем притиска унутрашњим барометром за сваки слободан пад и применом одговарајућих формула за рачунање корекције.

## Финалне вредности убрзања

Коначне вредности убрзања на висини 1.200 m срачунате су као средње тежинске вредности, при чему су тежине узете као бројеви слободних падова на свакој мерној тачки. Вредност убрзања на тачки висине 0.000 m на поду рачуната је преко вертикалног градијента приказаног у Табели 1 за сваку поједину мерну тачку. Финалне вредности убрзања дате су у Табели 2.

Треба напоменути да се стандардне девијације у Табели 2 односе на тачност мерења. Међутим, промена нивоа подземних вода и генерална влажност терена у непосредној околини тачке мерења могу утицати на финалну вредност убрзања у истом износу као што је то стандардна девијација у Табели 2 за ниво 1.200 m висине од пода. За тачку на поду, стандардна девијација је одређена на основу тачности мерења вертикалног градијента, што се може видети у Табели 1.

## Значај мерења апсолутних убрзања

С обзиром да је инструмент којим је вршено мерење апсолутних убрзања веома скуп, а да он није практичан за масовна мерења убрзања на терену, таква масовна мерења спроводе се гравиметрима који су знатно јефтинији, али којима се може добити само разлика убрзања између две тачке. Таквих инструмената у Србији има неколико. Како би се на већем броју тачака у теренским условима, релативно брзо и јефтино добиле апсолутне вредности убрзања, потребно је да постоје тачке са апсолутним вредностима убрзања како би се везивањем за те тачке гравиметрима добиле вредности убрзања за било коју тачку.

Значај добијања гравитационих убрзања има и научни и практични аспект.

У научном погледу, мерењем апсолутних убрзања на три тачке које смо обавили у току 2007. године омогућава да се датумски вежемо за европски ниво гравиметријке мреже. С обзиром да су мерења обављена инструментом који је референтан за европске стандарде, као и у сагласности за захтевима које ти стандарди траже, добили смо убрзања која су референтна за Европу.

У практичном погледу, одређивање убрзања на више тачака у Србији на просечном растојању од око 5 km, добићемо могућност да одредимо површ геоида центиметарске тачности, што је предуслов да се добије референтна површ за систем висина у односу на ту површ. Осим тога, апсолутне вредно-

Табела 2. Финалне вредности убрзања, стандардне девијације и број слободних падова

Станица	Висина тачке у односу на под (m)	Убрзање g (μGal)	Стандардна девијација (μGal)	Број слободних падова
Гргетег	1.200	980 595 316.6	2	4547
	0.000	980 595 621.4	4	
Градац	1.200	980 303 846.6	2	4748
	0.000	980 304 155.6	4	
Сићсво	1.200	980 394 145.7	2	4772
	0.000	980 394 396.1	4	

сти убрзања користе се за практична геофизичка истраживања код решавања различитих геолошких проблема и у том циљу и код нас и у свету врше се свакодневно мерења убрзања на бројним тачкама.

### Закључак

Током 2007. године у Републичком геодетском заводу у Београду донета је одлука да се покрене иницијатива за извођење мерења апсолутних убрзања Земљине теже. Како инструмената за таква мерења нема у нашој земљи, искоришћена је могућност да се то обави преко донаторског шведског пројекта SIDA. Мерења су обављена у октобру 2007. године на три тачке у Србији и то: манастир Гргетег на Фрушкој Гори, манастир Градац код Рашке и манастир Свете Богородице у

Сићсвоу крај Ниша. Ово је први пут у историји Србије да су обављена директна мерења апсолутних убрзања врло прецизним инструментом, најсавременијим данас, типа FG5 америчке фирме LaCoste-Romberg из Тексаса.

Значај ових мерења је врло велики за научне и практичне сврхе. У научном погледу, добили смо убрзања која су референтна за простор Европе, чиме је Србија датумски

везана за светски гравиметријски систем. У практичном погледу, добили смо могућност да се, везивањем за добијене вредности убрзања, изврше мерења гравиметрима на великом броју тачака у Србији како би се одредила површ центиметарског геоида, што је веома значајно за референтни систем висина једне земље.

### Литература

- SCINTREX, 2006. *CG-5 Operation Manual*. Concord, Ontario, Canada.
- TAMURA, Y. 1987. A harmonic development of the tide generating potential. *Bull. Inf. Mar. Terr.* 99, 6813–6855.
- TORGE, W. 1989. *Gravimetry*. Walter de Gruyter, Berlin, New York.

## The Magnetic Fabric of Tertiary Magmatic Rocks From the Vardar Zone

VESNA LESIĆ<sup>1</sup>, EMO MÁRTON<sup>2</sup>, VESNA CVETKOV<sup>3</sup> & DRAGANA TOMIĆ<sup>1</sup>

The subjects of the present study are magmatic rocks which crop out at the Southern margin of the Pannonian basin and in the Kopaonik area. From the first area we studied Late Oligocene – Early Miocene (I-type) and Middle Miocene (S-type) granitoids from the Cer pluton, S-type granites from the Bukulja pluton, I-type granodiorites from the Brajkovac intrusion. From the Kopaonik area the subjects of our investigations were dacite-andesite extrusions Lower Oligocene (I-type) granodiorites such as the Kopaonik composite massif, Željina massif, Drenje and the Kremiče satellite body, and a granite body (Polumir) of lower Miocene age (S-type).

We sampled 6 localities from the first and 25 localities from the second area and carried out measurements of the low-field magnetic anisotropy (AMS) on 404 samples. In addition we made also magnetic mineralogy experiments and measurements of the anisotropy of the remanence (AARM) on selected samples.

The results obtained for the granitoids belonging to the Southern margin of the Pannonian basin show that the susceptibilities for the studied I-type rocks are closer to expected values for S-type than I-type granitoids ( $1.2\text{--}3.3 \times 10^{-4} \text{SI}$ ), while the S-type rocks show the expected low susceptibilities ( $0.26\text{--}0.89 \times 10^{-4} \text{SI}$ ). The degree of the AMS is 4.5–7.9% for the first group and 4.3–14.2% for the second. The magnetic fabric is dominantly foliated. The foliation planes for Brajkovac are suggestive of a dome-like structure which must have been formed during an extensional regime. The I-type granitoid from the Cer pluton has near-horizontal, while the S-type near vertical foliation planes, suggesting that the latter intruded as a dyke. The foliation planes observed for the Bukulja are also sub-horizontal. The AMS and AARM ellipsoids are co-axial for the I-type as well as for the S-type granitoids which proves that the orientation of the paramagnetic and ferromagnetic minerals is the same. Compared to the closest I-type Periadriatic pluton (Pohorje) as well as with the I-type granitoids of the Kopaonik area, the I-type granitoids of the present study exhibit much lower susceptibilities and are less anisotropic. There is also difference in magnetic mineralogy: In the Pohorje and in the granitoids of the Kopaonik area the only magnetic mineral is magnetite, while in the Southern Pannonian intrusions pyrrhotite is also present.

Concerning the Kopaonik area, we observed that within and between the granodiorite intrusions there is a great variation in the susceptibilities ( $146\text{--}49044 \times 10^{-6} \text{SI}$ ) and in the degrees of AMS (5.6–61.4%). The orientations of the schistosity planes of the typically foliated magnetic fabric vary between near-horizontal (Polumir) and near-vertical. Nevertheless, it is possible to recognize trends in the orientations. The schistosity planes of several localities in the Kopaonik and Željina massifs are related to the N-S trending axis of the Kopaonik anticlinorium and seem to have been formed during a compressional tectonic phase (D3). We can recognize similar trend at some of the dacite-andesite extrusions which are considered older than the granodiorites. In the northern part of the Kopaonik massif, in the whole Drenje body and in the Kremiče body the strikes of the schistosity planes are basically E-trending, similarly to the youngest Polumir intrusion. The formation of such fabric must have post-dated the D3 tectonic phase, thus the respective bodies were probably emplaced during the prevalence of the extensional D4 phase.

**Key words:** magnetic fabric, Southern margin of Pannonian basin, Kopaonik area, Tertiary magmatic rocks.

<sup>1</sup> Geomagnetic Institute, Belgrade, Republic of Serbia. E-mail: vlesic@drenik.net, dragana.tomic@ymail.com

<sup>2</sup> Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary, Paleomagnetic Laboratory, Budapest, Hungary. E-mail: paleo@elgi.hu

<sup>3</sup> University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Geophysics, Belgrade, Republic of Serbia. E-mail: cvetkov@rgf.bg.ac.rs

## 3D model Žagubičkog basena

DRAGANA PETROVIĆ<sup>1</sup> i IVANA VASILJEVIĆ<sup>2</sup>

Cilj rada je izrada modela Žagubičkog basena na osnovu geofizičkih i geoloških podataka. Prostrani Žagubički basen je lociran u istočnoj Srbiji, južno od planine Kučaj, Crnog vrha i Beljanice, a severno od Homoljskih planina. Složena geološka građa oboda basena, kao i nedostatak podataka o građi podloge basena i fizičkim svojstvima stena (sedimenata basena i stena, koje grade njegovu podlogu), usloveli su potrebu da se formira što jednostavniji model basena, na osnovu koga bi mogla da se proceni dubina i oblik granice basena. Sedimenti Žagubičkog basena podeljeni su na donjokongerijske (panon) i gornjokongerijske slojeve (pont). U okviru ponta izdvojeni su donji i gornji pont. U panon su svrstane uzane partije krečnjaka, veoma bogatog neodređenim kongerijama. Ispod krečnjaka mestimično se javljaju laporci i peščari.

Prema ranijim istraživanjima, uočljivo je tektonsko poreklo Žagubičkog basena, kao i veza sa Homoljskim rasedom. Na ispitivanom području su dominantne rupture pravca pružanja SZ–JI i SI–JZ, koje su verovatno imale veliki uticaj na nastanak i razvoj Žagubičkog basena. Jasno je uočljivo da južni deo Žagubičkog basena brže tone u odnosu na severni i da, samim tim, ima veću dubinu. Pomenute rupture su regionalnog karaktera i uokviruju basen.

Pri izradi modela korišćene su različite podloge i postupci. U cilju analize i interpretacije rupturnog sklopa izvršena je obrada satelitskih snimaka, a za analizu geološke građe, posebno tektonske i neotektonske evolucije Žagubičkog basena i njegove šire okoline, korišćene su Neotektonska karta i Osnovna geološka karta – List Žagubica sa tumačem.

Geofizički podaci o ternu, koji su obrađivani prilikom izrade rada, su gravimetrijski i geomagnetski podaci. Izrađene su gravimetrijske i geomagnetske karte istraživanog prostora, na koje su primenjene različite matematičke transformacije. Upoređivanjem gravimetrijskih i geomagnetskih karata, zaključuje se da je basen najverovatnije izgrađen od sedimenata, u čijoj podlozi se ne može potvrditi postojanje magnetičnih tela, kao ni u samom basenu.

Karta vertikalnih gradijenata gravitacionog ubrzanja izrađena je u cilju utvrđivanja položaja ruptura. Postupak analitičkog produženja polja primenjen je na gravimetrijske podatke. Produženje polja vršeno je naniže na 12 nivoa, tj. do dubine od oko 2680 metara. Koraci su ravnomerno raspoređeni. Dubina od 2680 metara je uzeta okvirno, jer se pretpostavlja da basen nije veće dubine. Izrađeni su profili produženja polja, čiji je položaj izabran tako da se što bolje definiše basen, a samim tim i njegova najverovatnija dubina. Duž profila su, na karakterističnim tačkama, određeni gradijenti promene gravitacionog ubrzanja sa dubinom. Interpretacija tako dobijenih krivih omogućila je procenu dubine, na kojoj dolazi do promene gustine stena.

Početni model je formiran na osnovu geološke karte i rasporeda raseda - tektonike, utvrđenih daljinskom detekcijom. Pri modeliranju su korišćeni rezultati primene postupka produženja polja, pri definisanju oblika samog basena, a pri oceni dubine su uzeti u obzir i rezultati analize promene gravitacionog ubrzanja sa dubinom na pojedinačnim tačkama duž profila. Gustine stena su određene na osnovu prosečnih vrednosti preuzetih iz literature.

S obzirom na činjenicu da se basen nalazi između dve potpuno geološki i tektonski različite celine (Gornjački parahton i Timočka rov-sinklinala), a pripada Homoljsko-kučajskom autohtonu, bilo je potrebno da se područje istraživanja ograniči na neposrednu okolinu basena, kako bi se umanjio uticaj različitih geoloških sredina. Usvojeno je da se istraživano područje sastoji iz četiri celine, kako bi se, pri 2D modeliranju, dobio najjednostavniji model basena. Sedimenata tercijara i kvartara, od kojih je izgrađen basen, su objedinjeni i dodeljena im je najmanj vrednost gustine (2,30 t/m<sup>3</sup>). Sa jugoistočne strane basena nalaze se stene mezozojskog kompleksa (pretpostavljene gustine 2,55 t/m<sup>3</sup>), a na severozapadnoj strani basena nalaze se stene paleozojskog kompleksa (pretpostavljene gustine 2,78 t/m<sup>3</sup>). Podlogu basena čine metamorfne stene (pretpostavljene gustine 2,70 t/m<sup>3</sup>). Usvojena podloga nije sasvim geološki ispravna, ali je grupisanje vršeno na osnovu sličnih vrednosti gustina, kako bi se procenio oblik, kao i dubina basena.

Analizom geomagnetske karte nije isključena mogućnost postojanja kiselih magmatskih stena (koje su relativno male gustine, u odnosu na stene koje grade podlogu basena) u podini ili injektovanih u sam basen. Ukoliko postoje takva tela, ona verovatno nisu na maloj dubini.

Na osnovu krive promene gravitacionog ubrzanja po pružanju profila, vršene su popravke modela, dok se nije došlo do

<sup>1</sup> Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, e-mail: dragana.5rov@yahoo.com

<sup>2</sup> Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, e-mail: vivanagf@rgf.bg.ac.rs



odgovarajućih rezultata. Dobijeni model pokazuje da basen ima maksimalnu dubinu od oko 2400 m. Na ovaj način su dobijeni jednostavni dvodimenzionalni modeli Žagubičkog basena, na osnovu kojih je interpretiran jednostavni trodimenzionalni model basena.

Teško je objasniti genezu basena takvog oblika i dubine u području u kome je basen nastao. Područje u kome je formiran basen je strukturno i geološki vrlo složeno, tako da je to jedan od otežavajućih faktora pri analizi nastanka Žagubičkog basena.



## Хидрогеолошка и инжењерско-геолошка истраживања на брани Слано

Hydrogeological and engineering-geological researches on Damp Slano

МИЛАН ВЛАХОВИЋ<sup>1</sup>, ДРАГАН ШУРБАТОВИЋ<sup>1</sup>, ВАСО МРВАЉЕВИЋ<sup>2</sup>,  
ЗОРАН МЕЂЕДОВИЋ<sup>2</sup> & СВЈАТОСЛАВ КЉУЈЕВ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Током 2007. године на узводној косини насуте бране Слано (Никшићко поље) појавила се деформација (локално слијегање). Због бојазни да је нарушена стабилност објекта, а посебно глиненог језгра предузета су инжењерско-геолошка и хидрогеолошка истраживања. У раду се представљају истражни радови и геомеханичка испитивања које говоре о стању нарушености објекта. На крају рада даје се предлог мјера за санацију које ће спријечити процуривање у ножици бране, а самим тим нарушавање стабилности објекта.

**Кључне ријечи:** Акумулација Слано, насута брана, деформација, стабилност, санација.

**Abstract.** During 2007 on upstream slope of embanked damp Slano (Niksic's polje) a depression of a terrain appeared (local settle). Because of concern that the stability of object is endangered and especially of the clay core engineer geological and hydro geological researches were made. In this paper, there are research jobs and geo-mechanical researches that are showing the object's damage degree. At the end of script, there are prepositions of measures for repair that will prevent leaking in damp's posture, and with that damaging of the object's stability.

**Key words:** Slano accumulation, embanked damp, deformation, stability, repair.

### Увод

Задњих година теку припреме за санацију ињекционих завјеса на ободима и темељима бране Слано. Међутим, током 2007. године уочене су значајне деформације на узводној косини бране што је изискивало хитна истраживања. Деформације су у облику “пролома” и урушавања материјала на каменој облози, а што има за последицу појачано процуривање воде из акумулације Слано на низводној ножици бране.

### Хидрогеолошке и инжењерско-геолошке карактеристике у зони бране Слано

Терен на којем се налази брана Слано је Слано поље које припада Никшићком карстном пољу (65 km<sup>2</sup>).

Са ископом темељног рова бране, 1959. године, у кварталним глинама, око стационаже km 1+240 откривен је кречњачки гребен (сл. 2) гдје су констатована два понора. Они су избетонирани и на таквој подлози положено је глинено језгро. Гребен је настао тектонским издизањима у палеорелефу између низа расједа у зони од 100 m.

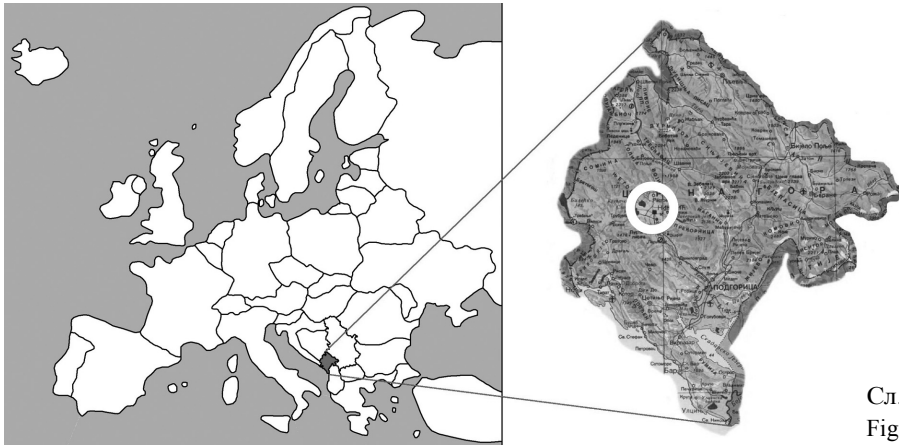
У уздужном пресеку по брани Слано (сл. 2) препознаје се подлога коју доминантно изграђују лимногацијалне глине незнатно измијешане са пијеском на мјесту Сланске ријеке. Квартарне глине су условно водонепропусан терен због појаве ситнозрних пјескова.

Палеорелеф је изграђен од горњокредних кречњака који су веома карстификовани. Ти процеси су условили велика провирања испод бране.

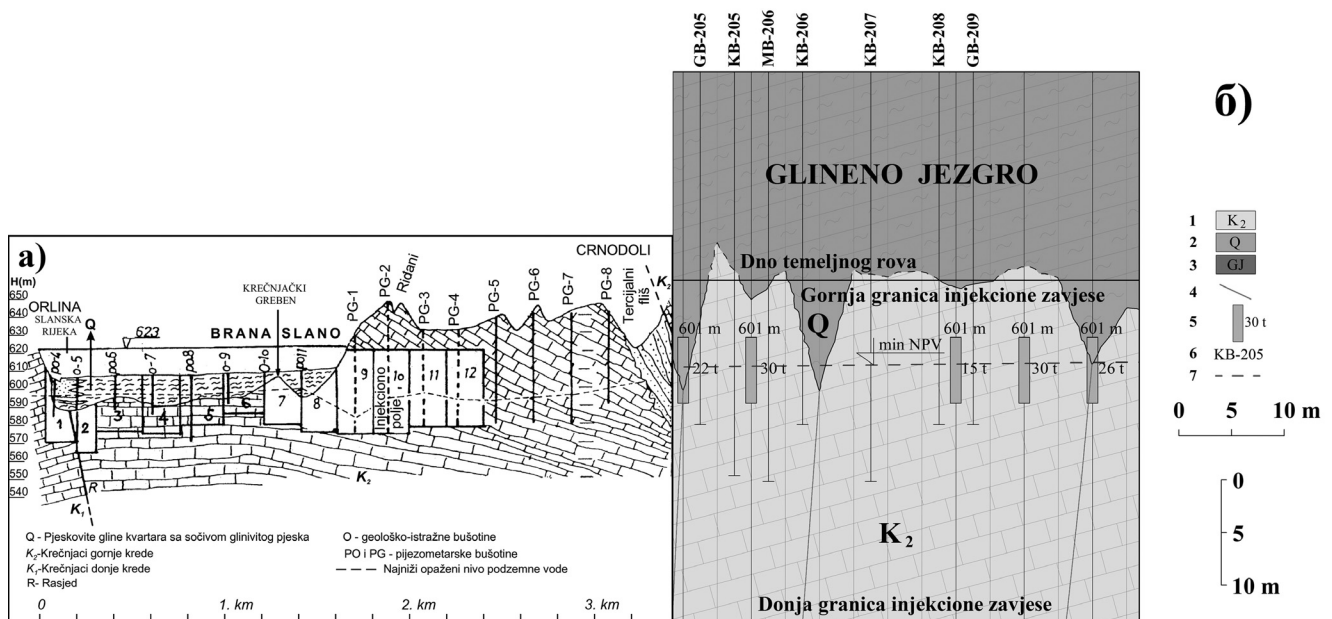
Због појаве провирања воде испод бране (стац. km 1+240), изведена је 1968. године у кречњачком гробу ињекциона завјеса.

<sup>1</sup> Електропривреда Црне Горе а.д., Вука Караџића 2, 81400 Никшић. Е-mail: vlahmil@yahoo.com

<sup>2</sup> ЗИГМА а.д., Марка Миљанова 8, 81400 Никшић. Е-mail: vasomrvajjevic@yahoo.com



Сл. 1. Географски положај бране Слано  
Fig. 1. Geography location of damp Slano



Сл. 2. а) Уздужни хидрогеолошки профил по брани Слано (ВЛАХОВИЋ 1983), б) Уздужни хидрогеолошки и инжењерско-геолошки профил бране Слано на мјесту кречњачког гребена. Легенда: 1- кречњаци-карстна издан, 2- условно безводан терен, 3- хидрогеолошки изолатор, 4- расјед, 5- етажа са великим утросцима ињекционе масе (1968. г), 6- истражна бушотина, 7- минимални НПВ прије изградње бране  
Fig. 2. a) Horizontal hydro geological profile on damp Slano (VLAHOVIĆ V. 1983), b) Horizontal hydro geological and engineer geological profile of damp Slano on the place of limestone ridge. Legend: 1- limestone-karst source, 2- conditionally waterless terrain, 3- hydrogeological isolator, 4- fault, 5- level with big spending of injection material (1968), 6- exploration borehole, 7-minimal level of groundwater before dam's building

Завршетак ињектирања условио је драстично смањење провирања воде на низводној ножици, од 500 l/s на свега 12 l/s. Задњих година провирања се појачавају посебно на локацијама стацинаже km 0+200, km 0+627, km 0+980 и km 1+240 (ВЛАХОВИЋ 2003).

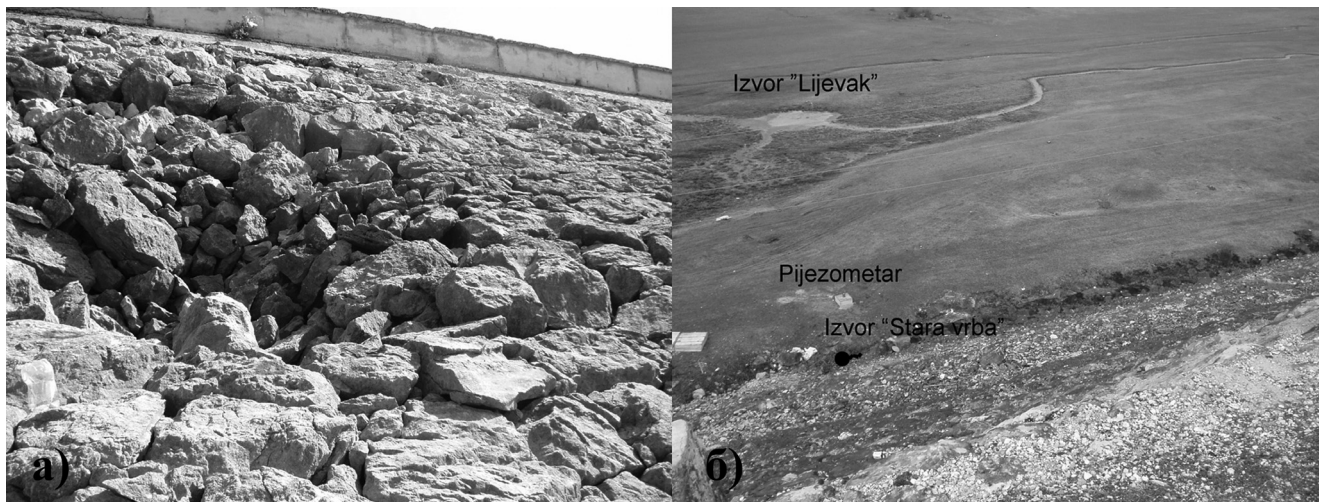
Разлог појачаном провирању испод бране Слано лежи у неотектоници која је иницирала ерозиони рад подземних вода што је касније довело до њеног изношења из карстних канала на површину терена.

## Настале појаве и деформације по брани Слано

Током 2007. године на стац. km 1+240 констатована је деформација на брани Слано незабиљежена од изградње 1965. године. По експертском мишљењу Енергопројект-Београд, 2007. деформације су означене као “значајно локално слијегање тијела бране што може у догледно време озбиљно угрозити њену стабилност. Ова појава прети да доведе до

стварног пролома бране” (Божовић & Живковић 2007).

Површина слијегања камене облоге бране, на два мјеста је око 15 m<sup>2</sup>, дубина веће депресије је до 2 m и пречника 3 m (кота успора 615 m) (сл. 3а). Пропратна појава ових деформационих процеса било је појачано провирање воде са 30 l/s (1999.) на 50 l/s (2007.)



Сл. 3. а) Слијегање камене облоге на узводној косини бране, б) Појава боје на низводној ножици усута у кратер на брани Слано

Fig. 3. a) Subsidence of stone surroundings on damp's upstream slope, b) Colour appearing on downstream basin poured in crater on damp Slano

На низводној косини нијесу до сада примијећена слијегања материјала и трагови провирања у тијелу бране.

### Изведена хидрогеолошка и инжењерско-геолошка истраживања

У циљу утврђивања детаљних инжењерско-геолошких и хидрогеолошких карактеристика тијела и темеља бране спроведени су истражни радови: 7 истражних бушотина са круне бране (дубине 25–35 m), 1 пијезометар испод бране, 1 истражни ров у ножици и лабораторијска геомеханичка испитивања на репрезентативним узорцима (Влаховић М. & Шурбатовић 2007).

Боја се појавила на низводној ножици нешто даље (сл. 3б). Кота успора акумулације била је 610,56 m. При коти успора 615,50 m боја се појавила на извору на стац. km 0+627.

Опитом је утврђена брзина филтрације од 1,4–3,3 cm/s.

Извођењем истражног рова и накнадним осматрањима провирања кроз темељ бране на низводној ножици (стац. km 1+240) оцијењено је као кључно мјесто одакле подземна вода циркулише и на друга мјеста испод ножице. Циркулација подземних вода

се одвија и испод камене облоге паралелно уз глинено језгро па све воде усмјерава даље на низводној ножици бране (стац. km 0+980 и km 0+627) (сл. 4).

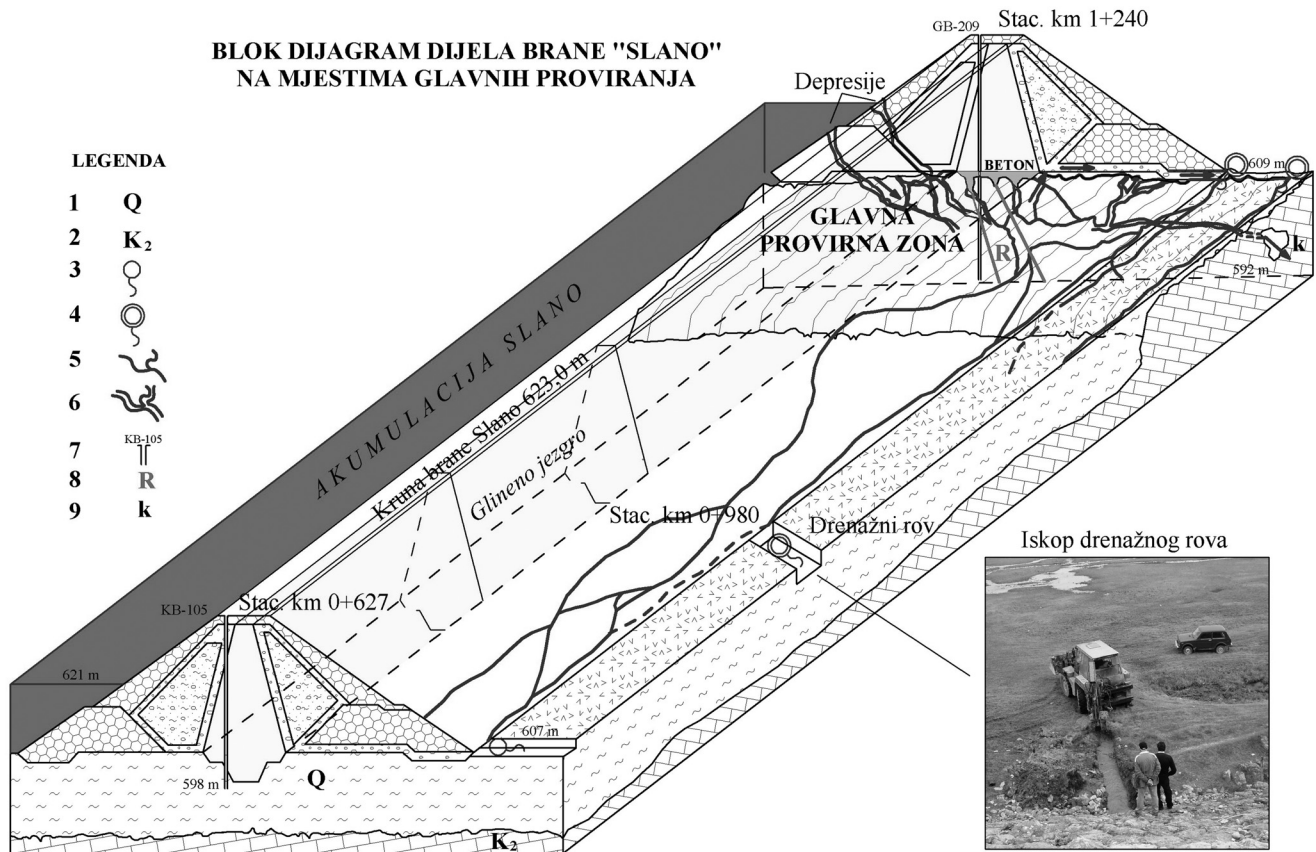
На узорцима су изведени опити којима су одређени: гранулометријски састав, природна влажност, ВДП методом УСБР на основу гранулометријског састава; запреминска маса материјала са порама; запреминска маса без пора; граница

консистенције, угао унутрашњег трења, кохезија и стипљивост.

На основу геомеханичких испитивања (МЕЂЕДОВИЋ 2008) утврђене су физичко-механичка својства литолошких средина по профилу бране. Филтерски слој је сачињен од шљунковито-пјесковитог материјала дебљине 0,5 m чија је функција да дренира спољне површине глиненог језгра. На основу гранулометријског састава по УСБР-у добијен је коефицијент филтрације ових материјала  $K_f=10^{-1}-10^0$  cm/s.

Глинено језгро у погледу пластичних карактеристика спада у материјале полуврсте до чврсте консистенције са вриједностима: индекса пластичности  $I_p=11-22$  %, границе течења  $LL=29-42$  %, док је индекс консистенције  $I_c=0,980-1,396$ . Влажност глиненог језгра је у распону  $w=12,06-19,51$  % што указује да су у границама захтијеваних оптималних вриједности по Проктору приликом уградње материјала. Повећање вриједности влажности језгра у контактної зони су резултат процуривања вода у тим зонама и повећаног водозасићења.

Вриједности запреминских тежина у природно влажном стању су у распону  $\tilde{\alpha}=2,10-2,17$  g/cm<sup>3</sup> што такође указује на добру збијеност и испоштоване услове збијања по Проктору. Опитима директног смицања (4 опита) са спријеченим бочним шире-



Сл. 4. Блок дијаграм дијела бране Слано на мјестима главних провирања. Легенда: 1- лимноглатијалне глине, мјестимично пјесковите, 2- карстификовани кречњаци, 3- извор ( $Q_{\max}=0,1-10$  l/s), 4- извор ( $Q_{\max}=0,1-10$  l/s), 5- провирне воде, 6- циркулација подземне воде, 7- истражна бушотина, 8- расјед, 9- каверна

Fig. 4. Block diagram of the part of Slano dam on main leaking places. Legend: 1- limnoglacial clay, partially sanded, 2- karstified limestone, 3- spring ( $Q_{\max}=0,1-10$  l/s), 4- spring ( $Q_{\max}=0,1-10$  l/s), 5- discharging waters, 6- circulation of groundwater, 7- exploration borehole, 8- fault, 9- cavern

њем узорака из језгра бране потврђено је да се у погледу отпорно-деформабилних својстава ради о добро збијеном, консолидованом и стабилном материјалу.

Са вриједностима угла унутрашњег трења  $\delta=27-33^\circ$  и кохезијом  $c=19-33$  kN/m<sup>2</sup> и опитом стишљивости (едометарски опит) изведеним на 5 репрезентативних узорака глинеог језгра потврђено је да је оно добрих отпорно-деформабилних својстава.

У самој контактної зони глинеог језгра са кречњачком и дијелом квартарном подлогом имамо мијешање материјала из језгра са природним материјалом па је гранулометријски састав узорака промјенив, мјестимично повећан садржај шљунковито-пјесковите компоненте од 30–60 %.

Природна глина представља делувијалне квартарне глине доста расквашене са повећаним садржајем пјесковите компоненте, преко 40 %. По физичко-механичким и отпорно-деформабилним својствима су знатно лошијих карактеристика од глинеог језгра ( $\delta=16^\circ$  и  $c=10$  kN/m<sup>2</sup>), због циркулације и повећаног садржаја воде до 47,8 %, мекане

су до полуврете конзистенције са следећим параметрима пластичних карактеристика LL=60 %, PL=26 %, Ip=34 % и Ic=0,556.

Да би се испитали правци просторне и временске дистрибуције провирних вода спроведен је опит обиљежавања у депресији, на косини бране, и бушотини на круни бране са натријум-флуоросцеином ( $C_{20}H_{10}O_5Na_2$ ).

Кречњаци ( $K_2$ ) су основна стијенска маса истражног простора (стац. km 1+237 – 1+261) на којој је изграђена брана Слано. У погледу физичко-механичких карактеристика кречњачке стијене представљају средину добрих отпорно-деформабилних својстава. Тамо гдје су израсједани, кречњаци су подложни деформацијама и карстификацији. Иако су раније ињектирани представљају водопрпусне зоне.

### Предлог санације темеља бране Слано

Истраживања у темељима бране Слано су показала да је кречњаке у зони контакта неопходно

поново ињектирати. Дубина ињекционе завјесе за санацију је плића од претходне и треба да буде најмање до коте 587,0 m. По завршетку ињектирања треба санирати уочене депресије и обновити камену облогу бране.

## Закључак

Испирање карстних канала и провирање из акумулације Слано испод бране условило је одношење материјала из тијела бране, стварање деформација и урушавања на каменој облози. Значајнија циркулација подземних вода из правца акумулације одвија се кроз кречњаке гдје су раније ињектирани карстни канали сада испрани, временом еродовани и проширени, што је потврђено опитима бојења.

На основу спроведених детаљних теренских хидрогеолошких и инжењерско-геолошких истраживања, инжењерско-геолошког картирања и лабораторијских геомеханичких испитивања на брани Слано утврђено је да глинено језгро бране није општењено и да је релативно добрих отпорно-деформа-

билних својстава. У садашњим условима констатовано је да брана није угрожена, али да санационе мјере треба што прије спровести.

## Литература

- Божовић, & Живковић, 2007. *Појава деформација на брани Слано*. Стручна експертиза, Енергопројект, Београд.
- Влаховић, В. 1983. Крашка акумулација Слано.
- Влаховић, М. 2003. *Пројекат и побољшања вододрживости акумулација Слано и Крупац*. Анекс пројекта: Санација ињекционих завјеса, (технички услови). ЕПЦГ а.д. Никшић.
- Влаховић, М. & Шурбатовић, 2007. Анекс 2 Пројекта: Детаљни хидрогеолошки и инжењерско-геолошки истражни радови за потребе санације темеља бране (стац. km 0+627 и стац. km 1+240). ЕПЦГ а.д. Никшић.
- Мељедовић, З. 2008. Елаборат о изведеним детаљним хидрогеолошким и инжењерско-геолошким истражним радовима за потребе санације темеља бране "Слано". ЗИГМА а.д. Никшић.





## Приказ геомеханичких параметара репрезентата “шарене серије” на траси тунела Вишњица

Presentation of Geomechanical Parameters of the “Vertigated Series”  
at the “Višnjica” Tunnel Route.

ИСИДОРА ВУКАДИНОВИЋ<sup>1</sup> и ЈЕЛЕНА МАЈСТОРОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** За потребе израде геолошко-геотехничке документације – Интерцептор Ушће – Велико Село, деоница тунел “Вишњица–Велико Село”, изведена су бројна лабораторијска геомеханичка испитивања. Испитивања су вршена у две фазе – за ниво Идејног и за ниво Главног пројекта. Посебна пажња је усмерена на седименте тзв. “шарене серије”, обзиром да ће се у њима изводити више од половине дужине будућег тунелског ископа (око 3 km). У овом раду приказани су резултати геомеханичких испитивања на репрезентима “шарене серије”, издвојеним из истражних бушотина на траси тунела “Вишњица”.

**Кључне речи:** тунел - интерцептор Вишњица, шарена серија, једноаксијална чврстоћа, чврстоћа на затезање, динамичка својства.

**Abstract.** Planned excavations for the main City “Ušće – Veliko Selo, section Ušće–Veliko Selo” sewerage, caused numerous geotechnical investigations. All investigations are separated in two phases: for the Preliminary and Final Civil Design. Special attention has been directed towards “variegated series” sediments, as more than half of the length of the future tunnel excavation (approximately 3 km) will be performed within them. This paper presents results of the geomechanical investigations, considering samples that represent “the vertigated series” samples from the investigation boreholes in respect to the tunnel route.

**Key words:** tunnel “Višnjica” sewerage, the vertigated series, uniaxial strenght, tensile strength, dynamic properties.

### Увод

Тунел “Вишњица” је део колектора “Интерцептор Ушће – Велико Село”, који треба да постане централни канализациони систем Београда. Тунелска деоница будућег колектора, биће изведена на потезу Вишњица-Велико Село, од станице 6+800 – 12+369km. Висина надслоја је променљива – од 6,0–200,0 m. За извођење тунела одабран је ТБМ (Tunnel Boring Machine) метод ископа.

Инжењерско-геолошка истраживања за потребе израде геолошко-геотехничке документације “Тунел Вишњица”, извођена су у више наврата. Први радови изведени су током 1978. године (Косово-пројект). Даља истраживања за иновирање Идејног, а касније и Главног пројекта вршена су у периоду 2004–2005. године, када је изведена укупно 21

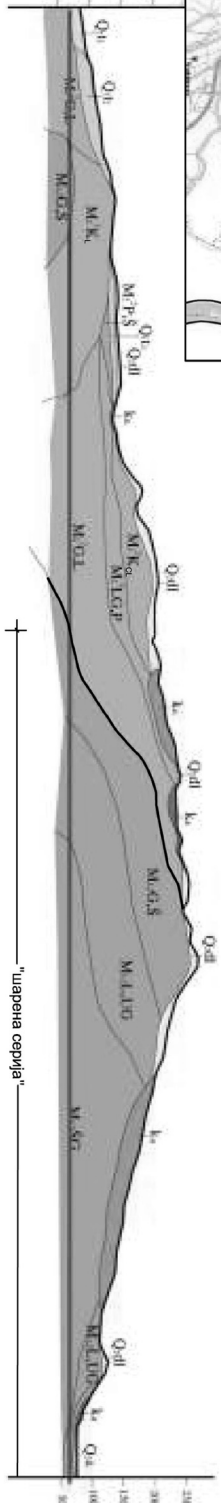
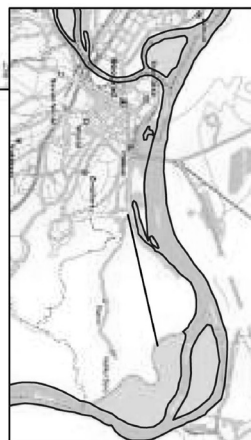
истражна бушотина (1254 m’ бушења). При градњи колектора, тунелски део ископа пролазиће кроз седименте “шарене серије” између станица 9+400,00 – 12+483,00km. Из седимената “шарене серије” издвојено је 56 узорака на којима су у лабораторији изведена следећа геомеханичка испитивања: идентификационо-класификациони опити, опити једноаксијалне чврстоће на притисак и опити директног смицања, опити чврстоће на затезање, опити бубрења и опити утврђивања динамичких својстава.

### Геолошка грађа терена

Најстарији седименти који су у зони “Београдског дунавског кључа”, су седименти доњег миоце-

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11 000 Београд. E-mail: i.vukadinovic@gis.co.rs

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина, 11 000 Београд. E-mail: jelmaj@sezampro.rs



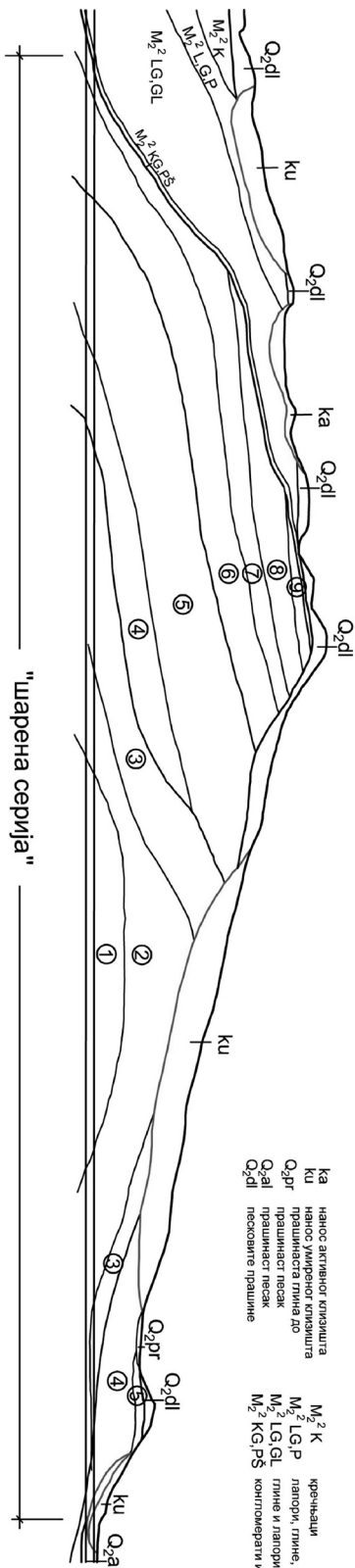
Ка - нанос актиног клишшта  
 Ку - нанос умиреног клишшта  
 Q<sub>2</sub>dl - алувијални седименти - фашија повојача  
 Q<sub>2</sub>dl - депривални лесонски седименти

Q<sub>1</sub> - песковите до глиновите прашине  
 Q<sub>1</sub>2 - прашине и пескови  
 Q<sub>1</sub>3 - прашине, пескови и шљункови

M<sub>2</sub><sup>2</sup> P Š - пескови и шљункови  
 M<sub>2</sub><sup>2</sup> K<sub>1</sub> K<sub>cu</sub> - кречњаци  
 M<sub>2</sub><sup>2</sup> L<sub>1</sub> G<sub>1</sub> P - лавори, глине, пескови  
 M<sub>2</sub><sup>2</sup> G<sub>1</sub> L - глине и лавори

“бувар формација”  
 “спанања формација”  
 “велико светска формација”  
 M<sub>1,2</sub> G<sub>1</sub> Š - глине и шљункови  
 M<sub>1,2</sub> L<sub>1</sub> U<sub>1</sub> G<sub>1</sub> - лавори и угљавите глине  
 M<sub>1,2</sub> Š G<sub>1</sub> - шљунковите глине

Ка - нанос актиног клишшта  
 Ку - нанос умиреног клишшта  
 Q<sub>2</sub>pr - прашинист песак  
 Q<sub>2</sub>dl - песковите прашине  
 M<sub>2</sub><sup>2</sup> K - кречњаци  
 M<sub>2</sub><sup>2</sup> L<sub>1</sub> G<sub>1</sub> P - лавори, глине, пескови  
 M<sub>2</sub><sup>2</sup> L<sub>1</sub> G<sub>1</sub> GL - глине и лавори  
 M<sub>2</sub><sup>2</sup> K<sub>1</sub> G<sub>1</sub> P S - конгломерати и пшчари



- ⑨ M<sub>2</sub><sup>2</sup> G<sub>1</sub> L - глине и лавори
- ⑧ M<sub>1,2</sub> P<sub>1</sub> G<sub>1</sub> L<sub>1</sub> Š - лаворовито-песковите глине и лавори са напсимпалнијак туфозног праха
- ⑦ M<sub>1,2</sub> P<sub>1</sub> G<sub>1</sub> L<sub>1</sub> Š - лаворовито-песковите туфозне глине и лавори
- ⑥ M<sub>2</sub><sup>2</sup> G<sub>1</sub> P - глине и пескови
- ⑤ M<sub>2</sub><sup>2</sup> K - лавори
- ④ M<sub>1,2</sub> U<sub>1</sub> G<sub>1</sub> - глине са угљак
- ③ M<sub>1,2</sub> P<sub>1</sub> G<sub>1</sub> L<sub>1</sub> Š - лаворовито-песковите глине и лавори са шљунковијак
- ② M<sub>2</sub><sup>2</sup> G<sub>1</sub> P - глине и пескови
- ① M<sub>1,2</sub> Š G<sub>1</sub> - шљунковите глине

b)

a)

на ( $M_{1,2}$ ) – седименти тзв. "шарене серије". Утврђено је да дебљина ове серије прелази 300 m. Седименти су разнобојни, одликују се честом и наизменичном сменом боја, по чему је серија и добила назив – "шарена". Одликује се честом променом литолошких чланова – лапоровитих и туфозних глина, лапора, шљункова, пескова, туфа и конгломерата, а међусобни прелази су често врло постепени. Серија је, према условима стварања који су утицали на врсту и састав, а тиме и на даље карактеристике ових седимената, подељена на три формације, почевши од најстарије ка најмлађој: Великоселска, Сланачка и Бучвар.

Као најстарија од наведених формација јавља се великоселска формација. Представљена је следећим литогенетским комплексима: шљунковитим глинама – ŠG (1), у подини, глинама и песковима – G,P (2) и лапоровитим глинама са дробиним туфа и туфита – LG,θ (3).

У оквиру сланачке формације разликујемо две литогенетске фације: лапори и лапоровите глине – L (4) и глине са органским материјама и прослојцима угља – G, U (5).

Бучвар формација је најмлађи пакет шарене серије. Рапчлањена је на четири литогенетска комплекса – лапоровито-песковите туфозне глине и лапоре – LPG,L,θ (6), лапоровито-песковите глине и лапоре са шљунковима – LPG,L,Š (7), песковите глине и лапоре са нагомилањима туфозног праха – PG,L, θ (8) и глине и лапоре – G,L (9).

Седименти бадена ( $M_2^2$ ) изграђују западне делове терена, претежно подручје Вишњице и Вишњицке бање. Дебљина седимената је променљива од 10 до преко 150 m.

У оквиру баденских седимената издвојени су следећи комплекси, и то:

– Базални конгломерати и пешчари (KG,PŠ) и комплекс лапоровитих глина и глиновито-песковитих лапора (LG,GPL). Укупна дебљина ових седимената не прелази 30 m. Належу непосредно преко седимената Бучвар формације.

– Кречњаци ( $K_1$ ) – органогени, спрудни, лапоровити до песковити, кавернозни. Кречњаци су масивне текстуре, жућкасте боје. често су у њима присутни сочивасти прослојци лапоровитих глина, као и каверне запуњене прашинастим материјалом.

– Подину им представљају седименти "шарене серије". Дебљина ових седимената је око 70 m.

– Глиновити лапори и лапоровите глине (GL,LG) – тамно смеђе до тамно зелене боје, масивне текстуре. Ретко се у њима уочљива ламнација. Дебљина седимента је око 80 m.

– Комплекс лапора, лапоровитих глина и пескова (L,LGP), у којем доминирају лапори са прослојцима лапоровитих глина, песка и песковитог кречњака. Укупна дебљина комплекса је 40 m.

– Комплекс пескова и шљункова (P,Š), представљен ситнозрним песковима и слабо сортираним шљунком, рђасто смеђе боје. Пескови су ситног до средњег зрна, јављају се самостално или у прослојавању са шљунком. шљункови су заобљени, крупноће зрна 2–5 mm. Комплекс је моћности до 15 m.

– Комплекс кречњака и пешчара ( $K_{CL}$ ) слојевите текстуре. Представљена је песковитим кречњаком – калкаренимом и калцирудитом и пешчарем са карбонатним до силикатним везивом. Укупна дебљина комплекса је 20–40 метара.

Седименти квартара изграђују највећи део површине терена, са изузетно променљивом дебљином од 5,0–20,0 m. У оквиру шире зоне колектора издвојени су следећи литогенетски типови седимената: Речно-терасни седименти развијени у три хипсометријска нивоа (t); седименти пролувијалног карактера – рг; делувилалне наслаге – dpg; лесолики делувилални седименти – dl и алувијални седименти – а. Поред наведених, као маркантне јединице развијене у приповршинским деловима терена на више локација у оквиру истраживаног простора, издвојени су комплекси глина, лапора, песка и прашина – наноси умирених (ku) и активних (ka) клизишта.

### Резултати геомеханичких испитивања на узорцима стенских маса (репрезентата) "шарене серије"

За потребе категоризације тунелског ископа за Тунел "Вишњица", изведена су лабораторијска испитивања на репрезентима стена издвојених из истражних бушотина. Посебна пажња је усмерена на седименте тзв. "шарене серије", обзиром да ће се у њима изводити више од половине дужине будућег тунелског ископа (око 3 km). Број и назив изведених опита у оквиру "шарене серије" дати су у табели 1.

У табелама 2 и 3 приказани резултати дати су у виду распона минималних и максималних добијених вредности испитиваних својстава.

У табели 2 приказани су резултати идентификационо-класификационих опита: w (%) – природна влажност;  $w_l$  (%) – граница течења;  $w_r$  (%) – граница пластичности;  $I_p$  – индекс пластичности;  $I_s$  – индекс конзистенције; g ( $kN/m^3$ ) – запреминска тежина;

Сл. 1. а) Шематски приказ геолошке грађе терена дуж осе трасе тунела "Вишњица", б) шематски приказ инжењерско-геолошких јединица (комплекса) у оквиру "шарене серије"

Fig. 1. a) Schematic preview of geological conditions long the tunnel "Višnjica" route, b) schematic preview of engineering geological units (complex) assembling in "party-coloured" sediments

Табела 1.

Врста опита	Стандард	Број изведених опита
Гранулометријски састав	РПС У.Б1.018	45
Природна влажност $w$ (%)	СРПС У.Б1.012	36
Запреминска тежина ( $\text{kN/m}^3$ )	СРПС У.Б1.016	27
Карактеристике пластичности	СРПС У.Б1.020	25
Специфична тежина $s$ ( $\text{kN/m}^3$ )	СРПС У.Б1.014	35
Опит директног смицања	СРПС У.Б1.029	6
Испитивање бубривости тла	Метода Amber Humbolt	6
Запремина маса	СРПС Б. Б8.032	11
Једнооксијална чврстоћа на притисак	СРПС Б. Б8.012	11
Чврстоћа на истезање	СРПС Б. Б7.127	11
Брзина простирања еластичних таласа	СРПС Б. Б3.121	11

Табела 2. Резултати идентификационо-класификационих опита.

Параметри	Литолошки комплекси					
	ŠG (1)	G <sub>P</sub> (2)	LG <sub>θ</sub> (3)	G <sub>U</sub> (4)	L (5)	LPG, L, Š (6 и 7)
$w$ (%)	10,8	13,90-19,10	10,70-22,00	10,20-22,00	15,80-18,60	14,20-7,90
$w_1$ (%)	-	27,30-160,00	42,90-62,00	30,00-79,20	62,00-80,00	41,00-63,00
$w_p$	-	20,50-53,70	19,10-28,00	18,30-31,20	31,30-35,00	23,10-25,00
$I_p$	-	6,80-106,30	23,80-34,00	10,80-49,30	30,70-45,00	17,90-38,00
$I_c$	-	1,20-1,33	1,18-1,35	1,050-1,921	1,36-1,41	1,19-1,50
$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	-	20,39-22,00	20,42-22,80	19,41-22,77	-	20,98-21,91
$\gamma_d$ ( $\text{kN/m}^3$ )	-	17,24-18,80	16,95-20,60	15,68-20,52	-	18,37-18,58
$\gamma_s$ ( $\text{kN/m}^3$ )	26,00-30,00	26,00-27,00	27,50-27,80	26,00-27,90	25,80-26,70	25,50-26,80
$n$ (%)	-	30,22-33,96	25,89-38,36	24,46-38,30	-	30,15-31,46
$e$	-	0,43-0,51	0,35-0,62	0,32-0,61	-	0,43-0,46
шљунак ( 2 mm)	4-38	1-12	0-3	1-7	-	0-31
песак (2-0.06 mm)	30-61	2 - 33	1-7	3-57	8-34	12-65
прашина (0.06-0.002 mm)	1-44	19-69	47-9	16-87	45-74	12-72
глина ( 0.002 mm)	14-19	9-64	43-50	5-80	18-21	2-34
$\varphi$ (°)	-	-	-	11-16	-	-
$c$ ( $\text{kN/m}^2$ )	-	-	-	10,0-30,0	-	-

$g_d$  ( $\text{kN/m}^3$ ) – запреминска тежина у сувом стању;  $g_s$  ( $\text{kN/m}^3$ ) специфична тежина;  $n$  (%) – порозност;  $e$  – коефицијент порозности;  $j$  (°) – угао унутрашњег трења;  $s$  ( $\text{kN/m}^2$ ) – кохезија.

У табели 3 дати су резултати испитивања физико-механичких својстава репрезентата “шарене серије”:  $\gamma$  ( $\text{kN/m}^3$ ) запреминска тежина; параметри чврстоће –  $\sigma_c$  (МПа) – једнооксијална чврстоћа на притисак;  $\sigma_c'$  (МПа) – једнооксијална чврстоћа на притисак у провлаженом стању;  $\sigma_z$  (МПа) – чврстоћа на затезање;  $\sigma_b$  (кПа) – напон бубрења, динамичка својства:

$V_p$  (m/s) – брзина лонгитудиналних таласа;  $V_s$  (m/s) – брзина трансферзалних таласа;  $E_{dyn}$  ( $\times 10^3$  МПа) – динамички модул еластичности;  $\mu_{dyn}$  – динамички поасонов коефицијент.

У току извођења лабораторијских геомеханичких испитивања добијени су веома широки распони у вредностима параметара при идентификационо-класификационим опитима, као и при одређивању механичких карактеристика и динамичких својстава, за седименте “шарене серије”. И поред тога, резултати лабораторијских геомеханичких испити-

Табела 3. Физичко-механичка својства стена.

Параметри	Литолошки комплекси						
	ŠG (1)	ŠG (KG) (1)	G,P (2)	LG,θ (3)	G,U (4)	L (5)	LPGL,Š (6,7)
$\gamma(\text{kN/m}^3)$	21,03-23,90	22,26-22,44	19,83-23,47	20,42-23,60	19,5-23,10	20,86-21,42	20,9-23,80
$\sigma_c$ (MPa)	4,348	1,256	1,384-4,795	0,80-4,20	2,8-3,5	2,94	1,96
$\sigma_c'$ (MPa)	0,90	-	0,43-1,85	-	-	0,5-1,0	0,5
$\sigma_z$ (MPa)	0,767	0,22	0,125-0,852	-	-	0,91	0,4
$\sigma_b$ (kPa)	-	-	942	127,0	100-450	-	492
Резултати испитивања динамичких својстава							
$V_p$ (m/s)	2110-2570	1380-1630	1780-2440	2290-2380	1770-1940	1490-1820	2180-2240
$V_s$ (m/s)	1210-1270	610-750	770-1080	1080-1130	860-940	660-830	1060-1110
$E_{dyn}$ ( $\times 10^3$ MPa)	9,33-9,83	2,28-3,39	3,33-7,40	7,2-7,9	4,7-5,5	2,5-4,02	6,81-7,41
$\mu_{dyn}$	0,34-0,35	0,37-0,38	0,33-0,42	0,35-0,36	0,34	0,37-0,38	0,34-0,35

вања указују на одређене правилности које се одnose збирно на све литолошке чланове (комплексе) у оквиру седимената "шарене серије":

- према гранулометријском саставу уочавају се велике осцилације у учешћу појединих фракција за сваки издвојени литолошки члан (комплекс);

- у свим литолошким члановима (комплексима) "шарене серије" доминирају глине које спадају у групу анорганских глина високе пластичности (CH). У њима су присутни песковити прослојци и партије прашинастих пескова који су средње до ниске пластичности (CI-CL);

- границе течења испитиваних узорака су такође у широким распонима ( $w_l = 27-160\%$ ), што је последица гранулометријског, али и минералогско-петрографског састава узорака;

- индекс конзистенције указује да се све средине одликују чврстим стањем конзистенције ( $I_c > 1$ );

- Сви испитивани узорци према резултатима једноаксијалне чврстоће ( $\sigma_c = 0,8-4,975 \text{ MPa}$ ) спадају у групу меких стена ( $1,0 < \sigma_c < 5,0 \text{ MPa}$ ), НОЕК (2007);

- према вредности добијеним за порозност ( $n$ ), која за све средине варира од 25–38 %, може се рећи да ове стене спадају у групу меких стена за тунелски ископ., KLEIN (2001);

- Утврђено је да су испитивани узорци врло осетљиви на провлажавање, јер при повећању влажности узорка од 5–15%, једноаксијална чврстоћа опада за скоро 60%;

- Према добијеним вредностима за брзине лонгитудиналних таласа ( $V_p$ ) шљунковите глине (1) и лапоровите, песковите и туфозне глине са прослојцима шљункова (3), (6) и (7), припадају средње чврстим стенама (2000-3000 m/s), а остали литолошки чланови (комплекси), припадају групи тла које чине прелаз ка стенама.

## Закључак

Испитивања која су извршена на узорцима "шарене серије", рађена су у циљу избора најадекватније методологије ископавања тунела. На овај начин допуњена су сазнања о геомеханичким својствима литолошких чланова "шарене серије".

Добијени подаци указали су на честе промене литолошког састава, мале пврстоће, промене параметера чврстоће при промени влаге, појаву бубрења, и др.

Поредећи добијене податке са класификацијама и параметрима добијеним на сличним седиментним творевинама у свету, уочено је по свим добијеним вредностима параметара (порозност, карактеристике пластичности, једноаксијална чврстоћа), сви комплекси спадају у слабе стенске масе.

У сагласности са дужином ископавања, дужином ископа и осталим – литолошким саставом, хидрогеолошким условима који владају на траси (присуство воде и пијезометарски притисци) и отпорно-деформабилним својствима стенских маса на целој дужини тунелског ископа који су узети у разматрање, определили су инвеститоре за ТБМ методу ископа, као најсигурнију за извођење тунелског ископа.

## Литература

- ВУКАДИНОВИЋ, И. 2005. Идејни пројекат Интерцептор Ушће - Велико Село, деоница Тунел "Вишњица" – ЦС "Велико Село", од км 6+800 – до км 12+639, свеска 1/1: Геотехничке подлоге, фонд геолошке документације Геозавод-а
- ВУКАДИНОВИЋ, И. 2005. Главни пројекат Интерцептор

Ушће - Велико Село, деоница Тунел “Вишњица” – ЦС  
“Велико Село”, од км 6+800 – до км 12+639, свеска 1:  
Геотехничке подлоге, фонд геолошке документације  
Геозавод-а

НОЕК, Е. 2007. Practical Rock Engineering, chapter 11.  
[www.geoengineer.org](http://www.geoengineer.org)

KLEIN, S. 2001. Chapter 64. An Approach to the Classification of  
Weak Rock for Tunnel Projects, [www.jacobssf.com](http://www.jacobssf.com)

## Инжењерскогеолошка истраживања за потребе изградње регионалне депоније Змајевац у Краљеву

### Engineering Geological Investigations for Construction Regional Landfill Zmajevac in Kraljevo

СОЊА ЂОКАНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Савремени трендови у управљању отпадом намећу потребу изградње регионалних санитарних депонија. Регионална депонија чврстог комуналног отпада за општину Краљево и Врњачка Бања планирана је на локацији Змајевац, јужно од Краљева. На основу изведених истраживања терен је изграђен од серпентинисаних перидотита, њихове распадине и танког делувијалног покривача.

**Кључне речи:** регионална депонија, комунални отпад, серпентинисани перидотити, Змајевац, Краљево.

**Abstract.** Contemporary trends in waste management need to impose the construction of regional sanitary landfills. Regional landfill municipal solid waste for the municipality of Kraljevo and Vrnjacka Banja is planned on the site Zmajevac, south of Kraljevo. According to the research field is built from serpentinized peridotite, their decomposition and thin deluvial cover.

**Key words:** regional landfill, municipal waste, serpentinized peridotite, Zmajevac, Kraljevo.

#### Увод

Проблем депоновања комуналног отпада на територији општина Краљево и Врњачка Бања је врло актуелан. Постојећа депонија у Краљеву (која је делимично санирана) је при крају а на простору општине Врњачка Бања санитарна депонија не постоји већ се смеће депонује у простор који остаје након експлоатације шљунка у алувијону Западне Мораве. Због тога се приступило изради инжењерскогеолошких и хидрогеолошких подлога за позребе изградње регионалне депоније а за ниво идејног пројекта.

На основу постојеће документације и предлога општине три локације су биле интересантне за избор локације регионалне депоније од којих је локација Змајевац издвојена као најповољнија.

#### Општи подаци

Локација „Змајевац“ је удаљена 7.5 km јужно од Краљева. Налази на северним обронцима Столова.

Локација представља две велике јаруге које се спајају у једну долину. У првој јаруги је формиран поток Свињарац док је друга јаруга са повременим речним током који се формира после јачих киша. Висинска разлика између највише и најниже коте у подужном профилу је 95 m. Апсолутне коте терена на самој локацији се крећу од 300–390 m<sub>n.v.</sub> Површина локације је око 21 ha а запремина око 2.187.500 m<sup>3</sup>.

Локација прве стрме јаруге је служила као позајмиште камена за изградњу путева па је делом огољена али постоји трасиран приступни пут, плато и ублажене падине. Изнад позајмишта постоје видљиви трагови јаружања и повремениг тока а на самом позајмишту се налазе забарења. Испод пута јаруга је јако стрма и дубоко усечена а у самој јаруги је поток Свињарац. Испод пута у јаруги налази се извор.

#### Изведена истраживања

Од теренских истраживања на локацији су изведена следећа: истражно бушење, истражни раско-

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11000 Београд. Email: s.djokanovic@yahoo.com

пи, геоелектрично сондирање терена и опити наливања у бушотинама и раскопима.

Истражно бушење је обухватило израду пет истражних бушотина, а пијезометарске конструкције су уграђене у три бушотине. На местима где није могло да се приђе гарнитуром урађени су раскопи. Геоелектрично сондирање се састојало од извођења осам сонди. Хидрогеолошки опити наливања су урађени у свим бушотинама и раскопима а послужили су за израчунавање коефицијента филтрације.

Теренска истраживања су била праћена и лабораторијским испитивањима: геомеханичким, хемијским и минералогско-пертолошким.

## Резултати истраживања

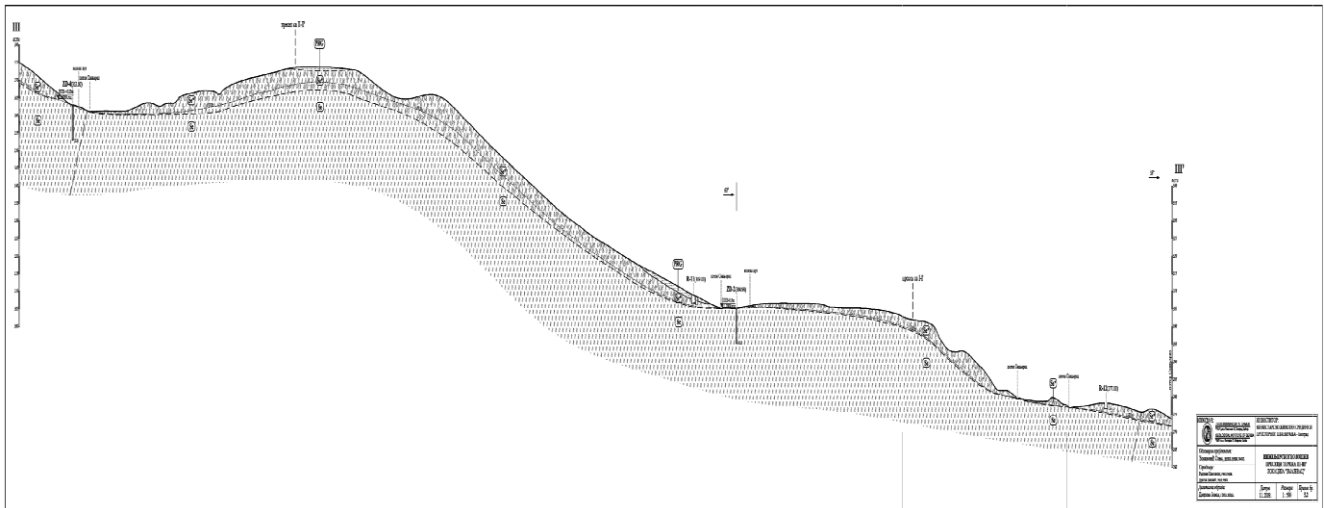
На основу изведених истраживања може се рећи да је терен на локацији Змајевац изграђен од: делувилјалних прашинастих глина помешаних са распадином серпентинита, распадине серпентинитисаних перидотита, и серпентинитисаног перидотита.

лицама, пегамма и млазевима магнезита, као и калцитским жицама чија дебљина може бити до 1 cm.

Мерење RQD је показало да се овај показатељ креће у границама од 0–26% што указује да се ради о врло слабој стенској маси. Међутим треба нагласити да је RQD само линеарни показатељ целовитости стенске масе одн. не узима у обзир оријентацију пукотина, испуну, храпавост зидова, стање подземне воде и др.

Геомеханичка лабораторијска испитивања стенске масе показала су да је запреминска тежина серпентинитисаних перидотита  $\gamma = 26.8\text{--}28.8 \text{ kN/m}^3$ . Параметри чврстоће на смицање одређени су методом директног смицања а добијене су следеће вредности  $c = 3\text{--}6 \text{ Мпа}$  и  $\phi = 32\text{--}36.5^\circ$ . Динамички модул еластичности  $E_{dyn} = 22.4\text{--}31 \text{ GN/m}^2$ , Пуасонов коефицијент  $i_{dyn} = 0.330\text{--}0.350$ . Такође одређена је и брзина простирања еластичних таласа; лонгитудинални таласи  $V_p = 3675\text{--}4150 \text{ m/s}$  односно трансверзални  $V_s = 1760\text{--}2000 \text{ m/s}$ .

Хидрогеолошка испитивања одн. тест наливања су урађена у бушотинама и раскопима. У истражним раскопима коришћен је Мааг-ов цилиндар а у



Сл. 1. Подужни пресек локације Змајевац  
Fig. 1. Longitudinal cross-section of the site Zmajevac

Распадина серпентинитисаних перидотита представља јако испуцалу зону која је издељена на комаде cm-dm реда величине. Дуж прелина је исталожен хлорит. Површине цепања и шкриљавости су смоласте сјајности. Комади стенске масе садрже неравилне пеге и млазеве магнезита. Утврђена дебљина зоне распадања износи око 5 m.

Серпентинитисани перидотити су порфиробластичне и холокрсталасте текстуре. При бушењу стенска маса се ломи дуж микропрелина на комаде cm-dm димензија. Такође се јављају прелине и пукотине под углом  $45\text{--}75^\circ$  дуж којих је исталожен хлорит и местимично талк. Стенска маса је прожета жи-

истражним бушотинама наливање воде је вршено у пијезометрима и у самој бушотини, све док се није постигао постојани утршак воде за дати динамички ниво у пијезометру.

Испитивања су показала да распадина серпентинитисаних перидотита има коефицијент филтрације реда величине  $10^{-3} \text{ cm/sec}$ . У серпентинитисаним перидотитима који су компактнији коефицијент филтрације је реда величине  $10^{-4} \text{ cm/sec}$  с тим што се у оквиру ове средине јављају зоне са коефицијент филтрације  $10^{-5} \text{ cm/sec}$  (средње пропусна зона). Издан је разбијеног типа а прихрањује се од атмосферерилија. Издан је пукотинске издашности.



Водоносност средине је већа при површини терена а са дужином се смањује. Циркулација воде се одвија дуж прелина и пукотина. Прихрањивање издани врши се инфилтрацијом атмосферских падавина.

Испуцалости стенске масе и растворљивости магнезита (при ниским температурама) који је исталожен у пукотинама и прелинама, намеће обавезну израду доњег заштитног слоја (bottom liner).

У потоку Свињарац мерен је протицај воде и том приликом је добијено да има око 4 l/sec.

Детаљни руптурни склоп, локације Змајевац и шире околине, реконструисан је стереоскопском анализом аерофотоснимака из 1962. и 1967 год. Констатовано је да су главни руптурни правци формиран у правцу две главне јаруге (СЗ–ЈИ) а да се управно на њих налазе мањи раседи.

Према сеизмолошкој карти СФРЈ простор Краљева са широм околином укључујући Столове и локацију Змајевац припада 8° MCS скале са вероватноћом појаве 63% за повратни период од 500 година.

Хемијске анализе узорака тла показала су повећани садржај никла и хрома док су остали параметри били у границама дозвољених вредности. Повећани садржаји никла и хрома се могу сматрати уобичајним за серпентинисане перидотите с обзиром на њихов минерални састав па можемо рећи да нису антропогеног порекла.

Хемијска испитивања узорака воде узетих из бушотина показала су да је у њима утврђен повећан садржај бора а у једном узорку је утврђена повећана концентрација живе. С обзиром да је у узорцима тла садржај бора у границама дозвољених вредности може се закључити да је порекло бора у води антропогено (разни детерџенти, средства за прање и чишћење, пестициди и вештачка ђубрива). Присуство живе у води је вероватно антропогеног порекла иако је за серпентините везана појава лежишта живе.

## Закључак

Депонија Змајевац биће изграђена у серпентинисаним перидотитима који су у површинском делу јако распаднути. Приликом бушења стенска маса се цепа дуж микропрелина. Са дужином испуцалост стенске масе се смањује али она остаје издељена прелинама и пукотинама мм-димензија које су запуњене хлоритом, магнезитом, калцитом и талком.

Због испуцалости и водопропустљивости стенске масе треба предузети мере заштите терена, подземних и површинских вода од загађења одн. треба адекватно пројектовати доњи заштитни слој депоније.

Депонија мора да буде опремљена системом за екстракцију гаса-биотрновима, системом за прикупљање и одвођење депонијског филтрата, постројењем за прераду отпадних вода, системом за прикупљање и одвођење површинских вода одн. атмосферилија. Током експлоатације предвидети обавезан мониторинг гасова и подземних вода.

За прикупљање атмосферских вода, на локацији, неопходно је урадити ободне канале који се морају адекватно димензионисати при чему пажњу треба обратити на климатске промене и промене у количини падавина које су њихова последица.

Поток Свињарац треба каналисати и затворити цевима одговарајућег пречника како би се вода безбедно одвела ван зоне депоније и заштитила од загађења. Ове цеви такође треба заштитити од агресивног дејства депонијског филтрата. Исте мере заштите треба спровести у другој јарузи у којој се поток формира само после јачих киша.

## Литература

- Петковић К. 1981, (гл. ур.) *Геологија Србије, III-1, Магматизам*. Рударско-геолошки факултет, 165–166.  
Јањић, М. 1962: *Инжењерскогеолошке одлике пирена НР Србије*. 59-70.



## Inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja karakterističnih klizišta na području opštine Bijeljina

### Engineering Geological and Geotechnical Investigations of the Characteristic Landslide in Bijeljina

NEDO ĐURIĆ<sup>1</sup>, SNEŽANA TADIĆ<sup>1</sup>, ANDA ĐUJIĆ<sup>1</sup> & ANGELINA ĐURIĆ<sup>2</sup>

**Apstrakt.** Na području opštine Bijeljina, tokom 2006. godine, kao rezultat intenzivnih kiša, pojavio se veći broj klizišta. Uglavnom su nastala na blagim padinama, odakle počinje lagano uzdizanje terena, odnosno prelaz od ravne Semberije ka obroncima planine Majevice. Naka klizišta ugrožavala su objekte, što je zahtijevalo određena istraživanja i sanacione mjere.

Sva klizišta su prethodno analizirana sa aspekta zahvaćenosti terena i ugrožavanja objekata, uzroka nastanka klizišta i mogućnosti daljeg razvoja procesa klizanja, odnosno njihovog uticaja na objekte. Za klizišta koja su već ugrožavala objekte, kao i ona gdje se očekivao razvoj procesa klizanja koji bi mogao imati štetan uticaj na objekte, provedena su određena inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja.

U radu će se prikazati tri karakteristična klizišta, koja se nalaze na različitim dijelovima terena, za koja su provedena potrebna istraživanja i analize stabilnosti padine.

**Ključne riječi:** inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja, klizište, padina, teren, objekti.

**Abstract.** In the area of Bijeljina, during 2006. as a result of intense rains, appeared a number of landslides. They are mostly built on gentle slopes, where the elevation of the terrain begins slowly, and the transition from flat to slopes of Mount Semberije Majevice. Some landslides endangering the buildings, which required some research and rehabilitation measures.

All slides were previously analyzed from the point of endangering conservation terrain and buildings, causes landslides and the possibility of further slippage process, and their impact on facilities. For landslides that are already endangering buildings, and where it is expected the process of slippage that could have a harmful impact on the facilities, conducted the specific engineering geological and geotechnical investigations.

The paper will show three characteristic landslides, which are located in different parts of the field, for which they conducted research and analysis required stability of slopes.

**Key words:** engineering geological and geotechnical investigations, landslides, slopes, terrain, buildings.

## Uvod

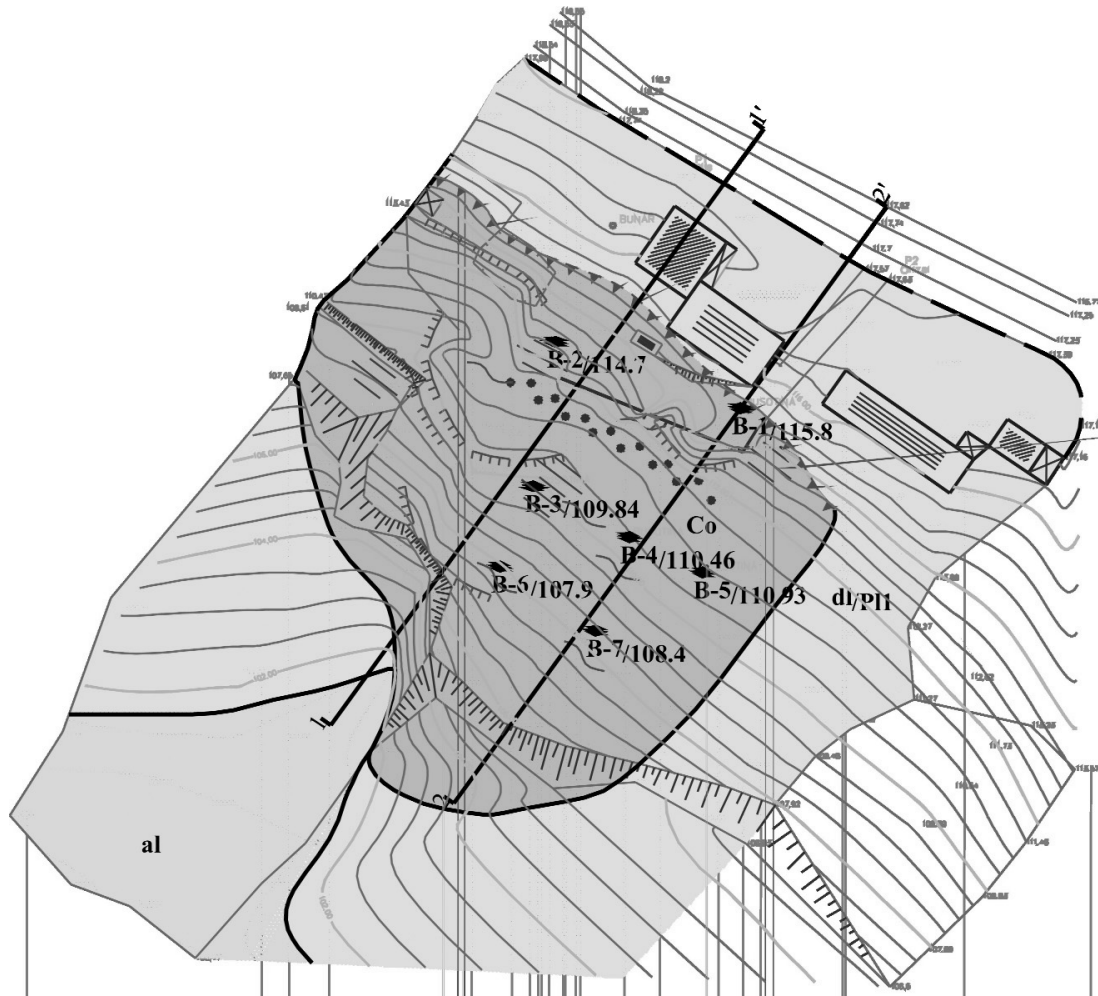
Intenzivne kiše u pojedinim periodima tokom 2006. godine, dovele se do pojave većeg broja klizišta na brdsko planinskim dijelovima terena. Opština Bijeljina u svom južnom dijelu, lagano prelazi sa ravne Semberije ka obroncima planine Majevice, što karakteriše blage padine. Uglavnom su to uslovno stabilne padine, na kojima je i ranije bio prisutan proces klizanja pojedinih dijelova terena, ali ne toliko značajan da ugrožava objekte na terenu.

Pojava klizišta koja su ugrožavala objekte, otvorila su prostor za njihovo istraživanje i sagledavanje uticaja na objekte i stabilnost terena u širem smislu. Uglavnom su proučavana klizišta koja su ugrožavala stambene objekte, dok su ostala evidentirana sa datom ocjenom terenskih zapažanja.

Veliki broj klizišta, a nedovoljna sredstva za istraživanje, pogotovo za sanacije, ograničile su mogućnosti detaljnijih istraživanja i izrade sanacionih projekata. Ipak neka su imala takav značaj da je bilo neophodno brzo reagovati. Kao

<sup>1</sup> Tehnički institut Bijeljina, Starine Novaka bb. E mail. [tehnicki@tehnicki-institut.com](mailto:tehnicki@tehnicki-institut.com)

<sup>2</sup> Agencija za vode Bijeljina, Miloša Obilića 51, Bijeljina



Sl. 1. Situacioni plan terena sa poprečnim profilima. Legenda: Co – gline, al – šljunci, pijesci, gline, dl/Pl<sub>1</sub> – padinske gline, pjeskovite gline i pješčari

Fig. 1. Situational plan of the field with cross-sections. Legend: Co. - clay, al - gravel, sand, clay, dl/Pl<sub>1</sub> hillside hillside clay, sandy clay and sandstone

primjer uzeta su tri karakteristična klizišta za koja su provedena određena istraživanja, predložene sanacione mjere i praćeno ponašanje terena u periodu od dvije godine.

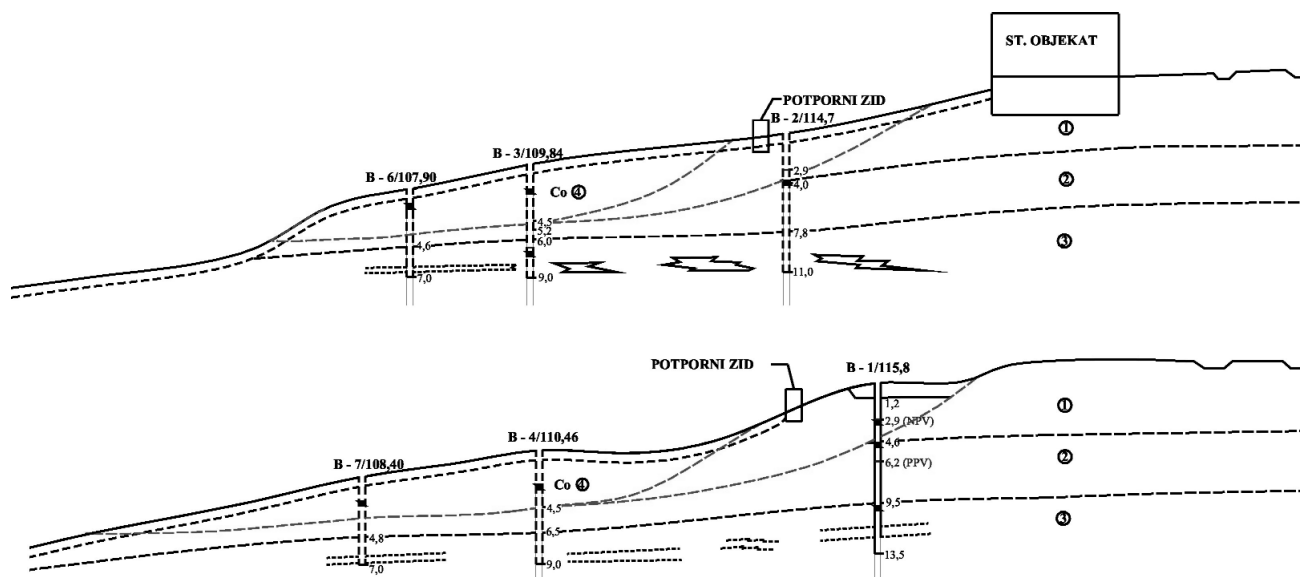
### Klizište u naselju Čengić

U selu Čengić neposredno uz lokalni put, aktivirano je klizište na ranije “uslovno stabilnoj padini”. Povremeno je dolazilo do laganog klizanja u pojedinim dijelovima padine, ali nisu bila značajnijeg karaktera. Ipak, radi predostrožnosti mještani su uradili manji potporni zid i nekolino plićih bušotina radi praćenja nivoa podzemnih voda i stabilnosti piezometarske konstrukcije. Naglo aktivirano klizište u navedenom periodu, pomjerilo je čeonu ožiljak blizu stambenih i pomoćnih objekata. Da bi se spriječilo širenje klizišta u zaleđe, odnosno ugrožavanje stambenih i ostalih objekata, pristupilo se primjeni brzih mjera zaštite od naglog širenja klizišta, te provedena određena geotehnička is-

traživanja, koja su služila kao podloga za izradu projekta sanacije terena.

Brze sanacione mjere zasnivale su se na izradi manjih odvodnih kanala, koji su prikupljali površinsku vodu i odvodili u potok, koji se nalazi neposredno uz nožicu klizišta. Neravne površine terena su poravnate, pri čemu su otvorene pukotine na klizištu djelimično zatvorene. Tako se omogućio brži odlazak površinskih voda niz padinu i smanjila njihova infiltracija u podzemlje. Praćeno je stanje nivoa voda u kopanim bunarima, kao i njihova stabilnost, te stabilnost ranije izbušenih nekoliko plićih dolapskih bušotina.

Geomehnička istraživanja izvršena su na terenu površine oko 15000 m<sup>2</sup>, gdje izbušeno sedam (7) istražnih bušotina, dubine 7,0–13,5 m, slika 2. Na bušotinama su provedena određena terenska ispitivanja i uzeti uzorci tla za laboratorijska ispitivanja iz svake litološke promjene. Završetkom bušenja ugrađene su plastične cijevi Φ 2” radi praćenja nivoa podzemnih voda, kao i dubine na kojima dolazi do njihove



Sl. 2. Geotehnički profili. Legenda: 1, 2. glina prašinsto pjeskovita, 3. glina pjeskovito, prašinsto, 4. koluvijalna glina  
 Fig. 2. Geotechnical profiles. Legend: 1, 2. pulverulent sandy loam, 3. Sandy clay, pulverulent, 4. clay colluvio

deformacije. Na taj način dobio se dopunski podatak za dubinu klizne ravni.

## Geotehnička svojstva terena

Klizište se nalazi na padini nagiba  $10^\circ$ , koji se postepeno povećava i u nižim dijelovima se kreće oko  $20^\circ$ . U građi terena učestvuju donje pliocenski sedimenti ( $Pl_1$ ), predstavljeni pješčarima, pjeskovitim glinama i glinama. Na aktivnom dijelu klizišta registrovani su koluvijalni sedimenti (Co), predstavljeni glinama.

Prema inženjerskogeološkoj klasifikaciji stijena, do dubine istraživanja, zastupljeni su slabo vezani sedimenti predstavljeni glinama sa visokim procentualnim učešćem prašinsto komponente i malim sadržajem fino-zrnog pijeska. Slojevi gline su pod nagibom koji je istovjetan sa nagibom padine.

Hidrogeološke karakteristike lokacije klizišta i njenog šireg područja su vrlo specifične. Podzemna voda u vrijeme istraživanja se pojavljuje na različitim dubinama od 3,0–7,0 m, što ukazuje da ne postoji kontinuirana izdan. Vode su razbijene, zavisno od intenziteta i dubine kretanja stijenskih masa u procesu klizanja. U podzemlje dolaze direktnom infiltracijom sa površine terena, odlazeći tako u dublji do terena na različite hipsometrijske nivoe.

Širi prostor istraživanja lokacije predstavlja takođe uslovno stabilnu padinu, gdje su prisutna povremena aktivna klizišta. Na predmetnom klizištu čeonu ožiljak se prostire neposredno uz objekte, na udaljenosti od 2,0 m do nekoliko metara, zavisno od rasporeda objekata. Osmatranjem klizišta, konstatovano je da se čeonu ožiljak proširio u pravcu hipsometrijski viših dijelova padine, prema objektima. Njegova visina je 0,6 m. Ranije urađeni potporni zid visine

2,0 m, bez otvora za iscjeđivanje vode i drenaže iza zida, jednostavno je smaknut i negnut u pravcu padine. Sekundarni ožiljci i pukotine prisutne su na čitavoj površini klizišta. U nožičnom dijelu klizišta izražena su ispuččenja nastala klizanjem.

Terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima konstatovano je da je pretpostavljena klizna ravan na dubini 4,5 m, formirana u prašinstim glinama, masnim, visokoplastičnim. Klizanje je nastalo kao rezultat različitih faktora, geološke građe, morfologije terena, prisutva podzemnih voda, stepena ispucalosti pripovršinskog dijela terena koji omogućava prodiranje vode u dublje dijelove. Ranije urađeni potporni bez otvora i drenaže u zaleđu, predstavljao je branu za podzemne vode, koje su se tu skupljale i raskvašavale materijal po dubini i po površini.

## Geotehnički proračuni stabilnosti terena

Terenska istraživanja i laboratorijska ispitivanja dala su dovoljno podataka da se definiše konstrukcija terena. Geotehnički proračun stabilnosti terena urađen je na dva profila, slika 2. Za svaki profil prvo je sračunat uslovni ugao unutrašnje otpornosti  $\Phi_{uslovno}$ , za stanje granične ravnoteže  $F_s = 1,00$  i za nivo podzemne vode koji je utvrđen na terenu, kao i za uslove kada je podzemna voda odstranjena.

Za proračune su usvojeni sljedeći parametri, pri čemu su dobivene vrijednosti faktora sigurnosti:

- Profil 1,  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $\varphi = \Phi_{uslovno} = 12,0^\circ$ ,  $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$   
 Faktor sigurnosti  $F_s = 1,01$  za uslove prisutstva podzemne vode 2,9 m  
 Faktor sigurnosti  $F_s = 1,21$  za uslove odstranjene podzemne vode

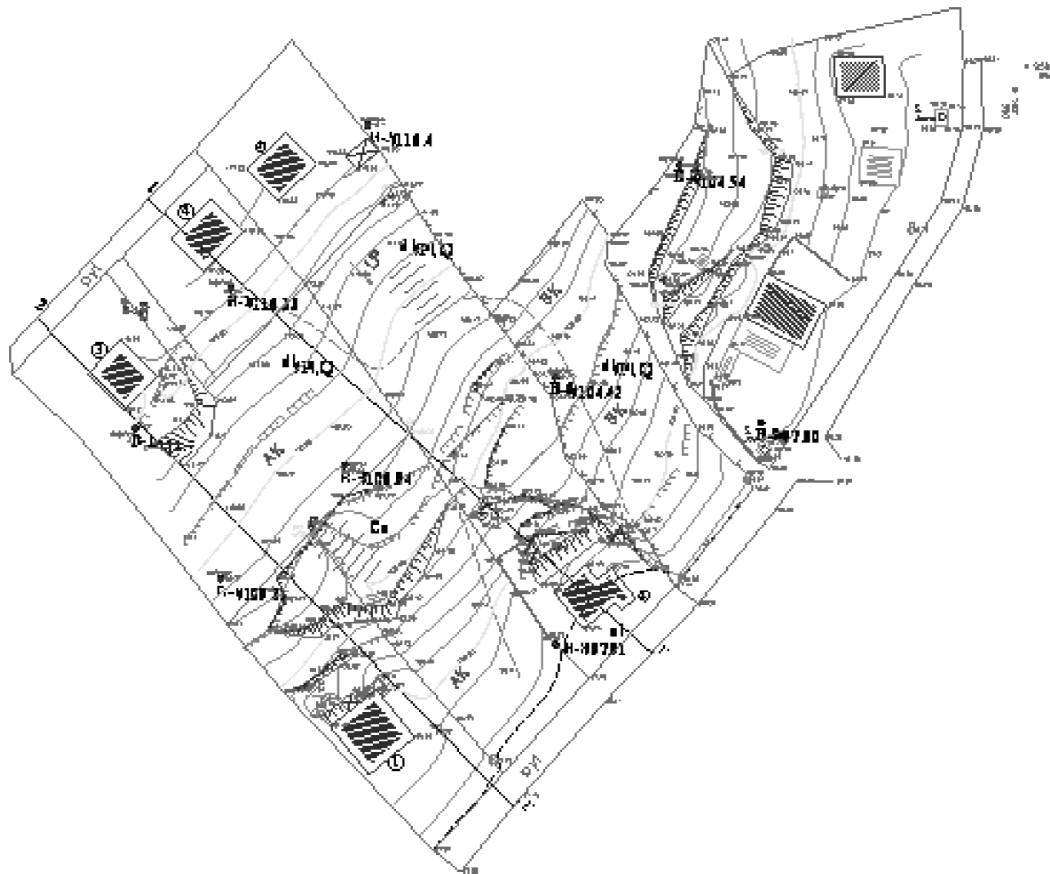
- Profil 2,  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $\varphi = \Phi_{uslovno} = 14,5^\circ$ ,  $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$   
 Faktor sigurnosti  $F_s = 1,01$  za uslove prisustva podzemne vode 2,9 m  
 Faktor sigurnosti  $F_s = 1,52$  za uslove odstranjene podzemne vode

U uslovima prisustva podzemnih voda faktor sigurnosti  $F_s = 1$ , dok se za uslove odstranjene podzemne vode postiže  $F_s = 1,21-1,52$ , odnosno povećava stabilnost od 21–52%.

predstavlja potencijalnu opasnost njihove ugroženosti ukoliko padina ne bude sanirana.

Manje “sanacione mjere” koje je lokalno stanovništvo primijenilo, samo su djelimično zaustavile kretanje zemljanih masa ka objektima u nižem dijelu padine. Uglavnom su to plići kanali koji su sakupljali vodu i odvodili u kanal koji se nalazi pored lokalnog puta u podnožju padine.

Geotehnička istraživanja provedena su na površini oko 10000 m<sup>2</sup>. Nakon kartiranja terena, registrovanja deforma-



Sl. 3. Situacioni plan terena klizište Obarska – Šumice. Legenda: Co – gline, dl/Pl<sub>1</sub>Q – padinske gline, pjeskovite gline i pjesčari  
 Fig. 3. Situational plan terrain landslide Obarska – Šumice. Legend: Co - Clay, dl/Pl<sub>1</sub>Q – sloping clay, sandy clay and sandstone

Prijedlog sanacije vezan je za izradu potporne konstrukcije od šipova, sa urađenom drenažom za odvodnju podzemnih voda. Analizirana stabilnost terena na profilima 1 i 2, daje faktore sigurnosti  $F_s = 2,35-2,56$ , odnosno sigurnu stabilnost terena.

### Klizište u naselju Obarska – Šumice

Na desnoj strani magistralnog puta Bijeljina–Brčko, oko 6 km od grada Bijeljine u naselju Šumice, aktivirano je klizište u vrijeme velikih kiša tokom marta mjeseca. Zahvaćena je padina na čijem su krajnjem hipsometrijski najvišem i najnižem dijelu stambeni objekti. Na objektima nisu nastale deformacije, ali je teren kod njih degradiran, i

cija u zoni zahvaćenoj klizištem i sagledavanjem položaja objekata u odnosu na klizište, određene su lokacije za geomehničke bušotine. Urađeno je devet (9) bušotina, dubine od 5,0–14,0 m, na kojima su provedena terenska ispitivanja i uzeti uzorci za laboratorijske analize, slika 3.

### Osnovne geotehničke karakteristike terena

Padina na kojoj je formirano klizište prosječnog je nagiba oko 10°, izuzev dijelova devastiranih tokom klizanja. Padinu izgrađuju pliokvartarni sedimenti (Pl, Q), predstavljeni glinama koje su u pripovršinskom dijelu pokrivene deluvijalnom raspadinom sedimenata okolnog terena i sedimenata podloge. Kolvijalni sedimenata (Co) prisutni su na

aktivnom dijelu klizišta, koji su predstavljeni glinama veoma različitim po svojim fizičko-mehaničkim karakteristikama. Na krajnjem hipsometrijski najnižem dijelu padine su aluvijalni sedimenti (al) predstavljeni glinama, šljuncima i pijeskovima

Posmatrano u vertikalnom profilu do dubine istraživanja zastupljeni su slabovezani sedimenti. Predstavljani su glinama sa visokim procentualnim učešćem prašinate komponente i malim sadržajem finoznog pijeska u obliku tankih proslojaka i leća. Sa aspekta geomehaničkih karakteristika terena, pijesak nema veći značaj, ali zbog svojih kolektorskih sposobnosti, uvijek ima uticaja na stabilnost padine.

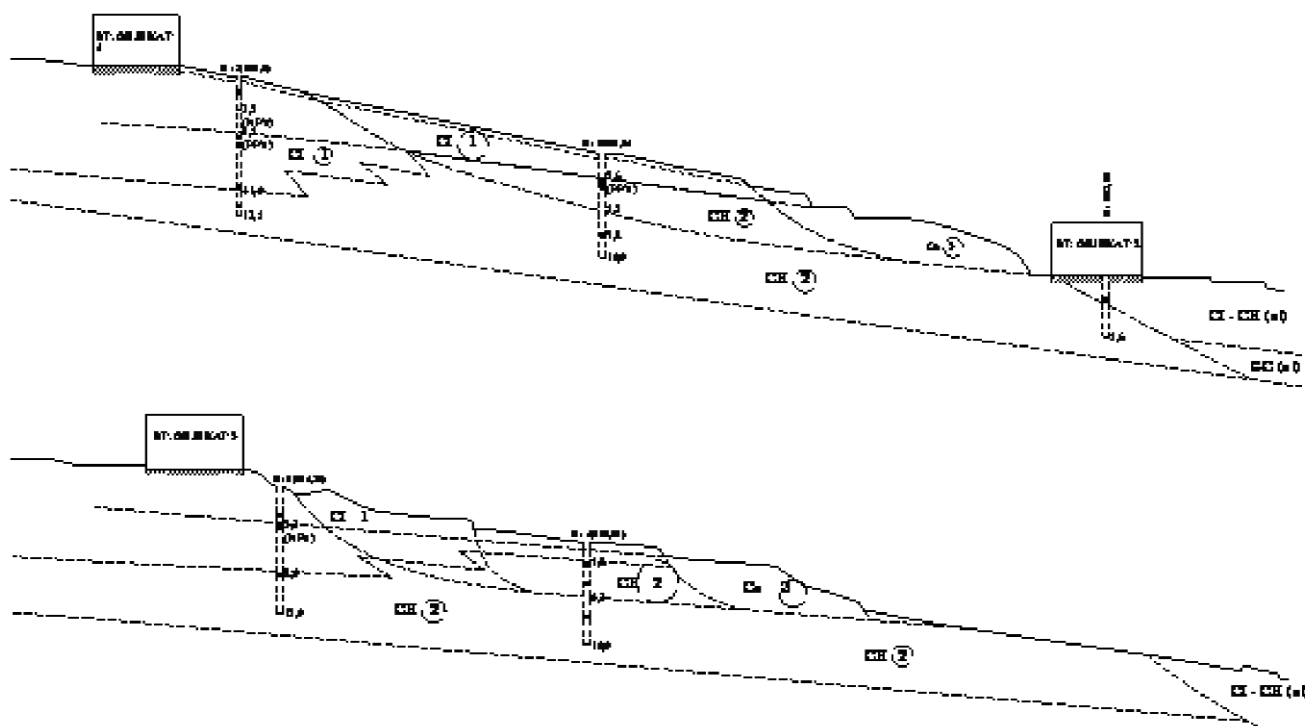
U hidrogeološkom smislu do dubine istraživanja, teren karakteriše slabopropusne do vodonepropusne sedimente, predstavljene glinama sa koeficijentom filtracije  $> 10^{-7}$  cm/sec. Podzemna voda vezana je za klizanjem oštećeni dio terena i nivo se kreće oko 3,3 m. Voda u podzemlje dolazi direktnom infiltracijom sa površine terena, pri čemu nisu međusobno povezane u pojedinim dijelovima klizišta, odražavajući tako "lokalni karakter". Ipak, mogu kroz pukotine da dopiju u dublje dijelove terena do proslojaka pijeska. Na svom putu natapaju gline i slabe njene otporno-deformabilne karakteristike, što se negativno odražava na stabilnost padine.

zahvaćena aktivnim procesima klizanja. Aktivno klizište prostire se u gornjem hipsometrijskom dijelu padine neposredno 3,0 m ispod stambenih objekata, gdje visina ožiljka oko 0,3 m. Središnji dio padine karakteriše više sekundarnih ožiljaka, dok je donja polovina padine potpuno devastirana aktivnim klizanjem. Prisutno je mnogo trbušastih ispučenja i udubljenja u kojima se sakuplja voda i tako pogoršava stabilnost padine.

Rezultati terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja dali su dovoljno podataka da se konstatuje klizna ravan na dubini oko 5,3 m, formirana u prašinstim glinama, koje su malo do veoma stišljive, visokoplastične. Uzroci klizanja vezani su za geološku građu, gdje su prisutni glinovito-prašnasti sedimenti, koji u prisustvu podzemnih voda mijenjaju svoje karakteristike. Ostali faktori kao što su morfologija padine, tehnogeni uticaji ili neadekvatna odvodnja fekalnih voda, samo su ranije stvorili preduslove da nastane proces klizanja sa pojavom značajnijeg faktora.

### Analiza stabilnosti klizišta

Proračuni stabilnosti terena na klizištu, urađeni su na dva profila, gdje za svaki profil prvo sračunat uslovni ugao unutrašnje otpornosti  $\Phi_{uslovno}$  za stanje granične ravnoteže



Sl. 4. Geotehnički profili. Legenda: 1, 2. glina prašinata, 3. koluvijalna glina  
Fig. 4. Geotechnical profiles. Legend: 1, 2 pulverulent clay, 3. colluvio clay

Detaljnijim kartiranjem šireg prostora izdvojene su sljedeće karakteristike padine, koja se ogleda kroz prisustvo starog dijela klizišta, labilne padine i aktivnog klizišta. Staro klizište je znatno udaljeno od objekata i nije posebno istraživano. Labilna padina je nešto bliža objektima, ali nije

$F_s = 1,00$  i za nivo vode utvrđen na terenu. Takođe  $F_s$  određen je i za uslove kada je podzemna voda odstranjena.

Proračun je obavljen po metodi Jambu-a, za koji su usvojeni određeni podaci, pri čemu su dobivene sljedeće vrijednosti faktora sigurnosti:

• Profil 1,  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $\varphi = \Phi_{uslovno} = 17,4^\circ$ ,  $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$   
 Faktor sigurnosti  $F_s = 1,01$  za uslove prisustva podzemne vode 2,6 m

Faktor sigurnosti  $F_s = 1,45$  za uslove odstranjene podzemne vode

• Profil 2,  $\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^2$ ,  $\varphi = \Phi_{uslovno} = 17,3^\circ$ ,  $c = 0,0 \text{ kN/m}^2$   
 Faktor sigurnosti  $F_s = 1,00$  za uslove prisustva podzemne vode 2,6 m

Faktor sigurnosti  $F_s = 1,54$  za uslove odstranjene podzemne vode

U uslovima prisustva podzemnih voda faktor sigurnosti  $F_s = 1$ , dok se za uslove odstranjene podzemne vode postiže  $F_s = 1,45$ – $1,52$ , odnosno povećava stabilnost od 45–54%.

Dobijeni uglovi  $\Phi_{uslovno}$   $17,4^\circ$  i  $17,3^\circ$  su prilično visoki. Laboratorijskim ispitivanjima određeni su rezidualni uglovi unutrašnje otpornosti  $\Phi_{rezidualno}$  u intervalu od  $11^\circ$ – $24^\circ$ . Srednja rezidualna vrijednost ugla unutrašnje otpornosti  $\Phi_{rez.sred.}$  je oko  $18^\circ$ . Poređenjem vrijednosti uslovnog ugla unutrašnje otpornosti  $\Phi_{uslovno}$  sa srednjim rezidualnim uglom unutrašnje otpornosti  $\Phi_{rez.sred.}$ , zaključuje se da je klizište nastalo uticajem agensa veće količine podzemne i površinske vode.

Predložene sanacione mjere obuhvataju izradu drenažnog sistema na prostoru ispod objekata u obliku slova “Y”, odnosno “YY”. Sistem će se sastojati od sabirnih drenažnih rovova u krovnom dijelu i sabirno-odvodnih drenažnih rovova ispod krovnog dijela. Spojevi između sabirnih i sabirno-odvodnih rovova drenažnog sistema povezat će se AB (armirano-betonskim) oknima. Ispuna drenažnih rovova je od lomljenog kamena, veličine komada od 10,0–20,0 cm. Lomljeni kamen od zamuljivanja će se štititi obmotavanjem separacionog i filtracionog sloja od netkanog geotekstila. Pored drenažnog sistema, neophodno je uraditi i sistem otvorenih betonskih kanala za odvođenje površinskih voda i njihovo sprečavanje da dođu u tijelo klizišta.

## Zaključak

Nastala klizišta u periodu intenzivnih kiša početkom 2006. godine, ugrožavala su prvenstveno stambene objekte, što je zahtijevalo određena istraživanja terena, kako bi se sagledali uzroci nastanka klizišta i predložile sanacione mjere. Izdvojena tri klizišta karakterišu različite lokacije na području opštine Bijeljina, ali su ona istovjetna po načinu nastanka, kao i prijedlogu sanacionih mjera.

Provedena istraživanja definisala su osnovne karakteristike terena i uzroke nastanka klizišta, tako da su predložene određene sanacione mjere. Iste nisu primijenjene u cjelosti, nego djelimično, ali su zaustavile dalji proces klizanja. Kako bi se spriječio proces ponovnog aktiviranja klizišta nakon novih iznenadnih većih kiša, to će se predviđene sanacione mjere realizovati u narednom periodu.

## Literatura

- ĐUJIĆ, A., ĐURIĆ, N. i MITROVIĆ, P. 2008. Geotehnička istraživanja i sanacija klizišta na regionalnom putu Banja Luka – Aleksići. *Drugi internacionalni naučno-stručni skup “Građevinarstvo-nauka-praksa GPN 2008”*. Knjiga 2, Žabljak.
- ĐURIĆ, N., ĐUJIĆ, A., MITROVIĆ, P. i TADIĆ, S. 2009. Analiza stabilnosti i prijedlog sanacije terena za potrebe izgradnje centra za hemodijalizu u krugu opšte bolnice “Sveti Apostol Luka” u Doboju. *Treće naučno-stručno savjetovanje “Geotehnički aspekti građevinarstva”*. Zlatibor.
- MAKSIMOVIĆ, M. 2005. *Mehanika tla*. Treće izdanje, Građevinska knjiga, Beograd.
- NAJDANOVIĆ, N. i OBRADOVIĆ, R. 1991. *Mehanika tla u inženjerskoj praksi*. Rudarski institut, Beograd.
- Elaborati o geomehaničkim istraživanjima na lokacijama klizišta Ruhotina, Čengić i Obarska – Šumice 2007/2008. Fond stručnih dokumenata Tehničkog instituta, Bijeljina.



## Геотехнички услови изградње аутопута Е-763 Београд – Јужни Јадран преко клизишта Умка – Дубоко

### Geotechnical Conditions of Construction the Motorway E-763 Belgrade to South Adriatic across the Umka–Duboko Landslide

БРАНКО ЈЕЛИСАВАЦ<sup>1</sup>, ПЕТАР МИТРОВИЋ<sup>1</sup>,  
ВЛАДЕТА ВУЈАНИЋ<sup>1</sup> и СВЕТОЗАР МИЛЕНКОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Генералним и Идејним пројектом аутопута Београд–Јужни Јадран (Е-763), на излазу из Београда, коридор пута је лоциран десном обалом реке Саве, у темену речног меандра, преко клизишта Умка–Дубоко у дужини 3 km. Велико активно клизиште, дубине 10–26 m, формирано у лапоровитим глинама, захвата површину око 1,8 km<sup>2</sup>.

У циљу утврђивања геолошке грађе, узрока, механизма и динамике клизишта а за потребе израде пројекта санације терена и регулације водотока, спроведена су обимна геотехничка истраживања и мониторинг. Инсталирана је оскултациона мрежа која обухвата 180 мерних места: 33 инклинометра, 25 пијезометара, геодетске реперне, бунаре, речне профиле и др.

На основу резултата истраживања изнађена су санациона решења клизишта која гарантују стабилност будућег аутопута и стабилизују остале делове нестабилне падине на којој је угрожена инфраструктура и око 500 стамбених и викенд објеката.

**Кључне речи:** Аутопут, река, клизиште, истраживање, мониторинг, санација.

**Abstract.** By both General and Preliminary designs of motorway from Belgrade to South Adriatic, i.e. E-763, at the exit from Belgrade, road facility corridor is located at the right bank of Sava river, on the meandering apex, crossing the landslide Umka–Duboko in the length of 3 km. Large active landslide in the depth of 10–26 m, created in marly clays, takes up the area of 1.8 sq.km.

In order to define the geologic composition, causes, mechanism and dynamics of the landslide thereof for the purpose of preparing the design for terrain repair and watercourse regulation, extensive geotechnical investigations and monitoring have been carried out. The auscultation network has been installed including 180 measuring spots, 33 inclinometers, 25 piezometers, survey pegs, wells, river profiles, etc.

Investigation results have provided for landslide repair solutions which guarantee the stability of future motorway and also stabilize the remaining parts of unstable slopes on which some 500 housing facilities and cottages are jeopardized.

**Key words:** Highway, river, landslide, research, monitoring, rehabilitation.

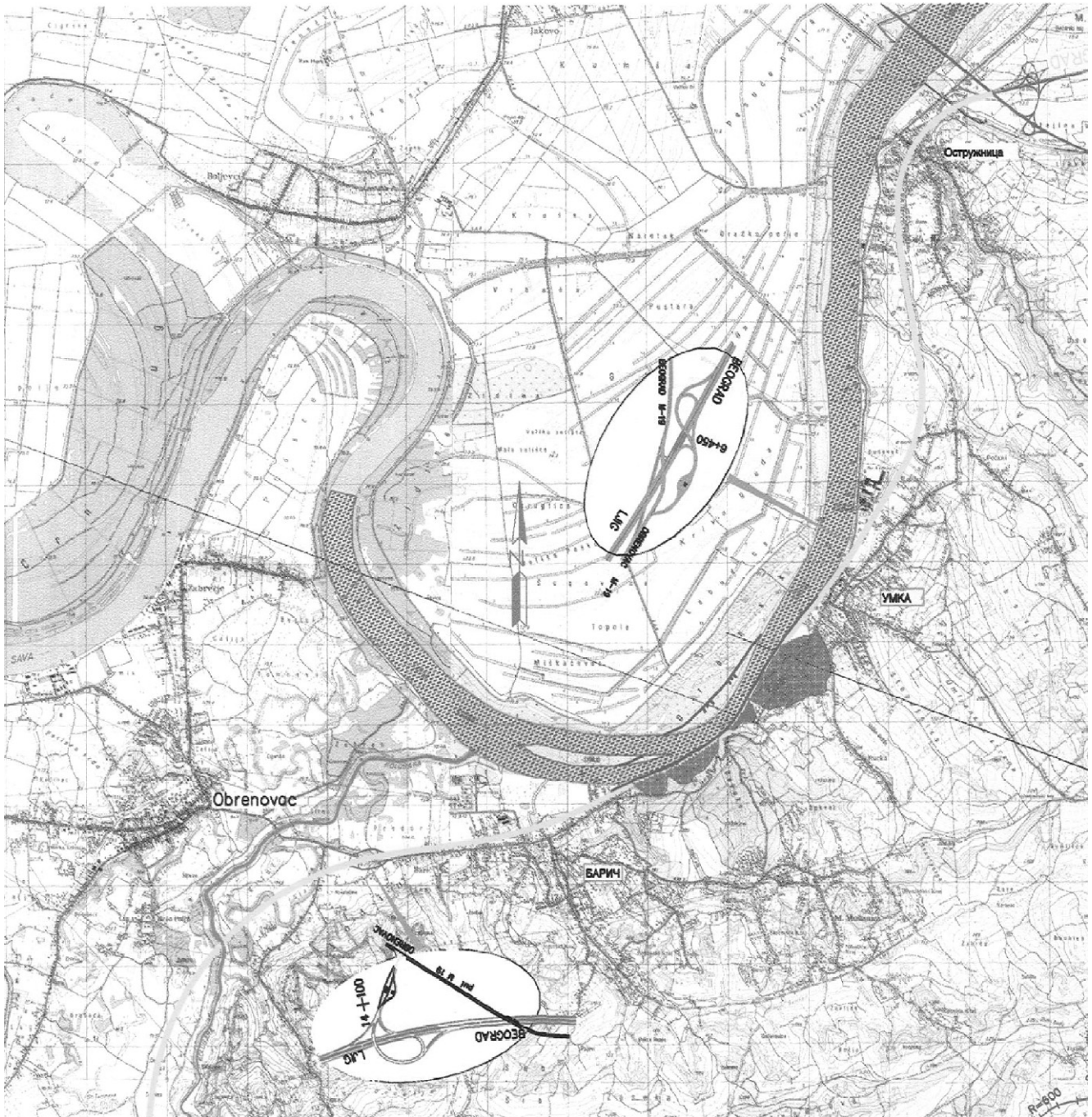
## Увод

Подручје Београда и његова шира брежуљкаста околнина познато је по бројним појавама клизишта. Ово је нарочито изражено дуж долинских стране Саве и Дунава чије су падине изграђене од миопли-оценских комплекса “мекших” стена: глина, лапора и песка.

Основни узрок настанка клизишта присписује се сложеној геолошкој грађи и морфолошкој еволуцији терена. Међутим, у свременим условима, непосредан повод настанка нових или реактивирања старих клизишта, све је чешће резултат човекове градитељске и привредне делатности.

С овим проблемом у Србији први су се суочили градитељи пруга. Након првог светског рата била

<sup>1</sup> Институт за путеве – Завод за геотехнику, Кумодрашка 257, Београд. E-mail: geotehnika@beotel.rs



Сл. 1. Прегледна карта клизишта

Fig. 1. Landslide index map

је актуелна изградња железничке пруге Београд–Ужице, на потезу Остружница Барић, приобаљем Саве, дуж клизишта Умка–Дубоко.

Иако нису детаљније истраживана, захваљујући пре свега искуству проф. М.Т. Луковића, клизишта су том приликом избегнута изградњом дугачког тунела у стабилном залеђу.

Идеје о изградњи аутопута Београд–Обреновац и даље ка Јужном Јадрану, су анализирани 1979. а потом и 1990. г. У циљу изналажења оптималног

положаја будуће саобраћајнице тих година се приступило детаљнијим геолошко-геотехничким истраживањима и осматрањима клизишта Умка–Дубоко. Тада је разматрано више варијанти: тунелска, два моста на Сави, измештање реке, обалом реке и др. Коначна одлука није донета али у међувремену је изграђен полуаутопут до Умке, непосредно испред клизишта.

Новим Генералним пројектом (2000) је одабран коридор будућег аутопута који је смештен дуж де-

сне обале Саве. Допунска геотехничка истраживања и Идејни пројекат деонице Умка–Обреновац, дужине 7,65 km, који укључује санацију клизишта, дужине око 3 km, је урађен 2005. год. Сложеност решавања овог проблема захтевало је опсежна интердисциплинарна истраживања и анализе.

## Истражни радови

Резултати предходних истраживања, презентирани дуж шест геотехничких профила терена, са четири истражна окна и 10 инклинометара, су били основа за усмеравање допунских радова, али сада дуж 15 профила са 33 инклинометара. На овај начин је створен континуитет у провери механизма клизишта. Истраживања је радио стручни тим који се овим проблемом бави четврт века. 2005 су изведени следећи радови:

- Детаљно геолошко картирање терена површине око 3 km<sup>2</sup>, на подлогама 1:1000.
- Авионска и теренска геодетска снимања терена, профила, репера и локација радова.
- Ехосондирање корита Саве на потезу дужине 5 km, дуж 40 профила.
- Истражно бушење и картирање језгра 36 бушотина, дубине до 42 m, укупно 1190 m.
- Уградња инклинометара у 33 бушотине, дубине 12–42 m, укупно 770 mm.
- Статичке пенетрације (СРТ) на три локације, дубине до 15 m, укупно 50 m.
- Лабораторијска геомеханичка испитивања 140 узорака тла су обухватила: идентификацију, класификацију, чврстоћу, стишљивост, збијеност и носивост.
- 2005 је вршено осматрање инклинометара, нивоа Саве, подземне воде у постојећим пијезометрима и бунарима, укупно 180 мерних места. Прегледано је 500 стамбених и викенд објеката и евидентиран степен оштећења. Извршено је и снимање геодетских репера из 1991.
- Анализе стабилности за утврђене моделе клижења су вршене дуж 15 профила: у природним, санираним и земљотресним условима, уз варирање нивоа реке Саве и подземне воде.

## Резултати истраживања

### Морфологија терена и хидрауличко-морфолошка својства Саве

На истражном подручју су заступљени заравни и побрђа. Широке равнице обала Саве и њених десних притока, су у распону кота 70-83. Побрђа чине падине Руцке и Моштанице (коте 167-187), генералног нагиба 9–14°, локално у зони великих отсека до 45°.

На клизишту Умка, чеони ожиљци и вододелница, су удаљени Саве (коте 52-57) до 900 m, са висином 135 m а у Дубоком до 300 m, са висинском разликом 115 m. Падине су заталасане и испресецане бројним забареним депресијама и узвишењима, m-dm димензија.

Конфигурација речног корита је сложена због израженог меандрирања, рачвања код Баричке аде и променљивости ширине тока и нивелете дна. Корито, чију десну – конкавну обалу еродује река, је од Умке до Барича сужено на 200 m а то је 50% од просечне ширине корита на ширем сектору. Са друге стране, оно је продубљено и до 20 m, за разлику од просечне дубине око 9 m основног корита, узводно и низводно.

Дуж десне обале инундација није изражена и на већем делу не постоји. Побрђе директно контактира са основним коритом. Стабилност обале и падине је узрочно-последично повезана са процесима у кориту Саве. Насупрот томе, лева обала је алувијална равница, са котом терена око 73, где је изграђен противпоплавни насип (кота 78). Простор између обале и насипа, ширине 500 m, је пошумљен.

Режим течења Саве је под утицајем успора на ушћу у Дунав, његовог протицаја и режима рада ХЕ „Бердап“. Нивои реке, на сектору Београд–Обреновац, су срачунати за три услова на ушћу: успора, депресије и највероватније коинциденције Саве и Дунава. Меродавни нивои значајни за геостатичке анализе, пројектовање санација, мелиорација и регулационих радова у кориту су:

- $Z_{1\%} = 76,90 \text{ mnm}$  - стогодишња велика вода Саве,  $Q_{1\%} = 6511 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Z_{svv} = 73,30 \text{ mnm}$  - средња велика вода,  $Q_{svv} = 3000 \text{ m}^3/\text{s}$ ,
- $Z_{sv} = 71,70 \text{ mnm}$  - средња вода,  $Q_{sv} = 1570 \text{ m}^3/\text{s}$  è
- $Z_{mv} = 69,90 \text{ mnm}$  - мала вода Саве,  $Q_{mv} = 400 \text{ m}^3/\text{s}$ , min ниво за пловидбу.

### Геолошка грађа и хидрогеолошка својства терена

Брежуљкаста десна обала Саве, знатно се разликује по својој литостратиграфској грађи и геотехничким својствима од заравњених и ниских обала. Савремени изглед терена у долини реке директно је последица његове морфогенезе, процеса и појава који су у нашем климатском појасу условили ове разлике а које и даље утичу на водоток и стабилност падина дуж десне обале.

Доминантну улогу у геолошкој грађи терена имају панонски седименти, тј. прашинасто - глиновите масивне стене: лапори ( $M_3^2L$ ), дебљине преко 200 m и лапоровите глине ( $M_3^2GL$ ), дебљине 10–25 m. Млађи, квартарни седименти чине релативно танки покривач, дебљине 2–15 m. Литолошки састав и склоп квартарних седимената је последица услова и места настајања, тј. литогенезе: колувијалне (ко),

пролувијалне (pr), пролувијално-алувијалне (pr-al), алувијалне (al) и делувијалне (d).

Стабилну подину клизишта чине масивни сиви лапори ( $M_3^2L$ ). Отпорна својства овог комплекса су висока нарочито због високе кохезије. У условима триаксијалног опита, параметри чврстоће смицања узорака у стању природне влажности ( $w = 26-30\%$  односно  $I_s \gg 1$ ) износе  $\phi = 18-28^\circ$  и  $c = 30-200$  kPa.

Колувијалне наслаге (ko) су настале гравитационим померањем стенских маса низ падине. Покренути материјали је временом мењао примарну структуру, водна и физичко-механичка својства. По правилу, дебљина колувијума је предиспонирана геолошком границом између пластичнијих деградираних лапоровитих глина и тврђих лапора. Физичко-механичка својства колувијума варирају у широком распону због сложености његове грађе и осетљивости на спољне утицаје. Параметри чврстоће смицања дуж активних клизних површина су  $\phi_f = 7-13^\circ$  и  $c_f = 0$  kPa при  $w = 30-45\%$ .

Тело клизишта је издељено пукотинама различитог порекла (смицања и распадања) и просторног положаја што је условило променљиве коефицијенте филтрације  $K = 4 \times 10^{-8} - 2 \times 10^{-3}$  m/s и ефективне порозности  $\mu = 0,07-0,18$ . Колувијум има знатно нижу водопрпусност у хоризонталном него вертикалном смеру. У подини клизишта су масивни лапори ( $M_3^2L$ ) практично водонепропусни.

Подземне воде, као један од непосредних повода формирања и развоја процеса клижења, егзистирају као хидраулички неповезане акумулације и то:

- са слободним нивоом, формиране у повлати тела клизишта, до дубине 6–8 m и
- субартеског типа формиране у “здробљеним” зонама уз најдубље зоне смицања.

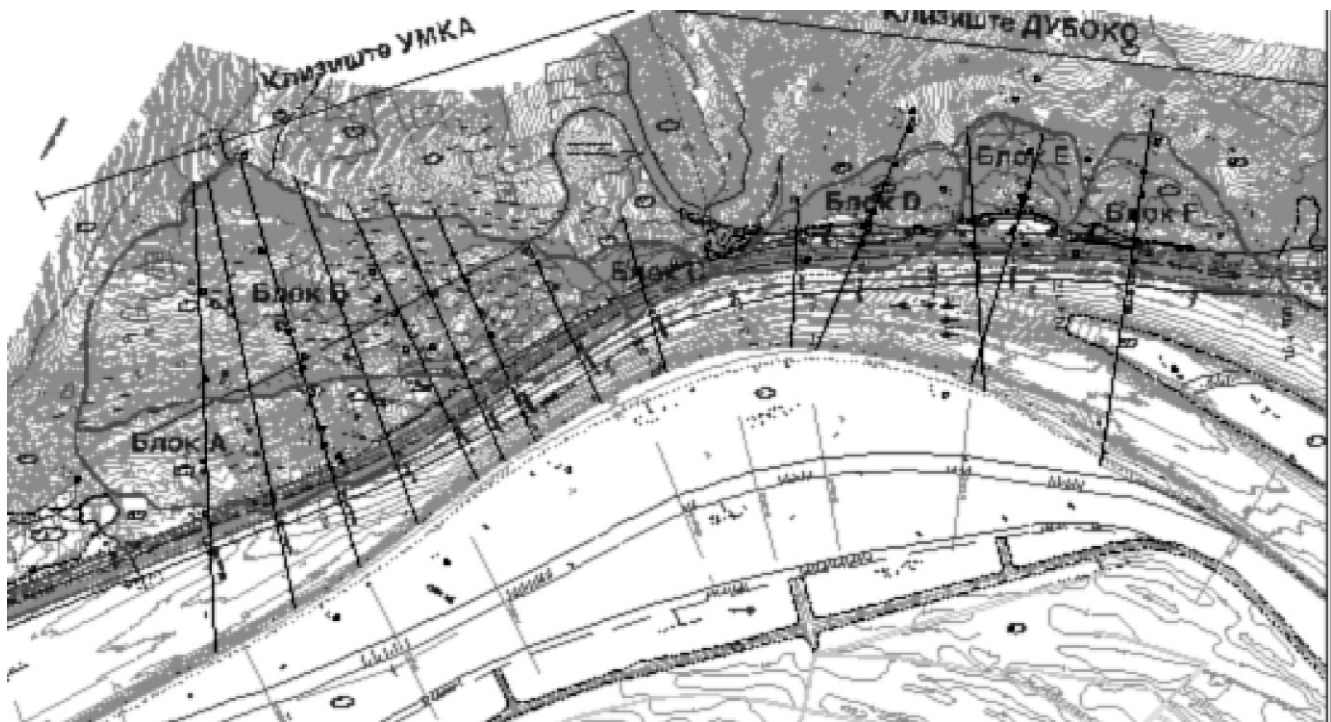
Режима подземних вода се формира инфилтрацијом падавина (плус: водовода, септичких јама и канала на подручју Умке) и евапотранспирацијом. У приобаљу на режим утиче и водостај реке.

Подземне воде Умке имају велику укупну минерализацију, повећан садржај  $SO_4$  јона и хлорида услед загађивања отпадним водама. Висока минерализације указује да је циркулација подземних вода у телу клизишта успорена.

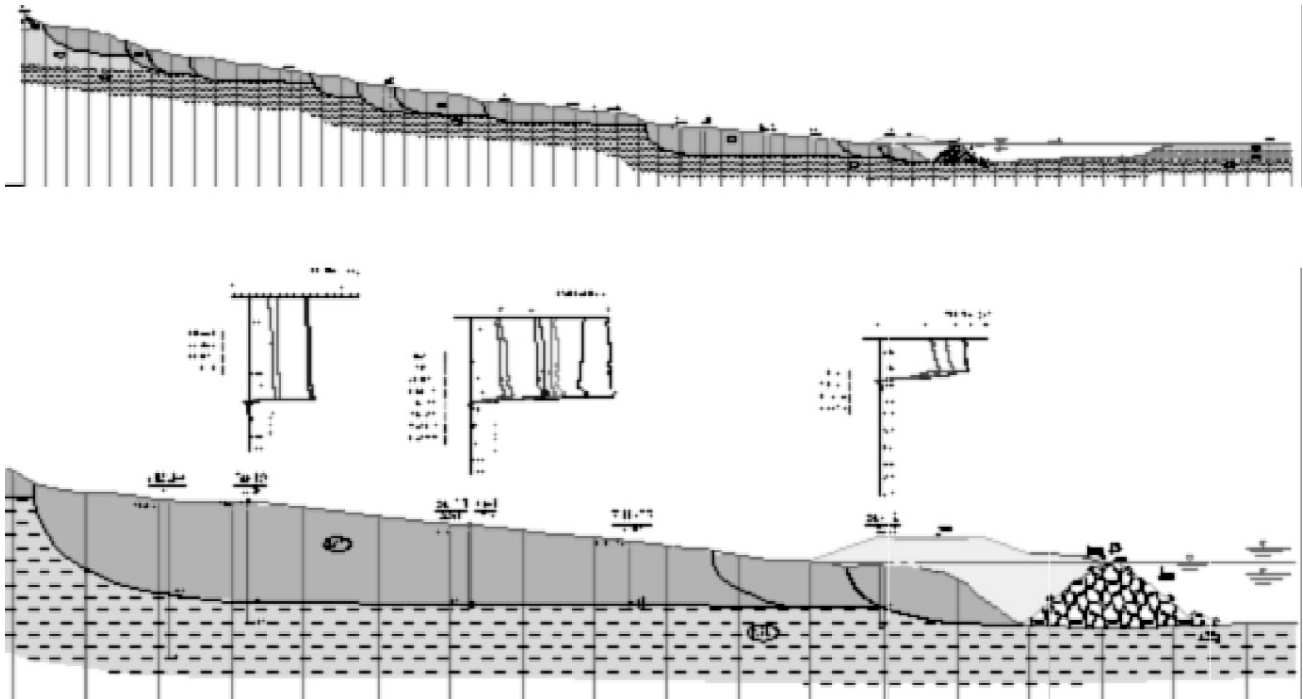
### Узроци, механизми и динамика клизишта Умка - Дубоко

Ово „клизно жариште“ је једно од најпространијих и најдубљих у нашој земљи. Његова генеза, је осим геолошке предиспонираности, уско повезана са ерозијом десне обале и еволуцијом меандра Саве. У савременим условима, убрзању процеса знатно је допринео антропогени утицај, стихијска урбанизација, увођење водовода без пратеће канализације, сеча шума, неодржавање канала и др.

Међутим најбитнији утицај има речна ерозија десне обале. У темену меандра река је сужена на свега 200 m, корито продубљено до 20 m а брзина тока велика 1,80–2,00 m/sec. Константним расквашавањем и ерозијом, повећава се нагиб



Сл. 2. Зонирање клизишта по механизму и динамици померања  
Fig. 2. Landslide zoning by mechanism and dynamics of motions



Сл. 3. Инжењерскогеолошки пресек терена км 8+151, Блок А

Fig. 3. Engineering geological cross-section of terrain km 8 +151, Block A

обале, падина губи ослонац и почиње да клизи, дуж контакта између водозасићених, ниско отпорних, пластичних глина и тврђих лапора у подини.

Током првих истраживања 1979. се сматрало да је тело клизишта јединствено од чела до корита Саве. Током 1990. је установљено да је тело клизишта степенасто и да се продубљује у приобаљу реке, што је потврђено и најновијим истраживањима 2005. године.

Ово је даље омогућило изналагање санационих решења стабилизацијом приобалне иницијалне зоне. Према механизму клижења, тј. просторном облику, начину померања по дубини, смеру и брзини кретања клизног тела, цео нестабилни потез је подељен у шест квазихомогених блокова.

### Клизиште Умка

Клизиште је у облику лепенце, дужине уз падину 900 m, ширине у ножици 1450 m, површине 100 ha, просечне дубине 14 m, запремине 14000000 m<sup>3</sup> и просечног нагиба 9°. Узводно крило клизишта оконтурнује стрми чеони ожилјак, висине до 5–25 m а низводно крило нема изразит скок. Површина терена је степенаста и испресецана бројним секундарним ожилјцима висине 1–10 m.

Простор је неравномерно урбанизовано, већина објеката је деформисана а протеклих година више десетина се срушило. До ескалације процеса долази крајем шездесетих година, прошлог века, након стихијске урбанизације и увођења водовода без

праћеће канализације. Водовод је често у прекиду а отпадне воде се упуштају у терен. Коловоз магистралног пута М-19 је деформисан, на појединим деловима дебљина асфалта је неколико метара. Канали нису у функцији па се вода дифузно слива низ падину.

У периоду истраживања, у пијезометрима и бунарима регистрован је висок ниво подземне воде, готово на површини терена.

Велика метарска померања клизишта су се догађала у годинама хидролошких максимума: 1914, 1941, 1978, 1982 и 2005. Ова година се по величини померања може сврстати у те критичне године.

На клизишту је до сада изведено и осматрано 29 инклинометра, 20 пијезометара и два истражна окна. Према морфологији и механизму клижења издвојена су три блока: А, Б и Ц. Дужина блокова уз реку је 850, 350 и 250 m. Током прошле године већина инклинометара је због великих померања прекинута. Најдубља померања су регистрована у блоку А - 26 m а у блоку Б и Ц - 5 до 15 m. Померања су по правилу транслаторна дуж релативно благо нагнутих клизних равни. Брзина померања се повећава током снижења нивоа Саве.

### Клизиште Дубоко

За разлику од Умке, простор је обрастао густом шумом и није ненасељен. Ножицом падине пролази пут М-19. Клизиште је фронталног облика, дуљине уз реку 1,45 km а уз падину до 300 m, што износи око

40 ha. Са просечном дубином 15 m, запремина клизишта је око 6.000.000 m<sup>3</sup>.

До сада је уграђено 19 инклинометра, три истражна окна и 15 пијезометара. По морфологији и механизму клижења издвојена су три блока: Д, Е и Ф. Дужина блокова уз реку је 350–550 m а max дубине клижења су у блоку Д до 25 m, у блоку Е до 16,5 m и блоку Ф до 10 m. Вишегодишњим осматрањима је утврђено да су у Дубоком просечна померања знатно мања и да се процес генерално смирује.

Геотехничке анализе и избор меродавних параметара: За утврђене моделе клизишта, дуж 15 геотехничких профила, повратно је анализирана природна стабилност падине захваћене клизиштем, за гранична стања равнотеже  $F_s = 1$  је тражен условни угао, при средњој води Саве и максималном водозасићењу падине. Лабораторијски резидуални отпори и условни углови за гранична стања равнотеже су корелативни. Препоручено је да се за проверу ефеката санација користе меродавни резидуални параметри, у Умци  $\delta_r = 9^\circ$  и  $c_p = 0$  kPa а у Дубоком за  $\delta_r = 11^\circ$  и  $c_p = 0$  kPa.

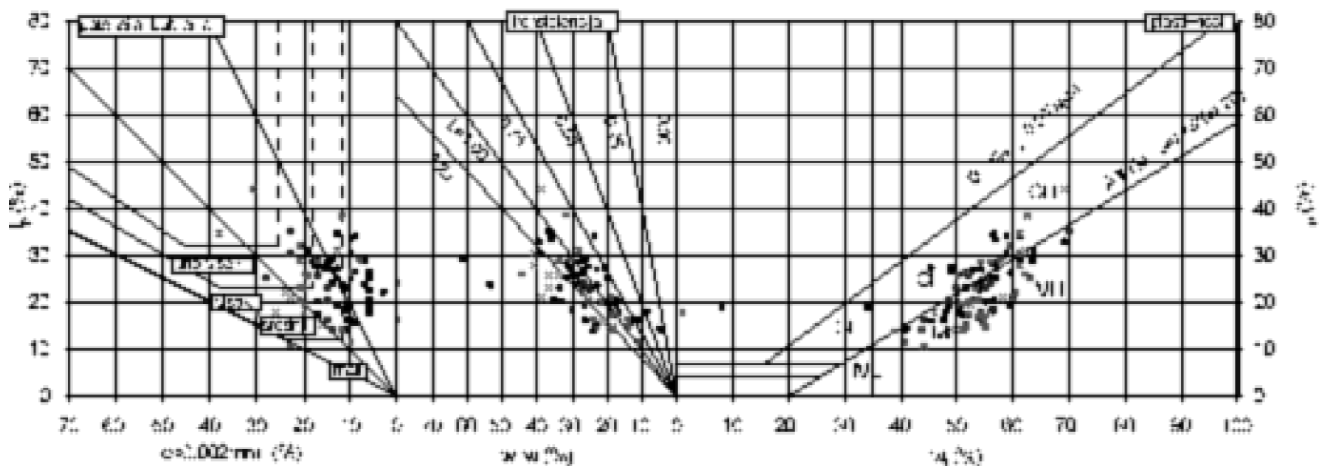
### Санационе мере

Дефинитивни положај трасе аутопута био је условљен: геотехничким својствима клизишта и избором мера санације, затим: режимом нивоа Саве, условима регулације и проширења водотока (пловни пут и морфологија корита), топографијом терена, положајем насеља и пута М-19.

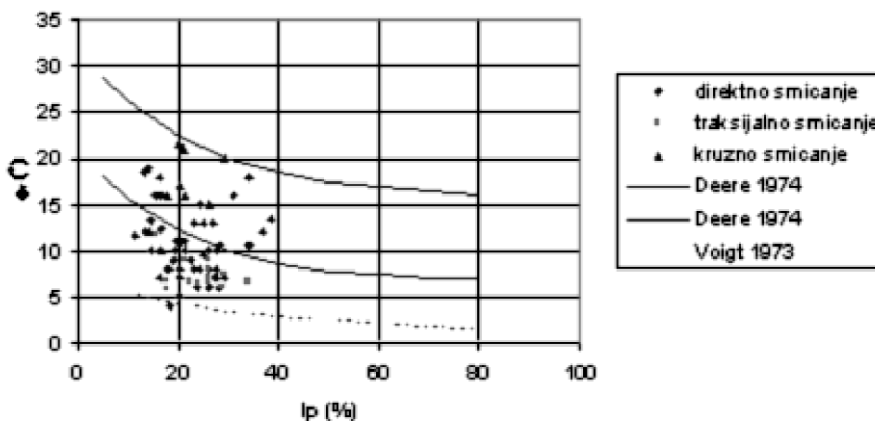
У изналажењу оптималних санационих решења учествовао је цео пројектантски тим: геолог-геотехничар, пројектант санације, хидротехничар и пројектант пута. На основу спроведених анализа и више итеративних поступака, одлучено је да се: изврши проширење корита реке Саве на левој обали, дуж десне обале уради паралелна потпорна регулациона грађевина од ломљеног камена, а труп аутопута да се смести на високом насипу (од рефулираног песка) иза регулационе грађевине.

Осим тога предвиђено је: дренарање, одводњавање, планирање и пошумљавање нестабилног терена.

Проширењем корита реке Саве ископом леве обале: се смањење брзина тока и ерозија десне обале, тј.



Сл. 4. Карактеристике пластичности (тело клизишта)  
Fig. 4. Plasticity characteristics (landslides body)

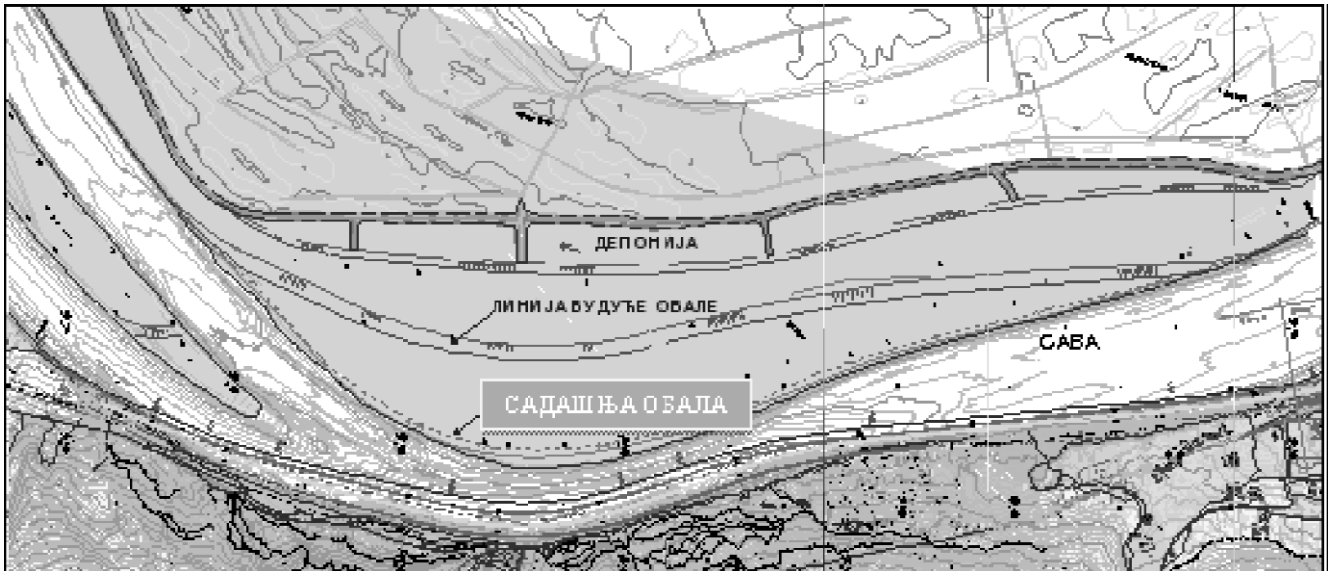


Сл. 5. Однос резидуалног угла трења  $\delta_r$  и индекса пластичности  $I_p$   
Fig.5. Ratio between friction residual angle  $\delta_r$  and plasticity index  $I_p$

уклања главни узрочник настанка, развоја и обнављања клизишта. Дужина проширења је око 4 km а максимална ширина 300 m до новог дна, на коти 62. Ископом запремине око 7.000.000 m<sup>3</sup> се добија дупло шире корито (400 m) и око 3.700.000 m<sup>3</sup> квалитетног песка за израду насипа аутопута на десној обали. Предност овог позајмишта је јефтин хидраулички ископ и транспорт песка рефулирањем.

на ће се вршити речним путем и директно истоварати у речно корито. Кречњак испуњава потребна физичко-механичка својства:  $\tilde{\alpha} > 26 \text{ kN/m}^3$ , гранулацију 10–60 cm; чврстоћу на притисак у водозасићеном стању  $> 160 \text{ MPa}$ ; упијање воде мање од 1% и постојаност на мразу.

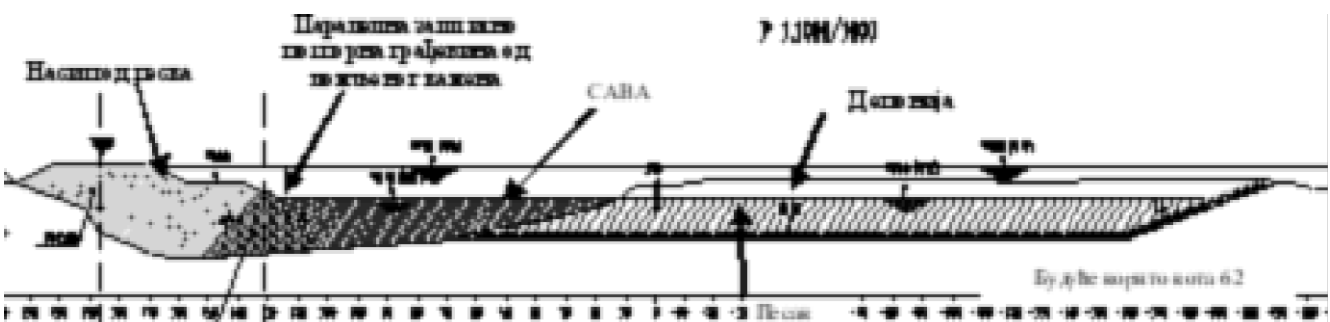
Израда трупа ауто пута: на високом насипу се планира у приобаљу Саве, између ножице клизиш-



Сл. 6. Проширење корита Саве  
Fig. 6. Widening of Sava river channel

Израдом паралелне регулациона грађевине дуж десне обале Саве: се постиже контратерет, штити ерозиона база корита, спречава еродовање десне обале и формира заштита будућег насипа аутопута. Регулациона грађевина дужине око 4 km је дужа од клизишта, да би се избегла рушења насеља и боље укљештила у стабилан терен. За изградњу је потребно 1.480.000 m<sup>3</sup> ломљеног камена. Одабран је масивни кречњак из каменолома “Јелена стена”, на десној обали Дунава код Голубца. Транспорт каме-

та и регулационе грађевине, у појасу где је нагиб клизног тела мањи од минималног угла унутрашње отпорности. Насип је димензионисан и обликован тако да својим положајем и тежином максимално стабилизирајује клизиште. За изградњу је потребно око 3.700.000 m<sup>3</sup> песка који ће се обезбедити рефулирањем из ископа леве обале Саве. Рефулирани песок задовољава следеће квалитете:  $\tilde{\alpha} > 17 \text{ kN/m}^3$ ; честица мањих од 0,002 mm испод 5 %; 90 % честица  $> 0,06 \text{ mm}$ ; CBR  $> 10 \%$  и  $\phi > 25^\circ$ . Изнад средње



Сл. 7. Модел регулације корита Саве  
Fig. 7. Model of Sava river channel training works

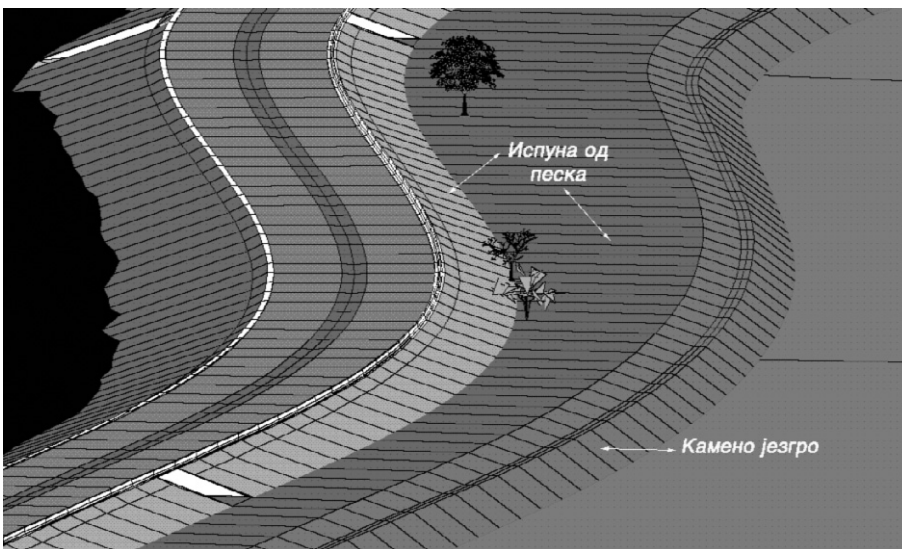


велике воде, насип ће се механички стандардно збијати.

Израда дренажних система: Поред контролисаног прихватања и одвода подземних вода дренажни системи служе да својом конструкцијом и каменом испуном стабилизују терен. Пројектовано је седам дугачких дренажа дубине до 8 m. Излаз дренажних система предвиђен је до велике воде Саве, кота 76,90. Тајаче дренажа су од непропусне мембране, филтери од геотекстила а перефорирани цеви од полистиленске пластике. Испуна ровова је од камене ситнежи 1–3 cm и ломњеног камена 10–25 cm.

Израда мреже канала за одвод површинских вода и регулисање потока: Годишње падавине у региону су око 700 mm. Постојећа каналска мрежа је деформисана и ван функције. Из тих разлога неопходно извршити контролисан одвод површинских вода системом отворених гравитационих канала. У склопу ових мера је предвиђено и регулисање постојећих потока и израда пропуста.

Планирање и пошумљавање деформисаних површина терена: Овим се постиже бољи баланс маса, квалитетније одводњавање, спречава стварање плитких клизишта и повећава општа стабилност терена. Пошумљавање треба извршити засадом: јове, брезе, багрема, врбе и др. Једно дрво ових врста, годишње исцрпи из тла 30.000–40.000 литара воде а кореном стабилизује 5–8 m<sup>3</sup> тла.



Сл. 8. Модел аутопута и заштитне грађевине дуж десне обале Саве  
Fig. 8. Model of motorway and protective structure along the right bank of Sava river

Провера ефеката предложених санационих мера је обављена методом Јанбуа, по програму Проф. С. Ђорића. Метода задовољава све услове равнотеже клизног тела и погодна је за прорачун код сложених клизних површине, које су утврђене истраживањима. Поступак заснован на граничној равнотежи одређује оптималне вредности фактора сигурно-

сти, међуламеларних сила и напона дуж клизних површина. Због велике важности објекта који ће се гради на санираном клизишту, прописани фактор сигурности  $F_{s_{min}} = 1,10$  смо повећали за 20% и усвојили  $F_{s_{min}} = 1,30$ . Пројектоване санационе мере стабилизују иницијалне делове клизишта, а што је потврђено анализама стабилности дуж 15 профила, пре и после примене санационих мера:

– Паралелна хидротехничка грађевина и насип аутопута, као контра терет побољшавају стабилност падине преко 30% у појединим профилима ( $F_{s_{min}} = 1,29$  и  $F_{s_{max}} = 3,21$ ).

– Средњи минимални фактор сигурности за цео простор клизишта је већи од 1.50.

Ради повећање смичућа отпора у зони клизне површине разматрана је и примена самоносећих АБ бушених шипова ( $L = 12$  m,  $\varnothing = 1,50$  m у шах распореду на растојању од 3 m). Због малог ефекта побољшања стабилности (1–3%) и високе цене израде, у овој фази пројекта ова мера није усвојена.

Земљотресни утицај на нивоу основне стене износи седам степени сеизмичке скале MSK-1964 године са убрзањем на нивоу 100 cm/sec<sup>2</sup> и коефицијентом сеизмичности  $K_s = 0,025$ . Величина амплитуда убрзања је око почетног нивоа, када треба анализирати могућност појаве ликефакције. Дужина трајања главне фазе потреса, реда 6–8 sec, указује да се ликефакција може јављати местимично а што

битно не угрожава стабилност паралелне регулационе грађевине и тупа пута.

## Завршни коментар

На критичном месту меандра, река Сава директно подлокава десну брежуљкасту обалу и тиме ствара иницијалне услове процеса клижења. У циљу изградње стабилног аутопута, величина и природа овог проблема захтева обимне грађевинске интервенције на његовом санирању.

Поступак микролоцирања трасе аутопута и санационе грађевине, на потезу клизишта Умка-Дубоко, спроведен је у више итеративних кора-

ка, у циљу избора оптималног решења са задовољавајућим фактором стабилности. Стратешко одређење пројектантског тима је била примена јединственог техничко-технолошког решења, континуално, дуж целог угроженог потеза. Предложено решење, осим своје основне улоге - спречавања ерозије и кретања падине, обезбеђује довољно простора



за полагање трупа аутопута и формирање нове регулисане обале реке. Санациона грађевина се састоји од трапезног каменог насипа који формира нову обалу и испуне од песка која чини подлогу за труп аутопута и плато за прилаз обали. Наведене грађевине уједно имају стабилизирајућу функцију (трење и контратерет) и заштиту обале од ерозије и суфозије. Истовремено ово техничко решење представља најјефтинију варијанту прилагођену технолошким и природним ресурсима.

Предвиђени плато између трупа аутопута и нове регулисане обале је целом дужином грађевине, ширине 15–35 m, има за циљ да обезбеди приступачност обали, како пешацима тако и сервисним возилима.

Санацијом иницијалног дела клизишта добијају се вишеструко позитивни ефекти: приближно 200 ha, тренутно неупотребљивог градског грађевинског

земљишта, са око 500 објеката, у непосредној близини реке, ће се довести у еколошки и грађевински исправно стање. Истовремено се стварају услови за несметано провођење осталих инфраструктурних система овим коридором.

Рефулирањем песковитог материјала са леве обале Саве проширује се њено корито на мере прописане европским стандардима пловног пута. Период градње целе деонице директно зависи од кључног објекта - камене хидротехничке грађевине за чију реализацију је потребно око 18 месеци.

## Литература

ГРУПА АУТОРА 2005. “Аутопут Е-763 Београд–Јужни Јадран, деоница Умка–Обреновац“. Институт за путеве, Округли сто, Златибор,



## O procjeni stabilizacije stijenskih pokosa Approach to Rock Slope Stability

BOŽO SOLDI<sup>1</sup> & MATIJA OREŠKOVIĆ<sup>2</sup>

**Apstrakt.** Kada su u pitanju stijenske pokosi onda redovno smatramo da se strmiji mogu postići u čvršćim nego u zemljanim materijalima. U razlomljenoj i/ili uslojenoj stijeni čvrstoća je najmanja na kontaktima slojeva, rasedu i pukotinama. Kod ovakvih slučajeva najčešće su problemi kod nepovoljno orijentisanih ploha diskontinuiteta. Ovakvi problemi stabilnosti rešavaju se na više načina. Uz spomenutu problematiku u ovom radu prikazaće se doprinosi stabilizacije pojedinih odabranih faza i to u mehanici uslojenim stenama i slično.

**Ključne reči:** pokosi, puzanje, klizanje, diskontinuitet, faze stabilizacije, stabilnost.

**Abstract.** When it comes to rock slopes it is regularly considered that the steeper can be achieved in solid than in clay materials. In fractured and / or layered rock solidity is minimum at contacts of layers, faults and cracks. In such cases most of the problems are on adversely oriented surfaces of discontinuity. These kind of stability problems are solved in several ways. In this paper, along mentioned problems it will be shown the contribution of stabilization of some individual stages in softer layered rocks etc.

**Key words:** slopes, creeping, slide, discontinuity, stages of stabilization, stability.

### Uvod

U razlomljenoj i/ili uslojenoj stijeni čvrstoća je najmanja na kontaktima diskontinuiteta, tj. slojeva, rasedu i pukotina. Parametri materijala koji karakterišu ovakve slučajeve su onaj materijal koji ispunjava pomenute diskontinuitete. Uz ovo najčešći su problemi kod nepovoljno orijentisanih ploha diskontinuiteta koji mogu postati plohe klizanja.

Pri nekom zasjeku na najdubljim plohama aktiviraju se tagencijalna naprezanja koja mogu privremeno biti veća ali se vremenom smanje na vrednost ugla trenja zbog drugih uticaja i postaju nestabilna. Za trajnu stabilnost trebalo bi ublažiti kosinu, tj. sve slojni plohe koje su veće od ugla unutrašnjeg trenja u protivnom stalno se dešava osipavanje.

Ovakve se situacije mogu rešavati na više načina, a jedan od čestih je izgradnja lakših potpornih konstrukcija sa zategama tj. sidrima, koji se učvrste u trup pokosa i pritegnu na zid ili potpurnu konstrukciju kao npr. lagani armirano-betonski roštilj. Sidro u sastavu geotehničkih konstrukcija predstavlja nosivi element sa kojim se izvede sprega vučnom silom konstrukcije i dubljih slojeva poluprostora. Ovo je upravo i osnovna uloga sidra. Oko uloge, karaktera i načina

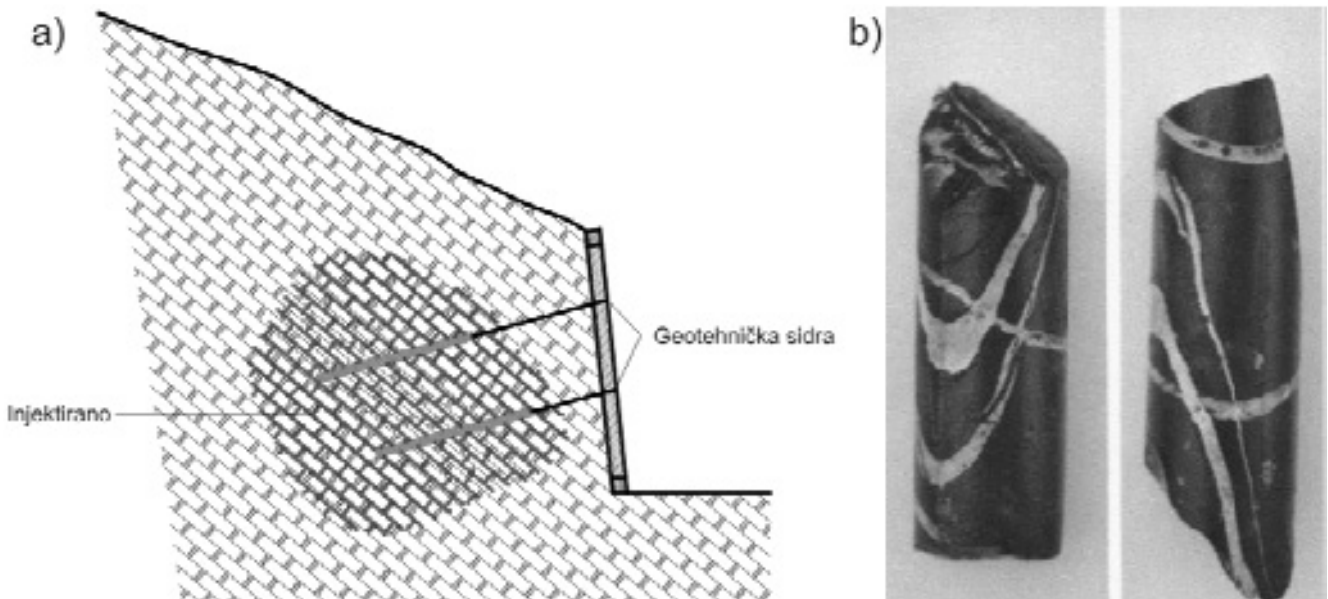
delovanja sidara u ovom radu se neće više spominjati, osim što će se prikazaće primer sanacije i videti doprinos ugradnje sidra.

Naglasak u ovom radu pored ostalih faza sanacije dat će se na injekcijskim zahvatima tj ojačanja tla i stena. Jedan od značajnih faza gotovo svih geotehničkih sidara je konsolidacijsko injektiranje u zoni geosredine oko sidrišne deonice. Konsolidacijskim injektiranje postiže se: smanjenje deformabilnosti tj povećanje otpornosti, povećava se mehanička čvrstoća, smanjuje se heterogenost po parametru ispućalosti, smanjuje se anizotropija, a kao nusfekti pojavljuju se: aktiviranje stanja napretka i smanjuje se vodopropusnost. Iako se smanjenjem vodopropusnosti smanjuje nekontrolisano istjecanje cementne smese u fazi zapunjavanja sidrišne deonice, a ostvarenje dreniranja može se pomoći izradom drenova kao posebne faze radova.

Prilikom injekcijskih zahvata važno je voditi računa o utrošku injekcijske smese. Što je moguće detaljnije utvrditi medij koji se injektira kako bi se moglo oceniti utrošak injekcijske smese, te u fazi injektiranja pratiti količinu smese. Za ovo je potrebno poznavati relacije u trofaznoj građi tla. Za utvrđivanje (procenjivanje) volumena inje-

<sup>1</sup> University of Zagreb; Faculty of Geotechnical Engineering; Polytechnic in Varaždin; Study Civil Engineering. E-mail: bozo.soldo@gfv.hr

<sup>2</sup> Polytechnic in Varaždin; Study Civil Engineering. E-mail: matija.oreskovic@velv.hr



Sl. 1. a) Injektiranjem poboljšani i usidreni pokos; b) uzorak injektirane stijene  
 Fig. 1. a) Improved slope with geotechnical anchors and injection (jet grouting); b) Sample of injected rock

ktiranje stene potrebno je dobro proceniti parametre i to tzv. trofazne građe tla a na osnovu čega se može dalje proceniti injektirani volumen stene. Na ovu temu postoje radovi, kao npr. MUHOVEC (1987).

Ako se nameravaju izvesti velike količine injektiranja tada se utrošak treba svesti na čim manju meru. Koristeći relacije trofazne građe mogu se proceniti količine injektiranja a mjerodavniji podaci su provođenjem probnog polja injektiranja, a ujedno i ostale vizualne informacije o geosredini. Ako se radi samo o injektiranju kao poboljšanju geosredine onda se kontrola poboljšanja provodi najčešće geofizičkim metodama.

Ovakvi problemi stabilnosti rešavaju se na više načina. Uz spomenutu problematiku u ovom radu prikazaće se doprinosi stabilizacije pojedinih odabranih faza i to u mekaniji uslojenim stenama i slično.

## Primer stabilizacije pokosa od škriljavca

### Nestabilnosti pokosa useka

Izveden je usek sa nagibom od 1:1,5, s obzirom na geotehnička i hidrogeološke uslove, pokazalo se prestrmim nagibom, te takođe i druga faza sa nagibom 1:2 bila je nestabilna. Uzrok nestabilnosti pripisan je nepovoljnoj orijentaciji i nagibu slojnih ploha, nepovoljnom litološkom sastavu te uopšte nepovoljnim hidrogeološkim uslovima. Nakon toga se je ublažavanjem pokosa na nagib 1:2,5 i izvođenjem ostalih faza radova pokušala povećati bezbednost pokosi.

Sanacija klizišta sprovedena je nakon inženjerskogeoloških istraživanja i određivanja glavnih inženjerskogeoloških funkcija lokacije. Pokos je uglavnom sastavljen od sivih

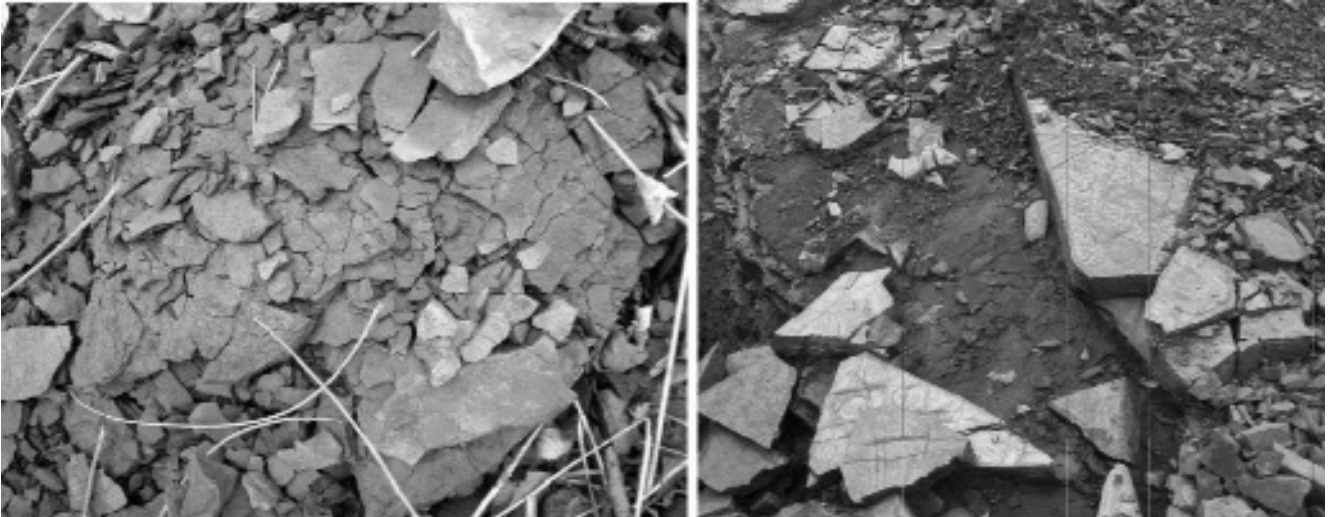
kvarcnih pješčenjaka, silta i shale tamnosiva do crne boje. Izmene ovih naslaga vrlo su nepravilne i česte. Peščar i siliti su tankoslojeviti, a proslojci shale-a se s njima nepravilno smenjuju. Na slojni ploham peščara vidljivi su tinjci, paralelno sa slojevitostu, što dodatno deluje kao podmazivaci ploha. Proslojci shalea su debljine od 2 cm do do 5 cm.

Prema podacima iz istraživanja jednoosne čvrstoće peščarskih proslojaka kreću se između 25 i 50 MPa, dok je čvrstoća shalea manja od 1–5 MPa. Merenjima šmitovog čekića u peščarima i silitima dobijena je vrednost jednoosne čvrstoće na pritisak intaktnu stene između 15–30 MPa, a čvrstoća stijenci slojnih ploha je oko 15–17 MPa. čvrstoća shalea paralelno sa slojevitostu je veoma niska što je presudan podatak kad je u pitanju posmik tj stabilnost na klizanje. U pokosu su zabeleženi stalni površinski izvori vode manjeg kapaciteta.

## Karakteristike i analize pokosa useka

Klizanje se događalo po slojnim površinama. Klizne plohe su diskontinuiteti slojevitosti. Površina zahvaćena klizanjem bila je > 4.000 m<sup>2</sup>. Otvoreno čelo klizišta imalo je skok od oko 1 m i bile su izražene vučne pukotine. Istraživanjima je pokazano da klizište ima izraženu tendenciju širenja i produblivanja. Obzirom na to da je padinsko telo izgrađeno od materijala koji su u prelaznoj kategoriji od slabih stena prema koherentnom tlu, analize stabilnosti su sprovedene u odgovarajućoj kombinaciji, tj. vodeći računa o uticaju slojnih diskontinuiteta, ali sa standardnim parametrima posmične čvrstoće koherentni materijala,  $c$  i  $\phi$ .

Polazi se od činjenice da je na padini useka došlo do pojave nestabilnosti širih razmjera, pa se po tome može



Sl. 2. Prosljoci shalea, gline ili glinovitog shale-a na slojnim plohama  
Fig. 2. Thin layers of shale or clayey shale

zaključiti da je pripadni faktor bezbednosti manji od 1. Povratnom analizom proračuna dobijeni su parametri čvrstoće i obujamska težina za koje se iskustveno procenjuje da su visoko realistični. Uz ostale okolnosti: nagib 1:1,5, geometrije pokosi sa uključenom piezometarskom linijom, faktor sigurnosti je  $F_s < 1$ . Dobijeni rezultati proračuna su faktori sigurnosti za više metoda: *Bishop* 0,884; *Fellenius* 0,757; *Jambu* 0,80; *Morgestern - Price* 0,889; *Spencer* 0,889. Pet autorskih metoda koje proračunski program GeoSlope koristi za date uslove, procenjeni i usvojeni  $F_s$  je 0,9. Za nagibu pokosi 1:2 došlo do potvrde realističnosti prosečnih parametara čvrstoće padinska mase ( $c = 5 \text{ kN/m}^2$ ,  $ph = 25^\circ$ ), dobijen je faktor sigurnosti  $F_s = 1,0341$ .

Analize stabilnosti dela pokosa sprovedene su za ravne klizne plohe (pet kliznih ploha: KP1, KP2 ,..... KP5) sa time da su nagibi tih ploha iznosili  $22^\circ$  i  $26^\circ$  (u odnosu na horizontalu).

U proračunskim serijama razmatrano je postepeno povećanje faktora sigurnosti u odnosu na ostvarenu sanacijski meru. Pri tome je uzeto u obzir sledećih pet sanacionih mera (sortirano prema proračunskom redosledu): – ublažavanje nagiba pokosa sa 1:2 na 1:2,5, – drenažni efekat (posredstvom bušenih drenova izvedenih na tri nivoa), – sidrenje padine (posredstvom prednapregnutih sidara,  $40 \text{ kN/m}^2$ ), – dodavanje kamenog nasipa u nožice pokosa, – konsolidacijsko injektiranje (uticaj je uzet preko povećanja prosečne kohezije padinska mase sa  $5 \text{ kN/m}^2$  na  $10 \text{ kN/m}^2$ ).

U svaki pojedini proračun uvršteni su parametri posmične čvrstoće  $c = 5 \text{ kN/m}^2$  i  $\varphi = 25^\circ$ , osim u slučaju konsolidacijskog injektiranja (kao što je već navedeno).

Na sledećim slikama prikazan je nacrt sanacionih mera i dijagram u kojem se mogu procjeniti faktori bezbednosti saniranog stanja, po fazama sanacije.

Iz prethodne slike može se videti da je faktor sigurnosti za više kliznih površina pod nagivima  $22^\circ$  i  $26^\circ$ . S obzirom na sve okolnosti, može se uzeti da potencijalna klizna ploha

KP-3 reprezentuje realno stanje na terenu, pa je stoga za KP-3 (prema Bishopu):

$$F_s = 1,0433 \rightarrow 1,335 \rightarrow 1,383 \rightarrow 1,477 \rightarrow 1,603$$

Ako se rezultat razmotri sa dužnim oprezom, može se zaključiti da će za razmatrani međuslojni nagib od  $22^\circ$ , po sprovođenju stabilizacionih mera  $F_s$  biti:

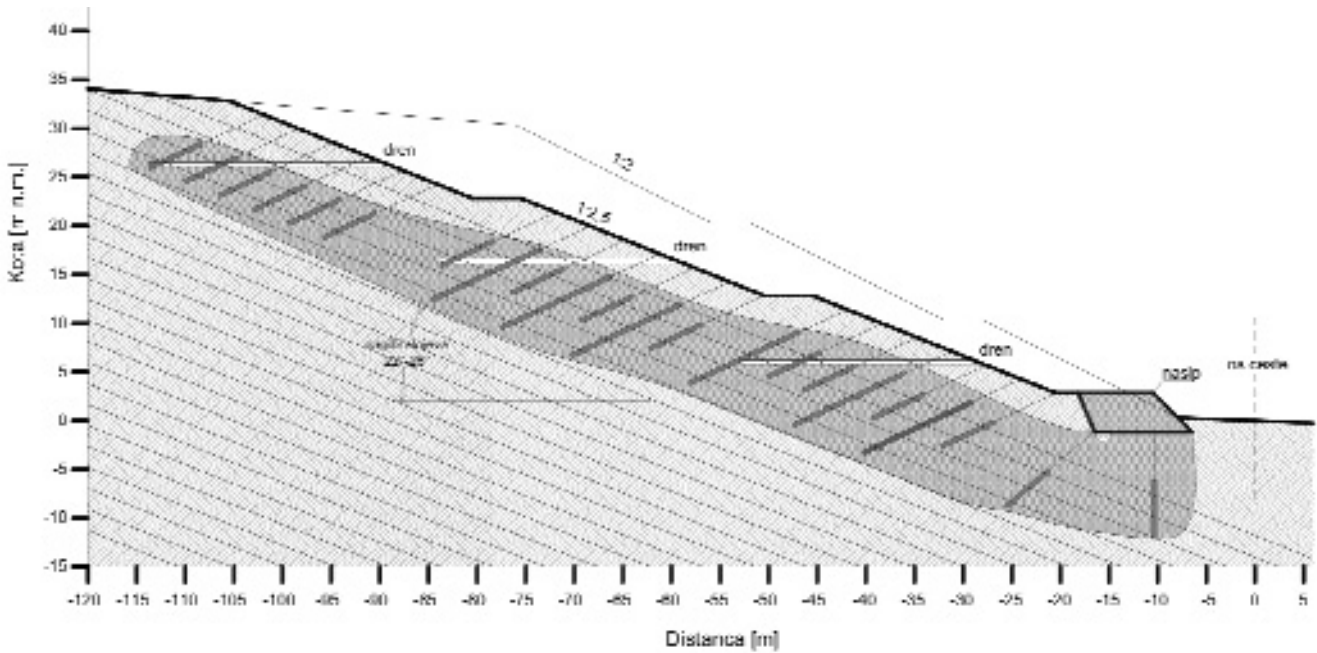
$$1,3 \leq F_s \leq 1,5$$

### Opis stabilizacijskih zahvata

Izvedeno je 642 sidara (prema tabeli koja sledi), no uz napomenu da se tokom odvijanja radova i ova brojka može izmeniti. za sidra se još navodi sledeće: sva se sidra izvode sa nagibom ose  $\alpha_s = 22^\circ$ . u odnosu na horizontalu), osim sidara u nožičnim redovima koja imaju nagib  $\alpha_s = 30^\circ$ . od ukupnog predviđenog broja sidara (642 kom.) manji će broj (143 kom.) biti izveden kroz konsolidacijske bušotine (SK), a veći broj (499 kom.) sa tzv. običnom zapunom (SZ). Prednaprezanje svih sidara treba ostvariti po principu  $140 \text{ kN}/175 \text{ kN}$  prema posebnom programu.

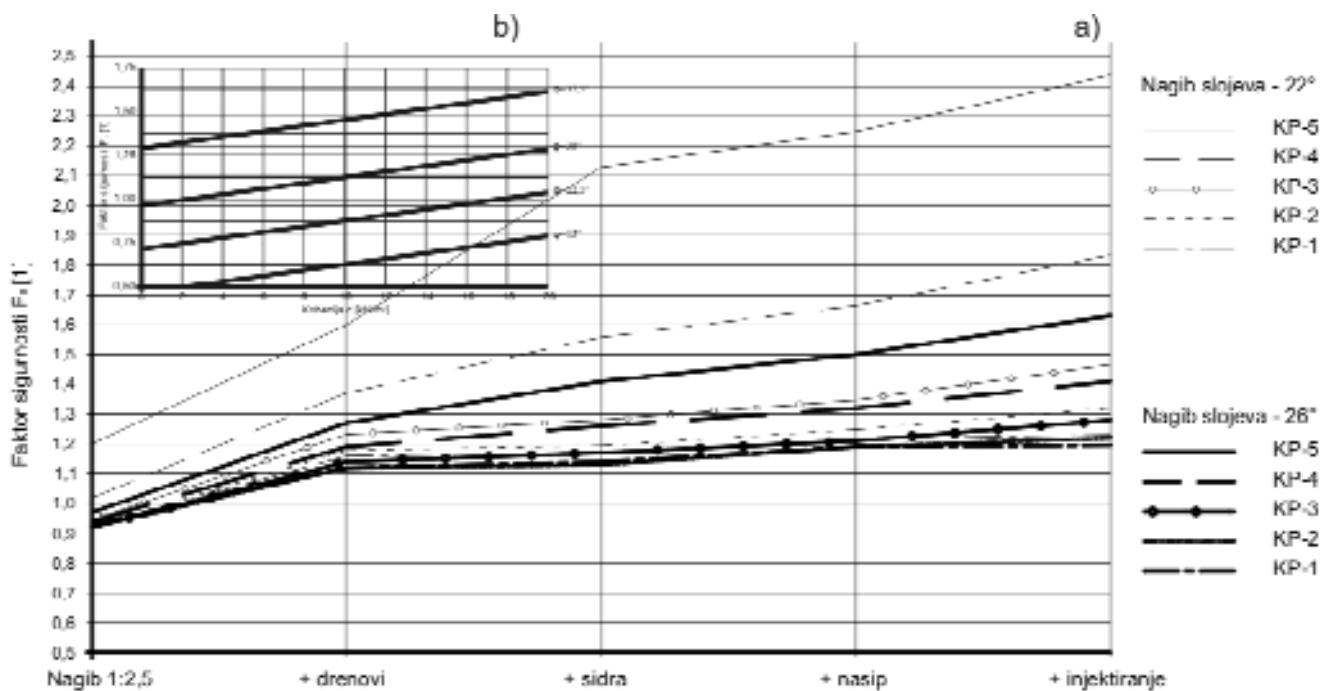
Sidra sa oznakom SK izvode se u bušotinama dužine 18 m kroz koje se sprovodi konsolidacijsko injektiranje uz injekcijski pritisak do 5 bara. U konsolidacijsku se bušotinu ugrađuje štapni sidro dužine 16 m. Sidra sa oznakom SZ izvode se u bušotinama dužine 12 m koje se zapunjavaju na isti način kao i do sada, tj. na način kako su izvedena sidra u prvih sedam redova. U zapunjene bušotine ugrađuju se štapna sidra dužine 12 m.

U cilju dopunskog osiguranja nožične stope pokosa (u dužini od cca 120 m) na tom će delu biti izvedeno: – Delimično skidanje ekscesnih nabubrila prokliznutih zemljano-stijenskih masa, – Uspešnost konsolidacijskih bušotina, – kampadna izvedba temeljne jame u nožici pokosa, –



Sl. 3. Efekt nagiba pokosa s 1:2,5 + drenovi + sidra + nasip u nožici +injektirana zona

Fig. 3. The effect of slope inclination with 1:2,5 + drains + anchors + embankment in foot of slope + jetgrouting zone



Sl. 4. a) Odnosi faktora bezbednosti kliznih ploha obzirom na fazu sanacije; b)  $F_s$  za variranje  $c$  i  $\varphi$

Fig. 4. a) Ratio of Safety factors of slip surfaces regarding on the stage of rehabilitation; b) Safety factor for the variation of  $c$  and  $\varphi$

uzdužnog drena povezati u jedinstveni lateralni nožični dren, – Uspešnost sidara kroz konsolidacijske bušotine, – Efikasnost sistema drenažnih bušotina, – dovoženje i ugradnja kamena lomljenjaka (prosečne mase oko 200 kg) u osnovnu nožičnu jamu, te formiranje nasipa visine 4 m.

Izvođenje bušenih drenova generalno se predviđa na 4 nivoa po pokosu useka: Iznad gornje ceste, po sredini

pokosi, iznad krune kamene nožice, u temeljnoj jami kamenog nasipa. Voda se skuplja u kanale i odvodi kanalicama u recipijent.

Zbog male protuerozijske zaštite otpornosti litoloških članova koji su eksponirani na pokosu useka sprovedeno je sledeće: – onemogućeno koncentrisano dotjecanje površinske vode na plohe pokosa, iznad gornjih rubova pokosi

izvedeni su lateralni zaštitni kanali, ugradnja kanalica za kontrolisano upuštanje drenažne vode, humaniziranje zaštitnom travom sa mešanjem i seme deteline lucerne čije seme deluje kao biološko sidro.

## Zaključak

U ovome radu je prikazana stabilizacija useka, pored strmog nagiba kao glavni razlog nestabilnosti pokosa je nepovoljna navigacija slojevitosti, izrazita podložnost trošenju i prisustvo vode što smanjuje svojstva stena, ali i diskontinuiteta. Nakon što se obavila parametarska analiza stabilnosti u cilju dobijanja parametara čvrstoće padinske mase, pristupilo se analizi stabilnosti i to na način da se primjenilo pet sanacionih mera. Faze radova prikazane su u radu sa naglaskom procene doprinosa stabilizaciji svake pojedine faze. Ovim radom nastojalo se upoznati na one radnje kod kojih se često znaju desiti greške zbog brzog odlučivanja i zbog svog inženjerskog karaktera. Često se zna desiti da čvrstoća na slojni plohama zna biti veća od napreznja pri smicanju. Međutim zbog uticaja i puzanja može se smanjiti na minimum i postaje nestabilna. Posebno treba naglasiti da su se greške desile kod uslojenih stenskih materijala a koje treba tretirati kao vrlo mekana na smicanje. Kao npr kad je u pitanju sanacija u ovakvim i sličnim materijalima ne treba u startu samo biti misao na geotehnička sidra kao što se zna desiti. Kad se sidra i

izvode ne treba se samo usmeriti na njihovu ugradnju, tj ostvarenje nosivosti u sidrišnoj akciji, već prilikom izvedbe sidrišne deonice voditi računa da se ostvari konsolidacijsko injektiranje koje je iz posebne važnosti. Uz ovo važno je spomenuti i to da za uspešnu implementaciju u svakoj fazi treba biti prisutna inženjerska intuicija i procjene.

## Literatura

- MUHOVEC, I. 1987. Geotehnička sidra i sidrene konstrukcije: Uloga i karakter geotehničkih sidara s osvrtom na značenje injekcijskog zahvata. Društvo za mehaniku stijena i podzemne radove Hrvatske, Zagreb, 3–25.
- MUHOVEC, I. & SOLDI, B. 2004. Stabilizacija usjeka na prilaznoj rampi PUO Ravna Gora. Pragma d.o.o, Zagreb, br. str. 45.
- NONVEILLER, E. 1990. *Mehanika tla i temeljenje građevina*. Školska knjiga, Zagreb, 398–400.
- SOLDI, B., OREŠKOVIĆ, M. & ANISKIN, A. 2010. On the effect of pre-stressing using micro-pile injection, International geotechnical conference “Geotechnical Challenges in Megacities”. International Scient for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Moscow, 2010., No. of pg. 6.
- Internet: <http://www.svengeering.com/segdes.html>  
<http://www.soilretention.com/do-it-yourself.html>  
<http://www.ground-anchor.co.uk/>  
<http://www.secureengineer.com/sfretaining.html>  
[http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/1/18/Shale\\_8040.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/1/18/Shale_8040.jpg)





## Карактеристике клизишта и одрона на долинским странама Лима у његовом току кроз Србију

Characteristics of the Landslides and Rock-Falls at the Lim Valley at the Territory of the Serbia

ДУШКО СУНАРИЋ<sup>1</sup> и ДРАГУТИН ЈЕВРЕМОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Вишедеценијским инжењерскогеолошким истраживањима подручја Полимља аутори рада су установили да су појаве, врсте, типови и обим појава нестабилности у директној зависности од својстава конструкција терена. У долини Лима, издвојена су три региона са различитим конструкцијама терена. Конструкције терена, се одликује различитим положајем средина и морфолошким карактеристикама, и отуда се сваки регион одликује типичним врстама, типовима и обимом појава нестабилности, а оне директно утичу на инжењерскогеолошка својства терена. У овом саопштењу су та питања детаљно разматрана.

**Кључне речи:** долина Лима, појаве нестабилности, клижење, одроњавање.

**Abstract.** Several-decade-long geological engineering investigations conducted in the area of Lim River lead the authors to the conclusion that the occurrence, type, and scope of the phenomenon of instability are directly dependant on the geological structure of terrain. There are generally three separate regions with different geological structures in the Lim valley. The characteristic of these regions are distinctive geological engineering type of cliff mass with specific mechanical properties. Hence, specific types of landslides and rock-fall with different volumes appear in each region. These phenomena directly affect the geological engineering characteristics of the terrain or the conditions of construction of various buildings on them. This statement discusses the issues in detail.

**Key words:** The Lim River valley, features of the instability phenomenon, sliding, rock-falls.

### Општи део

Река Лим, на свом току кроз Србију, је своје корито, највећим делом (48% речног тока), усекла у стенама седиментно-вулканогене дијабаз-рожначке формације, односно у: пешчарима и глиницима (30%), блокови и друга тела: дијабаза и габра (3%), амфиболита (3%), серпентинита и серпентинисаних перидотита (7%), олистолита кречњака (5%). Такође су заступљени и кристаласти шкриљци нижег кристалинитета (33%): шкриљци, метапешчари, конгломерати и ретка сочива кречњака, а знатно мање стене карбонатног комплекса (18%): кречњаци и доломитити Куманичке клисуре, а најмање вулканити (1%): порфирити, кератофири, андезити и дацити. Наведене врсте стенских маса су утицале на формирање конструкције терена, а тип

конструкције терена има пресудан утицај на стабилност падина тј. на врсте и обим појава нестабилности. Због тога ћемо се на почетку рада прво позабавити типовима конструкције терена долине Лима, а тек потом појавама, врстама и типовима нестабилности у долинским странама Лима.

### Конструкција терена

На основу инжењерскогеолошке грађе у долини Лима издвојена су три доминантна региона у погледу конструкције терена долине Лима. То су:

(1) **Регион сложених пластичних до квазипластичних средина:** модели конструкције терена изграђени од комплекса стена дијабаз-рожначке формације: пластичне средине (глинци и продукти

<sup>1</sup> Институт за водопривреду "Јарослав Черни", Београд. E-mail: Dusko.Sunaric@jcerni.co.rs

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, Београд. E-mail:Jevremovic@ikomline.net

површинског распадања комплекса шкриљаца), пластичне до квазипластичне средине (блокови и друга тела: дијабаза, габра, амфиболита, серпентинита и серпентинисаних перидотита и олистолити кречњака уроњени у комплекс шкриљаца).

(2) **Регион кртих и кртих до квазипластичних средина:** конструкције (моделу) терена које се састоје од кртих средина у вршним деловима (кречњаци и доломитити) и кртих до квазипластичних средина у ножичним деловима конструкције терена (метаморфити и семиметаморфити: пешчари, глинци, алевролити, филити и подређено кречњаци).

(3) **Регион кртих средина:** модели конструкције терена изграђени од комплекса карбонатних стенских маса.

На основу статистичке анализе за наведене регионе одређени су основни геометријски елементи конструкције терена.

(1) *Конструкција терена изграђена од комплекса стена дијабаз-ројначке формације* одликује се следећим морфометријским елементима:

– Висина природне конструкције најзаступљенија класа је од 150–200 m (30%). Класама висине од 50–300 m припада 97% профила, а класи од 350–400 m свега 3%. Конструкције терена ниже од 50 m у овом делу нису запажене. Просечна висина конструкције терена износи 181 m.

– Ширина конструкције терена варира од 100–965 m. У просеку износи 457 m. Најзаступљенија је класа од 250–500 m (43% анализираних профила), па класа од 500–750 m (25% анализираних профила).

– Нагиб конструкције терена је најчешће до 300 (класа нагиба од 15–20° је заступљена са 27% профила, а класа нагиба од 25–30° са 21% анализираних профила). Средњи нагиб конструкције терена износи 24°, при чему је минимални нагиб 11°, а максимални нагиб 40°.

(2) *Конструкција терена изграђена од комплекса кристаластих шкриљаца нижег кристалинитета у доњем делу падине и кречњака и доломитита у горњим деловима падине* одликује се следећим морфометријским елементима:

– Висина конструкције терена се креће од 35–740 m. Најчешће висине су од 100–150 m (20% од 205 анализираних профила), потом од 200–250 (13% анализираних профила) и од 450–500 (8% анализираних профила). Висине преко 550 m заступљене су на 2% анализираних профила, а висине до 50 m на свега 1% заступљених профила. Просечна висина износи 232 m.

– Ширина конструкције терена је од 250–500 m (42% анализираних профила). Потом по заступљености следе класе ширине од 500–750 и 750–100 m.

– Нагиби конструкције терена су у распону од 8–57°. Најзаступљенија класа нагиба је од 15–20° (30% анализираних профила) док заступљеност класа мањег и већег нагиба релативно равномерно опада од средњег ка екстремним вредностима.

Заступљеност нагиба преко 35° је релативно мала и износи свега 9% анализираних профила.

(3) *Конструкција терена изграђена од комплекса карбонатних стена*, на основу анализе 15 карактеристичних профила, одликује се следећим морфометријским елементима:

– Минимална висина конструкције терена износи 242 m, а максимална висина 700 m. Просечна висина конструкције терена је 527 m.

– Ширина конструкције терена варира од 350–1500 m, са средњом вредношћу од 787 m.

– Нагиби падина варирају од 25–50°, са средњом вредношћу од 38°. Нагиб од 20° се јавља само на једном анализираним профилу.

## Основне карактеристике појава нестабилности терена

У долини Лима од појава нестабилности терена јављају се одроњавања и клижења.

**Појаве одроњавања** доминирају у конструкција терена изграђеној од комплекса карбонатних стена који се понашају као крта средине. Ове појаве су регистроване у долини Куманичке клисуре. Јављају се и у конструкцији терена изграђеној од комплекса кристаластих шкриљаца нижег кристалинитета у доњем делу падине и кречњака и доломитита у горњим деловима падине. У овој конструкцији терена има појава великих палеоодрона кречњачких маса из горњег дела падине чија се тела налазе преко палеозојских кристаластих шкриљаца, Обзиром да подлогу одрона чини пластична (кора површинског распадања шкриљаца нижег кристалинитета) до квазипластична средина (шкриљци нижег кристалинитета) која има функцију хидрогеолошког изолатора у њима често долази до појаве клижења. Један од таквих одрона је одрон на месту моста "Лим-2" у близини Пријепоља, који ће бити детаљније приказан.

Далеко су значајније, јер су бројније, **појаве клижења**. Оне доминирају у конструкцији терена изграђеним од сложених пластичних до квазипластичних средина које чине комплекс стена дијабаз-ројначке формације и конструкцији терена изграђеној од комплекса кристаластих шкриљаца нижег кристалинитета у доњем делу падине и кречњака и доломитита у горњим деловима падине.

Као што је већ речено *регион сложених средина – пластичних до квазипластичних средина* кога изграђују стене дијабаз-ројначке формација заузима највеће распрострањење у долинским странама Лима. У погледу литолошког састава дијабаз-ројначка формација је изразито хетерогена. Изграђују је стенске масе различитог састава. Најзаступљенији литолошки чланови су пешчари, ројнаци и глинци. Осим њих јављају се дијабази, серпентинисани перидотити, спилити, мелафири, кречњаци, а кадкад и габрови.

Стене дијабаз-ројначке формације су изузетно подложне процесу површинског распадања, па је стога кора површинског распадања дебела, често и преко 20 m. У њој се врло често налазе блокови чвршћих пешчара, дијабаза и сл. Услед велике хетерогености и дебеле коре површинског распадања у овим стенама интензивни су процеси јаружања, спирања и клижења. Лабилне падине са старим умиреним клизиштима су честе. Исти случај је и са активним клизиштима. Читаве долинске стране, од корита река и потока, па све до врха локалне вододелнице су нестабилне. На пример, у долинске стране Лима у Прибоју, од речног корита па све до Црног Врха и Прибојске Голеша, падине су нестабилне. Обично клизи дебела расквашена распадина глинаца, аргилошита и графитичних шкриљаца, са крупним блоковима чвршћих стена. Клизашта су дубока и врло дубока, огромних димензија и изузетно тешка за санирање. Клизна површина је најчешће на контакту распаднута – свежа стенска маса. Клизашта су по класификацији Саварењског консеквентног, али не тако ретко и инсеквентног типа. Поменућемо само нека од познатијих клизишта која угрожавају пругу Београд–Бар и локални пут Прибој–Пријепоље: клизиште “Глишине воде” и “Пања глава” у Прибоју, клизиште “Друглићи” у близини железничке станице Бистрица, клизиште код железничке станице у Пријепољу – насеље Душманићи и сл. Осим угрожавања саобраћајница клизишта угрожавају и насеља: клизиште “Читлук” у Новом Прибоју, клизиште у Прибојској Бањи, клизиште “Калафати” у непосредној близини левог бока бране Потпећ и др. Наведена клизишта су у више наврата истраживана, а овде ће бити, као инструкторно, приказано клизиште Глишине воде, у самом Прибоју.

### Клизаште “Глишине воде”

Долинске стране реке Лим, које су изграђене од стенских маса дијабаз-ројначке формације (ројначи, глинци, графитични шкриљци, дијабази, мелафири, серпентинити и перидотити, ређе габри), су, као што је већ раније речено, чине веома повољну средину за формирање клизишта. У њој постоје бројна клизишта. Многа су умирена или фосилизована, а настала су као последица реактивирања старих, често и сингенетских (подморских) клизишта. Реактивирања могу бити последица флувијалне ерозије и других падинских процеса или техногених чинилаца. Једно од њих је и клизиште “Глишине воде” на десној обали Лима у Прибоју (сл. 1). Оно је активирано приликом изградње железничке пруге Београд–Бар, 1972. године. Том приликом је маса од око 1.300.000 m<sup>3</sup> померена ка ножици падине, што је узроковало рушење 30 објеката. Због тога су извршена заиста детаљна ис-

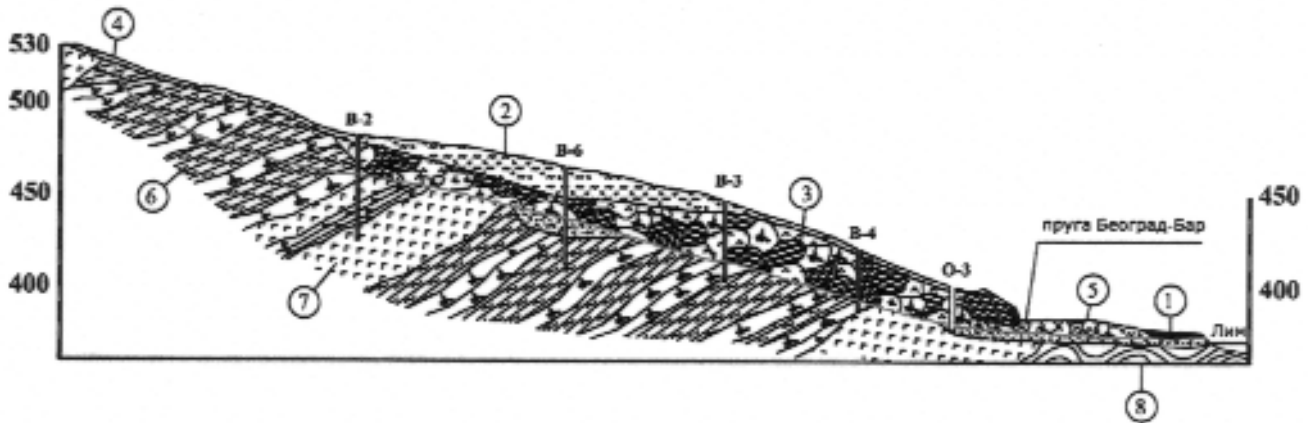
траживања, која су поред истражног бушења, геоелектричног сондирања, лабораторијских испитивања, геодетских осматрања садржала, два истражна рова и ископ седам истражних окана дубина до 21 m. Истраживања су показала да је на десној долинској страни, на изучавној локацији, у прошлости било активно мега клизиште, које је захватило целу долинску страну од локалне вододелнице до речног корита. Тело клизишта се састојало од мега блокова стенских маса из дијабаз-ројне формације. Није поуздано одређена старост клижења, највероватније се десило у плеистоцену у неком од интерглатијалних периода. Наиме тело клизишта је имало велику енергију, која је омогућила велику амплитуду померања, тако да су затрпане тераса на коти 442 мнв. и алувион реке (кота 398 мнв), а највероватније је и сам речни ток преграђен. Мада је пресек терена у ситној размери ипак се ти детаљи могу уочити.

Санација клизишта је изведена израдом потпорног зида у ножичним деловима падине (у габариту железничке пруге), израдом дубоких дренажних ровова и регулацијом површинских водотока (повремених потока). Санација клизишта је захтевала велика финансијска средства, обзиром да је клизиште било веома дубоко (15–25 m), а површина захваћена клижењем је знатна.

*Регион сложених средина – кршних средина у вршним деловима конструкције терена и кршних до квазиластичних средина у ножичним деловима конструкције терена* јавља се на делу долинских страна Лима узводно од Пријепоља према граници са Црном Гором. Ножичне делове конструкције терена овог региона изграђују стене палеозојског шкриљавог комплекса, а средишње и вршне делове карбонатне стенске масе (кречњаци и доломитити). Палеозојски шкриљави комплекс је литолошки изразито хетероген. У његовом саставу преовлађују аргилошита, филити, графитични шкриљци, ушкриљени пешчари, конгломерати и ређе друге стене. Комплекс ових стена је тектонски јако општећен и површински измењен деловањем физичко-хемијских процеса. Дебљона коре површинског распадања варира и до 15 m, а локално и више. Површински измењени и распаднути делови овог комплекса чине средину изузетно лоших физичко-механичких својстава, па у инжењерско-геолошком погледу ова средина и нема одлике стена палеозојског шкриљавог комплекса.

Основна инжењерско-геолошка одлика комплекса ових стена је смењивање крутих (пешчари и конгломерати) и квазиластичних (аргилошита, филити, графитични шкриљци) стена, велика тектонска општећеност, неотпорност према деструктивном деловању спољашњих агенаса (површинско распадање и ерозија).

Наиме, на блажим деловима падина ствара се дебео растресити покривач – кречњачка осулина и



Сл. 1. Пресек терена клизишта "Глишине воде" код Прибоја (SUNARIĆ *i dr.* 1974): 1. насип, 2. делувијална дробина, 3. делувијално-колувијална дробина, 4. клизна површина, 5. речна тераса: шљунак и песак, 6. дијабаз-рожначка формација – претежно рожнаци и глинци, 7. дијабаз-рожначка формација – претежно дијабази, 8. дијабаз-рожначка формација – претежно графитични глинци, В-4. истражна бушотина, О-3. истражно окно.

Fig. 1. Cross-section of the "Glišine vode" landslide terrain close to Priboj (SUNARIĆ *et al.* 1974): 1. embankment, 2. deluvial clay deposits, 3. deluvial clay deposits, 4. sliding surface, 5. river terrace: gravel and sand, 6. formation diabas-hornstein – chert and slate (mostly), 7. formation diabas-hornstein – diabase, 8. formation diabas-hornstein – graphite schists, В-4. exploratory borehole, I-3. exploratory shaft.

одроњени кречњачки блокови, помешани са елувијално-делувијалном глиновитом и иверастом распадином кристаластих шкриљаца, блокова пешчара и конгломерата. Честе су појаве кречњачких маса које леже, као громаде без корена, у долинским странама Лима које су одроњавањем или клижењем или земљотресима обрушене и заривене у кори површинског распадања палеозојског шкриљавог комплекса. Падине са оваквим кречњачким масама су најчешће лабилне, склоне клижењу. Кроз овако хетероген растресити покривач лако продиру и пониру површинске воде. Осим тога воде извора, који се обично јављују на контакту карбонатних стенских маса и њихове водонепропусне подлоге, се разливају и расквашавају растресити покривач (осулина, одроњени материјал и кора површинског распадања), чинећи га лако покретљивим низ падину.

У овом региону јављају се два типа клизишта. Први тип чине клизишта формирана у кори површинског распадања кристаластих шкриљаца, а други тип клизишта формирана у заглињеним сипарима и палеоодронима карбонатних стена чија се тела налазе преко или су уроњена у кору површинског распадања кристаластих шкриљаца. Клизишта првог типа су најчешће мања и плића, а локално и дубља (до 15 m). Клижење најчешће захвата кору површинског распадања, која клизи по основној стенској маси, па су отуда клизишта консеквентног типа. Клизишта овог типа су релативно лака за санирање, обзиром на добру оцепљивост тела клизишта. Клизишта другог типа су најчешће великих димензија, са дубином до 15 m, а некада и дубља, консеквентног и инсеквентног типа

и тешка за санирање. Узроци настанка ових клизита су најчешће неповољна физичко-механичка својства коре површинског распадања, а непосредан повод су површинске и подземне воде из кречњачког залеђа које расквашавају кору површинског распадања и погоршавају и онако лоша физичко-механичка својства или пак инжењерски радови у терену.

У долини Лима, између Бродарева и Пријепоља, постоји више регистрованих клизишта. Навешћемо нека познатија, која су регистрована током истраживања за потребе изградње пруге Београд-Бар. Нека од њих су и детаљно инжењерско-геолошки истраживана. То су: клизиште "Дивци", клизиште "Лучице", клизиште код моста "Лим - 2" и др.

### Клизиште у долини Лима на локацији моста "Лим-2"

Клизиште на десној долинској страни Лима, око 12 km узводно од Пријепоља, је старо клизиште, које је реактивирано изградњом пруге Београд-Бар. Према димензијама заосталог дела клизишта, може се закључити да се ради о веома великом клизишту, које је у геолошкој прошлости, мада нема писаних података, сигурно преградило речно корито. Река Лим је касније разнела тело клизишта, тако да је сада присутна његова мања запремина. Овакав закључак се намеће из следећих чињеница:

– Релативна висина долинских страна је 500–600 m, а просечан нагиб 15–20°.

– У вршним деловима падине се налазе тријски кречњаци (крта средина), а у подини су палеозојски

шкриљци (квазипластична средина). У оваквим ситуацијама су увек дебели падински депозити: колувијум (кречњачка дробина и блокови од неколико  $\text{dm}^3$  па до више  $\text{m}^3$ ), делувијална распадина кречњака уроњена у глиновиту распадину шкриљаца. У распадини је констатована и дробина порфирита, који се налазе у виду пробоја, дуж раседа.

– Обе долинске стране су нестабилне.

– Тела клизишта су изграђена од блокова кречњака различитих величина који су уроњени у глиновиту дробину шкриљаца.

– Дебљина заосталог тела клизишта је 20–35 m.

– Клизна површина је формирана у распадини (елувијум) палеозојских шкриљаца.

Овим клизиштем је угрожен железнички мост Лим-2, који је више пута безуспешно саниран, због изузетно великих дубина и маса тела клизишта. О озбиљности проблема говори чињеница да се данас разматра могућност изградње новог моста узводније од постојећег за око 500 m. Интересантно је да је управо на том месту у фази истраживања за идејни пројекат пруге Београд–Бар разматрана могућност премостења Лима. На сл. 2. је приказан пресек клизишта са детаљима.

### Основне карактеристике појава нестабилности терена у региону

На основу изведених изучавања, која су претходно кратко приказана, као и заступљености клизишта и одрона, њихову изученост и процене развоја процеса, за сада, се могу извести следећа уопштавања:

*Процеси клижења* су изузетно активни у изучаваном терену. При томе се на падинама, само местимично јављају активна клизишта (нарочито се активирају у периодима интензивнијих падавина), док су у већем делу падине са умиреним клизиштима (условно стабилни до нестабилни терени). Стабилне су падине са танким делувијалним застором или су изграђене од чврстих стенских маса. То су често падине благог до субхоризонталног нагиба: превоји, гребени, висоравни, терасе и слични терени.

– Клизшта су настала уз следеће геолошке предуслове: литолошки састав, структурне карактеристике, просторни положај, морфологију (рељеф) терена: стрм нагиб падине, високе падине и др., деловањем природних агенаса: атмосфериле, хидролошки и хидрогеолошки утицаји. Поједина клизишта су условљена и утицајем антропогених фактора (уништавање шума, неадекватна израда засека, усека и насипа, као и неадекватно обезбеђење косина при изради путева, изградња објеката без канализације и сл.). У падинама, изграђеним од стена дијабаз-ројначке формације, присутан је специфичан тип клизишта – сингенетска клизишта

(уклизавање блокова у време ставарања формације). Та клизишта су скривена и активирају се услед различитих ископа. Такав пример је ископ за фундарање објеката рехабилитационог центра у Прибојској бањи који је изведен давне 1981 године. Приликом ископа је формирано клизиште дубине око седам метара, које је причинило такве штете, да тај објекат ни до данас није завршен.

– Клизшта су нарочито присутна на падинама, које су изграђене од стенских маса слабије отпорности. Ту спадају падине у изолованим неогеним басенима, као и падине изграђене од палеозојских шкриљаца нижег кристалинитета, метаморфисаних класита, флишолке серије пермо-тријаса и креде, седиментних чланова дијабаз-ројначке формације и млађи језерски седиментни комплекс.

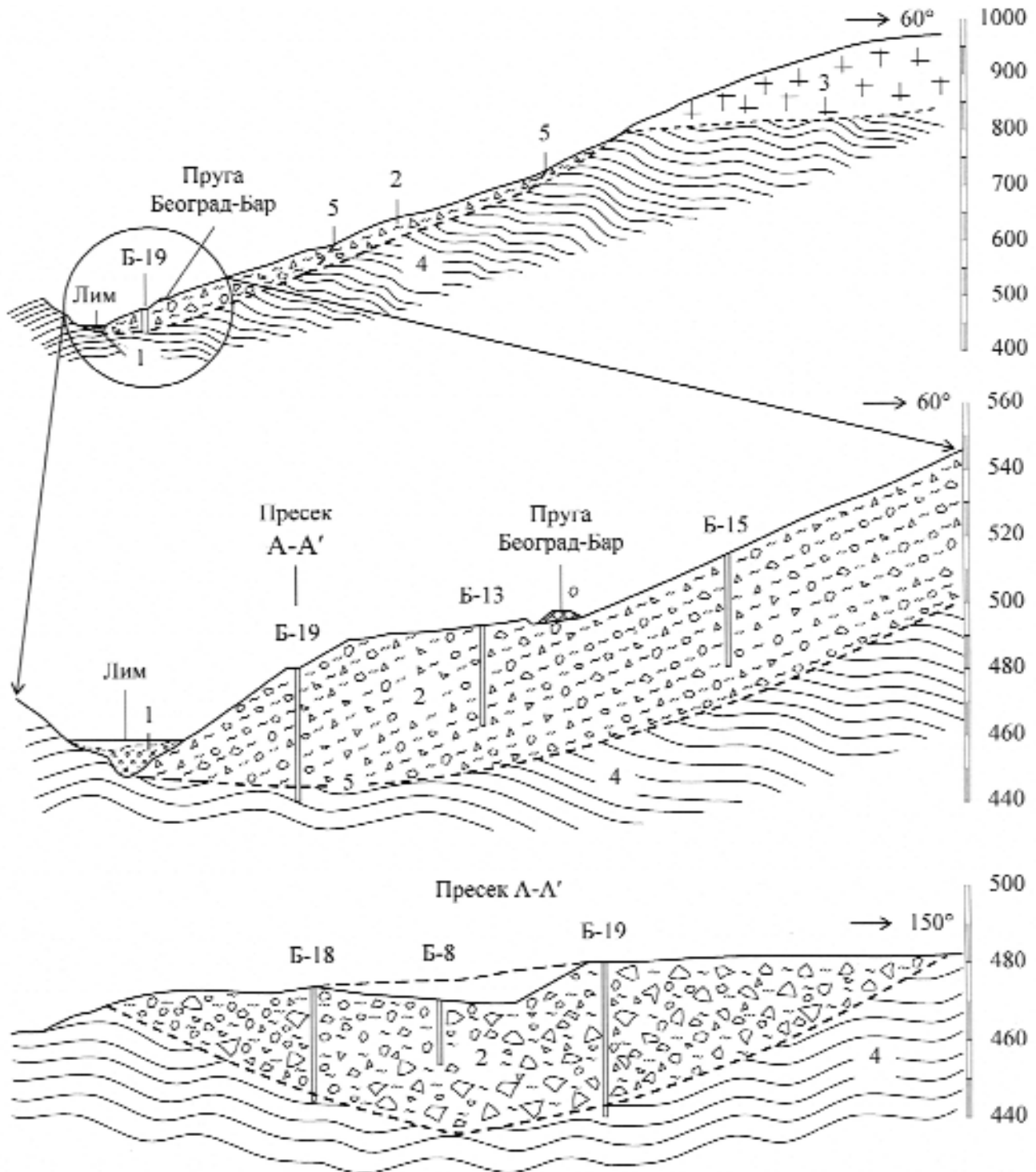
– Клизшта се најчешће формирају на долинским странама водотока, који теку преко палеозојских терена, офиолитског меланжа (његових седиментних и метаморфних чланова) и преко неогених седимената. Клизшта су, међутим, углавном мањих димензија и релативно плића. Изузетно се јављају и клижења енормних запремина и она су посебно приказана.

– Клизшта одсуствују или су ретка у долинама, које су усечене у карбонатне стенске масе, перидотите и офиолите, уколико у њима преовлађују магматити. У таквим пределима се јављају специфични видови нестабилности, који се карактеришу слободним падом комада стена различитих величина. Ако су гранулометријски ситнији комади онда се јављају сипари и осулине, а ако су крупни онда су то одрони.

– Најчешће је присутан консеквентни тип клизишта (према Саварењском и Попову), код којих су клизне површине формиране на контакту делувијално-елувијалне распадине и основних стенских маса (бедрока). Обзиром на релативно танку дебљину тих средина (најчешће процењена дебљина је 3 до 5 m). Ретка су дебља клизишта и она су посебно приказана. Површина терена захваћена клижењима је условљена ширином долинских страна (дубином и нагибом падина), односно интензитетом и развојем линијских ерозионих појава на терену.

*Терени склони појавама одроњавања* су карактеристични за падине изграђене од кречњачких стенских маса. Основни предуслов за то су: високе и стрме падине изграђене од карбонатних и других чврстих стенских маса - клисура Лима, Увца и др. које су испресецање пукотинама, по којима се одвајају и одроњавају већи делови стенске масе, често блокови. Одроњавања су нарочито могућа при јаким земљотресима.

– Сипари и одрони, у изучаваном терену, се јављају у подножју стрмих планинских одсека, који су изграђени од кречњака и других чврстих стенских маса: перидотита, серпентинита, дијабаза и других. По правилу, формирају засторе и сипарска платна, која су сачињена од грубог, незаобљеног и несор-



Сл. 2. Пресек клизишта на десној обали Лима – мост "Лим-2": 1. алувијон, 2. кречњачка дробина, 3. комплекс карбонатних стена, 4. комплекс палеозојских шкриљавих стена, 5. клизна површина на контакту палеоодрона и коре површинског распадања основних стена.

Fig. 2. Cross-section of the landslide on the right bank of Lim River – "Lim-2" bridge: 1. Alluvium; 2. Limestone debris, 3. Limestone 4. Paleozoic schist, 5. sliding surface in weathering schist.

тираног дробинског материјала, који је веома порозан. Литолошки састав је зависан од грађе падине. Скоро све долине у овој области, које су усечене у кречњацима, склоне су овим процесима.

Димензије (количине) овог материјала су променљиве и зависне од морфометријских карактеристика падине, али су присутна углавном мања нагомилана материјала. То је такође последица и чињенице, да

се накнадним падинским и ерозионим процесима, у доброј мери, ти депозити разнесу.

– Обзиром да се сипарска платна, по правилу, депонују у ножичним, али још увек стрмим деловима падине, често се дешавају померања (клижења) тих маса. То се најчешће догађа услед подлокавања и подривања ножице (ерозиони процеси) или услед засецања падине због изградње различитих објеката (техногени процеси).

## Литература

- ИГЊАТОВИЋ, М., ЈАЊИЋ, М., ЈЕВРЕМОВИЋ, Д. и СУНАРИЋ, Д. 1978. Резултати инжењерско-геолошког истраживања терена за анализу могућности санације моста Лим-2 на прузи Београд–Бар. *Зборник радова*, VII Југословенски симпозијум о хидрогеологији и инжењерској геологији, 2, 155–157, Нови Сад.
- ЈАЊИЋ, М. 1962. *Инжењерско-геолошке одлике терена НР Србије*. Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Посебна издања, 12, 89–108, 145–154, Београд.
- ЈАНЈИЋ, М., ЛОКИН, Р., СУНАРИЋ, Д., ВОЖИНОВИЋ, Д. & ШУТИЋ, Ј. 1978. Some experience in the investigation of landslides in Yugoslavia. III Int. congress IAEG, Madrid.
- ЈЕВРЕМОВИЋ, Д., СУНАРИЋ, Д. и ЋОРИЋ, С. 1984. Приказ резултата новијих истраживања клизишта код моста Лим 2 у близини Пријепоља. *Зборник радова*, VIII Југословенски симпозијум о хидрогеологији и инжењерској геологији, 2, Будва.
- ЛАЗИЋ, М. 1995. Степен развијености процеса клижења на подручју Србије у зависности од геолошке грађе терена. Симпозијум “Истраживање и санација клизишта”, Доњи Милановац, 29–35.
- ЛУКОВИЋ, М.Т. 1951. Важнији типови наших клизишта и могућности њиховог санирања. *Геолошки весник*, IX, 275–310, Савезна управа за геолошка истраживања, Београд.
- SUNARIĆ, D., LOKIN, P. i BOŽINOVIĆ, D. 1974. Istraživanje klizišta “Glišine vode” na прузи Beograd–Bar u Priboju. III Jugoslovenski simpozijum o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, Opatija, 2, 147–156.
- SUNARIĆ, D. 1994. Glissements dans la formation diabase-radiolarite des environs de Priboj, RGF, Sv. 32/33, Beograd.





## Интелектуална својина и процес геолошких истраживања Intellectual Property and the Process of Geological Research

АЦА УДИЦКИ<sup>1</sup> и ВЕСНА ШИЈАКОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** За потребе реализације процеса геолошких истраживања није створен амбијент и систем који омогућава поштовање захтева стандарда и закона који се баве интелектуалном својином. Процес геолошких истраживања је креативан и инвентиван, али геолозима не омогућава да валоризују свој рад и таленат за своју добробит, за добробит предузећа за које раде, као и добробит целог друштва. Начин и проблематика награђивања креативног и инвентивног рада поктивена је Законом о патентима, Законом о ауторским и сродним правима, Повељом о људским правима и грађанским слободама и многим другим актима и међународним конвенцијама које су усвојене у Скупштини рапублике Србије.

Актуелност овог рада, проистиче из чињенице, да се правилним односом према креативном и инвентивном раду омогући смањење трошкова у свакодневном раду, а самим тим и повећа конкурентност на домаћем и иностраном тржишту. Поред поменутих финансијских и тржишних показатеља, који би се исказали на крају обрачунског периода, повећала би се и укупна вредност и конкурентност целог предузећа, као и компетентност запослених који су носиоци тих активности.

У раду је приказан, развој новог поступка валидације у Лабораторији за геомеханику, Института за путеве. Основно питање је: „шта је интелектуална својина?“.

**Кључне речи:** интелектуална својина, валидација, поступак, накнада, производ.

**Abstract.** Both ambiance and system have not been created for the implementation of geologic investigation process which provide for the compliance with standards and laws dealing with intellectual property. Geologic investigation process is creative and imaginative, yet the geologists are not allowed to valorize their own work and talent to the benefit for themselves, their company and the society as the whole. The mode and problem area of rewarding the creative and inventive work is covered by the Patent's Act, Copyright law and related rights, Charter of human rights and civil liberties, and many other acts and international conventions which have been adopted in the Parliament of the Republic of Serbia.

Current interest of this paper, results from the fact, that with proper attitude towards creative and inventive work one would be in a position to reduce the costs in regular operations, and thus improve the competitiveness on markets at home and abroad. In addition to aforementioned financial and market indicators, which would be disclosed at the end of accounting period, one would be able to increase overall value of entire company and improve its competitiveness, as well as the competence of employees being the leaders of these activities.

This paper is revealing the development of valuation procedure in the Laboratory for geomechanics at The Highway Institute.

Basic question is as follow: „What is the intellectual property?“.

**Key words:** intellectual property, valuation, procedure, compensation, product.

### Увод

Један од главних задатака имплементације закона који покривају област интелектуалне својине

је да створи осећај одговорности и изврши позитиван утицај на запослене. Позитиван утицај се не може постићи третирањем људи као замена за машине.

<sup>1</sup> Консултант, Павла Папа 19, 21000 Нови Сад. E-mail: aca.udicki@gmail.com

<sup>2</sup> Институт за путеве, Кумодрашка 257, 11000 Београд. E-mail: geoteh@beotel.rs

Применом Закона о патентима и Закона о ауторским и сродним правима подстакла би се креативност у послу, проналажење и примена оригиналних метода и решења који ће највише одговарати датој ситуацији. У нашим предузећима, која су окренута опстанку, у транзиционом окружењу, ове активности су споредна ствар. Многа предузећа су сама поставила препреке које спутавају креативност и инвентивност. Најчешће препреке, у предузећу, за развој креативности су: 1. критика унапред; 2. страх од промашаја; 3. клима у предузећу не подстиче креативност; 4. заштита статуса квоа; 5. хијерархијски филтер за идеје (АДИЖЕС, 1979).

### Шта је интелектуална својина и зашто је промовисати и штитити?

Интелектуална својина се односи на стваралаштво ума, а подељена је у две категорије:

**Индустријска својина.** Укључује: патенте, мале патенте, поступке, индустријски дизајн, жигове, и

**Ауторско право.** Укључује: писана дела (књиге, брошуре, чланци, ...), индустријско обликовање, картографска дела (географске и топографске карте).

Права интелектуалне својине су као и сва друга власничка права. Она допуштају ствараоцу, власнику патента/малог патента, жига или ауторског права да има користи од свог рада. Ова права су приказана у члану 27 Универзалне декларације о људским правима, која истиче право на користи од заштите моралних и материјалних интереса који произилазе из ауторства (Завод за интелектуалну својину).

Промовисање и заштита интелектуалне својине значајна је због тога што (Завод за интелектуалну својину):

Добробит и напредак човечанства почива на његовој способности за нове креације у области технологије и културе.

Правна заштита ових нових креација охрабрује трошење додатних ресурса, што доводи до нових иновација.

Промоција и заштита интелектуалне својине потстиче економски развој, ствара нове послове и предузећа, унапређује квалитет живота и уживања у њему.

Добар систем заштите интелектуалне својине помаже да се направи равнотежа између интереса проналазача и јавног интереса (Завод за интелектуалну својину).

Права интелектуалне својине награђују стваралаштво и људски напор и подстичу га.

### Управљање креативним и инвентивним радом

Креативно мишљење обухвата шест фаза и то: 1. постављање циљева; 2. прикупљање чињеница; 3.

поставку проблема; 4. прикупљање идеја; 5. проналажење решења; 6. прихватање решења.

Због тога, креативни и инвентивни рад, мора бити организован и усмерен процес у савременом предузећу. Да би се успешно управљало креативним и инвентивним радом, функција управљања у предузећу (директор) је од пресудног значаја. Мисао водиља директора предузећа мора бити следећа: „Ништа није нерешиво у животу предузећа и ништа није тако добро да не би могло бити и боље“.

Стандард SRPS ISO 9004:2001, Систем менаџмента квалитетом-Упутство за побољшање перформанси, у двадесетједном (21) захтеву обрађује знање, креативност и инвентивност.

### Креативни и инвентивни рад као значајан фактор развоја

Успешан развој предузећа незамислив је без добре иновативне политике која се спроводи у пракси. Добра иновативна политика је од фундаменталног значаја за свако предузеће и друштво у целини. Ове активности, код нас, су у жалосном стању.

Свака нова технологија, која је настала као последица креативног и инвентивног рада, зависно од тога колико је револуционарна, генерише прогрес, не само у области у којој је примењена. У зависности од врсте, иновације изазивају следеће последице: 1. отварање нових индустријских грана; 2. повећање конкурентности на тржишту; 3. бољу ценовну позицију на тржишту; 4. продужење животног циклуса производа; 5. смањење трошкова; 6. стицање технолошке ренте.

### Производи креативног и инвентивног рада

Производи креативног и инвентивног рада, могу бити материјалне и нематеријалне природе. Прама начину људског доживљавања, производи креативног и инвентивног рада могу се поделити на директне и индиректне.

Директни производи креативног и инвентивног рада су: 1. патент; 2. мали патент; 3. техничко унапређење; 4. користан предлог.

Индиректни производи креативног и инвентивног рада су: 1. подаци (чињенице, слике, бројеви презентирани без контекста); 2. информације (организовани подаци презентирани у контексту); 3. знање (информације у контексту заједно са разумевањем како је користити); 4. знати шта (је знање о чињеницама, блиско нивоу информације); 5. знати зашто (је научено знање о принципима и законима природе); 6. знати како (су вештине или способности да се нешто уради); 7. знати ко (укључује информације о томе ко зна шта и ко зна како се шта ради); 8. компетентност (показана способност да се примене

знање и вештина) (Кутлача 2000). Најважнији производ, креативног и инветивног рада, да би он уопште живео у предузећу је награда. шта је награда? Награда су сва материјална и нематеријална давања која позитивно и стимулативно усмеравају рад.

### Стање мотивације креативног и инветивног рада

Поред хијерархијске структуре, процес стварања и реализације идеја угрожава и укоренењено схватање, да све активности, нарочито на пољу инветивне делатности спадају у опис радног места, што је у супротност са одредбама важећих закона.

Овде ћу цитирати одредбе два закона:

Закон о патентима, СЛ СЦГ 32/2004; СЛ СЦГ 35/2004; СГ РС 115/2006:

14. Проналасци из радног односа: Члан 108.

Проналаском из радног односа сматра се:

- проналазак који запослени створи извршавајући своје редовне радне обавезе или посебно наложене задатке у вези са научно-техничким истраживањем и развојем, као и проналазак који настане у извршавању уговора о истраживачком раду закључен са послодавцем;
- проналазак који није обухваћен тачком 1. овог става, а који запослени створи у вези с активностима послодавца или коришћењем материјално-техничких средстава, информација и других услова које је обезбедио послодавац;

Закон о ауторским и сродним правима, СГ РС 104/2009:

7. Ауторско дело створено у радном односу: Члан 98.

- Ако је аутор створио дело током трајања радног односа, извршавајући своје радне обавезе, послодавац је овлашћен да то дело објави и носилац је искључивих имовинских права на његово искоришћавање, у уквиру своје регистроване делатности, у року од пет година од завршетка дела, ако општим актом или уговором о раду није другачије одређено. Аутор има право на посебну накнаду, зависно од ефеката искоришћавања дела.
- Аутор дела створеног у радном односу задржава на том делу сва ауторска права осим права из става 1. овог члана.

### Награђивање

Већина запослених у нашим предузећима, која се баве геолошким истраживањима и радовима, није задовољна висином своје зараде. Један од начина повећања зарада запослених било би увођење у праксу, награда за финансијске уштеде или нове

производе који се пласирају на тржиште, које су настале на основу креативног и инветивног рада.

У наредним поглављима овог рада биће представљен поступак валидације који испуњава услове потербне за акредитацију лабораторије и учешћа предузећа на тендерима, што у пракси значи да се успешно продаје. Поступак је развијени у Лабораторији за геомеханику Завода за геотехнику, Института за путеве а.д. из Београда.

### Неопходне активности за валидацију и акредитацију нових поступака у геотехници

Рад у испитним лабораторијама има за циљ добијање резултата коју су тачни, поуздани и адекватни за намењену сврху, тј. добијање резултата који се у геотехничкој пракси са сигурношћу примењују у даљим анализама и прорачунима.

Примена у пракси нових и уједно савременијих метода које још увек нису валидоване, (теренско одређивање СBR-а, одређивање модула деформације *E<sub>vdin</sub>*, и др...), као и испуњавање захтева наведених у тачкама 5.4.5 и 5.4.6 стандарда SRPS ISO 17025:2006, наметнула је потребу за валидацијом испитних метода.

Валидација је потврђивање испитивањем и пружање објективних доказа да су појединачни захтеви за предвиђену употребу задовољени, SRPS ISO 17025:2006.

Поступак валидације испитних метода усаглашен је са серијом стандарда SRPS ISO 5725 (5725-2, 5725-3, 5725-4) и интерним лабораторијским процедурама које су прошле кроз проверу АТС-а .

Стандарди серије SRPS U.B1.... који се односе на геомеханичка испитивања, углавном не садрже параметре везане за прецизност и тачност испитне методе, као ни референтне вредности и граничне интервале, за предметне метода. Валидација метода је урађена у циљу потврђивања самих метода и добијања улазних параметара за дефинисање њихове укупне и проширене мерне несигурности (*S<sub>r</sub>, S<sub>R</sub>, RSD, R<sub>r</sub>, CR 0.959 (n), F<sub>t</sub>, T<sub>tab</sub>* ).

Поступак валидације се спроводи у неколико корака, при чему се утврђује:

1. хомогеност серије мерења: анализом резултата у смислу поновљивости резултата;
2. расипање резултата: анализом резултата у смислу упоредивости;
3. прихватљивост резултата: упоређење критичног интервала, са разликом екстремних вредности добијених параметара или поређењем добијеног фактора за критични интервал са табларним;
4. провера прецизности испитне методе применом F- теста: у условима репродуктивности, упоређењем варијанси две стандардне девијације за две серије мерења са табларним;

5. провера тачности испитне методе преко Студентовог Т- теста: провера једнакости аритметичких средина;

6. интерна контрола квалитета резултата испитивања применом X- контролне карте.

Мерна несигурност испитног резултата је квантитативни показатељ његовог квалитета, повезан са резултатима мерења. Карактеристике расипање вредности, које се с разлогом може везати са величином која се мери. Укупна мерна несигурност ( $u_k$ ) је стандардна несигурност испитног резултата, добијена из квадратног корена збира варијанси свих идентификованих доприноса. Проширена мерна несигурност (U) дефинише интервал око резултата једног мерења који се може приписати измереној вредности (Центар за образовање QUALITAS EDUCATION). Код давања испитног резултата довољно је само придружити резултату вредност одеђене проширене мерне несигурности, за ту методу, уз изјаву о нивоу поверења и коришћеној вредности фактора покривања.

Испитивања у геомеханичким лабораторијама условљена су поседовањем довољне количине хомогеног природног материјала потребног за опит, према референтном стандарду за дату методу, као и неопходног броја узастопног понављања опита, да би се резултати добијени испитивањем могли статистички обрађивати.

### Валидација методе - Одеђивање садржаја карбоната тла - SRPS U.B1.026/1968

Под садржајем карбоната подразумева се однос масе калцијумкарбоната ( $\text{CaCO}_3$ ) у узорку материјала тла, према укупној сувој маси узорка. Начин одређивања и опрема која се при том користи дефинисана је стандардом.

Урађене су две серије са два испитивача, по десет опита у условима поновљивости, тј. исти испитивач, иста опрема, исти материјал у блиском временском интервалу. Статистички су обрађени резултати добијени из двадесет урађених опита.

Табела 1. Резултати мерења (%).

Испит.1	2,40	2,37	2,36	2,39	2,38	2,37	2,35	2,38	2,41	2,38
Испит.2	2,40	2,35	2,36	2,38	2,39	2,36	2,35	2,37	2,40	2,36

Статистичком обрадом података добијених при испитивању, у складу са стандардом SRPS ISO 5725, потврђена је: хомогеност серије мерења, мало расипање резултата испитивања и прихватљивост резултата испитивања а такође доказана је и: прецизност испитне методе F- тестом, као и тачност испитне методе Студентовим t – тестом (не постојање системских грешака), чиме је потврђена, тј. из-

вршена валидација ове испитне методе дефинисане стандардом SRPS U.B1.026/1968

Уношењем резултата мерења у X - контролну карту (NORDEST извештај TR 567) дефинисану са централном линију  $CL = \bar{X}$ , границом акције  $AL = CL \pm 3SR$  и границом упозорења  $WL = CL \pm 2SR$ , видимо да се резултати мерења налазе се у оквиру задатих граница упозорења те су прихватљиви и извештавају се, чиме је и захтев за квалитет резултата потврђен.

Укупна мерна несигурност методе базирана је само на статистичким запажањима тј. податцима добијеним из валидације (Sr SR и Bias..). Проширена мерна несигурност израчуната је употребом коефицијента покривања од 2,26 који одговара 9-том степеноу слободе и нивоу поверења од 95% за Студентову расподелу и износи  $\pm 0,217$  (у нашем случају коначни резултат испитивања садржаја  $\text{CaCO}_3$  у тлу је  $2,37 \pm 0,217\%$ ).

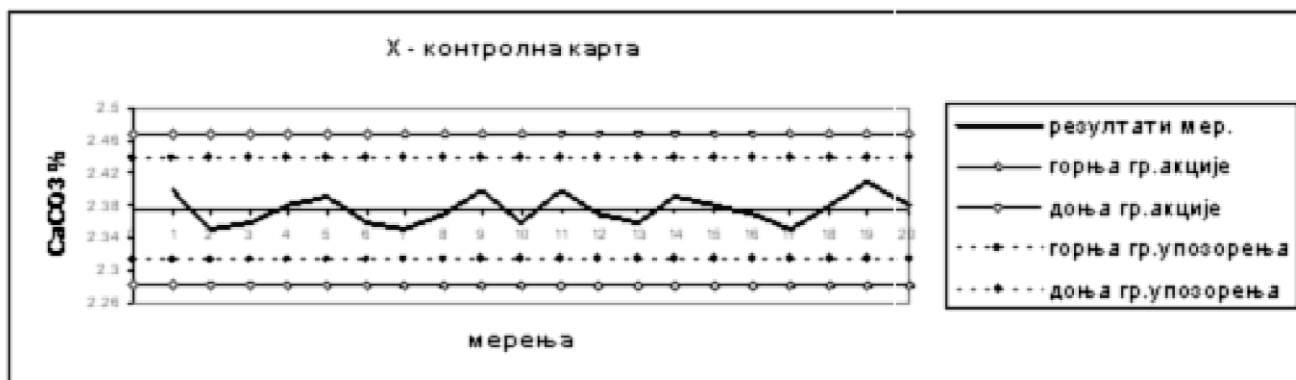
### Закључак

Променама, које се дешавају у окружењу свакодневно, неопходно је прилагођавање. Предузеће које прво предложи правац промена, постаје лидер на датом тржишту. Да би се промене, у окружењу, у будућем периоду могле предвидети, неопходно је што пре пажњу посветити стварању реалних услова за награђивање креативног и инвентивног рада. Ситуација у нашем окружењу захтева, да се створи амбијент, да запослени имају могућност стицања нових знања кроз семинаре, симпозијуме, интерактивне обуке итд., с тим да се почне форсирати креативност и инвентивност, да би издаци за обуку постали инвестиција а не тршак.

Лабораторија за геомеханику, као прва акредитована лабораторија из ове области (2001. год.) развила је поступак којим ће моћи и остале методе примењиване у пракси да провери, валидује и дефинише њихову мерну несигурност и квалитет добијених резултата а самим тим да их припреми за акредитацију и тржиште.

Спровођење поступка валидације је од изузетног значаја у геотехници јер од валидације испите методе зависи поузданост добијених резултата који су основ за даљи рад тј. улазни параметри при изради разних геотехничких модела. Ти геотехнички модели су директна или индиректна подлога за пројектовање различитих грађевинских објеката. И на крају, последице примене метода које дају недовољно поуздане и меродавне резултате огледају се и у финансиским средствима које друштво издваја и која често нису безначајна.

Развијени поступак треба заштитити као интелектуалну својину. Овом заштитом, повећала би се вредност Института за путеве и компетентност запослених.

Сл. 1.  $\bar{X}$  – Контролна картаFig.1.  $\bar{X}$  – Control chart

Табела 2. Статистичка обрада резултата испитивања

Испит.	n	$X_{SR}$	$\bar{X}$	$S_r$	RSD	$S_R$	R	r	$CR_{0,95}$	$X_{max}-X_{min}$	$F_{lab}$	$F_{izr}$	$T_{lab}$	$T_{izr}$
1	9	2,379	2,375	0,0298	0,012	0,0314	0,0879	0,035	0,131	0,06	3,18	0,012	2,26	1,91
2	9	2,372		0,0329	0,014				0,145	0,05				
Услов задовољен ако је:									$CR_{0,95} > X_{max}-X_{min}$	$F_{lab} > F_{izr}$	$T_{lab} > T_{izr}$			

## Литература

- АДИЖЕС, И. 1979. Дијагнозе стилова управљања. *Промет*, Нови Сад, 205–217.
- КУТЛАЧА, Б. 2000. YUNG на путу у економију заснованој на знању. *YUNG III 2000, Зборник радова*, Врњачка Бања.
- ПЕТРОВИЋ, П. 9-10. 2000. Управљање иновацијама-битан елемент стратешког менаџмента. *Пословна џолиџика*, Београд.
- Центар за образовање QVĪ LITASS EDUCATION, 2001. Мерна несигурност метода испитивања ISO 17025.
- NORDEST извештај TR 567, (Approved 2008-2), Internal QUALITY CONTROLL.
- SRPS ISO 5725-2:2004. Тачност (истинитост и прецизност) мерних метода и резултата, Део 2: Основна метода за

одређивање поновљивости и репродуктивности стандардне мерне методе.

SRPS ISO 5725-3: 2004. Тачност (истинитост и прецизност) мерних метода и резултата, Део 3: Средње мере прецизности стандардне мерне методе.

SRPS ISO 5725-4:2004. Тачност (истинитост и прецизност) мерних метода и резултата, Део 4: Основне методе за одређивање истинитости стандардне мерне методе.

SRPS ISO/IEC 17025:2006. Општи захтеви за компетентност лабораторија за испитивање и Лабораторија за еталонирање.

Завод за интелектуалну својину, Београд 2009.: Шта је интелектуална својина; [www.zis.gov.rs](http://www.zis.gov.rs)

Лабораторијска документација Завода за геотехнику, Института за путеве а.д. из Београда



## Тродимензионални приступ у анализи стабилности падина и косина

### Three-Dimensional Approach in Slope Stability Analysis

СЛОБОДАН ЂОРИЋ<sup>1</sup>, ЛАСЛО ЧАКИ<sup>2</sup> и ДРАГОСЛАВ РАКИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** Анализа стабилности падина и косина је у суштини тродимензионални проблем. То је непосредна последица неправилног облика клизног тела и посебно се односи на бројна клизишта у Србији. Међутим, све до данас, није развијен општи поступак тродимензионалне анализе стабилности који би важио за клизна тела произвољног облика. Уместо тога, најчешће се врши дводимензионална анализа критичног попречног пресека тродимензионалног клизног тела. Међутим, ако су бочни тј. тродимензионални ефекти падине значајни, онда и њих треба укључити у анализу стабилности. У овом раду је приказан апроксимативни поступак који уводи тродимензионалне ефекте у прорачун стабилности, и полазећи од тога, урађена је тродимензионална анализа стабилности клизишта „Велереч“ у Горњем Милановцу. У случају када су тродимензионални ефекти значајни, њихово укључивање у анализу омогућава да се добију реалнији подаци о стабилности косина. То је од посебног значаја приликом одређивања санационих мера код клизишта.

**Кључне речи:** Анализа стабилности падина и косина, тродимензионални ефекти, апроксимативни поступак.

**Abstract.** Slope stability analysis is, in fact, three-dimensional problem. This is a consequence of unregular shape of sliding body and it is characteristic, especially, for numerous landslides in Serbia. However, till now a days, there isn't the generalized procedure of three-dimensional stability calculations which involve slip surfaces of arbitrary shape. Instead of that, it is common to make two-dimensional analysis for a most critical cross section throughout the three-dimensional sliding mass. But if the lateral effects i.e. three-dimensional effects of the slope are significant, than they should be involved in the stability analysis. In this paper is presented approximate procedure of introduction three-dimensional effects in stability calculations and, on basis of that, a three-dimensional stability analysis of landslide "Velereč" at Gornji Milanovac is calculated too. In the cases where the three-dimensional effects are considerable, their introduction in stability calculations ensure to obtain more correct findings about stability of slopes. This is especially important in evaluating remedial measures for landslides.

**Key words:** slope stability analysis, three-dimensional effects, approximate procedure.

## Увод

Приликом анализе стабилности падина и косина битно је да се проблем правилно постави, а затим и да се реши на адекватан начин. Ово захтева, пре свега, познавање геолошких карактеристика терена а посебно облика клизног тела, чврстоће смицања дуж клизне површине и стања подземних вода. У вези са тим треба истаћи да, у највећем

броју случајева, клизишта у Србији јако зависе од геолошких услова у терену. Тако на пример, као последицу регионалних геолошких процеса, који су се одигравали у току стварања садашње конструкције терена, суочавамо се са чињеницом да се активност бројних клизишта, у дугом периоду њиховог развоја, периодично понавља и то мање или више дуж постојећих клизних површина. Полазећи од тога, треба да се врши детаљно

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: srdjan\_05@yahoo.com

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: clale@rgf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: rgfraka@rgf.bg.ac.rs

проучавање сваког појединачног клизишта, анализира њихова стабилност и дефинишу оптималне санационе мере (ЛОКИН И ЂОРИЋ 2000).

### Основне поставке анализе стабилности

Анализе стабилности падина и косина и одређивање реалне вредности фактора сигурности су, у суштини, тродимензионални проблеми. Ово је последица неправилног облика клизног тела и то је посебно карактеристично за многа клизишта у Србији нпр. велика клизишта “Умка” и “Дубоко” код Београда, клизиште код моста “Бешка”, клизиште код моста “Слобода” у Новом Саду и др. Међутим, све до данас, није развијен општи поступак тродимензионалне анализе стабилности (3Д) који би анализирао клизну површину неправилног облика и био довољно једноставан за примену у геотехничкој пракси (CHENG & YIP 2007). Уместо тога, обично се врше дводимензионалне анализе стабилности (2Д) и то на критичном попречном пресеку тродимензионалног тела тј. оном пресеку који има минимални фактор сигурности.

Анализе стабилности могу да се врше у дренажним или недренажним условима. У вези са тим наглашавамо да су код природних падина клизања најчешће последица повећања нивоа подземне воде у кишном периоду и такви проблеми се анализирају у дренажним условима.

У прорачунима стабилности дренажни услови се анализирају са ефективним напонима, а недренажни услови помоћу укупних напона. Као услов лома, дуж клизне површине, по правилу се усваја Кулон-Моров критеријум изражен преко укупних или ефективних параметара чврстоће на смицање. При томе, посебно треба водити рачуна да чврстоћа смицања, дуж постојећих старих клизних површина, јесте резидуална чврстоћа (ЋОРИЋ *et al.* 2006).

Анализе стабилности треба да се врше методама граничне равнотеже које задовољавају све услове равнотеже клизног тела (ЋОРИЋ 2008). Такве методе су: Јанбуова општа метода, Моргенстер-Прајсова, Спенсерова, Максимовићева и Фридланд-Кренова метода. У контексту основних поставки метода граничне равнотеже оне дају вредности фактора сигурности које се не разликују за више од  $\pm 6\%$  од тзв. “тачне” вредности (DUNCAN 1996). Оне су сасвим прихватљиве за геотехничку праксу, јер и геометрија клизног тела, порни притисци и чврстоће смицања ретко могу да се одреде са тачношћу до  $\pm 6\%$ . Тако да ако инжењер геотехнике врши анализе стабилности падина и косина, коришћењем метода које задовољавају све услове равнотеже, он може да буде сигуран да:

– израчуната вредност фактора сигурности јесте “тачна” с обзиром на механизам клизања и

– може да усмери своју пажњу на што бољу процену својстава тла и одређивање мера санације.

Међутим, оправдано се може да постави питање тачности 2Д анализе у решавању 3Д проблема. Недавна истраживања (DUNCAN & WRIGHT 2005), јасно показују да су фактори сигурности, срачунати коришћењем 3Д анализе, већи од оних који се добијају коришћењем 2Д анализе. У овом закључку се подразумева да је 2Д анализа вршена на критичном пресеку 3Д потенцијалног/стварног клизног тела. При томе, грешка која је последица примене 2Д анализе на 3Д клизно тело није велика, и у највећем броју случајева, мања је од 10% (ЋОРИЋ 2008).

На основу тога, јасно је да 2Д анализе дају унеколико конзервативне вредности фактора сигурности и стога представљају реалан и довољно тачан приступ у решавању највећег броја практичних проблема анализе стабилности падина и косина. Међутим, треба знати да чврстоће смицања, срачунате из повратне 2Д анализе, дају вредности које нису конзервативне, односно нису на страни сигурности. А познавање што тачнијих вредности чврстоће смицања има велики значај, јер се оне користе код прорачуна санационих мера на клизиштима.

### Тродимензионална анализа стабилности апроксимацијом геометрије клизног тела

Када су бочни ефекти косине значајни, тада 2Д анализа стабилности није адекватна и 3Д ефекти треба да се узму у обзир (ЋОРИЋ *et al.* 2006). Наравно да то зависи, пре свега, од облика клизног тела и о томе, у сваком конкретном случају, одлуку доноси инжењер - геотехничар. Међутим, као илустрацију, наводимо чинјеницу да се у геотехничкој пракси често код клизишта, чија је ширина мања или једнака две дужине, узимају у обзир тродимензионални ефекти у анализи стабилности.

Упркос томе што не постоје тачне методе за 3Д анализу сложеног клизног тела, ипак постоје приближни поступци којима се 3Д ефекти могу да уведу у прорачун стабилности (LAMBE & WHITMAN 1969; SKEMPTON 1985). С тим у вези, предлажемо поступак апроксимације геометрије клизног тела. Овим поступком се тродимензионална анализа стабилности врши тако што се стварно клизно тело апроксимира еквивалентним - геометријски идеализованим клизним телом (Сл. 1), за које се одређује тродимензионални фактор сигурности. Полазећи од тога, дводимензионални  $F_s^{2D}$  и тродимензионални фактор сигурности  $F_s^{3D}$  могу се одредити на начин који је приказан у наставку текста.

Дводимензионални фактор сигурности  $F_s^{2D}$  карактеристичног попречног пресека А-А је

$$F_s^{2D} = \frac{R}{D} \quad (1)$$





Сл. 1. Апроксимација стварног клизног тела еквивалентним - геометријски идеализованим клизним телом  
Fig. 1. Approximation of irregular slip mass to equivalent - geometric idealised sliding body

где је:  $F_s^{2D}$  - фактор сигурности попречног пресека А-А

$R$  - отпорне силе или моменти

$D$  - гурајуће силе или моменти

Тродимензионални фактор сигурности еквивалентног клизног тела  $F_s^{3D}$  одређује се из једначине

$$F_s^{3D} = \frac{B_e \cdot R + R_{L1} + R_{L2}}{B_e \cdot D} = F_s^{2D} + \frac{R_{L1} + R_{L2}}{B_e \cdot D} \quad (2)$$

где је:  $F_s^{3D}$  - фактор сигурности еквивалентног клизног тела

$B_e$  - ширина еквивалентног клизног тела

$R_{L1}$  - отпорне силе или моменти дуж бочне стране  $L_1$

$R_{L2}$  - отпорне силе или моменти дуж бочне стране  $L_2$

Ова метода може да се примени и на дренарану и на недренарану анализу стабилности и то како за кружне тако и за сложене клизне површине. Наравно да примена ове методе захтева добру инжењерску процену, приликом апроксимације стварног/потенцијалног клизишта еквивалентним клизним телом, као и квалитетна геотехничка теренска и лабораторијска истраживања.

У наставку текста приказаћемо апроксимацију клизишта "Велереч" еквивалентним клизним телом и прорачуне фактора сигурности  $F_s^{2D}$  и  $F_s^{3D}$ .

## Тродимензионална анализа стабилности на примеру клизишта "Велереч"

Локација клизишта "Велереч" практично је на периферији Горњег Милановца. Клизште је формирано у тзв. "Таковско-Милановачком" неогеном басену, на левој долинској страни једне поточне долине и то у њеном доњем делу чији је генерални нагиб око  $15^\circ$ . Клизањем је захваћен терен при-

лижних димензија  $40 \times 55$  m. Основа терена изграђена је од глинаца тамно црвене боје, који су у приповршинској зони физичко-хемијски измењени. Преко њих на читавој падини формиране су делувијалне глиновите насlage са дробиним, променљиве дебљине од 1.0 па до преко 4.5 m. Рејонизацијом терена према степену стабилности издвојене су три зоне и то: терен захваћен активним клизањем, терен где је процес привремено умирен и условно стабилан терен (РАКИЋ 2005).

На карактеристичном геотехничком пресеку терена 2-2 (Сл. 26), урађена је повратна анализа стабилности методом Јанбуа (за  $F_s^{2D} = 1.0$  и  $c'_{rez} = 0$  kPa), и добијена је вредност мобилисаног угла унутрашњег трења у од  $\phi'_{usl}^{2D} = 17^\circ$ .

За тродимензионалну анализу стабилности клизишта „Велереч“, предложеним поступком апроксимације геометрије клизног тела, још је потребно одредити следеће:

- ширину еквивалентног клизног тела,  $B_e = 40$  m,
- гурајуће хоризонталне силе у клизном телу добијене повратном анализом,  $D = 581.3$  kN/m'
- бочне отпорне силе  $R_{L1}$  и  $R_{L2}$ . Ове силе су пропорционалне бочном смичућем напону и бочним површинама еквивалентног клизног тела. С обзиром на геометрију клизног тела и његове инжењерскогеолошке карактеристике

$$R_{L1} = R_{L2} = \sigma' \cdot \text{tg} \phi' \cdot A = 20.4 \text{ kN/m}^2 \cdot 0.3057 \cdot 163 \text{ m}^2 = 1016 \text{ kN}$$

На основу ових података, из једначине 2 добија се

$$F_s^{3D} = 1.09 \text{ па је } \phi'_{usl}^{3D} = 15.7^\circ$$

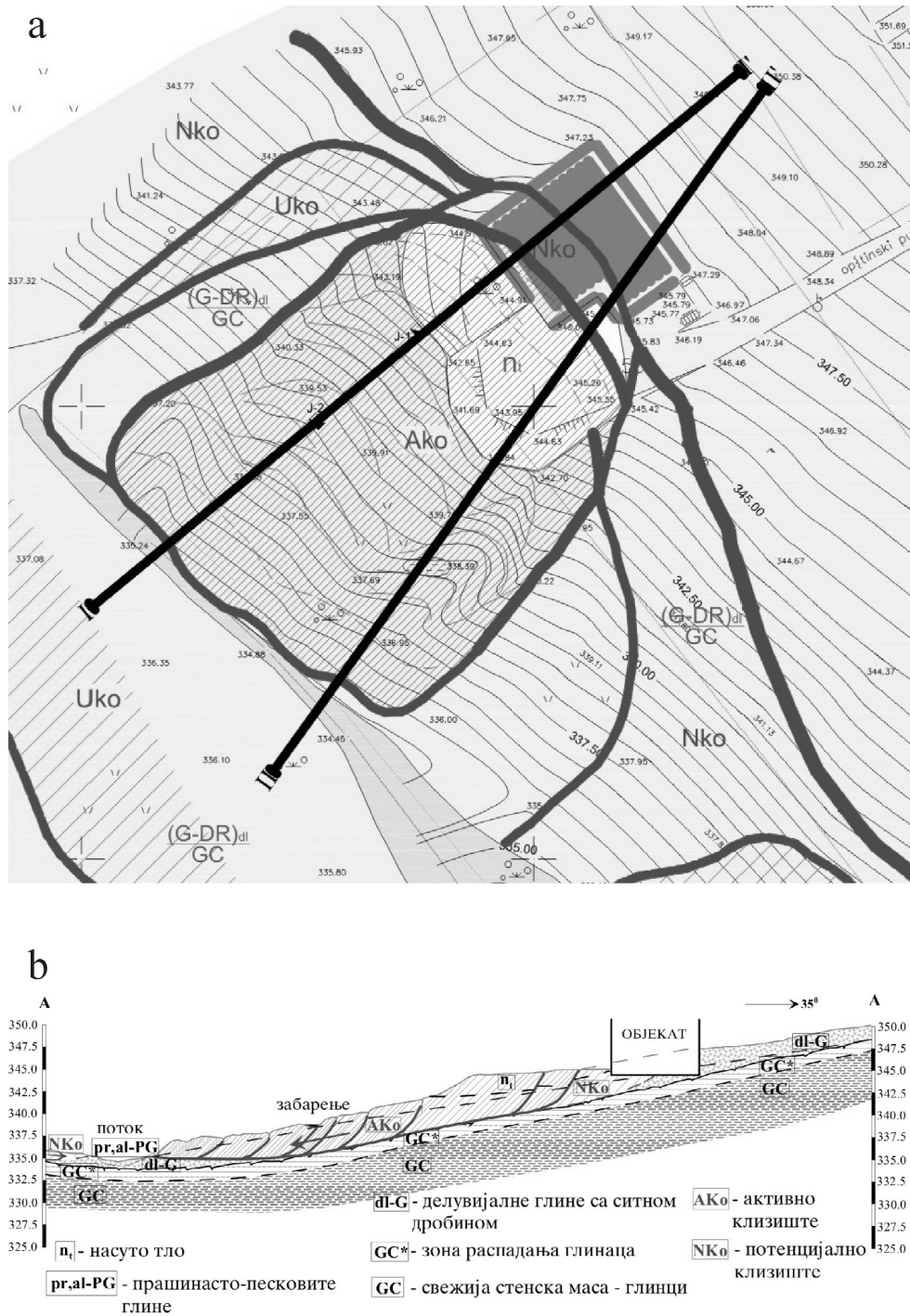
Ову вредност угла унутрашњег трења требало би користити приликом пројектовања санационих мера за клизиште „Велереч“.

У вези са овим резултатима желимо да истакнемо да разлике у фактору сигурности добијеном из 2Д и 3Д анализе стабилности нису велике. Међутим, када се узме у обзир да се код санације клизишта у геотехничкој пракси често усваја да је задовољавајући фактор сигурности  $F_s = 1.15-1.20$ , онда ово повећање  $F_s$  са 1.0 на 1.09 може да буде врло значајно у добијању рационалног инжењерског решења.

## Закључак

Закључци који произилазе из овог рада су следећи:

- не постоје тачне методе 3Д анализе стабилности сложеног клизног тела које су прихватљиве у геотехничкој пракси, али за највећи број практичних проблема 2Д анализе стабилности дају реалне и довољно тачне вредности фактора сигурности.



Сл. 2. а) Инжењерскогеолошка карта терена, б) Карактеристичан инжењерскогеолошки пресек  
Fig. 2. a) Engineering geological map, b) Characteristic engineering geology cross-section

– када су 3Д ефекти падине/косине значајни, тада их треба укључити у анализу стабилности и, стога је, у раду развијен општи апроксимативни поступак 3Д анализе стабилности.

– фактор сигурности добијен из 3Д анализе увек је већи од фактора сигурности који је израчунат применом 2Д анализе на критичном пресеку клизног тела.

– ако се у повратној анализи стабилности занемарују 3Д ефекти, тада се добијају повећане вредности чврстоће смицања дуж клизне површине, у односу на реалне вредности, што код пројектовања санационих мера доводи до решења која нису на страни сигурности.

На основу напред изнетог може се закључити да су 3Д анализе стабилности посебно важне

приликом одређивања санационих мера код клизишта која се померају дуж постојећих клизних површина тј. у свим оним случајевима када се чврстоћа смицања одређује из повратне анализе стабилности.

## Литература

- CHENG, Y.M. & YIP, C.Y. 2007. Three-Dimensional Asymmetrical Slope Stability Analysis Extension of Bishop's, Janbu's, and Morgenstern-Price's Techniques. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, vol. 133, No. 12. 1544–1555.
- ĆORIĆ, S., ČAKI, L., & RAKIĆ, D., 2006. Three-dimensional effects of slope stability analysis. *10<sup>th</sup> National and 4<sup>th</sup> International scientific meeting iNDiS 2006*, Novi Sad, 171–178.
- ĆORIĆ, S., ČAKI, L., & RAKIĆ, D., D. 2006. Geotechnical problems in connection with stability analyses of the old landslides. *Proceedings of the 2nd Symposium of Macedonian Association for Geotechnics*, Ohrid, 270–277.
- ЂОРИЋ, С. 2008. Геостатички прорачуни. *Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду & Изградња*, стр. 460.
- DUNCAN, J.M. & WRIGHT, S.G. 2005. Soil Strength and slope stability. *John Wiley & Sons, Inc.*, Hoboken, New Jersey, pp. 297.
- LAMBE, T.W. & WHITMAN, R.V. 1969. Soil Mechanics. *John Wiley & Sons*, New York, pp. 553.
- ЛОКИН, П. и ЂОРИЋ, С. 2000. Методологија истраживања клизишта. *Часопис Рударство*, Тузла, 17–18, 23–37.
- РАКИЋ, Д. 2005. Елаборат о резултатима геотехничких истраживања терена за потребе санације клизишта у к.о. Брусница - Горњи Милановац. *Рударско-геолошки факултет Београд*, стр. 18.
- СКЕМПТОН, А. Н., 1985. Residual strength of clays in landslides, folded strata and the laboratory. *Geotechnique*, Vol. 35. No. 1, 3–18.



## Стабилизација клизишта применом теорије неутралне линије

### Stabilization of a Landslide by the Application of a Neutral Line Theory

СЛОБОДАН ЂОРИЋ<sup>1</sup>, ДРАГОСЛАВ РАКИЋ<sup>2</sup> и ГОРДАНА ХАЦИ-НИКОВИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** У нашој земљи се врло често стабилизација клизишта врши променом његове геометрије. У вези са тим, а у циљу утврђивања ефеката израде санационих насипа и усека на промену фактора сигурности стварног или потенцијалног клизишта, погодно је да се користи теорија неутралне линије. Она се може да примени на све облике клизних површина, под условом да је клизна површина претходно дефинисана. Овај концепт се може врло успешно да примени код планирања стабилизационих радова као и код одређивања оптималног положаја саобраћајнице на клизишту. У овом раду је приказана примена теорије неутралне линије на клизишту „Меркур“ у Београду.

**Кључне речи:** Стабилизација клизишта, земљани радови, теорија неутралне линије.

**Abstract.** The change in the surface profile of a landslide is a very often remedial measure in Serbia. In order to determine the efficacy of a corrective cut or fill in the change of a safety factor, it is useful to apply a neutral line theory. It can be applied to the stabilization of an unstable or potentially unstable slope with a previously fixed failure surface of a general shape. This is of a considerable value particularly in the planning of stabilization works or in exploring the optimum route for a road or railway across the landslide. In this paper is presented the application of a neutral line theory at the landslide “Mercur” in Belgrade.

**Key words:** Landslide stabilization, earthworks, neutral line theory.

#### Увод

У нашој земљи се последњих десетак година градителска делатност обавља углавном кроз изградњу саобраћајница – путева високог ранга који треба да повежу Србију са Средњом Европом и Блиским Истоком. Треба очекивати да ће се ове активности наставити и наредних година. У вези са тим, а полазећи од геолошких и геоморфолошких услова терена, пројектанти саобраћајница се често срећу са проблемом како превести саобраћајницу преко недовољно стабилних или нестабилних терена – клизишта. Јасно је да тада треба да се предложи одређене стабилизационе мере којима ће се „умирити“ нестабилан терен, али се од пројектаната оправдано захтева да од бројних расположивих санационих мера (дренирање, анкеровање, промена конфигура-

ције терена, потпорне конструкције) одабере ону која истовремено представља и сигурно и рационално решење (DUNCAN & WRIGHT 2005). При том, у сваком конкретном случају, то зависи како од геолошке грађе терена тако и од димензија клизног тела и трупа саобраћајнице (LOKIN & ĆORIĆ 2000).

Искуство је показало да у нашим тржишним условима, релативно јефтине радне снаге, промена геометрије клизног тела, односно извођење „земљаних радова“ врло често представља оптимално стабилизационо решење. Стога пројектанти саобраћајница врло често прибегавају таквом решењу. Међутим, када треба дефинисати ове радове и/или одговарајући положај трупа пута, томе се по правилу прилази полуемпиријски. Наиме, пројектант поставља труп саобраћајнице преко клизишта мање-више на основу искуства – не водећи рачуна о

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд. Е-mail: srdjan\_05@yahoo.com

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд. Е-mail: rgfraka@rgf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд. Е-mail: ghnikovic@rgf.bg.ac.rs

његовом утицају на стабилност клизишта. Затим, одговарајућим анализама стабилности дефинише фактор сигурности клизног тела у садејству са саобраћајницом. Сматрамо, међутим, да би проблеме планирања санационих земљаних радова и дефинисање оптималног положаја објекта/саобраћајнице на клизишту требало решавати много екзактније, него што је то до сада био случај. Ово се може постићи адекватном применом теорије неутралне линије (HUTCHINSON 1977).

## Теорија неутралне линије

Посматрајмо карактеристичан попречни пресек клизишта (сл. 1а). Ако предпоставимо да произвољно вертикално оптерећење  $\Delta W$  делује у сукцесивним положајима између чела и ножице клизишта, онда можемо да одредимо утицајну линију за фактор сигурности клизишта.

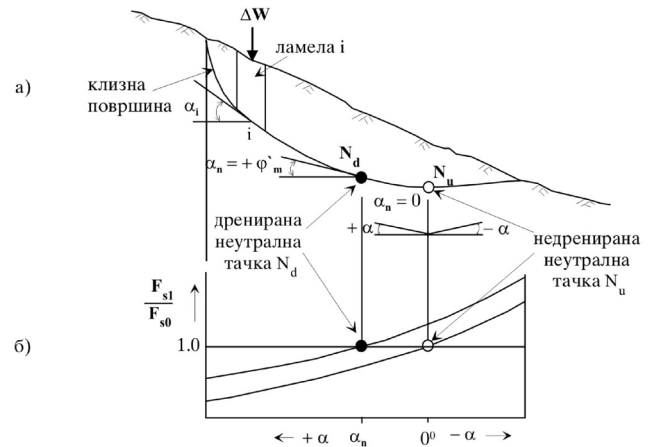
Овом линијом се дефинише зависност између положаја оптерећења  $\Delta W$  и величине фактора сигурности клизишта. При томе усвајамо да када оптерећење  $\Delta W$  делује наниже – оно је позитивно и представља нпр. утицај насипа на клизиште. А када  $\Delta W$  делује навише – оно је негативно и представља нпр. утицај усека у клизишту. Мера тог утицаја је количник

$$\frac{F_{s1}}{F_{s0}} = \frac{F_{s0} + \Delta F_s}{F_{s0}} \quad (1)$$

где је:  $F_{s0}$  – почетна вредност фактора сигурности (пре дејства оптерећења  $\Delta W$ )  
 $F_{s1}$  – фактор сигурности када делује оптерећење  $\Delta W$   
 $\Delta F_s$  – промена фактора сигурности од оптерећења  $\Delta W$

Утицајне линије, за дрениране и недрениране услове оптерећења, приказане су на сл. 1б. Оне јасно показују какав је утицај положаја оптерећења  $\Delta W$  на промену почетног фактора сигурности клизишта. У вези са тим од посебног интереса је она тачка на клизној површини у којој је  $\Delta F_s=0$  тј.  $F_{s1}/F_{s0}=1.0$ . Ову тачку HUTCHINSON (1977) је назвао неутрална тачка и она показује где вертикално оптерећење нема утицај на  $F_{s0}$ . Да би смо дефинисали положај ове тачке на клизној површини посматраћемо клизно тело на сл. 1а које има сложену клизну површину са ефективним параметрима отпорности на смицање ( $c'$ ,  $\phi'$ ). Почетни фактор сигурности  $F_{s0}$  можемо дефинисати као однос отпорних  $R$  и гурајућих сила  $D$  (ЂОРИЋ 2008)

$$F_{s0} = \frac{R}{D} \quad (1)$$



Сл. 1. а) Карактеристични попречни пресек клизишта са утицајним оптерећењем  $\Delta W$  које делује на клизиште; б) Дрениране и недрениране утицајне линије за фактор сигурности клизишта од дејства оптерећења  $\Delta W$   
 Fig. 1. a) Typical cross section of landslide with influence load  $\Delta W$  acting on it; b) Drained and undrained influence lines for landslide's safety factor from effect of influence load  $\Delta W$

Фактор сигурности  $F_{s1}$ , када оптерећење  $\Delta W$  делује на ламелу  $i$ , једнак је

$$F_{s1} = \frac{\Delta p_1' \cdot \text{tg}\phi' + R}{\Delta W \cdot \sin \alpha_i + D} \quad (3)$$

где је:  $\alpha_i$  – нагиб клизне површине у основи ламеле  $i$   
 $\Delta p_1' = \Delta W(\cos \alpha_i - \bar{B} \sec \alpha_i)$  – промена ефективне нормалне силе у основи ламела и услед дејства утицајног оптерећења  $\Delta W$   
 $\bar{B}$  – параметар порног притиска, СКЕМПТОН (1954).

Тако да је

$$\frac{F_{s1}}{F_{s0}} = \frac{[\Delta W(\cos \alpha_i - \bar{B} \cdot \sec \alpha_i) \text{tg}\phi' + R] \cdot D}{(\Delta W \cdot \sin \alpha_i + D) \cdot R} \quad (4)$$

У неутралној тачки је  $F_{s1}/F_{s0} = 1.0$  и стога је њен положај ( $\alpha_i = \alpha_n$ ) дефинисан следећом једначином

$$\text{tg}\alpha_{n,p} = (1 - \bar{B} \cdot \sec^2 \alpha_n) \frac{\text{tg}\phi'}{F_{s0}} \quad (5)$$

У случају кружне клизне површине почетни фактор сигурности  $F_{s0}$  може се дефинисати као однос отпорних и гурајућих момената око центра ротације клизног тела. Полазећи од тога, поступком извођења који је идентичан овде приказаном, добија се да је положај неутралне тачке поново дефинисан једначином (5). Према томе, једначина (5) пред-

ставља опште решење које се може применити и на кружне и на сложене клизне површине и то, како за позитивно, тако и за негативно утицајно оптерећење. При томе је за њену успешну примену потребно да буде дефинисана стварна/потенцијална клизна површина. Разлог за ово лежи у чињеници да се положај критичне клизне површине мења у зависности од оптерећења/растерећења клизног тела.

Једначина (5) показује да положај неутралне тачке зависи од услова дренажа који су последица грађења насипа/усека. У вези са тим, за геотехничку праксу су од посебног интереса два гранична случаја (сл. 16)

а) недренирани услови

$$\bar{B} = 1.0 \Rightarrow \alpha_{n,p} = \alpha_u = 0 \quad (6)$$

б) дренирани услови

$$\bar{B} = 0 \Rightarrow \alpha_{n,p} = \alpha_d = \varphi_m' \quad (7)$$

где је:  $\varphi_m' = tg\varphi'/F_{s0}$  - мобилисани угао унутрашњег трења за ефективне напоне

Видимо да се за недрениране услове неутрална тачка ( $N_u$ ) налази на месту где је клизна површина хоризонтална, а да је за дрениране услове њен положај ( $N_d$ ) дефинисан мобилисаним ефективним углом унутрашњег трења (Сл 16). У случају да је , положај неутралне тачке је између тачака  $N_u$  и  $N_d$ .

Уколико се клизно тело посматра просторно, тако што се анализира неколико карактеристичних попречних пресека, онда се спајањем одговарајућих неутралних тачака добијају неутралне линије у правцу управном на попречне пресеке клизног тела.

### Стабилизација клизишта „Меркур“ применом теорије неутралне линије

Терен на коме је изграђен тржни центар „Меркур“ на Карабурми у Београду, у више наврата био је захваћен процесом клизања (1970, 1981, 1992). С обзиром да се степен активности клизишта мењао током времена, клизиште је захватило више литолошких чланова, за које се може рећи да су хаотично измешани у оквиру колувијалне масе. Основу терена, у оквиру истражног простора, изграђују тортонски лапори. Они су у површинском делу интензивно измењени тако да су формирали зону површинског распадања, представљену деградираним лапоровитим глинама (РАКИЋ 2007).

Лабораторијским испитивањима на узорцима из колувијалне масе и зоне деградираних лапоровитих

глина, добијене су карактеристичне вредности резидуалног угла унутрашњег трења које су се кретале од  $\varphi'_r = 11-20^\circ$ , док је на узорцима из зоне некретаних деградираних лапоровитих глина вредност резидуалног угла унутрашњег трења била доста слична и износила  $\varphi'_r = 15-20^\circ$ . У поступку анализе стабилности, разматрано је више геотехничких пресека терена узимајући у обзир ниво подземне воде. Условни угао унутрашњег трења одређен је, из услова граничне равнотеже, повратном анализом тј. за усвојени фактор сигурности од  $F_s = 1.0$ , и уз претпоставку да дуж клизне површине не постоји кохезија, тј. усвојена је резидуална вредност од  $c' = c'_r = 0$  kPa. Овим поступком добијени су условни углови унутрашњег трења  $\varphi'_{usl}$ , а њихове вредности су се кретале у распону од  $\varphi'_{usl} = 9-17^\circ$ .

Како би се на практичном примеру показала примена теорије неутралне линије, у оквиру овог рада, анализираћемо карактеристичан пресек терена. Поступком повратне анализе, из услова граничне равнотеже за  $F_s = 1.0$  и  $c'_r = 0$  kPa, добијена је вредност условног угла унутрашњег трења од  $\varphi'_{usl} = 14^\circ$ .

На слици 2 приказан је карактеристични попречни пресек клизишта „Меркур“ и положај неутралних тачака  $N_u$  и  $N_d$ . Вертикалним пресецима у тачкама  $N_u$  и  $N_d$  поделили смо клизно тело на три зоне (А, В, С). Ефекти грађења тј. повећања и смањења оптерећења у овим зонама, у односу на почетни фактор сигурности  $F_0$ , јесу следећи:

Повећањем вертикалног оптерећења - грађењем објекта или насипа

У зони А - увек се смањује  $F_{s0}$

У зони В - смањује се  $F_{s0}$  за недрениране, а повећава за дрениране услове

У зони С - увек се повећава  $F_{s0}$

Смањењем вертикалног оптерећења - изградњом ископа или усека

У зони А - увек се повећава  $F_{s0}$

У зони В - повећава се  $F_{s0}$  за недрениране, а смањује за дрениране услове

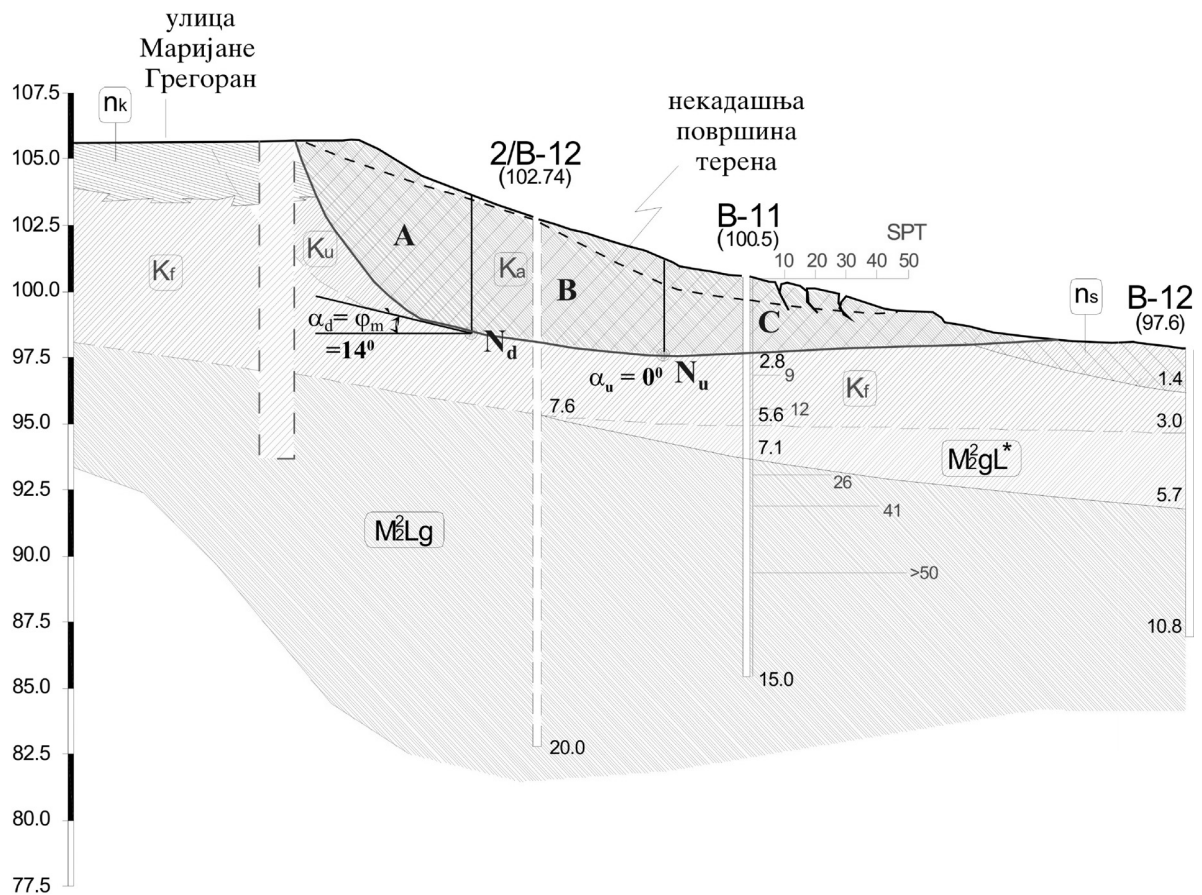
У зони С - увек се смањује  $F_{s0}$

На овај начин тј. поделом клизног тела на зоне А, В, С дефинисана су подручја у којима грађење објекта и/или промена конфигурације терена има позитиван, односно негативан утицај на стабилност клизишта. Ово омогућава оптимално планирање санационих земљаних радова и дефинисање најповољнијег положаја објекта на клизишту.

### Закључак

На основу напред изнетог може се закључити следеће:

– утицајне линије дају квантитативну меру ефекта промене фактора сигурности клизишта које је последица промене интензитета оптерећења и/или промене геометрије клизног тела;



Сл. 2. Карактеристични попречни пресек клизишта „Меркур“  
 Fig. 2. Typical cross section of landslide “Mercur”

– положај неутралне тачке зависи од мобилисаног угла унутрашњег трења и услова дренажа клизишта а не зависи од интензитета оптерећења које делује на клизно тело, као ни од величине кохезије дуж клизне површине;

– теорија неутралне линије може да се примени код свих облика клизних површина, с тим да је клизна површина претходно дефинисана.

На крају истичемо да примена теорије неутралне линије може да буде врло корисна приликом одређивања оптималног положаја саобраћајнице која пресеца клизно тело. Осим тога, познавање ове теорије може да се повећа ефикасност земљаних радова код стабилизације клизишта. Ово је од посебног значаја, јер је промена геометрије клизног тела често најефикаснији и најјекономичнији начин његовог санирања. Наравно да, у сваком конкретном случају, треба анализом стабилности проверити оправданост предложеног решења тј. одредити колико је повећање фактора сигурности у односу на његову почетну вредност.

## Литература

- ЂОРИЋ, С. 2008. Геостатички прорачуни. *Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду & Изградња*, стр. 460.
- DUNCAN, J.M. & WRIGHT, S.G. 2005. Soil Strength and slope stability. *John Wiley & Sons, Inc.*, Hoboken, New Jersey, pp. 297.
- HUTCHINSON, J.N. 1977. Assessment of the effectiveness of corrective measures in relation to geological conditions and types of slope movement. *Buill. Int. Assoc. Eng.geol.*, No. 16, 131–155.
- LOKIN, P. & ЂОРИЋ, S., 2000. Metodologija istraživanja klizišta. *Časopis Rudarstvo*, Tuzla, Izdanje 17–18, str. 23–37.
- РАКИЋ, Д. 2007. Елаборат о резултатима геотехничких истраживања терена за потребе изградње тржног центра „Меркур“ на Карабурми. *Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду*, стр. 46.
- СКЕМПТОН, А.W. 1954. The pore pressure coefficients A and B. *Geotechnique*, Vol. 4, No. 4, 143–147.



## Стабилност терасних седимената у условима формирања акумулација на ријеци Морачи

НИКОЛА ЧАЂЕНОВИЋ<sup>1</sup>

Дуж тока ријеке Мораче заступљени су веома пространи хоризонти флувиоглацијалних седимената, на којима су изграђени бројни саобраћајни, стамбени и вјерски објекти. Стабилност ових седимената у данашњим условима може се оцјенити као нестабилна до условно стабилна. Нацртом детаљног просторног плана за простор вишенамјенских акумулација на ријеци Морачи планира се формирање четири акумулациона језера чиме ће се подићи ниво подземних вода за више десетина метара, ово ће утицати на погоршање физичко-механичких параметара чиме ће се нарушити стабилност субвертикалних одејека дуж будућих акумулација. Горњи слив ријеке Мораче, узводно од планиране акумулације Андријево изградјен је од класичних и флишоликих седимената. Ови терени су подложни механичкој ерозији, што условљава присуство површина убрзаног спирања, јаружења, кидања и клизања. Флувиоглацијални седимент на овим теренима су литолошки представљени зрнима карбонатног, еруптивног, рожног и пјешчарског састава. Седименти су добро водопрпусни са повећаним садржајем прашинасте, глиновите компоненте док је цементација најчешће контактог типа са глиновитим везивом. Стабилност поменутих седимената у данашњим условима се може оцјенити као нестабилна о чему сведочи нестабилност рубних дјелова терасних седимената дуж платоа на коме је лоциран Манастир Морача. На овом простору планира се формирање акумулације Андријево, са котом успора 285 м.н.в. Подизање нивоа подземних вода за више од 30 м знатно ће погоршати физичко-механичке параметаре тла.

Доњи слив ријеке Мораче, низводно од планиране акумулације Андријево изградјен је од кречњака и доломита. Флувиоглацијални седименти на овом простору су добро водопрпусни представљени добро заобљеним пјесковима и шљунковима док је цементација најчешће контактог типа са искључиво карбонатним везивом, што омогућава субвертикалне стране ријечних тераса. Порозност ових седимената је интергрануларна са нивоом подземне воде која је у директној зависности од нивоа ријеке Мораче. Стабилност ових седимената у данашњим условима може се оцјенити као нестабилна до условно стабилна. На овом простору планира се формирање акумулација Расловићи, Милуновићи и Златица, чиме ће се ниво подземних вода у флувиоглацијалним седиментима подићи, што ће негативно утицати на њихову стабилност.

Досадашња геолошка истраживања нису имала за циљ израду инжењерскогеолошке карте на којој би биле издвојене стијенске масе по њиховим инжењерскогеолошким својствима, што свакако представља озбиљан пропуст приликом планирања наведених акумулација. Стабилност флувиоглацијалних седимената треба препознати као један од већих инжењерскогеолошких проблема приликом изградње будућих брана.

**Кључне ријечи:** Морача, акумулација, флувиоглацијални седименти, стабилност, инжењерскогеолошка карта.

---

<sup>1</sup> ЈУ Републички Завод за Геолошка истраживања Црне Горе, Крушевац бб, Подгорица, Црна Гора. E-mail: cadjenovicnikola@hotmail.com



## Хидрогеолошки услови и ограничења као основ за израду просторних планова на примјеру просторног плана општине Прњавор у Републици Српској

### Hydrogeological Conditions and Limitations as a Basis for Spatial Planning in the Case of the Spatial Plan of the Municipality Prnjavor in the Republic of Srpska

ПЕТАР БЕГОВИЋ<sup>1</sup> и БРАНКО ИВАНКОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** Општина Прњавор се налази у сјеверном дијелу Републике Српске, БиХ. Подручје општине Прњавор припада ободном дијелу Панонске низије. Неогени седименти имају доминантно распрострањење на територији општине.

Водоснабдијевање није ријешено на већем дијелу општине Прњавор. Тренутно се град снабдијева водом из површинске акумулације „Дренова“. Квалитет ових вода није у складу са Правилником о хигијенској исправности вода за пиће. Подземне воде се користе у мањој мјери путем индивидуалних бушених бунара.

У оквиру неогеног комплекса постоји могућност за захватање подземних вода што је и потврђено хидрогеолошким истраживањима везаним за отварање новог изворишта на локалитету „Повелич“.

Анализом хидрогеолошких карактеристика усмјерена су истраживања ка неогеним кречњацима и комплексу магматских стијена пукотинске порозности у јужном дијелу општине. Појава термоминералних вода бање Кулаши се такође везују за ове стијенске масе.

С обзиром, да је општина Прњавор дефицитарна са пијаћим водама, хидрогеолошким анализом предметног подручја истакнута су подручја перспективна са аспекта водоснабдијевања. Имајући у виду да нису вршена детаљна хидрогеолошка истраживања за потребе израде просторног плана анализа је направљена на основу доступних података основних геолошких истраживања. Хидрогеолошким условима прописана су ограничења за просторно планирање.

**Кључне ријечи:** Хидрогеолошки услови, искоришћавање и заштита подземних вода, просторно планирање.

**Abstract.** Prnjavor municipality is located in the northern part of the Republic of Srpska, Bosnia & Herzegovina. This area belongs to peripheral part of the Pannonian Plain. Neogene sediments have the dominant distribution in the territory of the municipality.

Water supply is not resolved in most parts of the municipality Prnjavor. Currently, the city supplied with potable water from surface lake (accumulation) "Drenova". The quality of these waters is not in accordance with the Regulations on the Hygienic quality of drinking water. Groundwaters are used by individual wells.

Within neogenog complex there is a possibility for taking groundwater, which was confirmed by hydrogeological investigations related to the opening of a new source for water suppling system on site "Povelic".

The analysis of the hydrogeological characteristics, research are focused to complex Neogene limestones and igneous rocks with fracture porosity in the southern part of the municipality. The occurrence of thermal mineral water in spa Kulaši is also associated with this rock mass.

Given that the municipality Prnjavor is deficited with drinking water, hyrogeological analysis of the subject areas there are highlighted areas that are promising in terms of water supply. Bearing in mind that they are not carried out detailed hydrogeological studies for the needs of the spatial plan is made on the basis of available data of basic geological research. Hydrogeological conditions are prescribed limits for spatial planning.

**Key-words:** Hydrogeological conditions, utilization and protection of groundwater, spatial planning.

<sup>1</sup> Пројект а.д. Бањалука, ул. Веселина Маслеше 1, Бањалука, Република Српска, БиХ. Е-mail: begovic\_p@yahoo.com

<sup>2</sup> Пројект а.д. Бањалука, ул. Веселина Маслеше 1, Бањалука, Република Српска, БиХ. Е-mail: brankorgf@yahoo.com

## Увод

Општина Прњавор се налази у сјеверозападном дијелу Републике Српске и има површину око 629 km<sup>2</sup>. Због свог географског положаја и близине Бања Луке, општина Прњавор се развила у посљедњих 20 година. Тренутно је у фази израде Просторни план општине Прњавор за период 2007–2030 година. Као један од најзначајнијих фактора, биће обрађене геолошке и хидрогеолошке карактеристике општине, а посебан осврт ће се дати на могућност коришћења подземних вода у вишенамјенске сврхе као и на ограничења у просторном планирању са хидрогеолошког аспекта.

Најзначајни водоток на територији општине Прњавор су Вијака, Лишња и Илова, док источну границу општине представља Укрина која представља главни дрен свих површинских вода на територији општине Прњавор.

## Геолошке и хидрогеолошке карактеристике општине Прњавор

Са геолошког аспекта територија општине је изузетно хетерогена, те су заступљене стијене различите старости, од најстаријих мезозојских творевина, преко неогених тј. миоценских седимената па до најмлађих квартарних наслага које су представљене алувијалним терасним и делувијално-пролувијалним седиментима (сл. 1.)

Овако разнолика геолошка грађа утиче и на хидрогеолошке карактеристике терена. Са хидрогеолошког аспекта а на основу структурног типа порозности издвојени су:

- збијени тип издани формиран у алувијалним, терасним и делувијално-пролувијалним седиментима. Са хидрогеолошког аспекта најзначајни су шљунковити и пјесковити седименти. Воде ове издани се користе за индивидуално водонабдијевање, те немају већи значај за централизоване вид водонабдијевања;
- хидрогеолошки комплекс је формиран у миоценским седиментима. Миоценски седименти су у литолошком погледу формиран од кречњака, лапораца, глина, пијескова, конгломерата, пјешчара. Најпродуктивнији су оолитични кречњаци сарматске старости. Ови кречњаци су и каштирани за потребе водонабдијевања сјеверног дијела општине Прњавор. Доње плиоценски седименти се такође могу сврстати у хидрогеолошки комплекс с обзиром на стијене које могу бити и хидрогеолошки колектор (пијескови и рожначки шљункови) као и хидрогеолошки изолатор (глине);
- пукотински тип издани је формиран у магматским стијенама прије свега у перидотитима, серпентинитима и мањим дијелом у амфи-

болитима. Водоносност ових седимената зависи прије свега од испуцалости. Овај тип издани карактерише како питке хладне воде, тако и термалне воде које су откривене у Бањи Кулаши.

- Карстни тип издани је развијен у дијелу распростраћења кречњака миоценске, еоценске и кредне старости;
- условно “везводни” дио терена је окарактерисан дијабаз-рожном формацијом.

Имајући у виду да већи дио општине Прњавор граде неогени седименти подложни распадању, алувијални седименти имају лоше филтрационе карактеристике тако да се унутар ових седимената не акумулирају значајније количине подземних вода. С тога се планско водоснабдијевање усмјерило на кречњачке масе унутар миоценских наслага. Ове насlage су предмет истраживања проф. др Милојка Лазића задњих 10 година.

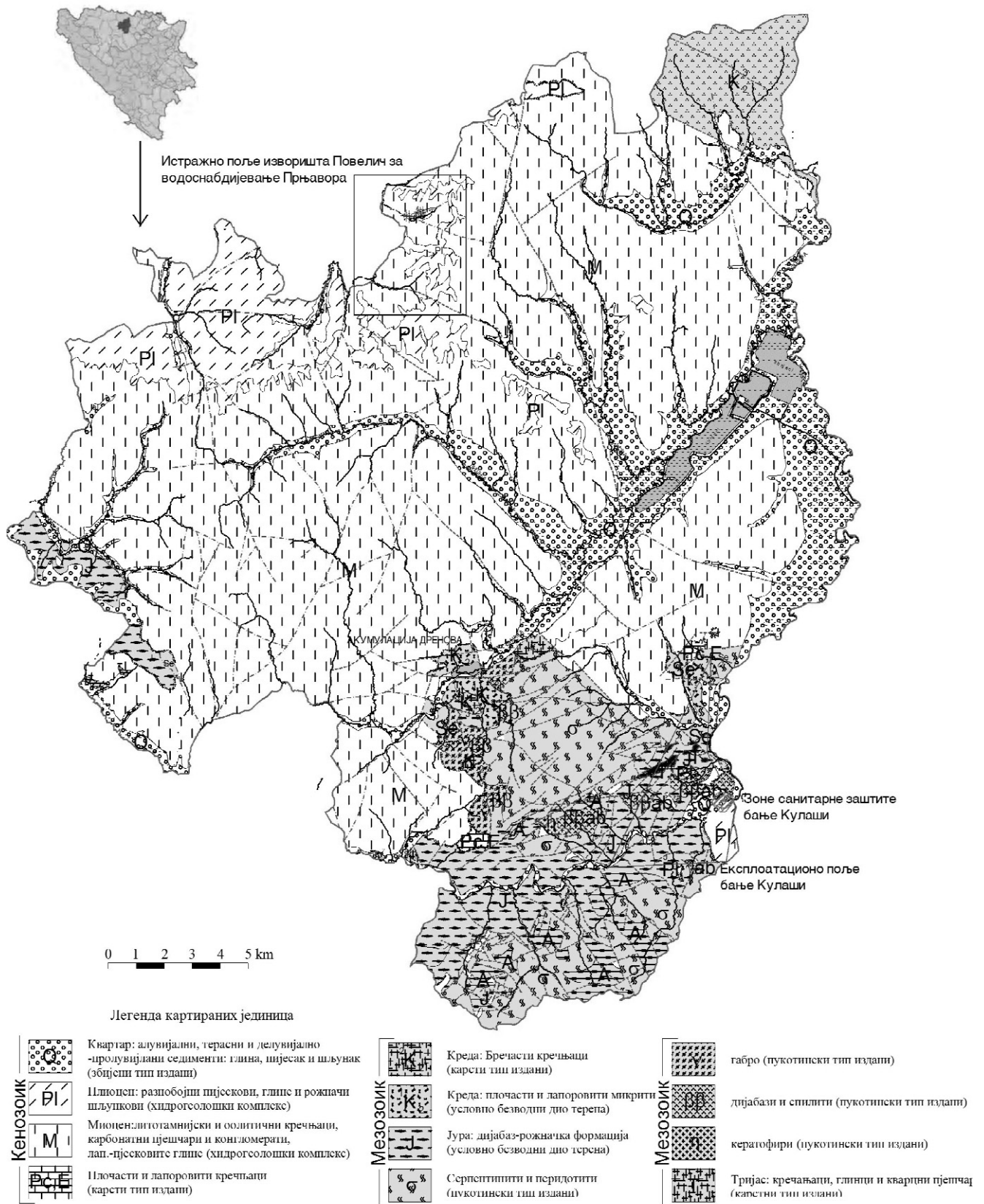
Рањивост на загађење, ове издани, је мала имајући у виду да се кречњаци готово не појављују на површини терена, изузев једне крпе на локалитету „Повелич-а“. Прихрањивање кречњака је индиректно кроз плиоценске пјесковите насlage које се простиру у крајњем сјеверо-западном дијелу општине Прњавор па до Мотајице у сјеверном дијелу општине Србац. Овакав геолошки склоп предиспонира извориште „Повелич“ као тренутно најбоље рјешење за водонабдијевање и у планском документу се планира даље истраживање и улагање у ово извориште. Неопходно је у наредном кораку, након израде свих пројектованих експлоатационих бунара утврдити зоне санитарне заштите да би се одржао квалитет ових вода и за дужи период од планског документа.

## Актуелна хидрогеолошка проблематика и могућност коришћења подземних вода на територији општине Прњавор

Као што је предходно наведено, територија општине Прњавор се карактерише хетерогеним хидрогеолошким условима. Тренутно се Прњавор снабдијева водом са акумулације „Дренова“, гдје се налази и фабрика за прераду воде. С обзиром на изузетно лош квалитет вода у језеру, са поменутом фабриком, нису адекватно ријешени проблеми водонабдијевања Прњавора.

Према подацима водовода „Прњавор“ тренутне потребне количине воде за пиће општине Прњавор су 60 l/s. Имајући у виду, да се просторни план ради за период до 2030. програмиране су потребне количине воде од 70 l/s.

Постојећа акумулација „Дренова“ задовољава квалитетом и квантитетом потребе за техничком водом за наводњавање пољопривредних површина низводно од акумулације.



Сл. 1. Шематизована геолошко-хидрогеолошка карта општине Прњавор (према ОГК лист Бања Лука, Дервента, Нова Капела)

Fig. 1. Schematic geological-hydrogeological mapp Prnjavor municipality (according to basic geological map SFRJ sheet Banja Luka, Derventa i Nova Kapela)

Насеља у оквиру општине Прњавор су разбијена са јако лошом примарном водоводном инфраструктуром тако да је централизовано извориште неодрживо са финансијског аспеката.

Најновнија истраживања за потребе водоснабдијевања сјеверног дијела општине указују на постојање значајних количина питких вода (извориште Повелич, сл. 1). По завршетку истраживања и пуштању у рад бунара, ријешило се питање водоснабдијевања значајног дијела територије општине Прњавор.

Други значајни хидрогеолошки ресурс на територији општине Прњавора је Бања Кулаши која се налази на југо-источном дијелу општине Прњавор. На локалитету се налази 11 истражних и експлоатационих објекта, а најдубљи од њих је експлоатациони бунар Б4 са дужином од 175 м. Према резултатима предходних истраживања одређене су резерве подземних вода и то А резерве 12,4 l/s и Б резерве 19 l/s (Тодоровић и Бабић 2006):

На основу физичких и хемијских особина воде лежишта "Кулаши" могу се подјелити у три врсте (Тодоровић и Бабић 2006):

- термалне ( $t=29-30^{\circ}\text{C}$ ) са  $\text{pH}>11$ ,  $\text{OH}-\text{CO}_3\text{Cl}-\text{Na}, \text{Ca}$  типа;
- нискотермалне-извор Смрдел (  $t=15^{\circ}\text{C}$ ) са  $\text{pH}>11$ ,  $\text{OH}-\text{CO}_3\text{Cl}-\text{Na}, \text{Ca}$  типа;
- мијешане ( $t=18^{\circ}\text{C}$ ) са  $\text{pH}=6-8,9$ ,  $\text{HCO}_3\text{Cl}-\text{Ca}, \text{Mg}$  типа;

За ове термалне воде су утврђене мјере заштите у условима дуготрајне експлоатације.

Јужни дио општине, који се у геолошком смислу карактерише распрострањеном дијабаз-ројне формације са значајном заступљеношћу магматских стијена, карактерише заступљеност пукотинског типа издани. Међутим, истраженост овог дијела општине Прњавор није на задовољавајућем нивоу са аспекта даљег коришћења ових вода. Може се очекивати постојање значајних количина подземних вода специфичког хемијског састава које се могу користити у вишенамјенске сврхе (водоснабдијевање, флаширање, балнеологија итд.).

### Хидрогеолошки услови за просторно планирање

Хидрогеолошки услови за просторно планирање се дају на основу стручне анализе те на основу законом прописаних обавеза.

Уколико буде експлоатације термоминералних вода од стране другог правног или физичког субјекта потребно је обезбједити сагласност корисника експлоатационог права односно бање „Кулаши“ у овом случају, те Министарства индустрије, енергетике и рударства Републике Српске која издаје експлоатационо право и води евиденцију о експлоатационим пољима за све минералне сировине у Републици Српској. У зонама санитарне

заштите термоминералних вода бање Кулаши (слика 1) морају да се поштују мјере санитарне заштите прописане правилником и Програмом мјера заштите (Радуловић 2006).

За извориште у „Повеличу“ неопходно је дефинисати зоне санитарне заштите имајући у виду да би то требало бити највеће извориште на подручју општине Прњавор.

Просторним планом Републике Српске кроз општину Прњавор је предвиђена изградња ауто пута Бањалука–Добој. Неопходно је у техничком рјешењу аутопута ријешити одводњу са коловоза преко водонепропусних канала до сабирника односно сепаратора.

### Закључак

Општина Прњавор представља општину средње величине кад је ријеч о броју становника (са 47000 становника) проблем водоснабдијевања није ријешен на адекватан начин што представља хидрогеолошки изазов приликом израде просторног плана општине.

На основу хидрогеолошке анализе констатовано је да се на подручју општине налазе веће количине подземних вода које се могу захватити за потребе водоснабдијевања.

Најперспективнија локација за водоснабдијевање је подручје „Повелича“ на коме су до сада утврђене количине подземних вода (38,5 l/c). Истраживања трају до данас и очекује се повећање издашно-сти и до 100 l/s на цијелом изворишту.

У планском смислу серпентински масив у јужном дијелу општине Прњавор планиран је за заштиту као резервно извориште општине Прњавор. Планска заштита дијела терена треба да одржи квалитет подземних вода на том подручју за евентуалну каснију експлоатацију подземних вода.

Вишенамјенско коришћење подземних вода готово да изостаје. Предлаже се вишенамјенско коришћење термоминералних вода бање „Кулаши“. И проширење експлоатације истих.

Рањивост подземних вода мора бити један од критерија за отварање нових изворишта подземних вода поготово у току израде планског документа.

### Литература

- БЕГОВИЋ, П. 2009. Хидрогеолошке подлоге у просторном планирању на примјеру Општине Лакташи у Републици Српској. Магистарска теза, фондовски материјал Рударско-геолошког факултета, Београд
- ЛАЗИЋ, М. и НИКОЛИЋ, Ј. 2000. Елаборат о изведеним хидрогеолошким испитивањима на локалитету "Повелич" – Република Српска, Рударско-геолошки факултет, Београд.

- Моличевих, М., Виловски, С. и Томић, Б. 1969. ОГК лист Бањалука. Институт за геолошка истраживања Сарајево.
- Радуловић, П. 2006. Програм мјера заштите Термалних вода у условима дуготрајне експлоатације на лежишту “Кулаши” код Прњавора. Рудпром Приједор.
- Софић, Ј., Маринковић, Р., Ђорђевић, Д. и Памић, Ј. 1984. ОГК лист Дервента. Геоинжењеринг, Институт за геологију Сарајево.
- Тодоровић, М. и Бабић, М. 2006. Елаборат о класификацији, категоризацији и прорачуну резерви термалних вода на лежишту “Кулаши” код Прњавора. Рудпром, Приједор.
- Шпарица, М. и др. 1972. ОГК лист Н. Капела. Институт за геолошка истраживања Загреб и Геолошки Завод Сарајево.





## Хидрогеолошке карактеристике међуслојне издани лежишта угља поље “Е”, колубарски угљоносни басен, Србија

### Hydrogeological Features of Midlevel Aquifer in Coal Deposit ”Field E”, Kolubara Coal Basin, Serbia

БРАНИСЛАВА БУКВИЋ<sup>1</sup>, ДРАГАН БУХАЧ<sup>1</sup>, НАДА БЕЉИЋ-ПОПИЋ<sup>1</sup> и МАРИЈА ЕЛЕЗОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У Колубарском угљоносном басену, лежиште угља поље “Е” представља важну перспективу у блиској будућности у смислу производње основне корисне минералне сировине – меког мрког угља лигнита, као и пратећих корисних неметаличних сировина, као што су пескови и шљункови. Угљени слојеви простиру се у континуитету и представљају део јединствених угљених слојева Колубарског угљоносног басена.

На основу хидрогеолошких карактеристика, распореда хидрогеолошких колектора, изолатора и слојева угља, као и међуслојних односа колектора, у “Пољу Е” су издвојена три водоносна хоризонта. По количинама воде као најзначајнија издваја се међуслојна издан.

**Кључне речи :** Колубара, угљ, хидрогеологија, издан.

**Abstract.** Coalfield E of Kolubara Neogene basin contains significant coal reserves and represents an important mine field which would enable exploitation for decades to come. Moreover, there are also economically justifiable deposits of gravels and quartz sands.

The three main aquifer layers within Coalfield E consists mainly of sands are overlying each other. The mid seated layers between upper and lower coal beds is of great significance concerning groundwater reserves.

**Key words:** Kolubara, coal, hydrogeology, aquifer.

## Увод

У Колубарском угљоносном басену, лежиште угља поље “Е” представља важну перспективу у блиској будућности у смислу производње основне корисне минералне сировине – меког мрког угља лигнита, као и пратећих корисних неметаличних сировина, као што су пескови и шљункови. Угљени слојеви простиру се у континуитету и представљају део јединствених угљених слојева Колубарског угљоносног басена.

На основу хидрогеолошких карактеристика, распореда хидрогеолошких колектора, изолатора и слојева угља, као и међуслојних односа колектора, у “Пољу Е” се могу издвојити три водоносна хоризонта:

– водоносни хоризонт у подини главног угљеног слоја – подинска издан,

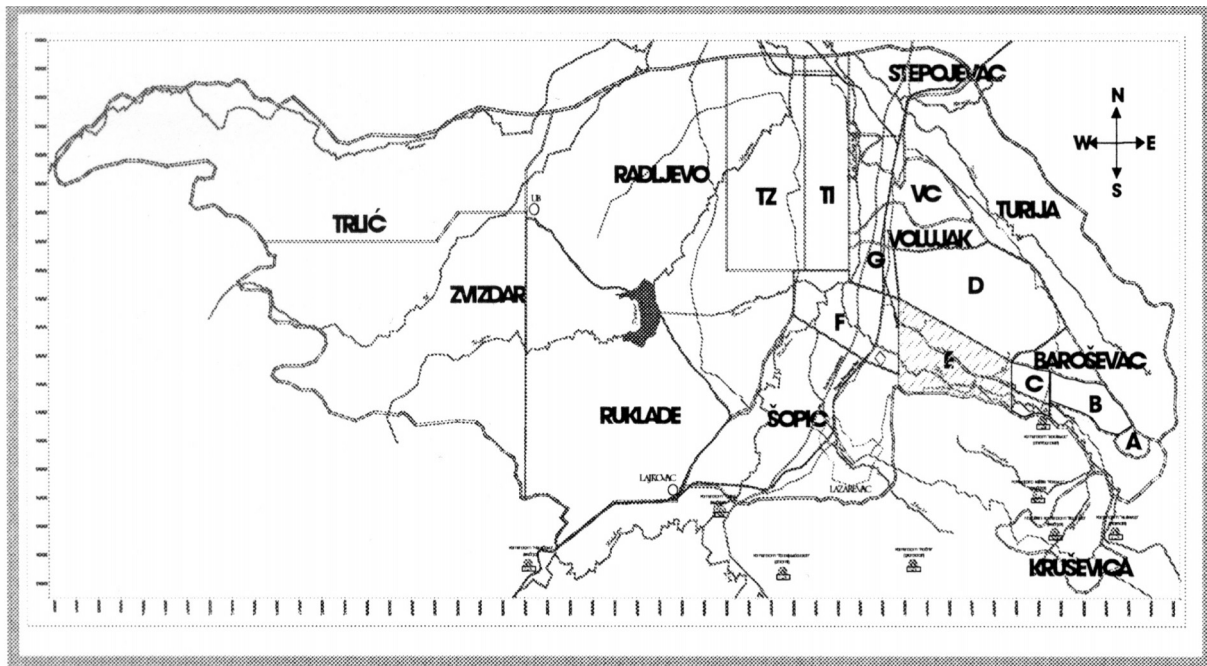
– водоносни хоризонт између угљених слојева – међуслојна издан,

– водоносни хоризонт у кровини горњег угљеног слоја – кровинска издан.

## Подинска издан

Издан у подини главног угљеног слоја формирана је у подинским слојевима песка доњег понта. Пескови у подини главног угљеног слоја имају ограничено простирање у оквиру лежишта “Поље Е”, па то условљава и простирање подинске издани. У пределу еродованог угља и откривених подинских пескова, евентуално зашпаљених језерско-терасним седиментима врши се прихрањивање подинске издани инфилтрацијом од падавина. Док узводни делови алувијалних издани имају карактер прихра-

<sup>1</sup> ЕПС, РБ Колубара, "Колубара-Пројект", Лазаревац. Е-mails: Bukvic.branislava@rbkolubara.co.rs; Dragan.buhac@rbkolubara.co.rs; Nada.beljic@rbkolubara.co.rs; Marija.elezovic@rbkolubara.co.rs



Сл. 1. Прегледна карта Колубарског угљоносног басена  
Fig. 1. Schematic draw of Kolubara Coal Basin

њивања подинске издани, низводни делови имају супротан карактер. То значи у овом случају да се подинска издан празни у алувијалну издан реке Колубаре. Пажњење подинске издани у алувијалну издан реке Колубаре представља примарни начин дренажања. Од како су због експлоатације угља у ножици угљене етажне откривени подински пескови долази до обарања притиска, па је формирана површина пијезометарског притиска у облику левка око отвореног дела површинског копа.

### Одводњавање подинске издани

Подинску издан, која се састоји од ситнозрних и средњезрних пескова у северном делу површинског копа, могуће је обзиром на хидрогеолошке карактеристике и положај наслага одводњавати бунарима.

У крајњем источном делу директну подину чини серија моћних глина које су ефикасна заштита од подинског колектора. У средишњем и јужном делу будућег површинског копа, подину главног угљеног слоја чине глинне која су добра заштита од евентуалног подинског колектора. Одводњавање подинских наслага је веома битно, обзиром на северну косину будућег површинског копа.

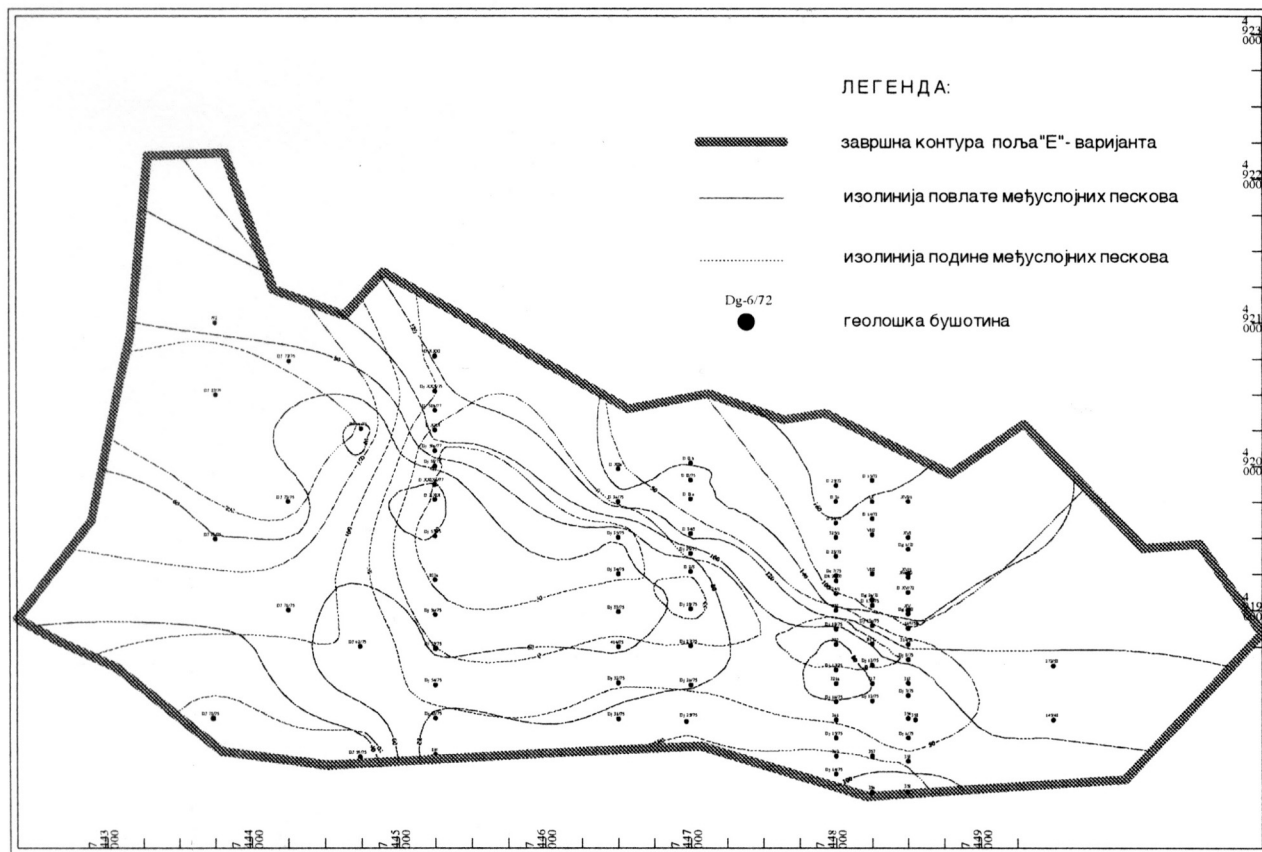
### Међуслојна издан

У слојевима песка између два угљена слоја образована је издан под притиском. Ранијим истраж-

ним радовима констатовано је да притисак воде у овој издани у директној зависности од дубине залегања подине горњег угљеног слоја и износи од 1 до 6–7 atm.

Ова издан представља нормалан продужетак кровинске издани из северног крила “Поља Д” главни угљени слој у јужном крилу “Поља Д” представља хидрогеолошки подински изолатор. Слободна површина нивоа у северном крилу “Поља Д” налази се на вишим котама од 120 m и гравитира ка реци Пештан који се налази на коти од 102 до коте 110 m. Обзиром да горњи угљени слој залеже и дубље од коте 60 m, а представља кровински изолатор, то је у јужном крилу издан под притиском. Међуслојна издан има непосредну хидрауличку везу по јужном ободном делу са алувијалном издани реке Пештан на контакту међуслојних пескова и алувијалних шљункова.

Прихрањивање међуслојне издани се врши у подручју слободног дела издани где се инфилтрира вода од падавина. Прихрањивање међуслојне издани може се очекивати и у источном делу у “Пољу Ц”, где је у појединим зонама еродован горњи угљени слој па је у тим деловима алувијон у непосредном контакту са међуслојним песковима. Правац пада пијезометарског притиска у делу где је издан под притиском, тј. у јужном крилу “Поља Д”, је у правцу непосредног контакта са алувијонском издани реке Пештан, ка подручју хидрауличке везе. То указује да се у том делу дренажа ова издан. Протицај је сса. 3÷5 l/km/s. Са источне стране је стална хидрауличка веза са песковима “Поља Ц” са протицајем од сса.



Сл. 2. Карта кота повлате и подине међуслојне издани  
 Fig.2. Schematic draw of roof and floor mid seated aquifer

2÷5 l/km/s. Са јужне стране међуслојне наслага се подвлаче под алувијон реке Пештан и на тај начин имају константно прихрањивање. Протицај је од сса. 1÷5 l/km/s, зависно од дебљине наслага и чистоће песка. Подземна вода се генерално креће од североистока и севера према југу и југозападу, односно према реци Пештан. Због оваквог правца кретања подземних вода постоји стална угроженост површинског копа од подземних вода. Моћност водоносне серије је променљива и креће се од сса. 15 m на југу до 150 m у средишњем делу будућег површинског копа. Коефицијент филтрације ових наслага је веома променљив, како по пружању, тако и по правцу. Општа карактеристика ове серије је да су то средњезрни до ситнозрни и прашинасти пескови, који су у појединим зонама веома заглињени, те делимично прелазе и у песковите глине. Ти делови међуслојних наслага могу се сматрати као водонепропусне наслага. Већи део ових наслага је заводњен.

Коефицијент филтрације у вишим слојевима је променљив, износи  $K_f = 1,13 \times 10^{-7} \div 8 \times 10^{-5}$  m/s. Коефицијент филтрације у средишњем нивоу је веома уједначен и износи  $K_f = 6,6 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-7}$  m/s. Коефицијент филтрације у нижим нивоима серије је такође променљив и износи  $K_f = 6 \times 10^{-5} \div 5 \times 10^{-7}$  m/s.

На основу коефицијента филтрације може се рећи да се наизменично појављују водоносне серије, које се лакше или теже одводњавају, односно серије које се налазе близу границе гравитационог одводњавања.

### Одводњавање међуслојне издани

Међуслојна издан по сложености спада у веома сложене издани, обзиром на просторни положај, неравномерну моћност, променљиве хидрогеолошке карактеристике и начин прихрањивања. Имајући у виду садашњи степен познавања међуслојног водоносног хоризонта да му кровину чини кровински угљени слој, подину главни угљени слој и друге раније приказане карактеристике, једино могуће ефикасне методе одводњавања би биле методе бунара, заштитних насипа са самоистицањем. Релативно низак коефицијент филтрације (сса.  $10^{-6}$  m/s) не омогућује ефикасно одводњавање у кратком времену, већ тражи време од 2–5 година. Да би се спречио утицај подземне воде на стабилност косина површинског копа мора се усмерити кретање подземне воде у дубину етажне, које се постиже применом одводњавања преко бунара.

## Кровинска издан

Ова издан формирана је у кровини горњег угљеног слоја у песковима и шљунковима који нападају горњопонтским и алувијалним седиментима. Издан у кровини горњег угљеног слоја има слободан ниво, са падом од североистока ка југозападу, односно ка реци Пештан. Овај правац пада указује из ког правца долази до главног напајања издани, тј. где се врши њено дренажање. На северној граници, где се горњи угљени слој повио навише, где је зато дошло до његовог еродовања, алувијални седименти, шљункови и пескови, прелазе преко те границе тако да остварују непосредан контакт са међуслојним песковима “Поља Е”, односно кровинским песковима “Поља Д”. Река Пештан на подручју “Поља Е” има у највећем периоду улогу главног дрена, изузев у веома кратким и ретким временским периодима када нагло надође ниво реке од великих падавина када може да промени свој хидраулички режим и тада напада алувијалну, па и међуслојну издан.

## Одводњавање кровинске издани

Кровинска водоносна издан је формирана у алувијалним шљунковима и песковима. Измештањем речног тока Пештана и постављањем заштитне фолије спречава се инфилтрација у кровинске водоносне наслаге са источне стране, а са северне извођењем рударских радова на Пољу “Д” практично је спуштен ниво кровинске издани. Обзиром

на план израде линије бунара за предодводњавање међуслојне и подинске издани и обарањем нивоа подземних вода, кровинска издан се неће посебно одводњавати.

## Закључак

Заштита будућег површинског копа од вода своди се на налажење техничког решења заштите и одводњавања од површинских и подземних вода са измештањем површинских водотокова. Ефикасно решење се може дати само ако постоје квалитетне подлоге. Код површинског копа поље “Е” постоји мали број података који дефинишу хидролошку слику свих слојева што намеће неопходност израде пројектне документације и извођење додатних истражних радова којима би се добили ови подаци. Као решење одбране копа од подземних вода предвиђа се израда линије бунара за предодводњавање, чији ће се учинак сматрати задовољавајућим након једне до три године рада.

## Литература

- Јевтић, Б. и др, 2005. Студија “Избор ограничења и отварања Површинског копа поље Е” за капацитет од 12 милиона тона угља годишње”, Колубара-Пројект, Лазаревац.
- Јевтић, Б. и др, 2006. “Идејни програм са студијом оправданости отварања и изградње површинског копа поље Е”, Колубара-Пројект, Лазаревац.

## Проблем процједних вода из акумулације ХЕ Требиње II Water Penetration Problem at Reservoir of the Hydroelectric Power Plant Trebinje II

ЖЕЉКО ЗУБАЦ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Проблем процједних вода из акумулације „Горица“ – ХЕ Требиње II је актуелна тема у вођењу хидроенергетског система на ријеци Требишњици. Количина процједних вода има константну тенденцију раста и, самим тим, довела је до израде пројекта „Санација процједних вода из акумулације Горица“, за чију припрему и реализацију је урађен велики обим истражних радова. Као коначно рјешење, изградиће се нова ињекциона завјеса и обновити деградирана постојећа како би губици воде из акумулације били сведени на минимум или потпуно нестали.

**Кључне ријечи:** процједне воде, истражни радови, израда ињекционе завјесе.

**Abstract.** Problem with water percolation from Gorica lake is an actual topic in management of system of hydroelectric power plants on the river Trebisnjica. Quantity of water penetration beneath and through grouting curtain has constant growing. As the result of huge investigation, project „Consolidation of water penetration from reservoir Gorica“ was made. It is planned to build up a new part of grouting curtain and repair part of old curtain. In this case, water loss will become minimum or will completely disappear.

**Key words:** water penetration, investigative work, building of grouting curtain.

### Увод

Брана „Горица“ је бетонска брана гравитационог типа и налази се у систему хидроелектрана на ријеци Требишњици. Овај објекат има задатак да својом висином и стабилношћу оствари компензациони базен укупне запремине 15,6 милиона m<sup>3</sup> воде. Тај компензациони базен прихвата прерађене воде ХЕ Требиње I, затим воде међудотока Гранчарево–Горица, изравнава их, а затим дистрибуира према ХЕ Дубровник, ХЕ Требиње II и ПХЕ чапљина. Брана Горица је лоцирана 13,5 km низводно од бране Гранчарево и 3 km узводно од града Требиња, који се налази на самом југу Босне и Херцеговине.

Грађевинска висина бране Горица је 33,5 m, а дужина по круни 185 m. Брана је фундирана у дебело слојевитим и банковитим кречњацима горње креде са прослојцима и сочивима доломита. Низводно од преградног мјеста, на лијевој долињској страни Требишњице појављују се дебело слојевити и банковити доломити, који падају под поменуте кречњаке.

Приликом изградње бране „Горица“, а у циљу спречавања губитака воде, испод и у боковима бране изведена је ињекциона завјеса.

Дужина завјесе у лијевом боку је 55 m и изведена је од бране (тјеме T12) до улазне грађевине доводног тунела II по осовини затварача паралелно с акумулацијом.

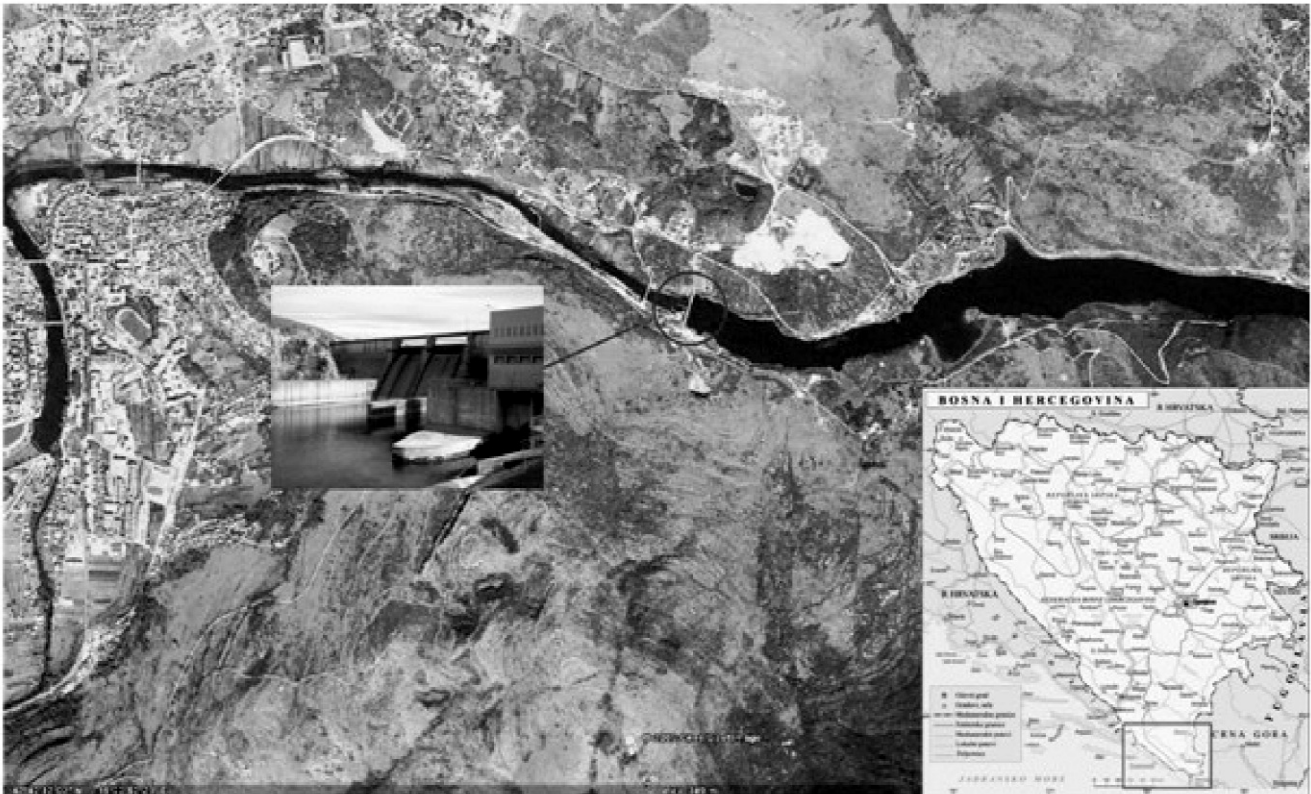
У десном боку изведена је само прва фаза ињекционе завјесе дужине 200 m и дубине 67,5 m. Завјеса је дворедна. У другој фази је предвиђена једноредна завјеса дужине сса 400 m.

Испод бране је изведена дворедна ињекциона завјеса у дужини од 170 m.

И поред изградње завјесе нису потпуно спријечени губици воде из акумулације. Губици постоје и у лијевом и у десном боку акумулације и на хидромеханичкој опреми затварача на темелним испустима. Величина процјеђивања воде се мјери на низводном водомјерном профилу ВС „Горица“ и тренутно износи око 4,80 m<sup>3</sup>/s.

Величина губитака је имала константан раст, па је тако у периоду од 1964. године до 2009. године дошло

<sup>1</sup> Зависно предузеће „Хидроелектране на Требишњици“, Обала Луке Вукаловића 2, 89101 Требиње. E-mail: zzubac@het.ba



Сл. 1. Географски положај преградног профила бране “Горица”  
Fig. 1. Geographical location of dam and artificial lake of “Gorica”

до повећања процјеђивања са  $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$  на  $4,80 \text{ m}^3/\text{s}$ . Нагли пораст губитака је уследио после земљотреса 1979. године.

Други дио воде који се губи у лијевом боку отиче према изворима Лушац и Бунарина у Полицама и Око у Расовцу. Све је и потврђено бојењем еставеле у лијевом боку акумулације, 600 m узводно од преградног профила бране Горица. Извор Лушац је у природним условима егзистирао као повремени извор, а након формирања акумулације то је стални извор који пресушује само у периоду када се акумулација празни ради ремонта.

### Изведени истражни радови

У склопу истражних радова за пројектовање бране „Горица“ и формирање поменуте акумулације, као и у току експлоатације исте, урађена су многобројна бојења, геофизичка испитивања и истражна бушења, како би се са што већом сигурношћу лоцирале водопрпусне зоне кроз које долази до процјеђивања вода. У наставку слиједи опис само неких истражних радова значајних за сагледавање датог проблема:

Еставела “Горица” налази се на лијевој обали ријеке Требишњице 540 m узводно од преградног профила. Еставела је бојена у два наврата при различитим хидролошким условима.

**Прво бојење** извршено је са 33 kg Na-флуоресцеина при малом водостају од 23 cm на ВС Арсланагића мост. Капацитет еставеле приликом бојења, тек након расчишћавања, износио је само 10–15 l/s.

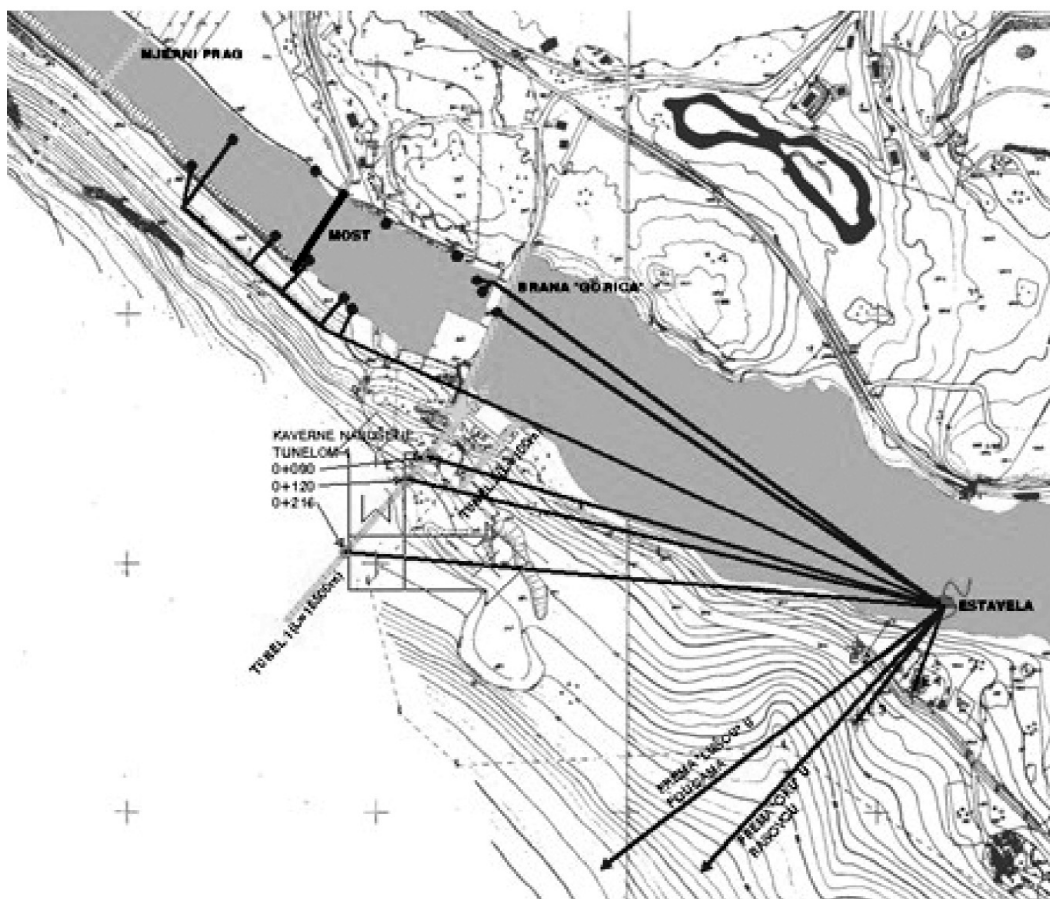
Боја је констатована на следећим локалитетима:  
– 20 извора у подручју преградног профила бране Горица

- Око у Расовцу
- 4 извора у приобалном појасу
- извор Омбле
- одводни тунел II у Плату
- Дубока Љута у Плату (Робинзон)
- Завреље у Млинима

**Друго бојење** извршено је са 25 kg Na - флуоресцеина при успору акумулације од 277 mm. Висина воденог стуба изнад потошлене еставеле била је 2.5 m.

На основу извршених анализа узорка воде, као и контролних прегледа на терену, утврђено је да се боја појавила на:

- бушотинама Е-1 и Е-3
- 3 извора у доводном тунелу (стационажа 0+090, 0+120 и 0+216)
- бушотина у контролној галерији бране
- 2 извора у слапишту
- 6 извора низводно од бране
- Бунарини и Лушцу у Полицама и
- Око у Расовцу.



Сл. 2. Резултати бојења еставеле “Горица”  
 Fig. 2. Results of colouring of estavelle “Gorica”

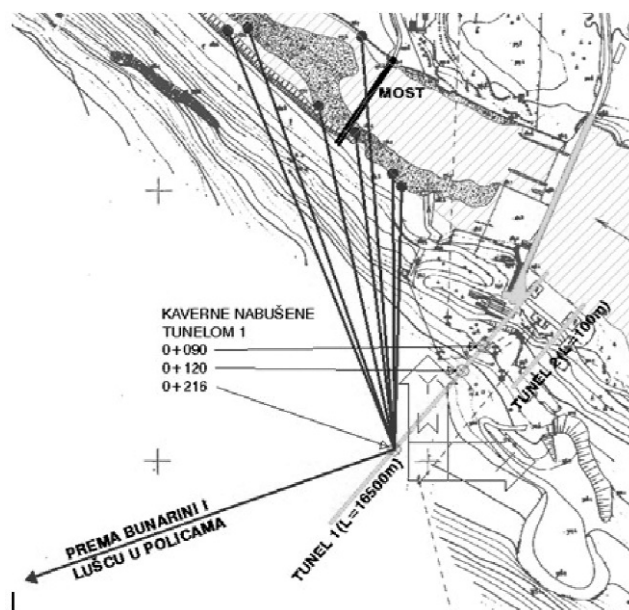
Приликом ископа доводног тунела за ХЕ Дубровник наишло се на стационачи 0+216 уз десни бок на каверну на коти 276.30 mnm. Пошто је каверна била затрпана она је прво очишћена и утврђено је да се из ње одвајају два канала чији се отвори налазе на котама 274.60 и 275.90 mnm. Каверна је бојена два пута и резултати бојења су дати на слици 3.

Када је 1980 године испражњен компензациони базен “Горица” у десном боку, 150 m узводно од бране, примијећена је нова понорска зона. Ова зона је формирана у кречњацима на пукотинском систему азимута 310°.

### Геофизичка испитивања

#### Испитивања методом специфичног електричног отпора /СЕО/ 1958. год.

Прва геофизичка испитивања у подручју преградног профила Горица вршена су 1958. године у десном боку. Примијећена је метода специфичног електричног отпора /СЕО/- сондирањем и картирањем. Ова испитивања изведена су на 40 тачака од

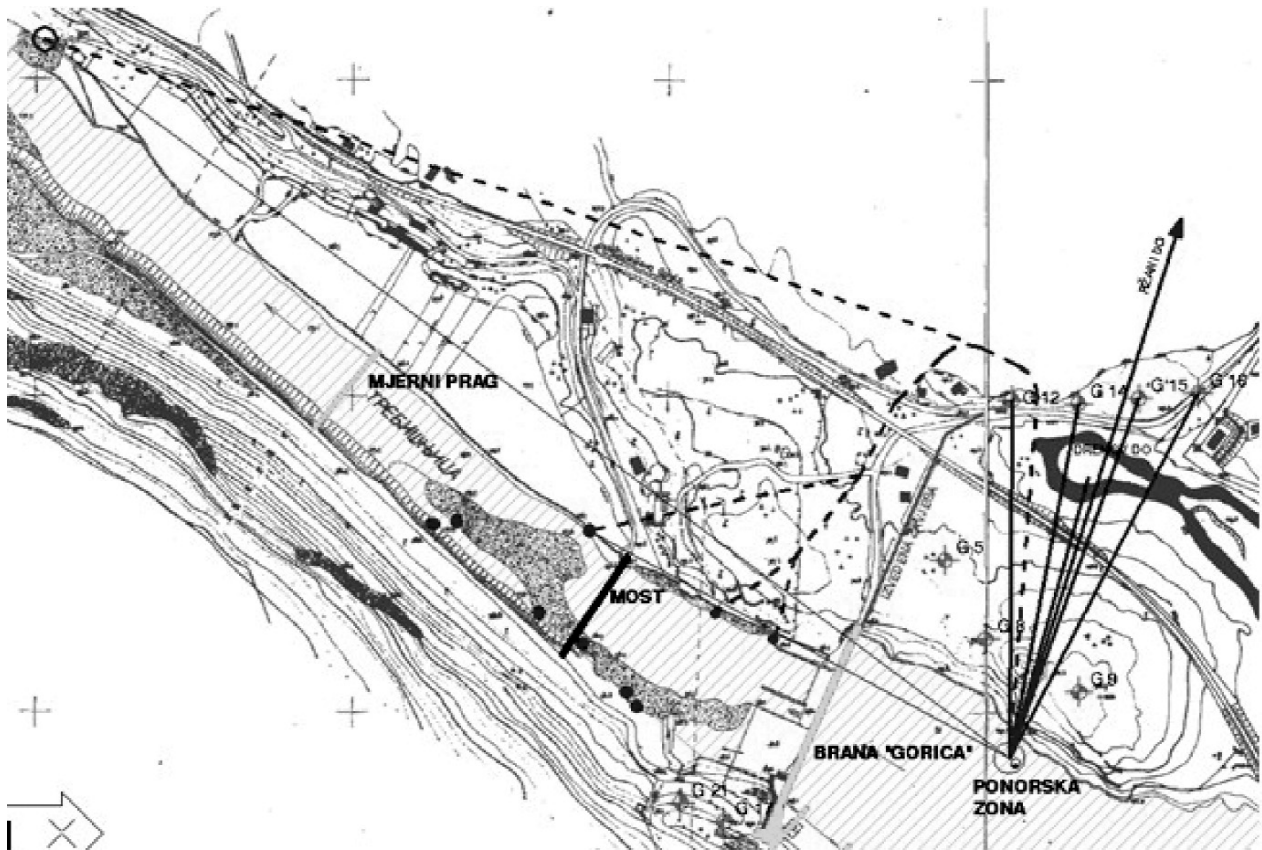


Сл. 3. Резултати бојења каверне у тунелу “Горица–ХЕ Дубровник”  
 Fig. 3. Results of colouring of cavern in the tunnel “Gorica–HPP Dubrovnik”

којих је 30 било распоређено у 3 профила, а остале ван њих. Укупна површина испитиваног подручја износила је око 5 km<sup>2</sup>.

Основни задаци геоелектричних испитивања били су да се одреде изохипсе базе карстификације и евентуално однос доломита према кречњаку у предјелу бушотина Г-5 и Г-6.

картирања и профила изоома, дати су геолошки профили. Из њих се види да су дубине до базе карстификације релативно мале и у просјеку се крећу од 100 до 150 m. Карактеристично је и то да се профили ближе ријеци одликују мањим дубинама до базе карстификације у односу на оне који су даље. База карстификације се спушта мјестимично и не-



Сл. 4. Резултати бојења понора у десном боку бране "Горица"  
Fig. 4. Results of colouring of swallowhole at the right side of dam "Gorica"

Први дио задатка показао се рјешивим и утврђено је да се карстификација спушта до коте 200 m.n.m., док други дио није могао успјети због мале разлике у електричним отпорностима кречњака и доломита и честог појављивања прослојака доломита у кречњаку и обратно.

Такође, примјењена је иста метода /СЕО/ за утврђивање дубине карстификације у лијевом боку преградног профила.

Електрична сондирања су изведена на 65 тачака распоређених дуж траса 5 профила, појединачних дужина сва 3 km, приближно паралелних ријеци. Међусобна растојања сонди и профила су 250 m.

Електрична картирања су изведена дуж траса 9 профила појединачних дужина сва 3 km. Профили су паралелни ријеци са међусобним растојањем 125 m (сл. 5).

На основу интерпретације дијаграма електричног сондирања, уз помоћ дијаграма електричног

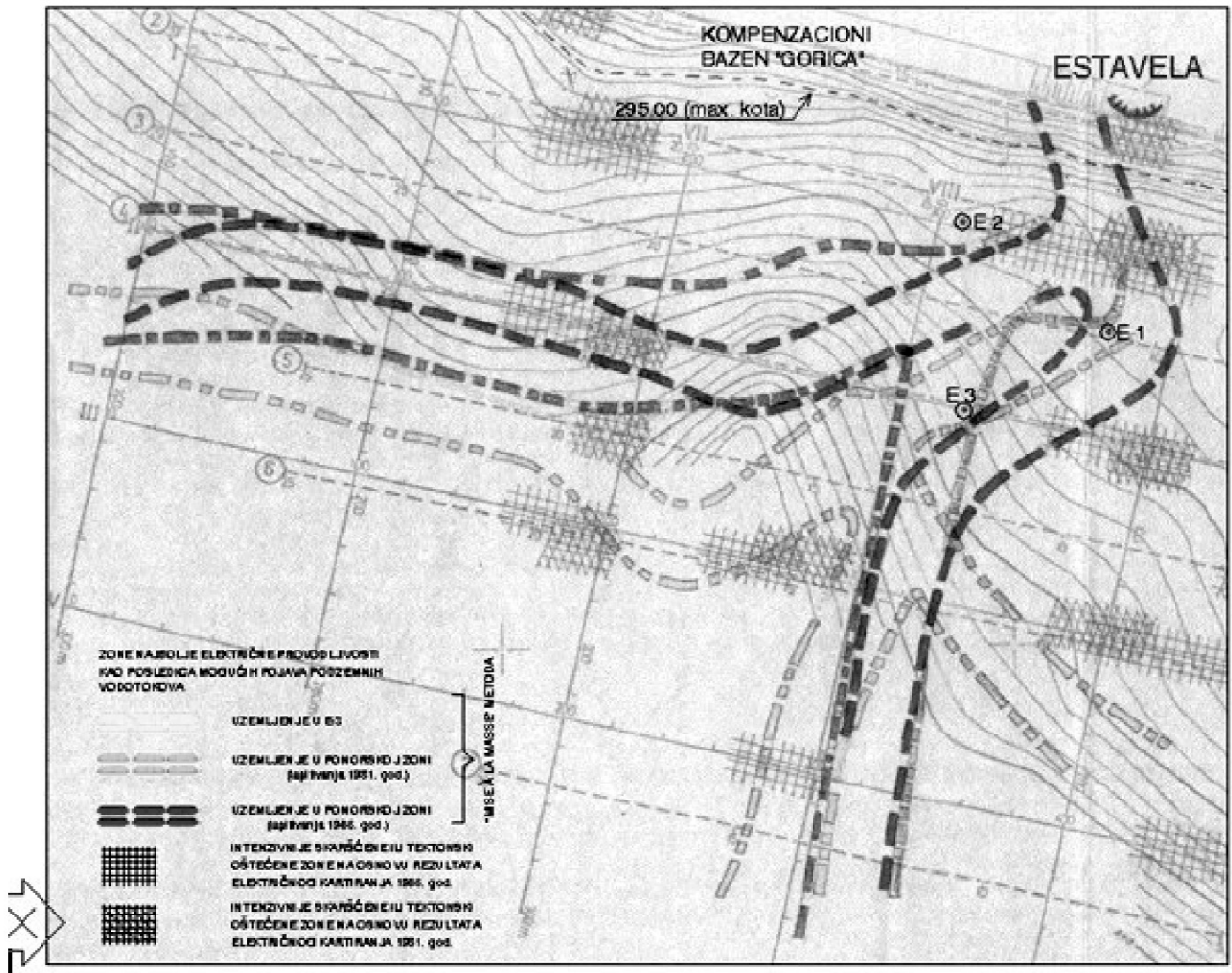
што испод нивоа ријеке Требишњице, као и то да су дубине карстификације највеће на топографски највишим дијеловима терена. Релјеф базе карстификације и терена су углавном слични па је и пад површине базе карстификације ка ријеци. Корито ријеке Требишњице је формирано у предјелу релативно најнижих кота базе карстификације.

Резултати електричног сондирања и картирања показују да интензитет карстификације на испитиваном подручју није јако изражен.

На основу анализе података НПВ, као и резултата бојења еставеле и понора, констатовано је да се вода из акумулације губи кроз лијеви и десни бок обилазећи постојећу завјесу.

Да изведена завјеса у десном боку добро функционише може се закључити из положаја пијезометарске линије на бушотинама у десном боку, као и контролним бушотинама избушеним низводно од завјесе 1984. год. Кота НПВ на контролним бушо-





Сл. 5. Резултати геофизичких истраживања у залеђу еставеле “Горица”

тинама ГК-1 и ГК-2 је за сса 15 m нижа од коте акумулације.

Добру функцију завјесе потврђује и поткоп изведен низводно од бране на десној обали, на коти пар метара изнад корита Требишњице који остаје ван утицаја процједних вода кроз десни бок акумулације. Поткоп је и при максималним нивоима воде у акумулацији потпуно сув.

На основу резултата осматрања НПВ у бушотинама и нивоа воде у пар долова у ширем подручју десног бока (Дренови до, Ржани до, Шушњева долина и Вртић) може се закључити да процједне воде (под утицајем ињекционе завјесе) обилазе преградни профил кроз карстификовану зону која није захваћена ињекционом завјесом, посебно између бушотина Г-12 и Г-15 које су избушене у продужетку завјесе. Све ово потврђују и подаци о котама НПВ на бушотини ГК-3, као и резултати бојења понора у десном боку акумулације 150 m узводно од бране.

Подаци о котама НПВ на бушотинама у лијевом

боку акумулације, бојења еставеле удаљене 340 m узводно од бране и понора 20 m узводно од улазне грађевине 2 (кота 293,30) указују да постоји стално отицање воде из акумулације према изворима формираним на лијевој обали Требишњице низводно од бране, као и извору “Лушац” у Полицама и “Око” у Расовцу. Извор Лушац је у природним условима егзистирао као повремени извор, а након формирања акумулације то је стални извор који пресушује само у периоду када се акумулација празни ради ремонта.

Такође, урађена су и ендоскопска снимања бушотина са бушотинском дигиталном камером и јасно уочене деградирани зоне кроз које се вода губи из акумулације “Горица”, као и то да је вода испрала контакт стијена-тијело бране.

На основу свега овога може се закључити да је у десном боку потребно урадити и другу фазу ињекционе завјесе. Пошто главним пројектом, у лијевом боку, није предвиђена друга фаза завјесе треба дефинисати положај и параметре завјесе.

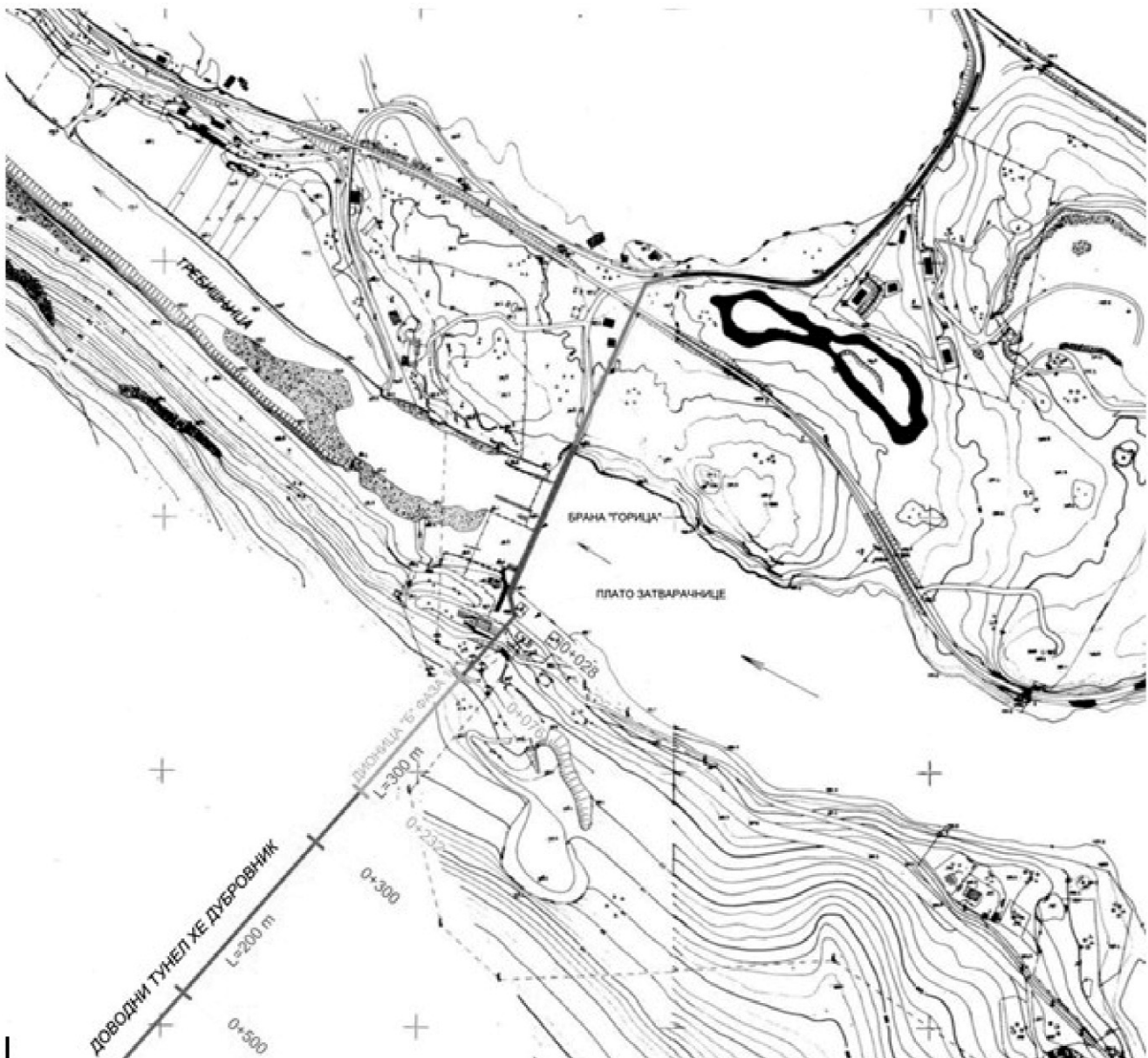
## Закључак

На основу урађених студија и изведених истражних радова, дошло се до закључка да је неопходно приступити рјешавању проблема процјеђивања вода из акумулације, што значи обновити стару и деградирану ињекциону завјесу испод тијела бране и у њеним боковима, те извести ињекциону завјесу у лијевом заобаљу кроз доводни тунел за ХЕ Дубровник, у дужини од 300 m + 200 m (у зависности од ефеката радова у ранијим фазама), и наставити са већ започетом завјесом у десном боку. Пројектом је планирана израда дворедне ињекционе завјесе са размаком између профила 6 m, са наизмјеничним ињектирањем парних и непарних профила, како би се добило на времену да ињекциона

маса очврсне. Планирана је цементна маса са разним врстама адитива, како би се постигла што већа учинковитост поштујући техничке прописе за ову врсту радова. У складу с тим, урађен је пројекат „Санација процјеђивања вода из акумулације Горица“ (сл. 6).

Диспозицијски гледано, а с обзиром на расположиво вријеме за реализацију наведених радова у склопу пројекта (воде из акумулације ХЕ Требиње II се користе и за водоснабјевање Херцег Новог, али и за производњу струје за потребе Дубровника), логичним се намеће да се наведени радови подијеле на три дијела:

- а. Радови на ињектирању испод тијела бране,
- б. Радови на изради завјесе у лијевом заобаљу,
- в. Радови на изради завјесе у десном заобаљу.



Сл. 6. Приказ радова на ињекционој завјеси “Горица”

Fig. 6. Display of plan for grouting curtain – location dam “Gorica”

Главни циљ извођења планираних радова је да се обезбеди стабилност објекта бране “Горица” у првом плану, а у другом да се покушају задржати воде у акумулацији, чиме би се створили услови да се приступи реализацији енергетског искориштења вода биолошког минимума на профилу бране “Горица”.

Реализација ињекционих радова на профилу бране “Горица” биће спроведена фазно, чиме ће се у пуној мјери резултати предходних фаза користити на корекцији ињекционих радова у наредној фази. Сасвим логично се намеће да су приоритетни радови на дионици **а**.

Такођер, паралелно са овим радовима а у сагласности са енергетским вођењем система, реализовати ће се и радови на дионици **б** (лијево заобаље).

Зависно од учинка ињекционих радова на овим дионицама, као и на основу додатних истражних радова, приступиће се радовима на дионици **в**.

Почетак пројектом планираних радова је предвиђен за половину маја 2010. године.

## Литература

- Група аутора, 1960. Брана „Горица“ – Главни пројекат – Ињекциона завјеса – Геологија и истражни радови. Књига 2, Енергоинвест, Сарајево.
- Група аутора, 1960. Техничка документација истражног ињектирања за брану Горица. Геоистраживања, Загреб.
- Група аутора, 1962. Бојење еставеле 2 код бране Горица. Енергоинвест, Сарајево.
- Група аутора, 1962. ХЕ Требишњица – истражни радови на Брани Горица. Електросонда, Загреб.
- Група аутора, 1963. Бојење каверне „0 + 216“ у тунелу у Горици. Енергоинвест, Сарајево.
- Група аутора, 1964. ХЕ Требишњица – ињекциона завјеса: графички и табеларни приказ ињекционих радова. Геоистраживања- Електросонда, Загреб.
- Група аутора, 1965. Електрична испитивања на лијевом боку преградног мјеста „ Горица“. Завод за геолошка и геофизичка истраживања, Београд.
- Група аутора, 2003. Извјештај о извршеним истражним радовима са приједлозима рјешења санације проблема процједних вода на профилу бране Горица. ХЕТ, Требиње.
- Група аутора, 2009. Пројекат „Санација процјеђивања вода из акумулације Горица“. Пројектни биро „Хидроелектрана на Требишњици“; Требиње.
- Милановић, П. 1979. Хидрогеологија карста и методе истраживања. Београд.
- Милановић, П. 2006. Карст источне Херцеговине и дубровачког приобаља. Београд.

Група аутора, 1960. Брана „Горица“ – Главни пројекат – Ињекциона завјеса – Геологија и истражни радови.



## Појава високоминерализоване воде на територији Брзе Паланке (локалност Грабовца)

The Occurance of Mineral Grounwater with High Mineralization in the Area of Brza Palanka

ЦВЕТКО ЖИВКОВИЋ<sup>1</sup> и МАЈА ПОЗНАНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У периоду од 2003–2005 и 2009. године у оквиру теренских радова, извршена је проспекција терена, као и мерење минерализације воде на подручју око Брзе Паланке. Вредности електропроводљивости у свим узорцима указују на ниску минерализацију вода (214–420  $\mu$ S/cm). Изразито уочљиво одступање овог параметра од неких уобичајених вредности у подземним и површинским водама како на овој територији, тако и иначе, утврђено било је у узорку подземне воде из бунара бушеног до дубине од 240 m. Хемијска анализа указала је на минерализацију од 40,50 и 35,58 g/l, што је приближно минерализацији морске воде. Такође, утврђено је присуство вишег садржаја јодида. У новембру 2009. године, поновљено је узорковање и анализа воде из истог бунара. Хемијским анализама потврдили смо високу минерализацију воде од 34,91 g/l, с поновном доминанцијом Na и Cl јона. Ови резултати указали су да током дужег временског периода није дошло до изразитих промена у саставу, а такође ни у укупном садржају соли у води. Та чињеница нас наводи на неопходност даљег истраживања и утврђивање генезе слане воде, као и потенцијалних лежишта соли (соне доме) и сл. у непосредном окружењу.

**Кључне речи:** Грабовица, подземна вода, висока минерализација.

**Abstract.** The geological prospecting of area Brza Palanka was done during the period of 2003–2005. Also, measurement of mineralization of water (surface and ground water) is used to determine unusual values.

The value of 35,6–40,5 g/l of water from a borehole (depth 240m) in village Grabovica, was different, and sample was analyzed in November of 2009.again. High value of mineralization (34,9g/l) and concentrations of Na (11,4 g/l) and Cl (21,4 g/l) approved previous results. That fact indicate necessity of determination salt deposits genesis and its potential at this part of Serbia.

**Key words:** Grabovica, Groundwater, High Mineralization.

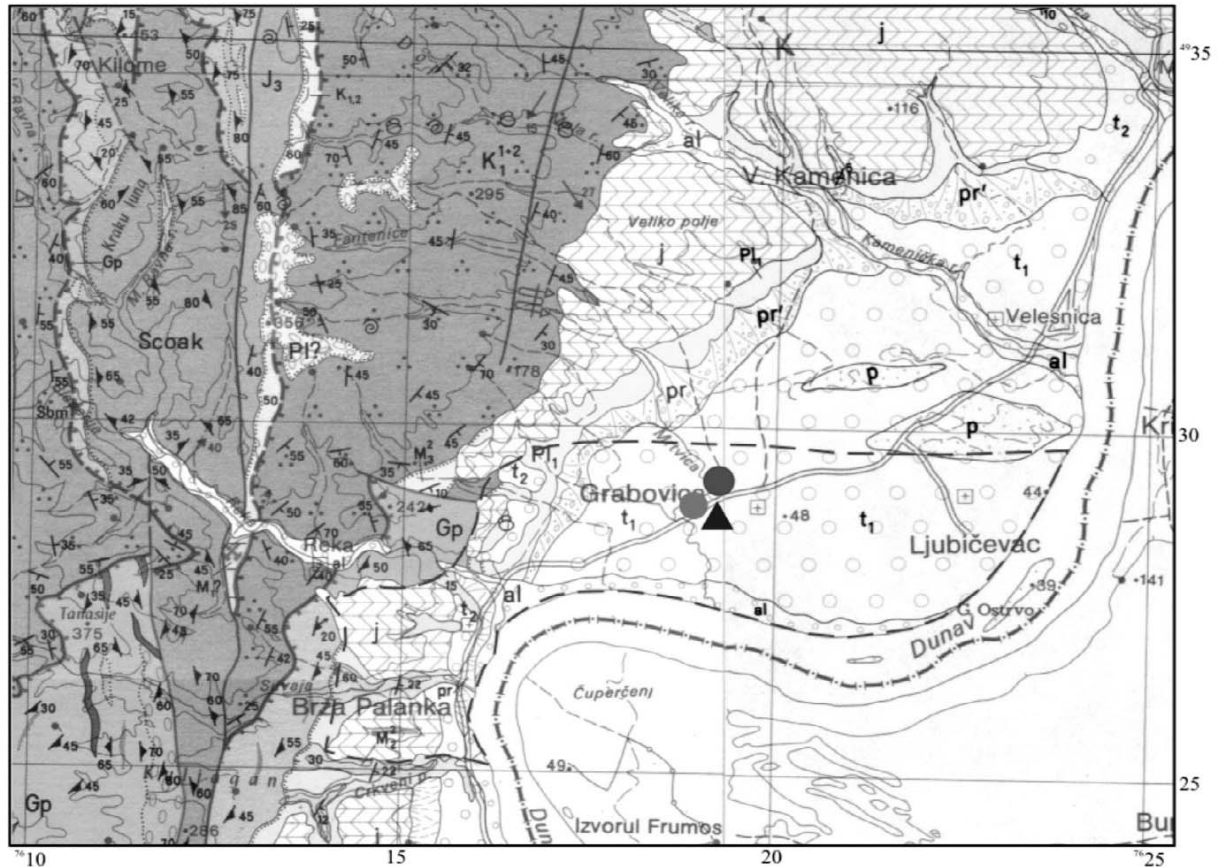
### Увод

У периоду од 2003–2005 и 2009. године у оквиру теренских радова, извршена је проспекција терена на подручју око Брзе Паланке. Упоредо са проспекцијом терена вршено је мерење минерализације воде на више од 50 тачака, како у подземним, тако и површинским водама, потом узорцима воде из сеоских бунара у атару села Грабовица, Љубичевац, Купузиште и др., као и у потоку Бела, Суваје, Гробрљанском потоку и др. Вредности електропроводљивости у свим узорцима указали су на ниску минерализацију вода (214–420  $\mu$ S/cm). Изразито уочљиво одступање овог параметра од неких уобичајених

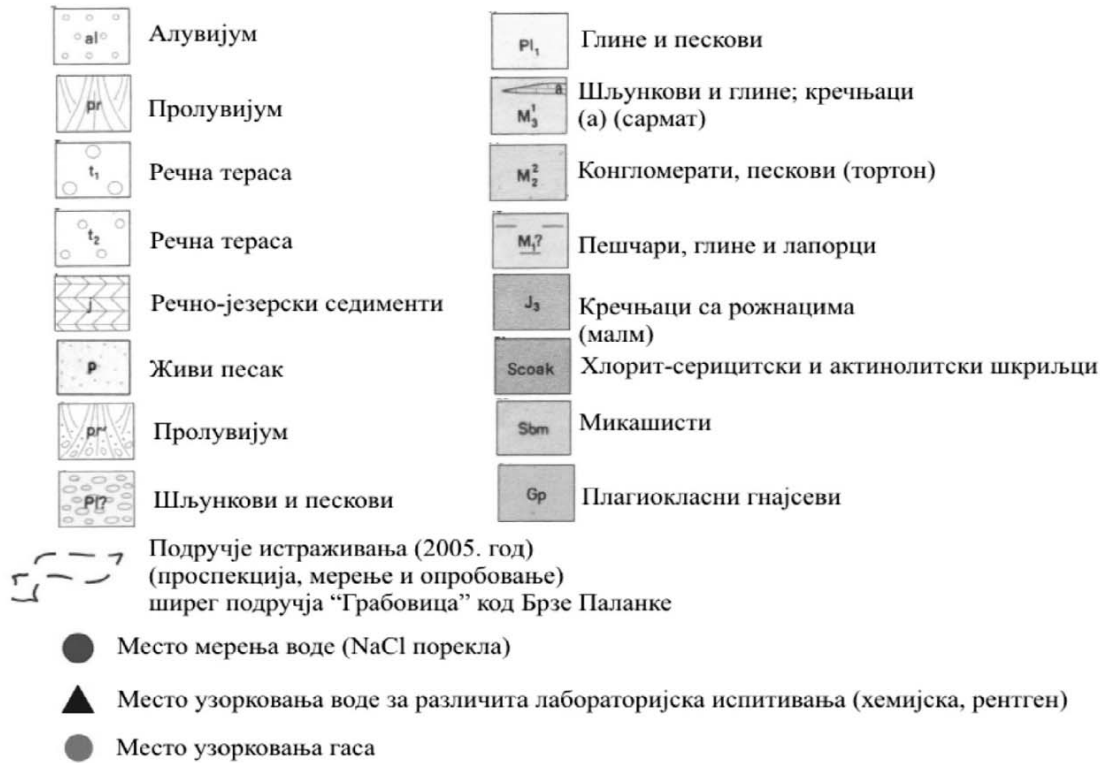
вредности у подземним и површинским водама како на овој територији, тако и иначе, утврђено било је у узорку подземне воде из бунара бушеног до дубине од 240 m. Хемијска анализа указала је на минерализацију од 35,58 g/l, што је приближно минерализацији морске воде.

С обзиром на чињеницу да у току геолошког времена слојеви соли могу да буду веома дуго сачувани испод слојева млађих седиментних стена, али да они услед тектонских и других геолошких процеса могу да дођу у додир са инфилтрационим водама или пак са водама другог порекла али мале минерализације, као резултат процеса испирања воде су доступне испитивању преко природних извора или бушотина

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11050 Београд. E-mail: [cvetko.zivkovic@gis.co.rs](mailto:cvetko.zivkovic@gis.co.rs)



## ЛЕГЕНДА КАРТИРАНИХ ЈЕДИНИЦА:



Сл. 1. Подручје истраживања ширег подручја Грабовица са тачком узорковања, Према листовима ОГК– Доњи Милановац и Турн Северин

Fig. 1. Investigated area of Grabovica, with sampling point, after BGM sheets Donji Milanovac and Turn Severin

(Живковић 2005). Изучавањем хемијских особина тих вода може се утврдити њихово порекло, што нас је навело на потребу за је поновним узорковањем и испитивањем воде из истог бунара.

## Геолошка грађа околине Грабовица

На испитиваном терену околине Грабовице, су констатовани квартарни седименти, седименти плеистоцена, доњег миоцена као и доњег плиоцена.

**Квартарни седименти** представљени су генетски различитим типовима

**Алувиални (al) шљункови** и пескови јављају се уз саму реку Дунав односно у нивоу реке као хетерогени шљункови разноврсног састава и пескови као везани материјал. Алувиални седименти су констатовани у подручју Ливацили Марје, Селиште и Гламерија уз саму реку.

**Плеистоцену** припадају:

**Пролувијалне (pr)** наслаге су запажене североисточно од Брзе Паланке. Изграђени су од хетерогених средњозрних шљункова и супескова.

**Речна тераса (t<sub>1</sub>)**. Надплавна тераса позната као “кладовска тераса” лежи 10–20 m изнад Дунава у области Љубичевац, Жупине и села Грабовица. Наплавину изграђују шљункови хетерогеног састава као и пескови.

**Речна тераса (t<sub>2</sub>)** на проспектованом делу терена запажена северозападно од Грабовице на отвореним профелима, и ерозионим деловима овог дела терена примећено је да наслаге чине хетерогени средњозрних шљункови и пескови, а испод шљункова запажени су старији (?) неогени седименти. Шљункове изграђују кречњаци, кристаласти шкриљци, пешчари и друге стене. Пескови често служе као везиво наведених стена.

**Речно-језерски седименти (j)** констатовани су приликом проспекције, северно од Брзе Паланке. Ова серија је изграђена од средњозрних до крупнозрних слабо сортираних шљункова где преовлађују фрагменти кварцита, кристаластих шкриљаца, гранита, гнајса и др. стена. Поред шљункова констатовани су и пескови често доста заглињени.

Седименти **доњег плиоцена (Pl<sub>1</sub>)** констатовани су на проспектованом делу као и седименти миоцена и то M<sub>2</sub><sup>2</sup>:

**У оквиру доњег плиоцена (Pl<sub>1</sub>)** запажени су седименти у ерозионим усецима потока Река, и северно од Реке, на подручју Супцал и Фрасељиш. Седименти су представљени песковима, глинама и делимично лапорима.

**Седименти доњег миоцена (M<sub>2</sub><sup>2</sup>)** констатовани су око Брзе Паланке у еродованим деловима реке Суваја. Нижи делови су изграђени од конгломерата и пешчара а преко базалне серије леже пескови и глине.

Подручје истраживања које је обухваћено проспекцијом и геолошка грађа терена, представљени су на слици 1.

## Материјал и методе испитивања

Хемијска анализа узорка воде из сеоске бушотине (дубине 240 m), на локалитету Грабовица код Брзе Паланке (сл. 1), извршена је 2004. и 2005. год, када је утврђена појава високе минерализације (40,5 g/l, односно 35,6 g/l). Такође, утврђено је присуство јодида (9,9 mg/l). Ова вода тече уједначеном издашношћу годинама и од самог почетка имала је изразито слан укус, стога се и потреба за испитивањем њеног квалитета јавила и много раније. Ново узорковање и анализа извршени су током новембра 2009. године.

За одређивање основног катјонског састава, коришћена је метода атомске апсорпционе спектрофотометрије - пламена техника; за одређивање ањона – волуметријска метода (Cl, HCO<sub>3</sub>) и UV/VIS спектрофотометрија. Методом Рентгенске анализе праха, анализиран је суви остатак.

## Резултати и дискусија

Поновном анализом воде из бушотине у Грабовици, добијени су резултати, представљени у табели 1.

Табела 1.

Параметри	ГР-1	МДК*
pH	6.75	6,59,5
Ca (mg/l)	696	200
Mg (mg/l)	378	50,0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	169.6	–
NO <sub>3</sub> (mg/l)	1.65	50,0
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	1.38	250
Cl (mg/l)	21370	250
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/l)	694.4	0.10
Укупна тврдоћа (°dH)	185.3	–
Утрошак KMnO <sub>4</sub> (mg/l)	790.0	8
Na (mg/l)	11441	150
K (mg/l)	160	12,0
Суви остатак (mg/l)	34827	–
Минерализација (mg/l)	34912	–
Мирис	без	без

\*Максимално дозвољене концентрације у природним изворским водама, Службени лист СЦГ 53/2005

Посматрајући вредности садржаја Na и Cl, као и укупне минерализације, може се закључити да ова вода спада у групу високоминерализованих вода, односно природних минералних вода богатих минералним солима (према Правилнику Сл. лист СЦГ 53/2005), са доминацијом натријума и хлорида у основном катјонско-ањонском саставу, што потврђује раније добијене вредности (табела 2).

## Табела 2.

параметри	2004. год.	2005. год.	2009. год.
Na (mg/l)	13953	12270	11441
K(mg/l)	88	152	160
Ca(mg/l)	570	846	696
Mg(mg/l)	412	438	378
HCO <sub>3</sub> (mg/l)	170	158	170
Cl(mg/l)	24634	21708	21370
минерализација (g/l)	40,5	35,6	34,9

На основу презентованих резултата у табели 2, приметно је благо опадање концентрације Na и Cl од 2004. до 2009. год, као и минерализације. Поред вредности Na и K, друге вредности основних компонената воде варирају у релативно малом опсегу.

Последњи резултати анализе воде указали су на присуство високог садржаја амонијум-јона, а уочљив је и велики утршак KMnO<sub>4</sub>, што се може приписати вишем садржају органских материја у води.

Методом рентгенске дифракције праха, после упаравања до сува, у узорку утврђено је присуство халита (NaCl).

Ако узмемо у обзир прорачун односа meq/l Na/Cl, добија се коефицијент који износи од 0,82–0,86. У подземним водама које су везане за растварање сонних лежишта за халит, коефицијент је изнад 0,85 (најчешће 1–2) (Драгишић 2005). Ипак, овај састав воде хлоридно-натријумског типа, указује на процес растварања минерала сонних лежишта, што има важно значење с аспекта примене хидрогеолошке проспекције у комплексу критеријума при истраживању сонних лежишта.

## Закључак

Ранијом проспекцијом терена на подручју око Брзе Паланке и испитивањем минерализације како

површинских тако и подземних, односно бунарских вода, уочена је изразита минерализација воде узете из сеоског бунара у Грабовици. Хемијском анализом утврђено је да спада у групу минералних вода богатих минералним солима и да је хлоридно-натријумског типа. Новом анализом потврђена је изразита доминација натријум јона (11,4) и хлорида (21,4), са минерализацијом од 34,9. У односу на раније резултате дошло је до благог пада концентрације ових јона, док је однос других компонената релативно непромењен.

Слана вода највероватније је доспелана површину дуж разломне структуре (већи расед или пукотина).

Хемијски састав подземних вода у лежиштима камене соли је непосредно везан са хемијским саставом лежишта, а разликује се од положаја подземних вода у односу на положај лежишта. Како је висока минерализација и овакав састав воде индикатор растварања лако растворљиве соли - NaCl из седимената, а нови резултати указали су да током дужег временског периода није дошло до изразитих промена у саставу, ни у укупном садржају соли у води, долазимо до закључка о неопходности даљег истраживања и утврђивање генезе слане воде, просторном положају, количини, као и потенцијалних лежишта соли (сонне доме) и сл. у непосредном окружењу.

## Литература

- Драгишић, В. 2005. *Хидрогеологија лежишта минералних сировина*, 242, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, 78–87.
- Живковић, Ц. 2005. Завршни извештај за 2005. г. о извршеним радовима и добијеним резултатима битумија, евапорита, високоминерализованих вода и других индикатора за откривање појава и лежишта нафте и гаса у Р. Србији. 150, Фонд струч. докум. Геолошки институт Србије, Београд, 11–20.



## Појаве угљокиселе воде у Недакусима код Бјелог Поља Occurrences of Carbonated Waters in Nedakusi (Bijelo Polje, Montenegro)

ЖЕЉКО КЉАЈИЋ<sup>1</sup>, МИЛОЈКО ЛАЗИЋ<sup>2</sup> и ДАНИЕЛА МАКСИМОВИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** Потенцијалност угљокиселих вода на подручју општине Бијело Поље, на северу Црне Горе, је досадашњим многобројним геолошким истраживањима потврђена на више локација: Недакуси, Чеоче, Гранчарево, Бање Село и Ораховица. Истраживања никад нису прекинута, али су низ година рађена са недовољном динамиком истражних радова из многобројних економских и техничких разлога. Међу више природних појава истицања угљокиселих вода у широј зони Бијелог Поља, свакако да су најперспективнији извори у селу Недакуси. Перспективност овог локалитета је у већ доказаном квалитету и количинама вода, потврђених истражном бушотином БН-1 из 1991. године, која је наговестила велики потенцијал у погледу захватања значајнијих количина од добијених.

У циљу захватања значајних количина угљокиселих вода или термалних и термоминералних, због развоја привреде и туризма на подручју Бијелог Поља, у Недакусима су започета најновија истраживања, односно извршено је истражно бушење пројектоване истражне бушотине БН-2, до дубине од 552 m у долини реке Сљепашнице. Из поменутог бушотине су добијени позитивни резултати и регистровано је неколико појава угљокиселих вода, а са дужином је регистрована и тенденција пораста температуре и појава термалних, односно термоминералних вода.

**Кључне речи:** хидрогеологија, угљокиселе воде, термалне и термоминералне воде, истражна бушотина.

**Abstract.** Potential of carbonated water in the area of Bijelo Polje municipality, in the west of Montenegro, was confirmed by numerous recent geological research at many locations: Nedakusi, Čeoče, Grančarevo, Banje Selo i Orahovica. The research has never been interrupted, but for many years, research work was inadequate because of numerous economic and technical reasons. Among many natural phenomena of carbonated water outflow in wide area of Bijelo Polje, certainly the most promising sources are in the village Nedakusi. The quality and quantity of water had already been determined by the borehole BN-1 from 1991. That borehole indicated big potential regarding abstraction of more significant quantities of water than those that had already been abstracted. For the purpose of abstraction of significant quantities of carbonated, thermal or thermo-mineral water, because of tourism and economic development in the area of Bijelo Polje, it has been started with latest research in Nedakusi, exploration drilling of the designed borehole BN-2 was done, to a depth of 552 m in the valley of the river Sljepašnica. The borehole gave positive results and several occurrences of carbonated water were recorded. Possibility of thermal and thermo-mineral water occurrence was registered with the more depth.

**Key words:** hydrogeology, carbonated water, thermal and thermo-mineral water, exploration borehole.

### Увод

Природно газирани воде са садржајем угљен диоксида су популарне у индустрији флаширања. Угљен диоксид има благотворно дејство на људски организам јер делује освежавајуће и утиче на гастро-дигестивни тракт човека. У Недакусима код Бијелог Поља је регистровано неколико природних појава истицања угљокиселих вода због чега су на

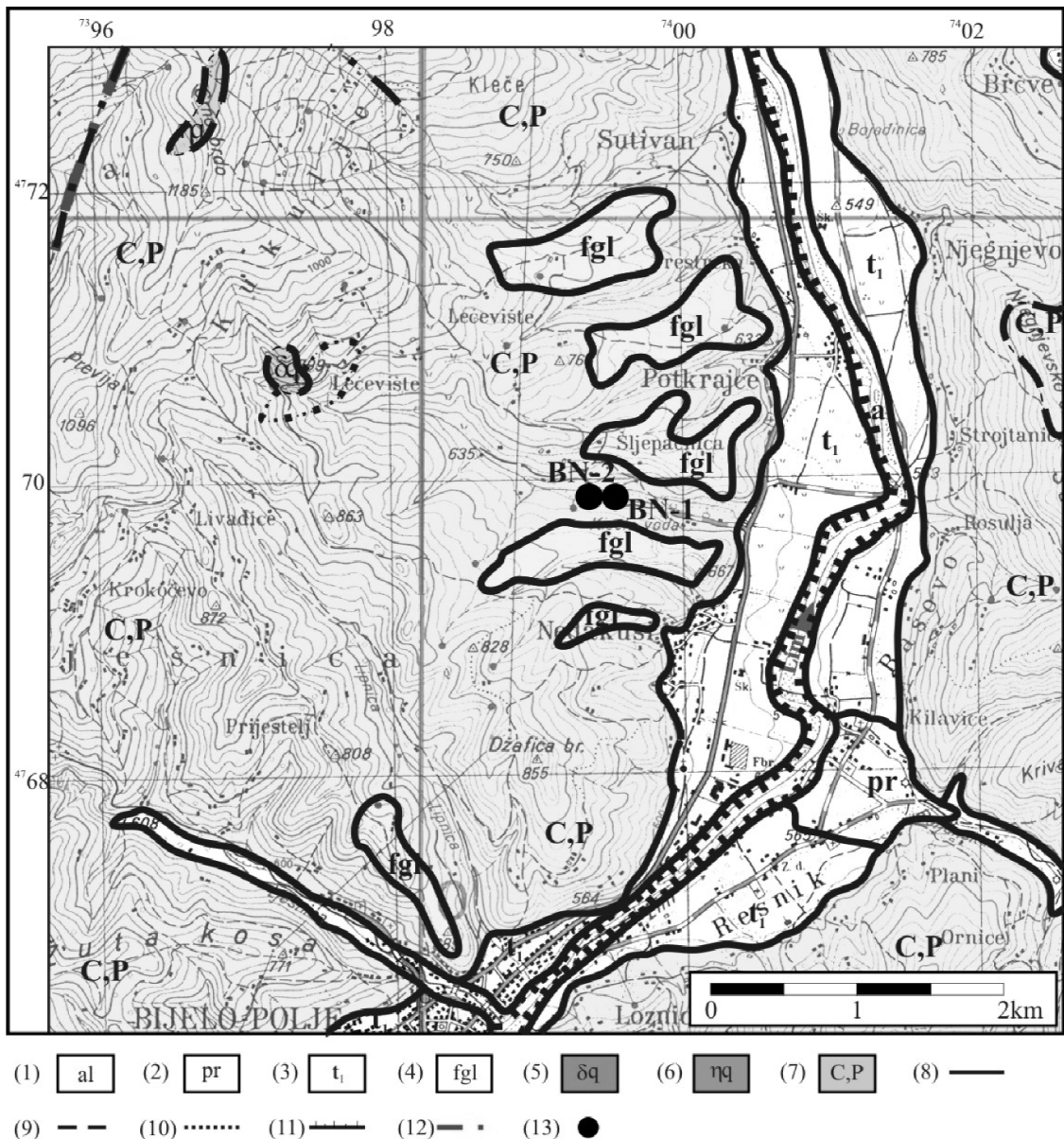
овом подручју вршена честа геолошка истраживања. Пре свега урађена су геоелектрична сондирања, а потом и истражно бушење. 1991. године су вршена прва геолошка истраживања израдом бушотине БН-1 при чему је захваћена одређена количина угљокиселих вода. Ова истраживања су наговестила велики потенцијал овог локалитета.

На основу геолошких истраживања уже зоне појављивања угљокиселих вода и бушења истражне

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, ул. Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: kljajiczeljko@yahoo.com

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, ул. Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: milojkolazic@yahoo.com

<sup>3</sup> Рударско-геолошки факултет, ул. Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: dana.maksimovic@gmail.com



Сл. 1. Геолошка карта подручја истраживања. Легенда: 1) алувијум; 2) пролувијум или плавина; 3) нижа речна тераса; 4) флувиоглацијални седименти; 5) конгломератични кречњаци и глинци (сенон-дански кат); 6) масивни кристаласти кречњаци (сенон-дански кат); 7) метапешчари, шкриљци и конгломерати; 8) нормална геолошка граница, утврђена; 9) нормална геолошка граница, покривена; 10) поступан прелаз; 11) терасни одсек; 12) расед, фотогеолошки осматран; 13) изведена истражна бушотина

Fig. 1. Geological map of investigation area

бушотине дубине 124 m констатовано је да су до тих дубина заступљене стенске масе палеозојске старости представљене углавном глинама, распаднутим шкриљцима са свежијим партијама на већим дубинама, где прелазе у силификоване пешчаре са бројним кварцним жицама.

У изведеној истражној бушотини БН-1 до дубине од свега 124 m констатоване су три појаве хладних угљокиселих вода и то на дубинама од 49–53 m, 77,5–80 m и 118,5–124 m са укупном издашношћу од 1,5 l/s. (Радуловић 1997, стр. 11–12). Воде се појав-

љују у оквиру силификованих пешчара, мада се исти, вероватно, не појављују у улози главног носиоца вода. Сама чињеница да се већ на овим дубинама јављају значајније резерве минералних вода са високим садржајем слободног и раствореног CO<sub>2</sub> указала је на далеко сложеније литолошке и тектонске услове у овом делу терена па се очекивало да ће са дужином доћи до откривања нових појава вода сличних карактеристика, па чак и топлијих.

Најновија истраживања на истом терену су везана за израду истражне бушотине БН-2. Крајња ду-

бина бушења износи 552 m. Након постизања пројектоване дубине извршена су каротажна мерења до 545 m. Резултати који су добијени до дубине од 300 m веома су позитивни и регистровано је неколико појава угљокиселих вода.

Испод 300 m нису констатоване појаве угљокиселих вода, што не значи да их нема обзиром да је бушотина била стално под исплаком. У дну бушотине запажене су веће температуре.

## Основне карактеристике истраживаног терена

Истражни терен се налази у планинском подручју, са надморским висинама које се крећу од око 800–950 m на највишим котама, до око 650 m у долини Лима и његових притока.

Подручје истраживања се простире северно од градске зоне Бијелог Полја, а микролокација изведених истражних радова је удаљена око 10–12 km од општинског центра. Опредељење за ову локацију проистекло је, поред низа геолошких повољности, између осталог и традиционално познатих природних извора, као и због близине Бијелог Полја као главног административног и културног центра северне Црне Горе. Подручје Бијелог Поља је са осталим деловима Републике и Србијом повезано добрим железничким и друмским саобраћајницама, које, практично, истражни терен чине доступним и отвореним за све посетиоце могућег бањско-рекреативног и туристичког центра, чија је изградња врло реална и перспективна.

Према ауторима ОГК лист Бијело Полје (Живаљевић и др. 1984), 1:100000, шири простор села Недакуси, изграђују палеозојске стенске масе представљене интензивно убраним и израседаним метапешчарима и шкриљцима (види геолошку карту - слика 1). Сама долина реке Сљепашнице формирана је дуж раседне зоне која је пресекла шкриљаву серију убрану у виду секундарне антиклинале. Тек је са израдом истражне бушотине БН-2 потврђен литолошки профил терена до дубине од 552 m. Испод алувијалних наслага, налазе се формације јако убраних шкриљаца млађег палеозоика (ушкриљене глиновито-лапоровито-песковите формације) који садрже сочива кварцних метапешчара и конгломерата са пробојима магматских стена кварцдиорита и кварцкератофира.

На истраживаном подручју се могу издвојити делови терена у којима се формира издан збијеног типа, делови са пукотинском издани и условно-безводни делови терена.

Збијени тип издани се формира у кварталним алувијалним, делувијалним, пролувијалним, терасним и флувио-гласијалним наслагама. Филтрационе карактеристике овог типа издани су слабе, а њихово распрострањење је мало.

Условно-безводни делови терена изграђени су од стена палеозојске старости. Шкриљци и пешчари палеозоика су у неким деловима компактни и водонепропусни, а у другим интензивно убрани и израседани. Ове палеозојске наслагае сматрају се делом велике тектонске јединице Лимског палеозоика. Хидрогеолошки услови су доста сложени и различити у различитим деловима.

По својим хидродинамичким карактеристикама издан из које потичу угљокиселе минералне воде у околини Бијелог Поља спада у артеске, тј. издани са нивоом под притиском. Због велике сложености хидрогеолошких и хидродинамичких услова који у овој издани владају не може се са сигурношћу говорити о начину њеног прихрањивања. Оно се највећим делом одвија дуж дубљих система раседа и пукотина. Део вода у ову издан доспева инфилтрацијом падавина и површинских вода.

## Резултати истраживања са предлогом даљих решења

Израдом бушотине БН-2 (сл. 2), може се констатовати, наговештај захватања хладних минералних угљокиселих вода у највероватније већим количинама воде и гаса.

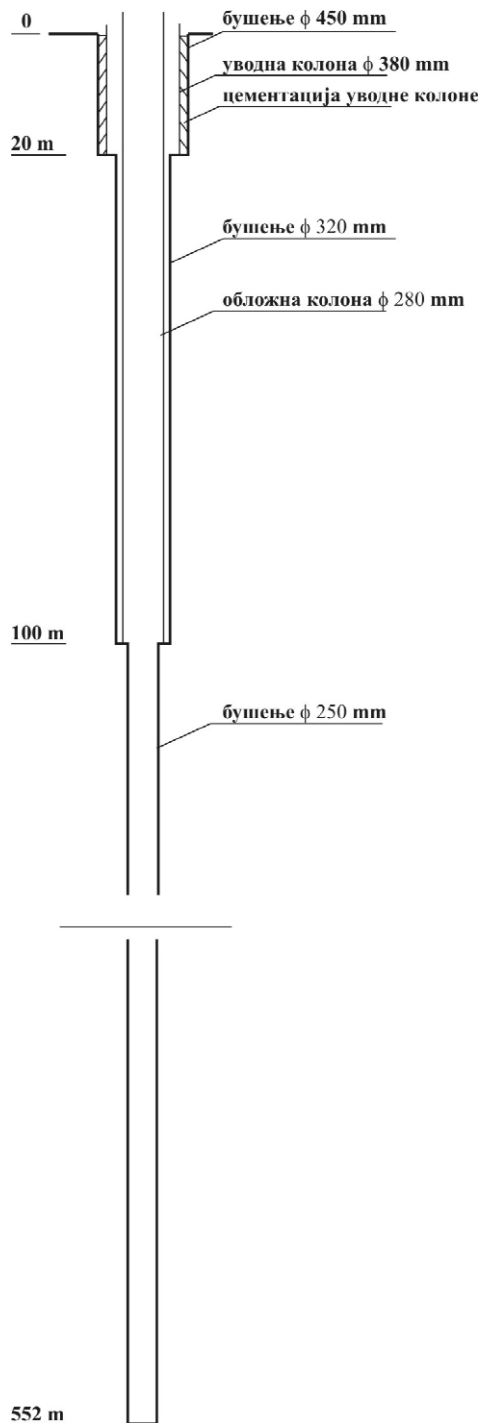
Током бушења регистровано је више појава угљокиселих вода и то:

- I појава самоизлива са дубине од 50 m ( $t_{\text{воде}}=14^{\circ}\text{C}$ )
- II појава регистрована са дубине 76 m, са значајним повећањем на дубини од 83–86 m
- III појава са ерупцијом регистрована је са дубине од 151 m
- IV појава и ерупција при бушењу на 236 m дубине
- V ерупција на 300 m

Током бушења стално су праћени литолошки састав стена, температура и губитак исплаке. При бушењу на дубинама 500–552 m температура исплаке износила је  $19^{\circ}\text{C}$ , а ниво исплаке у фази мировања опадао је брзином од 0,5 m/h што указује на добре филтрационе карактеристике продуктивних зона у бушотини.

Мерењима температуре као најважнијег фактора за доказивање потенцијалности за термоминералне воде утврђено је да је температура вода у сличним хоризонтима до 100 m око  $14^{\circ}\text{C}$ . У дубљим деловима температура вода расте и на дубини од 550 m износи  $26,6^{\circ}\text{C}$ . За те дубине бушења измерена температура исплаке износи  $19^{\circ}\text{C}$  што даје наду да ће воде имати неки степен више ( $21\text{--}22^{\circ}\text{C}$ ) уколико би се изоловали горњи хоризонти и захвате само воде из дубљих хоризоната.

Каротажним мерењима је потврђен литолошки профил и инициране зоне прилива вода и гаса са повишеним температурним карактеристикама. Каротаж је показао да је бушотина јако “запуш-



Сл. 2. Конструкција изведене истражне бушотине БН-2  
 Fig. 2. Construction of exploration borehole BN-2

тена” и да се створио исплачни колач велике дебљине око зидова бушотине тако да је пречник нпр. на дубинама од 420–550 m знатно мањи од пречника бушења и износи чак око 120–130 mm, што указује на дебљину исплачног колача до 5–6 cm. Та чињеница указује да ће код разраде бити великих проблема и да ће иста бити дуготрајна и разновр-

сна. Каротажним мерењима се види повећање температуре са дужином и на дну бушотине је измерена температура од 26,6° C (ЛАЗИЋ 2007, стр. 34–40).

На основу праћења процеса бушења, узимања узорака, језгровања бушотине и каротажних мерења, утврђено је вертикално распрострањење литолошких јединица и уочене су зоне са појавама угљокиселих вода као и повећање температуре на већим дубинама бушотине БН-2. На основу оваквих резултата се из бушотине могу очекивати угљокиселе воде погодне за флаширање, али са наставком бушења и термалне воде идеалне за израду балнеорекреативног центра (ЛАЗИЋ 2007, стр. 1–8).

## Закључак

Као општи закључак може се истаћи да је подручје појављивања угљокиселих вода у широј зони Бијелог Поља запажено, али још увек недовољно истражено. Вршена са бројна истраживања, али су резултати који су добијени недовољни да би се могли закључити услови формирања, кретања и истицања угљокиселих вода. Израдом истражне бушотине БН-2 на подручју села Недакуси први пут су квалитетно утврђене појаве угљокиселих вода и генерално утврђена литологија терена. У том смислу најинтересантније зоне су:

I са дубине од 50 m ( $t_{\text{воде}}=14^{\circ}\text{C}$ )

II са дубине 76 m, са значајним повећањем на дубини од 83–86 m

III са дубине од 151 m

IV на 236 m дубине

V на 300 m

Потврђена је констатација да све набушене стене бушотином БН-2 представљају навлаку Лимског палеозоика и да су представљене здробљеним и убраним шкриљцима, у оквиру којих су набушене ушкриљене глиновито-лапоровито песковито алевролитичне партије, метапешчари са силицијским и гвожђевитим везивом, пробоји магматита. Наведена бушотина није набушила кречњачке стене и остала је у наведеној формацији.

## Литература

- ЖИВАЉЕВИЋ, М., МИРКОВИЋ, М. и др. 1984. ОГК СФРЈ Лист Бијело Поље 1:100000. Савезни геолошки завод, Београд.
- РАДУЛОВИЋ, В. и др. 1997. Преглед досадашњих активности на истраживању киселих-минералних вода у Недакусима код Бијелог Поља. ЈУ Републички завод за геолошка истраживања, Подгорица.
- ЛАЗИЋ, М. 2007. Анекс пројекта основних хидрогеолошких истраживања угљокиселих вода у Недакусима код Бијелог Поља.

## 3D Groundwater-Model for defining a concept of dewatering coal mine “Tamnava West”, Lazarevac, Serbia

3D Модел за дефинисање концепта одводњавања угљеног копа “Тамнава Запад”, Лазаревац, Србија

CHRISTOPH M. KÖNIG<sup>1</sup> & DEJAN FILIPOVIĆ<sup>2</sup>

**Abstract.** This work presents the role of a hydrodynamical model in research and planning processes, as well as defining dewatering technology in order to assure necessary conditions for coal excavation in open pit PK “Tamnava – Zapadno polje”

During system identification process, numerical modeling allows synthesis of great amount of data in order to obtain relevant system attributes. In this particular case the system is represented as an open pit area with all factors that affect groundwater regime.

This model is created with the finite element modeling software – SPRING, which allows modelling large areas with possibility of refining mesh in areas of interest. Thus we got 1800 km<sup>2</sup> sized model with over one million elements. Based on that model the influence of the open pit to the groundwater and also the influence between 2 different pits can be evaluated.

Additionally a hydrodynamical model could be used for environmental risk evaluation. Modeling of contaminant transport allows us to improve safety and remediation actions in case of pollution.

**Key words:** hydrodynamic model, PK „Tamnava – Zapadno polje“, finite element.

**Апстракт.** Овај рад приказује значајну улогу хидродинамичког модела у процесу истраживања, планирања и дефинисања технологије одводњавања у циљу обезбеђивања услова за откопавање угља на ПК “Тамнава-Западно поље”.

Током процеса идентификације система, математички модел омогућује синтезу великог броја информација у циљу добијања релевантних атрибута система. У овом посебном случају, систем је представљен кроз простор површинског копа са свим факторима који утичу на механизам кретања подземних вода.

Модел је урађен у софтверском пакету СПРИНГ по методи коначних елемената, што дозвољава моделирање велике површине са могућношћу погушћења у посматраним зонама. Тако је добијен модел од 1800 km<sup>2</sup> са преко милион елемената. Тако сада, поред посматрања утицаја површинског копа на подземне воде, могуће је пратити утицај једног површинског копа на други. То је посебно важно при процени утицаја површинског копа у експлоатацији на коп у отварању.

Поред тога, хидродинамички модел може да се користи у процесу оцене ризика као и рекултивације према захтеву за нивоом подземних вода након завршене експлоатације. Такође, могуће је оценити опасност од загађења терена моделирањем транспортног тока загађивача.

**Кључне речи:** хидродинамички модел, ПК „Тамнава – Западно Поље“, коначни елементи.

### Introduction

In order to define dewatering technology in open pit „Tamnava west“, it was necessary to compile a hydrodynamical simulation model.

The main steps were:

- Evaluation of the general geological and hydrogeological conditions;

- Collection, assessment and classification of the available relevant data;
- Introduction to fundamentals of modelling, physical and mathematical basis of the models and numerical solutions used;
- Development and documentation of a hydrogeological conceptual model .

<sup>1</sup> Delta-h, Witten, Germany. E-mail: ck@delta-h.de, www.delta-h.de

<sup>2</sup> PD RB “KOLUBARA” d.o.o. Lazarevac, Srbija. E-mail: agradzag@gmail.com

## Conceptual model

Basic steps for creating a model with structural data from topographic and geologic contours are shown in Fig. 1. This supports model generation through the separation of raw data and finite-element meshes (also known as grids), given that in practice all the requisite data are usually not available right at the beginning of the undertaking, but are acquired as the project progresses. Because of the grid-independent input of **structural data**, the raw data can be visualized and therefore subjected to verification. After finalization of the grid, the structural data (i.e. **topographic and geologic contours**) can then be assigned to the individual nodes and elements. Even grid revisions (e.g. as a result of new data or new requirements) are easily done.

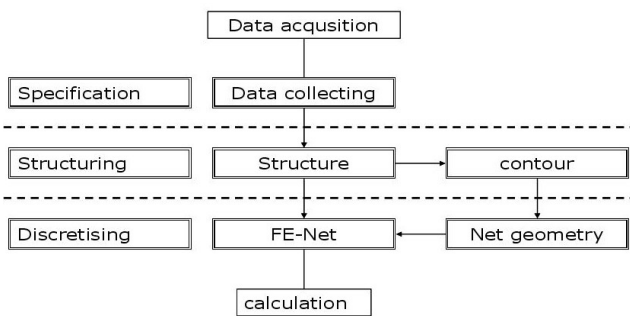


Fig. 1. Steps of Creating a groundwater model

Сл. 1. Кораци у креирању модела подземних вода

## Rationale of a Hydrogeological Conceptual Model

The definition of the boundaries of the study area and their hydraulic properties is essential for the definition of the hydrogeological conceptual model. The examined model area has to be inside of the study area. The study area has to be chosen bigger to allow the definition of the outer model boundaries based on the knowledge of the regional flow system. The hydrogeological conceptual model includes a brief description of the groundwater flow system and of relevant current and historic flow conditions. It summarises the available information and data for the site such as

- Structural information, as e.g. geological layers, tectonic features,
- Layers of similar hydrogeological characteristics,
- Hydraulic and transport parameters,
- Water budget parameters as well as
- Boundary conditions for groundwater flow and contaminant transport.

In defining a hydrogeological conceptual model particular attention has to be given to information affecting present environmental conditions as well as migration pathways and potential receptors such as water users. In this context the conceptual model allows a first evaluation of the conditions in the study area including the identification of possible risks to environment.

The hydrogeological conceptual model influences for a given flow or transport problem the choice of modelling tools used. In case of a numerical modelling it determines dimensions of the model as well as the necessary spatial and temporal discretisation. It provides the data base for the following modelling steps.

As Fig. 2. shows the definition of the hydrogeological conceptual model is iterative. It allows to organise the available data by integration of information from various data sources resulting in a summary and validation of the available data. As a result of the data summary additional data needs can be identified in the context of the given task and data collection activities may be efficiently guided.

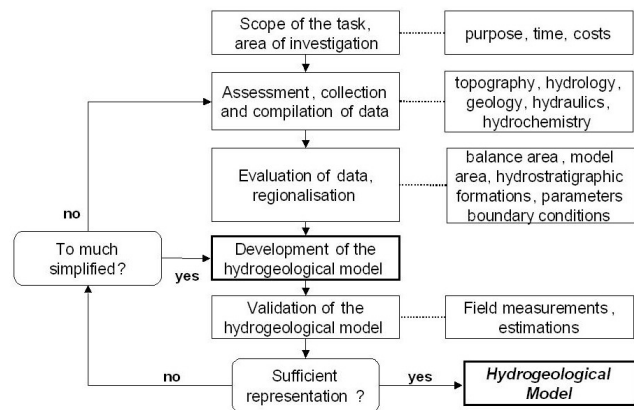


Fig. 2. Definition of the hydrogeological conceptual Model

Сл. 2. Дефинисање хидрогеолошког концептуалног модела

## Compilation of the “Kolubara Basin” Hydrogeological Conceptual Model

Before the beginning of the preparation of the numerical model of the Tamnava site a hydrogeological conceptual model was prepared. The main chapters are given below.

1. Aim and Scope of the Project
2. Balance Area and Model Boundary
3. Digital Terrain Model
4. Topographic Maps
5. Geology and Hydrogeology
  - Lithology & Stratigraphy
  - Tectonics
  - Hydrogeology of Kolubara Basin
  - Groundwater Recharge
6. Hydrology
7. Anthropogenic Conditions
  - Geometry and Parameters of Mining Area
  - Development of Excavation Site
  - Membrane of “Tamnava East” Field
8. Conclusions

The created Hydrogeological Conceptual Model has to be continuously revised in the future to satisfy additional data needs, include the results of relevant studies and to

keep the understanding of the natural system and its parameterization up to date. The next chapter gives a summary of the Hydrogeological Conceptual Model of the Kolubara Basin.

## Summary of the “Kolubara Basin” Hydrogeological Conceptual Model

The aim of the project is to summarize the understanding of the regional flow system including the definition of relevant parameters of porous media and boundary conditions which will be needed for the design and the validation of the groundwater model.

## Boundaries

During determination of the model boundaries, the first attention was to define the boundary conditions. The simplest way is defining boundaries as an area of Kolubara’s Neogene Basin extension, capturing the main surface water-courses. In this way an observed area of 1.800 km<sup>2</sup> is obtained.

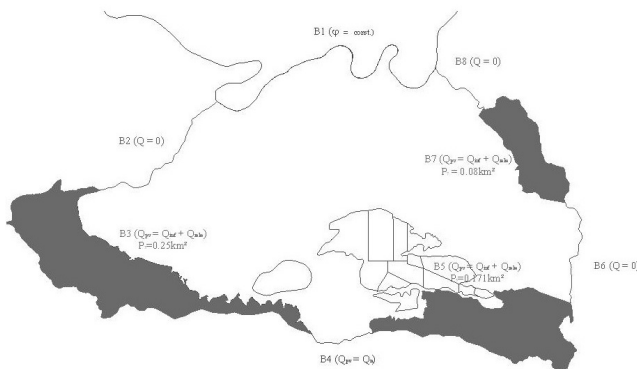


Fig. 3. Model area and boundary condition

Сл. 3. Површина модела и гранични услови

The model boundary is divided, in accordance to boundary condition types, into following groups:

- boundary of constant potential (B1)
- boundary of “0” flux (B2, B6 and B8)
- boundary with defined inflow from capture areas (B3, B5 and B7)
- and south boundary (B4), which flux will be additionally determinate (depending on other model parameters).

## Digital Terrain Model (DTM) and Maps

The current digital terrain model (DTM), used for the hydrogeological modeling, contains measured data in area of mining activities and public available data for remaining part. Due to the mining and recultivation activities the mor-

phology is continuously changing. Therefore the DTM for the mining site is time dependent.

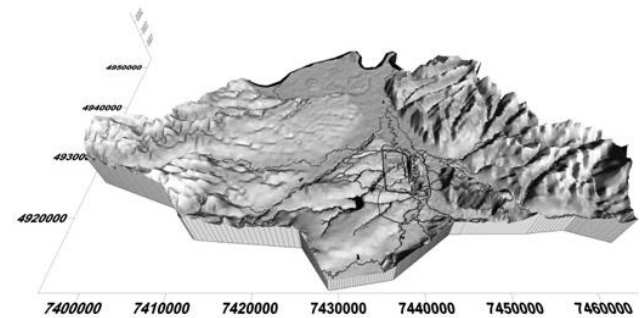


Fig. 4. DTM of the river Kolubara area

Сл. 4. Дигитални модел терена у подручју реке Колубаре

## Geology

The Geology of the observed area is complex, which is determined by the geologic composition of Paleozoic, Mesozoic, Neogene and Quaternary formations and tectonical features.

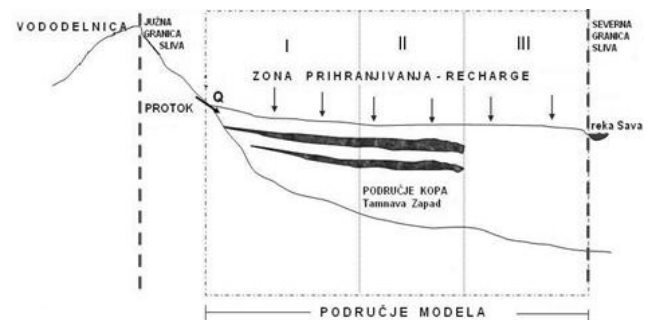


Fig. 5. Schematic cross section

Сл. 5. Шематски приказ геолошког профила терена

**Paleozoic formations** are upper Devonian–Carboniferous series of conglomerates and shales, terrestrial sediments of middle Carboniferous, sandstone-shale series of middle Permian and limestone-shale series of middle Permian and limestone-shale series of upper Permian.

**Mesozoic deposits** are represented by Triassic (lower and middle) and upper Cretaceous sediments. At the bottom of this series are dolomite limestone, sandstone and clayey shales, which are characteristic for lower Triassic, and dolomite-limestones (“anizijski kat”) and massive crystal limestones (“ladinski kat”) for middle Triassic. Series of stratified dolomite-limestones, mica-sandstones and sandbar and sub-sandbar limestones, sandstones, clay are contents of upper Cretaceous.

**Neogene sediments**, which are lithological diverse, are with the biggest spread out in the area for the modelling. They are represented by sediments of lower, middle (“Badenien, Sarmatian”) and upper (“Pannonian, Pontian”) Miocene.

STAROST	GRAFIČKI PRIKAZ	deb. (m)	TEKSTUALNI PRIKAZ		
			litologija	fosilna fauna i flora	
KVARTAR		18	Glina, prašnaste do peskovite, tamnosmeđe boje sa količina Mn i Fe i koncentracijama CaCO <sub>3</sub> .	malako fauna, <i>Bithia tentaculata</i> Linné.	
		23	Lateralna smena terasnih i aluvijarnih šljunkova		
K O C E N O G E N		15.6	Degradirani alevrit (Fe rastvor)	Malako: <i>Congeria zagrabiensis</i> Brus <i>Congeria brandenburgi</i> <i>Limnocardium apertum</i> Mör <i>Limnocardium mayeri</i> Hoer <i>Limnocardium risgali</i> Hoer <i>Monofacna simplex</i> Fuch.	
		60-45	Alevrit (glinovito - prašnasto - peskoviti sediment sivo-plave boje, sa proslojkom laporovite gline)		Kvarcni peskovi (peščiva) 3a - sličnom do srednjom 3b - prašnast do sitnom
		60-40	Donji ugljeni sloj sa proslojcima ugljovite, sive i sivozelene gline.		Fitospora, Polypodiaceae, Larix, <i>Pinus silvestris</i> , <i>Picea</i> , <i>Abies</i> , <i>Fagus</i> , <i>Salix</i> , <i>Sequoia</i> , <i>Myr</i> , Magnoliaceae, <i>Glyptostrobus</i> .
		14-17	Međuslojni kvarcno-lisunoviti peskovi		Dinofitoidi: <i>Hungarocypria hungarica</i> , <i>Amplocypria reticulata</i> , <i>Cardona alta</i> (Zal.), <i>Cardona hungarica</i> , <i>Cardonopsis arcana</i> , <i>Leptocythere cymbula</i> , <i>Cyprodeis triangulata</i> Krst.
		14-17	Donji ugljeni sloj		
1-100	Pesak, sitnom do srednjom, kvarcno-lisunovit, podinski u donjoj zoni restimicno zaglinjen				

Fig. 6. Geological cross section of the Tamnava West – Neogene sediments

Сл. 6. Геолошки стуб неогених седимената на ПК „Тамнава – Западно поље“

Most interesting for coal mining is “Pontian” (lower and upper) which is spread mostly in Kolubara–Tamnava Basin and is represented by sandy-clayey sediments. These are series of marl and aleurite clay, aleurite, and seldom clayey sands in lower “Pontian”, and sand, alevrite, clay and coal in upper “Pontian”.

**Quaternary formations** can be found in river valleys, where they exist in a form of Alluvium, river terrace and Diluvium, which are made from gravel, sand and clay.

## Tectonics

The paleosurface and tectonic relationship of the basement layer had the influence on the structure of the produc-

tive part of the Kolubara–Tamnava Basin (faults direction E–W and NW–SE), as well as pre-neotectonic phase (depression made by differential movements) in the neotectonic phase (block-gully structure made by differential movements).

Tectonics had a big influence on deformation of the coal layers, horsts are forming blocks and causing secondary faults. Flexions are causing the reduction of coal layers from two and three on the southern part to one complex layer in northern part.

## Hydrogeology

The following groups of aquifers, can be differentiated:



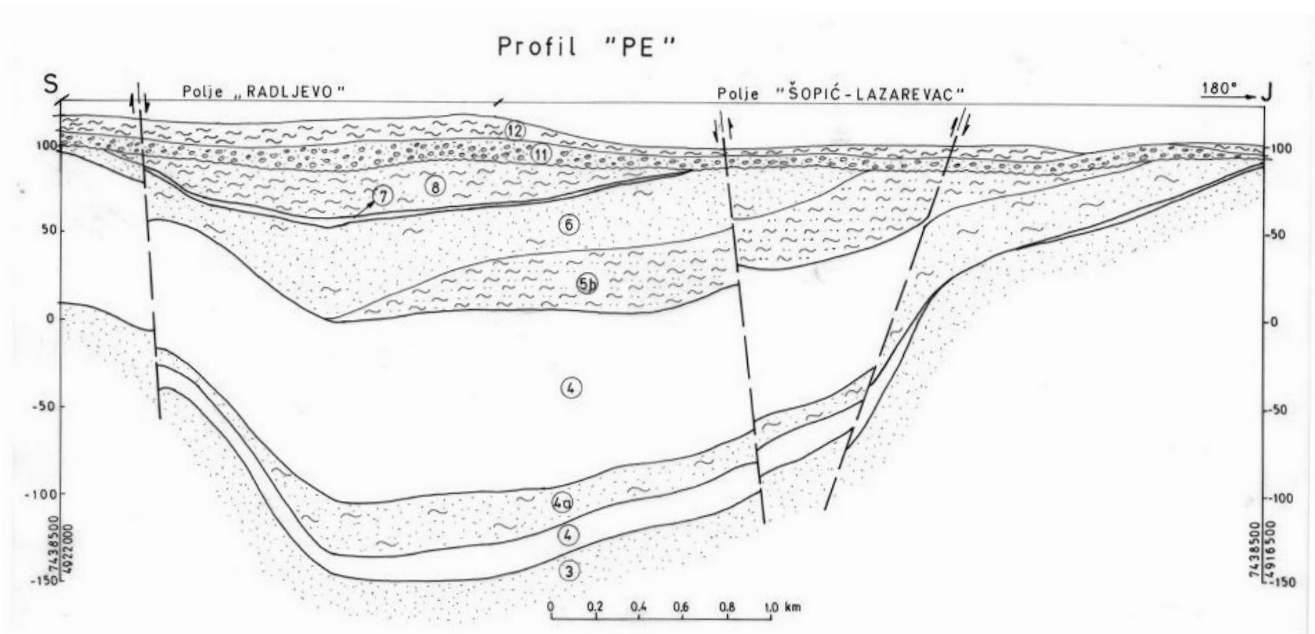


Fig. 7. Vertical cross section (example for the Tectonics)  
Сл. 7. Вертикални пресек терена (пример за тектонику)

#### *Upper aquifers*

**Alluvial aquifer** – aquifer in alluvial gravel;  
**Terrace aquifer** – aquifer in terrace gravel;  
**Upper aquifer** – aquifer in upper sand.

#### *Interlayer aquifers*

**Interlayer aquifer** – aquifer in sand between first and second coal bed;  
**Interlayer aquifer** – aquifer as interlayer sand inside second coal bed.

#### *Bottom aquifers*

**Bottom aquifer** – aquifer in bottom sand;  
**Sarmatian aquifer** – aquifer in sarmat limestone;  
**Triassic aquifer** – aquifer in Triassic limestone.

All aquifers are in mutual connection at the boundaries of the basin and they form the unique "Kolubara Basin aquifer" in the hydrological cycle.

## Hydrology

Kolubara, as the biggest stream, made the longest and the biggest valley. The lower part of Kolubara's course is of a plain type, which caused meandering of the river. Kolubara is a typical torrent system, with big amounts of water (flood waves) usually in spring and winter.

## Anthropogenic Conditions

There is significant influence of anthropogenic conditions in this area. Objects with greatest impacts on groundwater are open pits, dewatering wells, impermeable walls for defense from groundwater and wells for drinking water.

## Creating a model

Creating a mesh is a first step in modeling groundwater flow. We used SPRING, a program for the simulation of processes in groundwater, which is based on a FE (finite element) method. This allows very detailed mesh refinement in specific areas and allows wide range modeling.

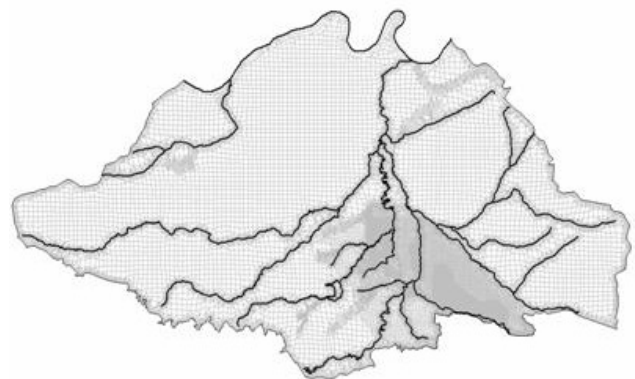


Fig. 8. Finite element mesh  
Сл. 8. Мрежа коначних елемената

The size of elements depends on the density of nodes, I.E. density of available data and varies from 5-500m. After receiving more data, the finite element mesh could be refined later.

Next step is assigning attributes to elements. These are basic attributes:

- constant potential head,
- defining of seepage,
- wells,
- inflow at the boundary,
- level of different layers,
- recharge (calculated with program),

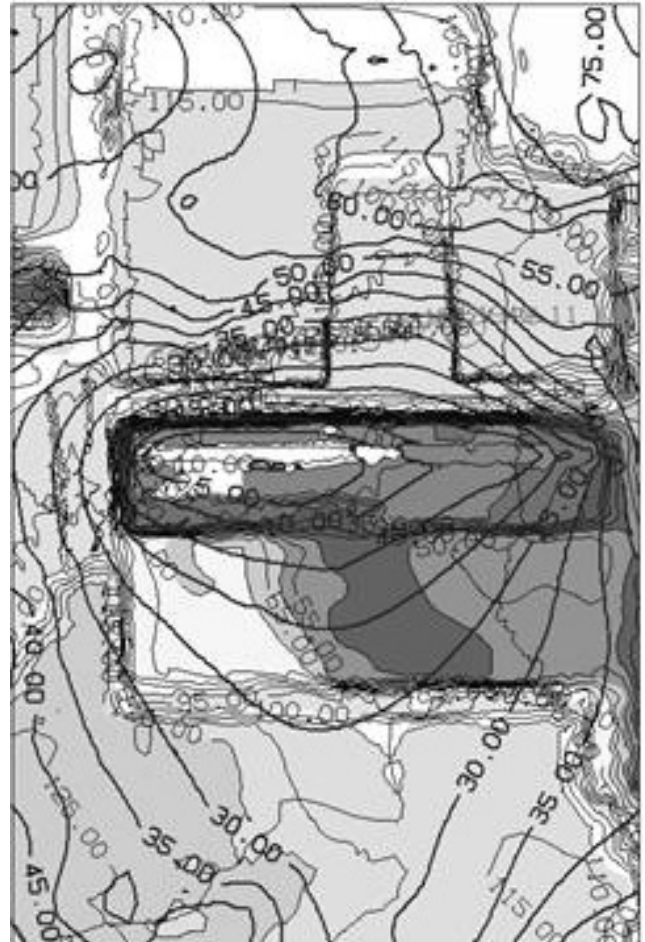
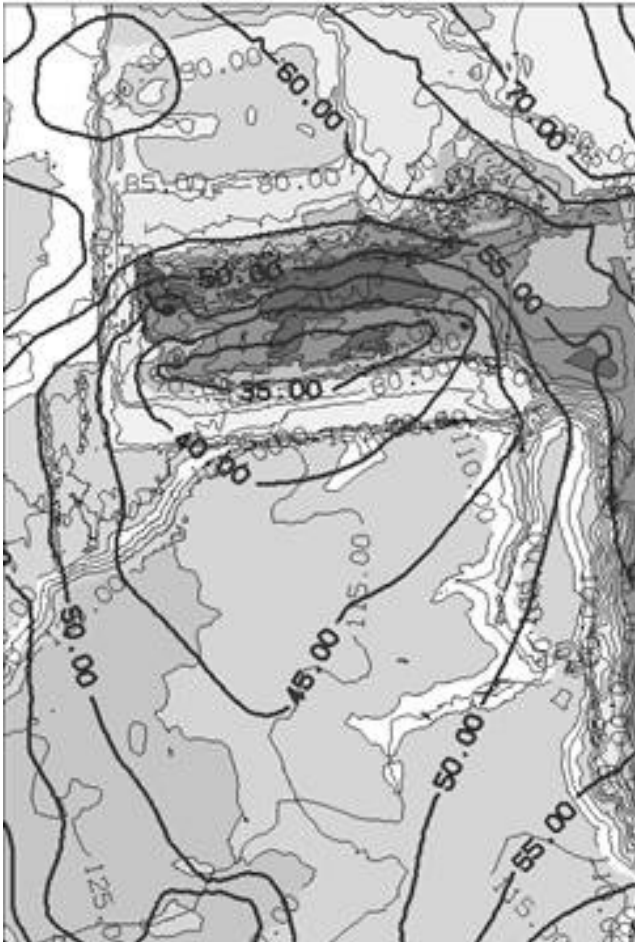


Fig. 9. Forecasted groundwater level in bottom sand in year 2010. and 2020. (Tamnava – West)

Сл. 9. Прогнозни ниво подземних вода у подинском песку у периоду 2010. и 2020. године (Тамнава – Западно Поље)

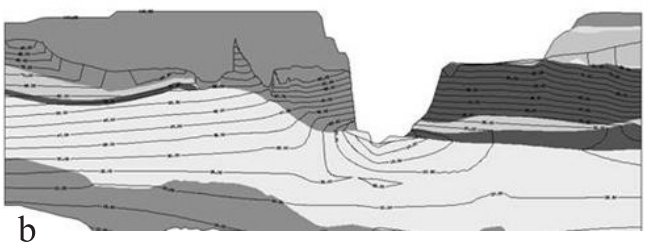
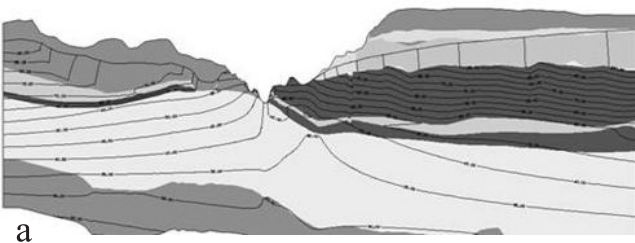


Fig. 10. Cross section in year 2010. (a) and 2020. (b) (Tamnava – West)

Сл. 10. Вертикални пресек терена 2010. и 2020. године (Тамнава – Западно Поље)

- surface,
- water level in rivers, defining infiltration from riverbed,
- water level in lakes, defining infiltration from lake bed,

- permeability,
- porosity,
- saturation.

For some attributes there is no sufficient data and for other there is many different data. In that case it is necessary to assign average or assumed attributes and change them during calibration.

## Results

As a result of groundwater modeling we can predict future system behavior through groundwater level, amount of water extracted from wells or seepage, contamination transport etc. Here some examples:

On Fig. 9 and Fig. 10 is shown forecasted groundwater level in bottom sand in year 2020. (Tamnava – West). The drawdown of about 20 meters is result of mining works with dewatering using 8 meters deep trench in lowest point in excavation area. Amount of water that will be extracted from trenches has been estimated on 6.5 mil.m<sup>3</sup>/year.

## Conclusion

Simulation with numerical models is an iterative progress and can never be finished. This causes a constant data update (changing and adding new data) because most data changes with time. This includes even surface level in area of open pits. However, numerical modeling is a cost efficient way to forecast impacts of possible actions applied to a real system.

## Reference

- KONIG, C., BOŽIĆ, S., KEZOVIĆ, M., TRIŠIĆ, S., POPOVIĆ, N. & FILIPOVIĆ, D. 2006. Konceptualni model Kolubarskog ugljunosnog basena, *Fund documentation compiled for creating 3D groundwater model*.
- DELTA-H, SPRING 3.2 – *software for simulation of processes in groundwater*; [www.delta-h.de](http://www.delta-h.de).



## Класификација важнијих појава и лежишта минералних, термалних и термоминералних вода Србије на основу генетске класификације В. В. Иванов-а

Classification of Main Occurrences and Deposits of Mineral, Thermal and Thermomineral Water of Serbia by Classification V. V. Ivanov

ОЛИВЕРА КРУНИЋ<sup>1</sup>, БУДИМИР ФИЛИПОВИЋ<sup>1</sup>, СРЂАН ПАРЛИЋ<sup>2</sup> и МАРИНА ЈОВАНОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** У раду је приказана класификација важнијих појава и лежишта минералних, термалних и термоминералних вода Србије на основу генетске класификације В. В. Иванов-а из 1977. године. Ова класификација је након бројних и одговарајућих провера на међународном плану, прихваћена од стране Комисије за минералне воде светске хидрогеолошке асоцијације - ИАХ. Циљ овог рада је да прикаже класификацију која узима у обзир све основне типове минералних вода, независно од места појављивања и практичног значаја. Сва досадашња дугогодишња детаљна геолошка, хидрогеолошка и бројна друга истраживања, мултидисциплинарног карактера, са специфичним методама и резултатима истраживања, уз анализу и синтезу истих, послужила су као основа за израду рада.

На територији Србије, тј. у оквиру хидрогеолошких реона (6), издвојене су одређене класе и подкласе минералних вода на основу ањонског и катјонског састава као и групе, подгрупе и типови минералних вода са балнеолошког аспекта, што до сада у пракси нисмо имали. Класификација В. В. Иванов-а је применљива и прилагођена нашим искуствима и потребама.

**Кључне речи:** хидрогеологија, балнеологија, минералне воде, класификација, Србија.

**Abstract.** Classification of the main occurrences and deposits of mineral, thermal and thermomineral water of Serbia is based on classification of V. V. Ivanov from 1977. This classification after uncountless and numerous checks on the international plan is accepted by Commission for mineral waters of International association of hydrogeology - IAH. The aim of this work is to show that classification includes all types of mineral water, independent on the occurring place and practical importance, and it can be applied in every country. Results of all previous detailed geological, hydrogeological and numerous other studies with multidisciplinary character represent basis for this investigations.

On the territory of Serbia, i.e. in the hydrogeological regions, there are some classes and subclasses of mineral water based on the anion and cation composition, as well as mineral water groups and subgroups from the balneological aspect, which we had not in practical so far. Classification of V.V. Ivanov is usable and conformed for our experiences and needs.

**Key words:** hydrogeology, balneology, mineral water, classification, Serbia.

### Увод

Класификација још увек није доживела адекватну примену у свету, што не умањује њен значај на садашњем нивоу познавања појава и лежишта минералних, термалних и термоминералних вода.

У најкраћем структура класификације подразумева 1. Геохемијску и геолошку средину и карак-

теристичне комплексе стена у оквиру којих се формирају минералне воде, 2. Основни јонски и гасни састав минералних вода као и поменуте специфичне микрокомпоненте, 3. Вероватно, примарно порекло вода, 4. Основне и специфичне процесе формирања хемијског састава вода, 5. вероватну температуру различитих типова вода, 5. Геохемијски „немогуће“ типове вода, чије је присуство у од-

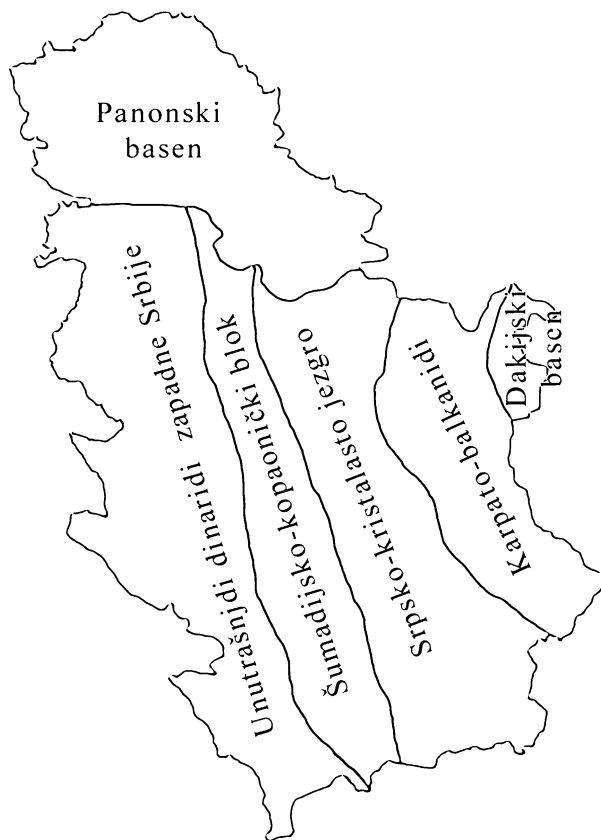
<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, Београд. E-mail: krunico@sezampro.rs

<sup>2</sup> "Натурал Минерал Ватер" д.о.о., Џорџа Вашингтона 14/2, Београд. E-mail: office@nmw.co.rs

ређеним геохемијским условима немогуће, или мало вероватно.

### Класификација минералних вода Србије на основу хемијског–макро састава

На територији Србије, тј. на њених шест издвојених реона преовлађују одређене класе и подкласе минералних вода, на основу ањонског, односно катјонског састава. Хидрогеолошко реонирање територије Србије изведено је са узимањем у обзир следећих елемената: историјско-геолошки процеси, структурно-геолошки услови, литофацијалне карактеристике, геоморфолошки, физичко-географски, хидрографско-хидролошки, хидрометеоролошки, хидрогеолошки и слични услови средине. Поред тога, када је у питању издвојена реонизација (сл. 1), није тешко приметити да се овако издвојени реони, углавном, поклапају са одговарајућим геотектонским јединицама на територији Србије са мањим одступањима, када су границе у питању. Издвојени реони су: 1) Дакијски басен, 2) Карпато-балканиди; 3) Српско кристаласто језгро; 4) Шумадијско-копаоничко-косовске области; 5) Динариди западне Србије; и 6) Панонски басен. Дакијски басен у овом раду није ушао у класификацију због

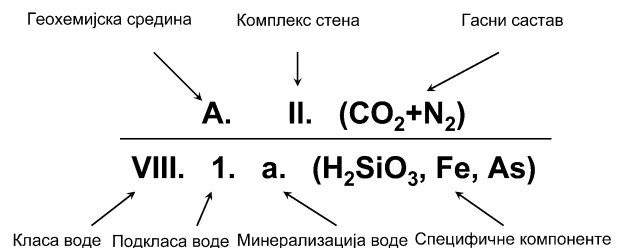


Сл. 1. Хидрогеолошки реони Србије  
Fig. 1. Hydrogeological regions of Serbia

тога што у оквиру овог реона нису откривене појаве истицања тј. балнеолошки активне појаве.

### Класификација минералних вода Србије са балнеолошког аспекта

У нашој балнеолошкој пракси у употреби је класификација минералних вода Quentin-а из 1958. године. Према Quentin-у све минералне воде се деле у четири групе А, Б, В, и Г, а у оквиру њих, издвојене су на основу јонског и гасног састава одређене подгрупе. Сви предвиђени класификацијом критеријуми (осим температуре), односе се на воде на месту њиховог коришћења- у купатилу, чаши из бивете, из боце на дан коришћења. Требало би приметити да ова класификација одражава типизацију минералних вода као лековитих. Уз напомену да класификација по Quentin-у је изузетно поједностављена када је у питању сврставање вода у одређене групе на основу макро састава, о чему је било речи. Са балнеолошког аспекта критеријуми су прилагођени аутохтоним потребама дате територије. Али, могу се уочити, у односу на класификацију Иванова В. В., 1977 (Табела 1), одређене додирне тачке, као и да је ово класификација која се промeњује у медицинској пракси.



Сл. 2. Интерпретација класификационог индекса  
Fig. 2. Interpretation of classification index

**Реон Дакијског басена (1):** До сада нису регистроване појаве природног истицања минералних, термалних и термоминералних вода, мада се у раду „Лековите воде и климатска места у краљевини Срба, Хрвата и Словенаца са балнеолошком картом“ (Леко и др. 1922) помиње извор минералне воде са 9,408 g/l сувог остатка који је изградњом ХЕ Ђердап потошљен.

**Реон Карпато-балканида (2):** По гасном саставу припадају азотној подгрупи, са садржајем од 80–90% запреминских, осим појаве у Нересници, која припада подгрупи слабо угљокиселих вода. Сулфидних вода – група „В., практично нема јер није констатован садржај сумпорводоника и водоник-сулфида преко 10 mg/l. Припадност вода групи „Г., је слабо изражена, са вероватноћом за појаву исте у оквиру распрострањења орудњених зона. У

Таб. 1. Основне балнеолошке групе вода (ИВАНОВ И НЕВРАЕВ 1971)

Tab. 1. General balneologic groups of water (IVANOV &amp; NEVRAEV 1971)

А. Без специфичних компонената и својстава		Б. Угљокиселе (CO <sub>2</sub> )		В. Сулфидне (H <sub>2</sub> S, HS)		Г. Гвожђевите (Fe), арсенске (As) и с високим садржајем Mn, Cu, Al, Zn	
<b>Основне подгрупе по гасном саставу</b>							
а	б	а	а	б	в	а	б
азотне	метанске	угљокиселе	азотне	метанске	угљокиселе	азотне	угљокиселе
Д. Бромне (Br), јодне (J) и са високим садржајем орг. материја		Е. Радонске (Rn)		Ж. Силицијске термалне (H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> , HSiO <sub>3</sub> )			
<b>Основне подгрупе по гасном саставу</b>							
а	б	а	б	а	б	в	
азотне	метанске	азотне	угљокиселе	азотне	метанске	угљокиселе	

групи „Д., има значајнијих одступања. Садржаји брома и јода су испод 25 тј. 5 mg/l. По садржају брома истиче се појава у Нересници. Од халогених елемената, повишени садржај флуора јавља се у: Нересници, Шарбановцу, Сумраковцу, Николичеву. У групи „Е., радонске воде нашле би се појаве у Соко Бањи, Нишкој Бањи, Миљковцу. Групи „Ж” или ткз. силицијским термама без посебно наглашеног садржаја силицијум-диоксида припадају појаве вода: Шарбановац, Брестовачка Бања - 50 mg/l, Сумраковац- 45 mg/l, Мало Лаоле и Гамзиградска Бања, са садржајима од 30-50 mg/l.

Минералне воде реона Карпато-балканида имају минерализацију до 1 g/l, термалне су са температуром 20–34°C, рН вредношћу 6.5–8.4, претежно хидрокарбонатне класе, калцијумске, или калцијумско-магнезијумске подкласе.

**Реон Српског кристалоног језгра (3):** У овом реону највећи број појава минералних вода припада групи, односно подрупи угљокиселих вода - 19 појава, док подрупи азотних припада десет појава. Нема појава које би се сврстале у групу „В., сулфидних вода, из разлога што је садржај ових компонента низак, испод 10 mg/l, али је присуство H<sub>2</sub>S и HS доказано у Кулинској Бањи, Сувој чесми, Туларској Бањи, Сијаринској Бањи, Врањској Бањи и др. У групи „Г., су, пре свега, појаве минералних вода са наглашеним садржајем гвожђа: Миращевац, Својиново, Ђавоља Варош, Туларска, Сијаринска и Бујановачка Бања. Са повишеним садржајем мангана одликују се воде у Орашју, Миращевцу, Ђавољој Вароши. Са наглашеним садржајем Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> истичу се појаве: Паланачки кисељак, Ђавоља Варош и Бујановачка бања, повишен садржај цинка везује се за Ђавољу Варош, Велику Врбицу и Церовац. У групи „Д., нема вода са изразито наглашеним садржајем брома, али се повећаним садржајем карактеришу

појаве у Југову, Паланачком кисељаку, и Церовцу, али далеко испод предвиђене норме. У групу борних вода са садржајем преко 35 mg/l могу се сврстати и појаве у Југову, Паланачком кисељаку, Жареву, Сувој чесми, Вучкој Бањи и Сијаринској Бањи. Слично је и са садржајима јода. Али зато садржај флуора од преко 5 mg/l сврстава их у флуорне воде: Паланачки кисељак, Сува чесма, Врањска и Бујановачка Бања. Повишен садржај стронцијума везан је за Југово, Жабаре, Туларску, Сијаринску Бању преко 3 mg/l, од 1.23-3.1 су вредности за садржај литијума - Југово, Ломница, Туларска и Бујановачка Бања. Присуство вода групе „Е., радонске посебно није карактеристичан, углавном, за минералне воде овог реона, норма је 185 Bq/l. У групу „Ж, тј. у силицијске воде са садржајем SiO<sub>2</sub> преко 50 mg/l спадају воде: Паланачки Кисељак, Орашје, Рибарска, Кулинска, Вичка, Пролом и Врањска бања.

Минералне воде Српског кристалоног језгра су, изузев Ђавоље Вароши и Југова са минерализацијом преко 5 g/l. То су хладне и термалне воде са температуром у широком дијапазону 10.5–95 °C, рН вредност прате екстреми 3.5: Ђавоља Варош, Пролом Бања, Рибарска, Кулинска Бања преко 9. Највећи број појава припада класи хидрокарбонатних вода натријумске и калцијумско-магнезијумске подкласе, или класи хидрокарбонатно-сулфатних вода, такође натријумске, или калцијумско-магнезијумске подкласе.

**Реон Шумадијско-копаоничко-косовске области (4):** Више од половине анализираних појава, по основу гасног састава, припада групи угљокиселих вода, док остале појаве припадају азотном типу. За разлику од претходних реона у овоме могу да се издвоје сулфидне воде, група „В.,. То су минералне воде Матарушке и Бање Слатине. Групи „Г., припадале би појаве минералних вода са садржајем

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  преко 20 mg/l: Крушевица, Жарево, Кисела Бања, Поклек, Носање, Беланце, Кисела вода. Ситуација са групом „Д„ и садржајем флуора преко 5 mg/l је следећа: Партизани, Танкосића Слатина и Вреоци. Групи „Д„ припадају воде Кораћичке Бање због садржаја јода од 6 mg/l. Преко 35 mg/l  $\text{HVO}_2$  имају појаве у Селтерсу, Бањи Слатини, Магову, Куршумлијској Бањи, Клокоту, Гојбуњи, Носању, Житињу, Баљевцу, па се могу издвојити у борне воде. Изразито радонских вода – група „Е„ у овом реону нема. Изнад границе од 185 Bq/l налазе се појаве у Брајковцу и Понешу. У групу „Ж„ силицијске воде, спада већи број појава са садржајем  $\text{SiO}_2$  преко 50 mg/l: Партизани, Оњег, Гараша, Буковичка бања, Врњачка - Снежник, Бели извор, Јошаничка, Луковска, Куршумлијска Бања, Љушта, Кисела Бања, Поклек, Носање, Клокот Бања и Кисела вода. Истакли би да преко 34 појаве одликује повишени садржај ове компоненте, чије су границе од 20-50 mg/l. Наглашени садржај стронцијума од преко 5 mg/l карактерише појаве у Лештанима, Рудовцима, Чибутковици, Житињу, Црнишеви. Преко 5 mg/l литијума специфичне су за Селтерс, Чибутковицу, Буковичку Бању.

Према томе, више од половине појава минералних вода, 53 појаве овог реона има минерализацију испод 2 g/l, 19 појава минерализацију од 2–3 g/l, 11 појава од 3 до 5 g/l, и 6 појава минерализацију преко 5 g/l. 30 појава спада у хладне воде, 15 има повишену температуру - до 20 °C, већина појава њих 44 има температуру од 20–35 °C, а 10 појава преко 35 °C. По рН вредности, једна појава има испод 5.5, 44 појаве спадају у благо киселе воде 5.5–6.8, 15 појава је у границама неутралних 6.8–7.2, слабо алкалних припада 21 појава а алкалном типу четири појаве преко 8.5. По гасном саставу реч је о угљокиселим и азотним водама. Посебно се истичу кисељаци хидрокарбонатно-натријумског, хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијумског типа и хидрокарбонатно-магнезијумског типа. Класи хидрокарбонатних вода у оквиру које је подкласа натријумских вода припада доминантно место, следи подкласа калцијумско-магнезијумских, натријумско-калцијумских, магнезијумско-натријумских, магнезијум-калцијумских и калцијумских вода. Од осталих класа треба поменути хидрокарбонатно-хлоридне, са натријумском подкласом, уз натријумско-магнезијумске односно магнезијумско-калцијумске.

**Реон Динарида западне Србије (5):** То је реон у оквиру којег преовлађује азотни тип, тј. група вода, (43 појаве) у односу на угљокиселе, регистроване у 22 локалности. Изразитих представника групе „В„ нема, јављају се али испод предвиђених граница. У групи „Г„ од свих компонената истиче се садржај  $\text{Al}_2\text{O}_3$  у Чечеву и Студеници са преко 10 mg/l. Исти је случај са групом „Д„. По изразитој засушљености брома истиче се појава у Котроману-бромне воде преко 35 mg/l. Са садржајем преко 5 mg/l флуора су:

Рајчиновића Бања, Слатински кисељак и Негришори-флуорне воде према класификацији. У групу „Е„ могу да се издвоје неке појаве радонских вода, то су воде Дежаве, Церске Слатине и Бање Бадање. У групи „Ж„ неколико појава прелази граничне вредности Церска Слатина, Дубово и Пећка Бања. Преко 10 mg/l метаборне киселине имају појаве у Котражи, Приличком кисељаку, Рајчиновића Бање, Чечеву, и сл.

Карактеристике овог реона су: минералне воде су са минерализацијом испод 1 g/l (37 појава), пет појава је са минерализацијом преко 5 g/l. 20 појава има температуру до 15 °C, десет појава је са температуром преко 35 °C. Карактер слабо киселих вода (рН 5.5–6.8) има 20 појава, а благо алкалних је 28. На основу гасног састава преовлађује азотни тип вода (43), док су 22 појаве угљокиселе. На основу макро састава, највећи број припада хидрокарбонатној класи (60 појава), са доминантним учешћем подкласе натријумских вода и подкласом калцијумско-магнезијумских вода.

**Реон Панонског басена (6):** је реон угљоводоничних вода, иза њих по заступљености су воде азотног типа и на крају угљокиселе воде. За овај реон је карактеристично присуство вода групе „В„- сулфидне, са повишеним садржајем  $\text{H}_2\text{S}$  и  $\text{HS}$ , у границама од 2–11 mg/l. Водама из групе „Г„ (гвожђевите, арсенске) није поклоњена пажња али је за очекивати њихово присуство. За разлику од претходне групе, воде групе „Д„ (бромне, јодне, висок садржај органских материја) имају далеко запаженије присуство. У минералним водама Панонског басена приметне су и ткз. жуте воде из водоносних хоризоната до око 250 m, као последица повишеног садржаја органски материја. Најчешће се срећу следеће органске материје: органске киселине (карбоксилна, нафтенска и хуминска), феноли, органска једињења сложеног хемијског састава, минерална уља, масти и полициклични ароматични угљоводоници и аромати. Као пример за минералне воде са повишеним садржајем флуора могу послужити воде у локалности Русанде и Бање Кањиже. Воде са повишеним садржајем брома појављују се у Кули, Пригревици, Маглићу, Русанди и др. Ово је реон и јодних вода -Кула, Пригревица, Маглић, Бачки Моноштор. Када су у питању воде групе „Е„ (радонске) посебних истраживања није било, али на основу расположивих података познато је да су присутни и да је по правилу њихов садржај низак, да би се издвојиле у посебну групу. Минералне воде групе „Ж„ су присутне, по тим параметрима сврставају се у групу силицијских вода (преко 50 mg/l): Врбица, Пригревица, Хоргош, Црна Бара, Бачки Моноштор. Ово је реон са повећаним садржајима Sr, Li, Ва,  $\text{HVO}_2$ ,  $\text{HPO}_4$ .

Минералне воде Панонског басена се карактеришу минерализацијом од преко 5 g/l, на основу гасног састава ово је реон угљоводоничних вода,



Таб. 2. Приказ важнијих појава минералних, термалних и термоминералних вода Србије по класификацији В.В. Иванова 1977.  
 Tab. 2. Review of important mineral, thermal and thermomineral water occurrences in Serbia according to Ivanov classification, 1977.

Реон	Локалност	Формула хемијског састава		Класа	Подкласа	Гасни састав	Специфичне компоненте	Класиф. индекс
2	Брестовачка Бања	$M_{0,38,0,52}$	$\frac{SO_4^{61,74} HCO_3^{15,30} Cl_{9,11}}{Ca_{49,68} Na+K_{28,40} Mg_{5,9}}$ Q=13	SO <sub>4</sub> -HCO <sub>3</sub> (III)	Ca-Na (4)	N <sub>2</sub>	Mn, Zn, SiO <sub>2</sub> , Sr	$\frac{B II N_2}{III 4a (SiO_2)}$
2	Соко Бања "Парк"	$M_{0,46}$	$\frac{HCO_3^{81,17} SO_4}{Ca_{66} Mg_{25}}$ Q>10	HCO <sub>3</sub> (II)	Ca-Mg (2)	N <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> , Sr, Rn, Ra	$\frac{B II N_2}{III 2a (SiO_2)}$
2	Нишка Бања	$M_{0,27-0,41}$	$\frac{HCO_3^{80} SO_4^{11} Cl_9}{Ca_{61} Mg_{26} Na+K_{13}}$ Q>9	HCO <sub>3</sub> (II)	Ca (1)	N <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> , Sr, Rn, Ra	$\frac{B II N_2}{II 1a (SiO_2)}$
3	Рибарска Бања	$M_{0,31}$	$\frac{HCO_3^{47} SO_4^{26} CO_3^{19}}{Na+K_{93}}$ Q>20,0	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	F, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B I-III N_2-O_2}{II 6b (F, SiO_2)}$
3	Пролом Бања	$M_{0,17}$	$\frac{HCO_3^{86} Cl_8}{Na+K_{90} Ca_8}$ Q=0,4	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	N <sub>2</sub> -O <sub>2</sub>	Rn, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B I N_2-O_2}{II 6a (SiO_2, Rn)}$
3	Сијеринска Бања	$M_{2,5-4,8}$	$\frac{HCO_3^{71} SO_4^{25}}{Na+K_{85} Ca_8 Mg_7}$ Q>20,0	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> (III)	Na (6)	CO <sub>2</sub>	F, Fe, Sr, Li, Rb, Mn, Ra	$\frac{B I-III CO_2}{III 6a (F, Fe, Sr, Rb)}$
3	Врањска Бања	$M_{1,3}$	$\frac{HCO_3^{50} SO_4^{42} Cl_8}{Na+K_{94} Ca_6}$ Q>60,0	HCO <sub>3</sub> -SO <sub>4</sub> (III)	Na (6)	N <sub>2</sub>	F, H <sub>2</sub> S, Al, Sr, Li, Mn, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B I-III N_2}{III 6a (H_2, S, SiO_2)}$
3	Бујановачка Бања	$M_{4,95}$	$\frac{HCO_3^{95}}{Na+K_{92}}$ Q ≈ 6,0	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	CO <sub>2</sub>	F, Li, Sr, Rb, Cu, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B I CO_2}{II 6a (Sr, Rb, SiO_2)}$
4	Младеновац "Селтерс"	$M_{7,3-8,0}$	$\frac{HCO_3^{55} Cl_{44}}{Na+K_{94}}$ Q>5,0	HCO <sub>3</sub> -Cl (VII)	Na (1)	CO <sub>2</sub>	F, Br, Li, Sr, Rb, Ba, Ra, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub>	$\frac{B III CO_2}{VII 1b (F, Br, SiO_2)}$
4	Буковичка Бања	$M_{2,2-5,0}$	$\frac{HCO_3^{98}}{Na+K_{86} Ca_8}$ Q>5,0	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	CO <sub>2</sub>	Ra, F, Li, Sr, Rb, Ba, Rn, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B II-III CO_2}{II 6a (Ra, F, SiO_2)}$
4	Горња Трпача	$M_{0,52}$	$\frac{HCO_3^{93}}{Mg_{74} Ca_{19}}$ Q>20,0	HCO <sub>3</sub> (II)	Mg-Ca (2)	N <sub>2</sub>	Cs, Sr, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B II-III N_2}{II 2a (Cs, Sr, SiO_2)}$
4	Матарушка Бања	$M_{1,39-1,48}$	$\frac{HCO_3^{87} Cl_{10}}{Na+K_{57} Mg_{26} Ca_{14}}$ Q>10,0	HCO <sub>3</sub> (II)	Na-Mg (5)	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, F, Cs, Sr, Li, Rb, Mn, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B II-III N_2}{II 5a (H_2, S, F, SiO_2)}$

Tab. 2. наставак  
Tab. 2. continuation of the table

Реон	Локалност	Формула хемијског састава	Температура	Класа	Подкласа	Гасни састав	Специфичне компоненте	Класиф. индекс
4	Врњачка Бања (Топли)	$M_{1,77} \frac{HCO_3^-}{Na+K_{70}Mg_{19}Ca_{11}}$ $Q>6,0$	T=36°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	CO <sub>2</sub>	Sr, Li, Rb, Ba, Cs, F, SiO <sub>2</sub>	$\frac{V III-V CO_2}{II 6a (Sr, Li, Rb, SiO_2)}$
4	Јошаничка Бања	$M_{0,3} \frac{CO_3+HCO_3^- Cl_{1,6} SO_4^-}{Na+K_{49} Mg_{2,4} Ca_{2,4}}$ $Q>30,0$	T=22-78,5°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Na-Mg-Ca (3)	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, F, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B II N_2}{II 3a (H_2S, F, SiO_2)}$
4	Јуковска Бања	$M_{1,56} \frac{HCO_3^- SO_4^-}{Na+K_{3,4} Mg_{5,2} Ca_{4,1}}$ $Q>20,0$	T=24-61°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Na-Mg-Ca (3)	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, F, Sr, Li, Zn, As, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B III-V CO_2}{II 3a (H_2S, F, SiO_2)}$
4	Новопазарска Бања	$M_{1,72} \frac{HCO_3^-}{Na+K_{7,9} Mg_{10}}$ $Q>3,0$	T=30-54°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, Ra, F, Li, Sr, Rb, Cs, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B III-V N_2}{II 6a (H_2S, Ra, F)}$
5	Врдник Бања	$M_{0,89} \frac{HCO_3^- SO_4^-}{Mg_{4,6} Na+K_{2,5} Ca_{2,5}}$ $Q>6,0$	T=33°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Mg-Na-Ca (3)	N <sub>2</sub>	F, Sr, Ba, Li	$\frac{B III-IV N_2}{II 3a (F, Sr, Ba)}$
5	Бања Ковиљача	$M_{1,4} \frac{HCO_3^- Cl_{2,0}}{Na+K_{41} Ca_{3,0} Mg_{2,7}}$ $Q>20,0$	T=15-30°C	HCO <sub>3</sub> -Cl (VII)	Na-Ca-Mg (3)	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, Sr, Li, Ra	$\frac{B III-IV N_2}{VII 3a (H_2S, Sr, Li)}$
5	Радаљска Бања	$M_{0,18} \frac{CO_3+HCO_3^- Cl_{1,3}}{Na+K_{89}}$ $Q>5,0$	T=14,5-30°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, F, Li, Ra, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B I N_2}{II 6a (H_2S, F, SiO_2)}$
5	Овчар Бања	$M_{0,64} \frac{HCO_3^-}{Ca_{6,0} Mg_{3,2}}$ $Q>30,0$	T=35-38°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Ca-Mg (2)	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S, Sr, SiO <sub>2</sub>	$\frac{B II-IV N_2}{II 2a (H_2S, Sr, SiO_2)}$
5	Прибојска Бања	$M_{0,45} \frac{HCO_3^-}{Ca_{5,7} Mg_{3,8}}$ $Q>50,0$	T=36,5°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Ca-Mg (2)	N <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub> , Ra	$\frac{B II N_2}{II 2a (SiO_2, Ra)}$
6	Меленци Бања	$M_{1,65} \frac{Cl_{1,88} HCO_3^-}{Na+K_{92}}$ $Q=0,25$	T=92°C	Cl (VIII)	Na (1)	CH <sub>4</sub>	F, Br, J, Fe, Ra, Sr, Ba, HPO <sub>4</sub>	$\frac{B III CH_4}{VII b (F, Br, J)}$
6	Бања Кањижа	$M_{1,65+4,3} \frac{HCO_3^- CO_3^{2-}}{Na+K_{7,8} Ca_{1,2}}$ $Q=6,0$	T=27,5-63°C	HCO <sub>3</sub> (II)	Na (6)	CH <sub>4</sub>	F, Sr, Ba, HVO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub>	$\frac{B III CH_4}{II 6a (F, HVO_2, SiO_2)}$
6	Јунаковић Бања	$M_{5,6+6,6} \frac{Cl_{6,0} HCO_3^-}{Na+K_{96}}$ $Q>1,0$	T=25-25,9°C	Cl-HCO <sub>3</sub> (VII)	Na (1)	CH <sub>4</sub>	HVO <sub>2</sub> , SiO <sub>2</sub> , Sr, Ba	$\frac{B III CH_4}{VII 1b (HVO_2, SiO_2)}$

хидрокарбонатне и хлоридне класе са одговарајућим подкласама између њих, са натријумском подкласом, изузетно са натријумско-калцијумском, односно амонијум-натријумском подкласом. По правилу ове воде имају повишене рН вредности, као и да се у дубљим деловима Панонског басена могу очекивати воде са температуром преко 50 °С, односно у дијапазону од 20–100 °С.

Са балнеолошког аспекта најважније компоненте лековитих вода Панонског басена су: јод, бром, силицијум, стронцијум, литијум, бор, флуор и органске материје. Метасилицијумска и метаборна киселина чест су пратилац минералних –лековитих вода Панонског басена. У већим концентрацијама јављају се у мезозојским, миоценским и понтијским водама. Ове воде веома су цењене у свету и многе европске бање успешно их користе.

## Закључак

Класификација Иванова В. В., узима у обзир све основне видове минералних вода, независно од њи-

ховог места појављивања и практичног значаја. На примеру минералних вода Србије показана је могућност њене примене (Табела 2).

## Литература

- ИВАНОВ, В.В. 1977. Генетскаја класификација минерализованих вод земној кори. Вопросы гидрогеологии минерал. Вод., том XXIV, 159–206, Изд. Науч.- Исслед. Инст. Курортологии и физиотерапии, Москва.
- ИВАНОВ, В.В., НЕВРАЕВ, Г.А. 1964. Класификација подземних минералних вод. Изд. “Недра”, Москва.
- Филиповић, Б. 2003. Минералне, термалне и термоминералне воде Србије. Удружење бањских и климатских места Србије, Институт за хидрогеологију, 207–229, Београд.



## Хидрогеолошки услови неогених наслага и могућности флаширања вода у Витојевачком Пољу – Врњачка Бања

### Hydrogeological Conditions of Neogene Deposits and Possibility of Water Exploitation at Vitojevačko Polje – Vrnjačka Banja

БРАНИМИР ЛАЗИЋ<sup>1</sup>, ВЛАДИМИР ЛАЗИЋ<sup>2</sup> & ЈОВАН НИКОЛИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** У Витојевачком Пољу, на делу терена између Новог Села и Врњаца, у непосредној близини Врњачке Бање, у претходном периоду су изведена обимна хидрогеолошка истраживања која су резултатом отварањем два изворишта висококвалитетних подземних вода, које у потпуности одговарају важећем правилнику за флаширане воде. Истраживања, чији је крајњи циљ био управо утврђивање услова и могућности захватања подземних вода које се могу флаширати, започета су 1998. године извођењем геоелектричног сондирања терена, настављена су израдом истражних бушотина и експлоатационих могућности бунара, а завршена су испитивањима квалитативних карактеристика вода и утврђивањем експлоатационих могућности бунара. Извориште тренутно чине четири експлоатациона бунара из којих се укупно може експлоатисати око 30 l/s воде. Воде се захватају из издани формиране у пукотинском систему пешчара и бреча у базалном делу неогене серије.

**Кључне речи:** Врњачка Бања, Витојевачко поље, неоген, бунари, флаширане воде.

**Abstract.** In Vitojevačko field, near Vrnjačka Banja, detailed hydrogeological research was done in Vitojevac field, in the immediate vicinity of Vrnjačka Banja, which resulted in starting with exploitation of a source with high quality groundwater, which is completely in accordance with the current Serbian Regulations for bottled water. Research, whose final aim was exactly determination of the conditions and the possibilities for the abstraction of groundwater which could be bottled, began in 1998. by starting with electrical-resistivity sounding. In continuation, exploratory boreholes and production wells were drilled and, at the end, qualitative characteristics of the water were evaluated and extraction capacity of the wells was determined. At this moment, the source consists of four production wells, from which it could be abstracted about 30 l/s. Water could be abstracted from the aquifer formed in the fracture system of sandstone and breccia, in the basal layer of the Neogene period.

**Key words:** Vrnjačka Banja, Vitojevac field, Neogene, wells, bottled water.

## Увод

Подручје Врњачке Бање је у последњих тридесетак година било предмет бројних хидрогеолошких истраживања која су омогућила откривање неколико интересантних појава подземних вода које се данас користе у балнеолошке сврхе (“Снежник”, “Топли извор”, “Језеро” и “Слатина”). Осим четири од давнина позната локалитета на којима се воде употребљавају као лековите, на подручју бање, пос-

тоји и неколико изворишта са којих се воде користе или се могу користити за флаширање. Једна од перспективнијих зона у којој већ постоје два изворишта на којима се захватају воде за флаширање, налази се у Витојевачком пољу. Хидрогеолошка истраживања маломинерализованих вода, на том терену су изведена у периоду од 1998. до 2008. (Лазич и др. 2005, Ђокић и др. 2007, Николић и др. 2009), а обухватила су геоелектрично сондирање, израду четири истражне бушотине и четири експлоа-

<sup>1</sup> Хидрогеоцентар, Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане. Е-mail: lazic\_bane@yahoo.com

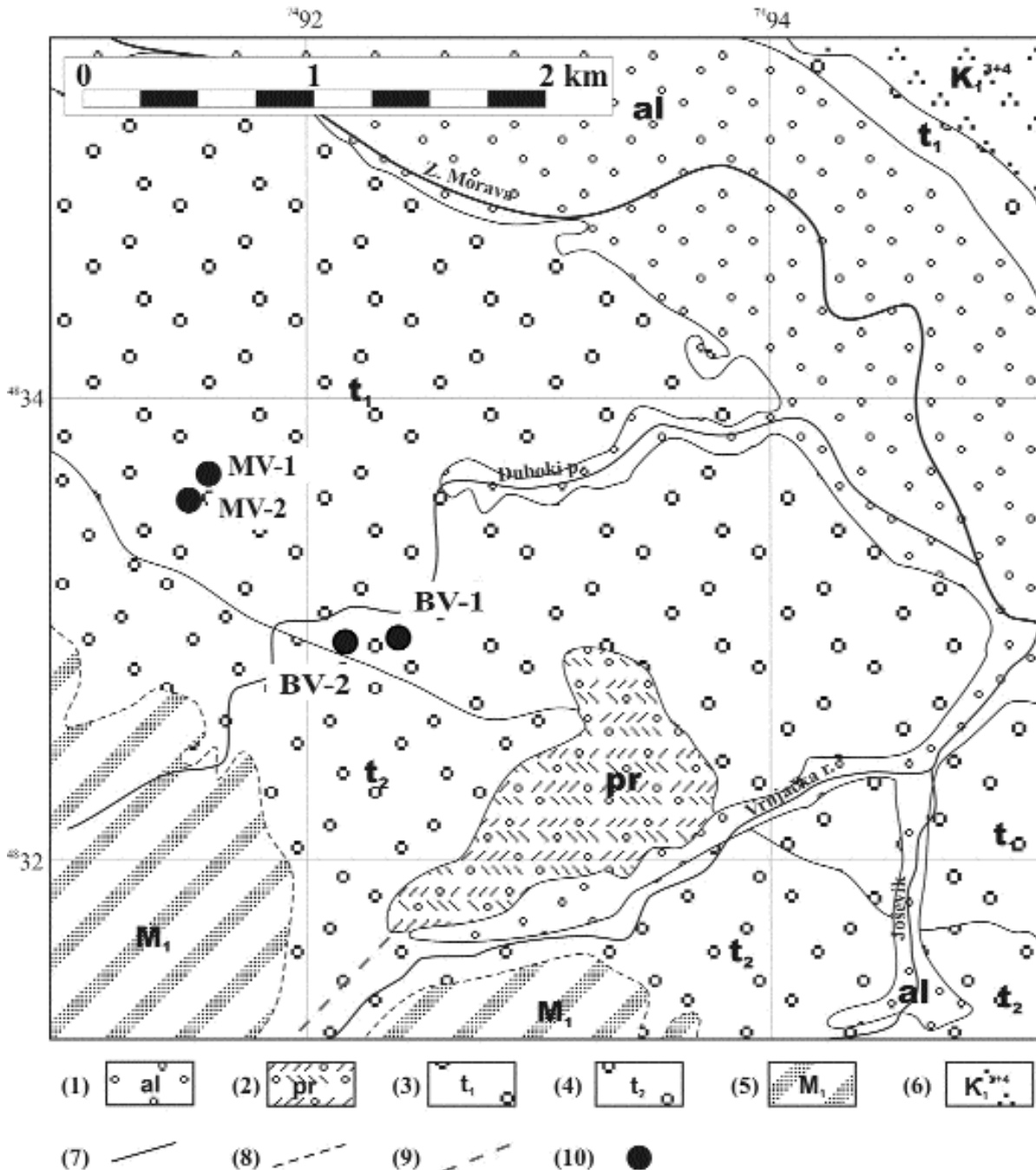
<sup>2</sup> Хидрогеоцентар, Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане. Е-mail: lazichg@bitsyu.net

<sup>3</sup> Хидрогеоцентар, Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане. Е-mail: jocahg@yahoo.com

тациона бунара МВ-1, МВ-2, БВ-1 и БВ-2. Извориште са бунарима БВ-1 и БВ-2 је у власништву предузећа „Вода Врњци“, и налази се око 1200 м северно од бање и на удаљености од око 500 м од пута Врњачка Бања–Краљево. Друго извориште, са бунарима МВ-1 и МВ-2, лоцирано је у Новом Селу, и у власништву је предузећа „Влајковић-Глобус“. Положај наведених бунара дат је на слици 1.

### Геолошке карактеристике ширег подручја Витојевачког поља

На терену је заступљен велики број литолошких јединица, палеозојске, неогене и квартарне старости (сл. 1).



Сл. 1. Шематска хидрогеолошка карта ширег подручја Витојевачког поља. Легенда: 1) алувијум (збијени тип издани); 2) пролувијум (збијени тип издани); 3) речна тераса  $t_1$  (збијени тип издани); 4) речна тераса  $t_2$  (збијени тип издани); 5) седиментно вулканогена серија (сложени тип издани); 6) флиш: алевролити, пешчари и глинци (условно „безводни“ делови терена); 7) нормална геолошка граница утврђена; 8) нормална геолошка граница покривена; 9) расед покривени; 10) истражно-експлоатациони бунар

Fig. 1. Schematics hydrogeological map of the investigate area Vitojevačko polje

Палеозојске творевине представљају најстарије стенске масе, а чини их комплекс лискуновитих шкриљаца и калкшиста са сочивима мермера и комплекс серпентинита. Нису видљиви на површини терена, али је истражним бушењем њихово присуство констатовано испод квартарних и неогених седимената. Палеозојски шкриљци су доминантне стенске масе у теренима јужно и западно од Врњачке Бање. Као и шкриљци, ни серпентинити нису откривени на површини у зони Витојевачког поља, али су бушењем регистровани у подини квартарних неогених наслага. Мезозојске творевине су представљене доњокредним флишним комплексима алевролита и пешчара. На површини терена се простиру североисточно од Витојевачког поља (слика 1). Неогене творевине чини веома хетероген комплекс изграђен од глина, лапора, конгломерата и туфова. Простиру се југозападно од изворишта у Витојевачком пољу. У базалном делу ове серије, заступљени су пешчари, серпентинитске брече и конгломерати у оквиру којих су акумулиране подземне воде које се захватају бунарима МВ-1, МВ-2, БВ-1 и БВ-2. У подини неогене серије, бунаром МВ-2 су на дубини од око 250 m набушени серпентинити. Од квартарних творевина развијени су алувијални, пролувијални и терасни седименти изграђени од шљункова, пескова и ређе од глина.

### Хидрогеолошке карактеристике ширег подручја Витојевачког поља

У оквиру палеозојских лискуновитих шкриљаца и амфиболита, са сочивима, односно прослојцима мермера, акумулиране су значајне количине минералних вода (пукотински тип издани).

Серпентинити се одликују пукотинском порозношћу у оквиру које циркулишу изданске, односно минералне воде. Серпентинити су тектонизирани у великој мери, што се свакако директно одражава на укупне филтрационе карактеристике, а тиме и на интензивнију циркулацију вода. У оквиру серпентинита је издвојен пукотински тип издани.

Кредна флишна серија седимената представља слабо водопропусну средину, тако да је ова јединица сврстана у условно „безводне“ делове терена.

У оквиру алувијалних, терасних и пролувијалних наслага пескова и шљункова формиран је збијени тип издани.

Неогени комплекс стена откривен је на површини терена у два локалитета, како је приказано на слици 1. Неогене насlage се простиру испод танког слоја алувијалних, терасних и пролувијалних пескова и шљункова. Велико развиће у плану и релативно велика дебљина неогеног комплекса, као и разноврсност литолошких чланова, од глиновитих, лапоровитих пескова, шљункова, пескова, пешчара, туфова и сличних, у сваком случају представља

значајну литостратиграфску јединицу са заступљеним различитим типовима порозности. У песковима и шљунковима је заступљен збијени тип издани, док је у пешчарима, конгломератима и сличним стенама заступљен пукотински тип издани. Из тих разлога у оквиру неогеног комплекса стена издваја се сложени тип издани добре изданости, што су потврдила истраживања у зони Новог Села и Витојевца. Према литолошком саставу и хипсометријском положају водоносних слојева, типу порозности и хидродинамичким условима, у неогену се могу издвојити две целине, односно:

- збијени тип издани са субартеским нивоом у песковима и шљунковима у горњем делу неогеног комплекса

- пукотински тип издани са артеским нивоом у стенама базалне неогене серије

Песковито-шљунковити слојеви залежу до дубине од око 50–60 m. У њима су констатоване подземне воде субартеског карактера слабе водоносности.

Што се тиче дубљих делова терена, истражно-експлоатационим објектима МВ-1 (дубина 166 m) и МВ-2 (дубина 251(550) m) у Новом Селу и БВ-1 (дубина 215 m) и БВ-2 (дубина 264 m) у Витојевцу, констатовано је више појава подземних вода са нивоом под притиском, с тим да су оне испод 100 m дубине артеског карактера. Воде се јављају у пукотинском систему пешчара и бреча у базалном делу неогена, у чијој су подини серпентинити. Изданости бунара којима се захватају воде из овог дела сложене издани су око 1–2 l/s самоизливом и око 5–10 l/s црпењем. Издан се прихрањује инфилтрацијом површинских вода и атмосферских падавина у залеђу, јужно од Витојевачког поља, затим из дубљих делова терена дуж маскираних раседних структура. Дренирање издани се природним путем одвија углавном истицањем под притиском у терасне, алувијалне и пролувијалне насlage, и вештачки помоћу истражно-експлоатационих бунара. Иако су урађена само четири експлоатациона објекта којима је каптиран део сложене издани у неогеним седиментима, може се констатовати да се ради о веома перспективној издани чије истраживање треба наставити и у наредном периоду.

За ову издан је веома важно нагласити да су услови заштите изузетно повољни, услед постојања водонепропусних слојева у повлати чија се дебљина креће око 100 m.

### Приказ изведених истраживања и добијених резултата

Почетне истраживачке активности у Витојевачком пољу односе се на геоелектрично сондирање терена у зони Новог Села, које је изведено на неколико тачака са АБ/2 = 250 m. Анализом добијених резултата дошло се до закључка да се на дубинама

испод 100 m може очекивати појава подземних вода, што је у току 1998. године и потврђено израдом најпре истражне бушотине, а затим и бунара МВ-1 дубине 166 m. Од површине терена до 105 m уграђена је и цементирана ПВЦ експлоатациона колона пречника 140 mm. Водопријемни део бунара, у интервалу од 105 до 166 m, није зацењен, а представљен је пешчарима и бречмама. Многобројним тестовима црпења, као и дуготрајном експлоатацијом за потребе флаширања воде под називом “Врњачко врело” у погону предузећа “Влајковић-Глобус”, доказане су експлоатационе могућности бунара МВ-1 од 4,2 l/s, а динамички ниво је на 4,86 m. Када се не врши црпење, на бунару се веома брзо успоставља самоизлив од 2 l/s. Коefицијент филтрације је добијен графоаналитичком обрадом теста црпења и износи  $4.5 \times 10^{-6}$  m/s. У току 2005. године на око 300 m југозападно од бунара МВ-1 је изведен још један, са ознаком МВ-2 и дубине 251 m. У бушотину је до дубине од 108 m, уграђена и цементирана експлоатациона колона од прохрома, пречника 168 mm. Интервал од 108 до 251 m, у којем је регистрован прилив вода остао је незацењен. Самоизлив је износио 0,9 l/s, а издашност од 4 l/s, уз остварени динамички ниво на 20 m. Бунар МВ-2 је касније продубљен до око 550 m у циљу утврђивања услова за захватање минералних вода, али је при бушењу кроз серпентините и шкриљце испод 250 m, констатовано да су они безводни.

Обимнији истражни радови у Витојевачком пољу, за потребе предузећа „Вода Врњци“, настављени су 2006. године извођењем геоелектричног сондирања терена на преко 20 тачака са АБ/2 = 250–500 m. Детаљном анализом резултата геофизичких испитивања којима је обухваћен значајан простор, издвојене су перспективне зоне на којима је касније истраживачки процес настављен израдом најпре једне истражне бушотине дубине 215 m на око 1200 m од изворишта у Новом Селу. У току и након завршетка бушења, вршена су одређена мерења и осматрања на основу којих је донета одлука да се изврши претварање истражне бушотине у истражно-експлоатациони објекат. Бунар БВ-1 је урађен у другој половини 2006. године до дубине од 215 m. Од површине терена до 110 m, у бушотину је уграђена и цементирана експлоатациона колона од прохрома пречника 168 mm, док је од 100 до 215 m уграђена упуштена конструкција од прохрома, пречника 101 mm. Водопријемни интервали су издвојени на основу резултата истражног бушења као и на бази података добијених анализом дијаграма геофизичког каротажа, и налазе се на следећим дубинама: од 110 до 120 m, од 146 до 150 m и од 167 до 210 m. Величина самоизлива се креће око 2,5 l/s. Обрадом података хидродинамичког тестирања, утврђена је оптимална издашност бунара БВ-1 од 8 l/s, при динамичком нивоу од 12,7 m. Вредности хидрогеолошких параметара, тј. коefицијента филтрације су  $7,78 \times 10^{-5}$  m/s

и коefицијента трансмисибилности су  $4,44 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (по Јасоб-у).

У првој половини 2008. године, у зони бунара БВ-1 су изведена додатна геофизичка испитивања на три сонде, након чега је донета одлука да се на око 150 m од наведеног бунара уради још један истражно-експлоатациони објекат са ознаком БВ-2. Прво је изведена истражна бушотина до дубине од 264 m, након чега је урађен геофизички каротаж на основу кога су дефинисани интервали који ће бити каптирани. Од површине терена до 113,5 m уграђена је и цементирана експлоатациона колона од прохрома пречника 219 mm. Упуштена конструкција, такође од прохрома, пречника 101 mm, уграђена је од 105 до 264 m. Филтерски сегменти се налазе у следећим интервалима: од 130 до 136 m, од 150 до 156 m, од 168 до 210 m и од 240 до 252 m. Оптимална издашност бунара БВ-2 је утврђена експлоатационим црпењем, и износи 10 l/s са динамичким нивоом на 8,74 m. На бунару БВ-2 је регистрован самоизлив од око 2l/s. Обрадом теста црпења добијене су следеће вредности хидрогеолошких параметара и то коefицијент филтрације  $5,51 \times 10^{-5}$  m/s и коefицијент трансмисибилности  $2,97 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/s (по Јасоб-у).

Бројним комплетним и скраћеним хемијским анализама је утврђено да се бунарима МВ-1, МВ-2, БВ-1 и БВ-2 експлоатишу веома квалитетне воде које у потпуности задовољавају све критеријуме из правилника за флаширане воде. У погледу физичких особина утврђено је да су воде без боје, мириса и укуса, са температуром од око 19–20 °C. Вредности минерализације се крећу до 600 mg/l, а укупне тврдоће око 10° dH. Вредности рН су између 7,44 и 8,02, што указује на благо алкалну средину.

На бунарима МВ-2, БВ-1 и БВ-2 у катјонском саставу доминирају јони натријума са садржајима до 200 mg/l, тј. око 65% екв. На другом месту по заступљености су јони магнезијума са вредностима до 50 mg/l, тј. око 30% екв, док су на трећем месту по значају јони калцијума са вредностима до 10 mg/l, тј. око 4% екв. У ањонском саставу доминирају јони хидрокарбоната са садржајима до 600 mg/l, тј. око 95% екв. Сулфатни и хлоридни јони се налазе у занемарљиво малим концентрацијама. Према садржају катјона и ањона воде из предметних бунара припадају хидрокарбонатној класи-натријумској групи по класификацији Алекина. Хемијски састав анализираних вода представљен је формулом Курлова:

$$M_{0,7} \frac{HCO_{95}^3}{Na_{65}Mg_{30}} T_{20,5} pH_{7,8}$$

Анализом резултата хемијских испитивања вода из сва четири наведена бунара, уочено је да у оквиру очигледно јединствене издани ипак постоји одређена хидрохемијска зоналност. Наиме, бунаром МВ-1 се захватају подземне воде у интервалу



од 105 до 166 m, док су осталим, поред тих каптирани и дубљи хоризонти до 215 m, односно 264 m. Каптирање водоносних слојева на различитим дубинама, показало је да су у водама из бунара МВ-1 далеко мање концентрације основних катјона и ањона, самим тим минерализације, и да је другачији њихов међусобни однос. Тако су уместо натријума, доминантнији јони магнезијума. Садржаји натријума се крећу око 25 mg/l, магнезијума око 40 mg/l и хидрокарбоната око 300 mg/l. Хемијски састав воде из бунара МВ-1 приказан је формулом Курлова:

Садржаји испитиваних микрокомпонената у

$$M_{0,25} \frac{HCO_{95}^3}{Mg_{67}Na_{23}} T_{19} pH_8$$

водама сва четири бунара су испод максимално дозвољених концентрација важећег правилника. Слично је и са вредностима измерене укупне алфа и бета радиоактивности. Резултати микробиолошких испитивања показују потпуну исправност вода.

## Закључак

Хидрогеолошка истраживања која су у зони Витојевачког поља изведена у периоду 1998–2008 година, у сваком случају су оправдала очекивања јер

је отварањем изворишта са четири истражно-експлоатациона бунара доказано да се њима може експлоатисати око 30 l/s воде веома доброг квалитета. Бројне хемијске анализе су потврдиле да се ради о водама које се без било каквог третмана могу користити за флаширање, јер задовољавају све критеријуме важећег правилника.

У наредном периоду, истраживања треба усмерити у правцу утврђивања распрострањења издани у плану и у профилу, у циљу дефинисања укупних експлоатационих резерви. Изузетан потенцијал којим се одликује збијена издан формирана у пуко-тинском систему бреча и конгломерата, треба максимално искористити и правилно усмерити, јер се поред флаширања, такве воде могу употребљавати и за водоснабдевање становништва Врњачке Бање и околних насеља.

## Литература

- ГРУПА АУТОРА: Тумач за ОГК СФРЈ 1:100000, лист Врњци. Савезни геолошки завод.
- Ђокић, В., Николић, Ј. & Лазич, Б. 2007. Елаборат о резервама подземних вода са бунара БВ-1 у Витојевачком пољу код Врњачке Бање. Фонд предузећа Хидрогеоцентар из Београда.
- Лазич, М., Николић, Ј. & Кљалић, Ж. 2005. Елаборат о резервама слабоминералних ко



## Хидрогеолошки услови повећања капацитета изворишта Кајнак за водоснабдевање Бара

### Hydrogeological Conditions of Increasing the “Kajnak” Spring Capacity for City of Bar Water Supplying

БРАНИМИР ЛАЗИЋ<sup>1</sup>, СЛАВКО ШПАДИЈЕР<sup>2</sup> и ВЛАДИМИР ЛАЗИЋ<sup>1</sup>

**Абстракт.** У периоду август 2008 – октобар 2009. у циљу повећања капацитета изворишта “Кајнак” за потребе водоснабдевања Бара извршена су обимна хидрогеолошка истраживања. Истраживања су се састојала у изради 4 истражне бушотине (Б-1 до Б-4) од којих су у бушотинама Б-1 и Б-4 извршена каротажна испитивања. На бази резултата истражног бушења изведена су два вертикална истражно-експлоатациона бунара (ИЕБ-1 и ИЕБ-2) и један коси истражно-експлоатациони бунар (ИЕБ-3). Након израде и разраде сваки бунар је појединачно тестиран, да би у завршном периоду хидрогеолошких истраживања био извршен спрегнути тест црпења сва три истражно-експлоатациона бунара са симултаним мониторингом на свим расположивим осматрачким објектима. Са нових три бунара на изворишту “Кајнак”, могуће је укупно експлоатисати 47 l/s квалитетне подземне воде.

Режим хемијског састава праћен је кроз израду већег броја комплетних и скраћених хемијских анализа, док је режим нивоа подземних вода праћен континуално током комплетног периода хидрогеолошких истраживања, како на самим каптажама које се тренутно користе за водоснабдевање Бара, тако и на постојећим и изведеним истражним објектима.

**Кључне речи:** Црна Гора, карсатна издан, разбијено извориште, спрегнути тест.

**Abstract.** In the period August 2008 to October 2009 in the aim of increasing the capacity of “Kajnak” spring, for the needs of water supplying of the city of Bar, comprehensive hydro geological researches were carried on. The researches consisted of four exploratory boreholes (from B-1 to B-4). Based on the results of the exploratory boring and well logging tests, two vertical exploitation wells (IEB-1 and IEB-2) and one oblique exploitation well (IEB-3) were made. After production and development, each well was separately tested, and in the last period of hydro geological researches multiply pumping test of all three exploratory and production wells was carried out with simultaneous monitoring on all available observation facilities. The total discharge of 47 l/s of quality groundwater was abstracted. Regime of chemical composition was monitored through number of complete and shortened chemical analysis, while the regime of groundwater level was continuously observed during complete period of hydro geological researches on spring water tapping currently used for water supply of city of Bar, as well as on existing and produced exploratory facilities.

**Key words:** Montenegro, karst aquifer, diffuse source, multiply pumping test.

## Увод

Извориште “Кајнак” налази су старом делу града Бар у Црној Гори, у делу насеља познатим под називом “Подград”, око 3 km североисточно од пруге Подгорица–Бар и око 1 km од магистралног пута Бар–Улцињ. Извориште се од давнина користи за

водоснабдевање Бара, о чему сведоче и остаци римског аквадукта. Извориште “Кајнак” је разбијеног типа и састоји се од три стална врела која су каптирана за водоснабдевање Бара, при чему се нај-узводнија каптажа “Стари Бар” користи за водоснабдевање хипсометријски највиших делова насеља Подград, док се каптажа “Бар” користи путем

<sup>1</sup> Хидрогеоцентар, Ул. Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане, Београд. E-mails: lazic\_bane@yahoo.com; lazichg@bitsyu.net

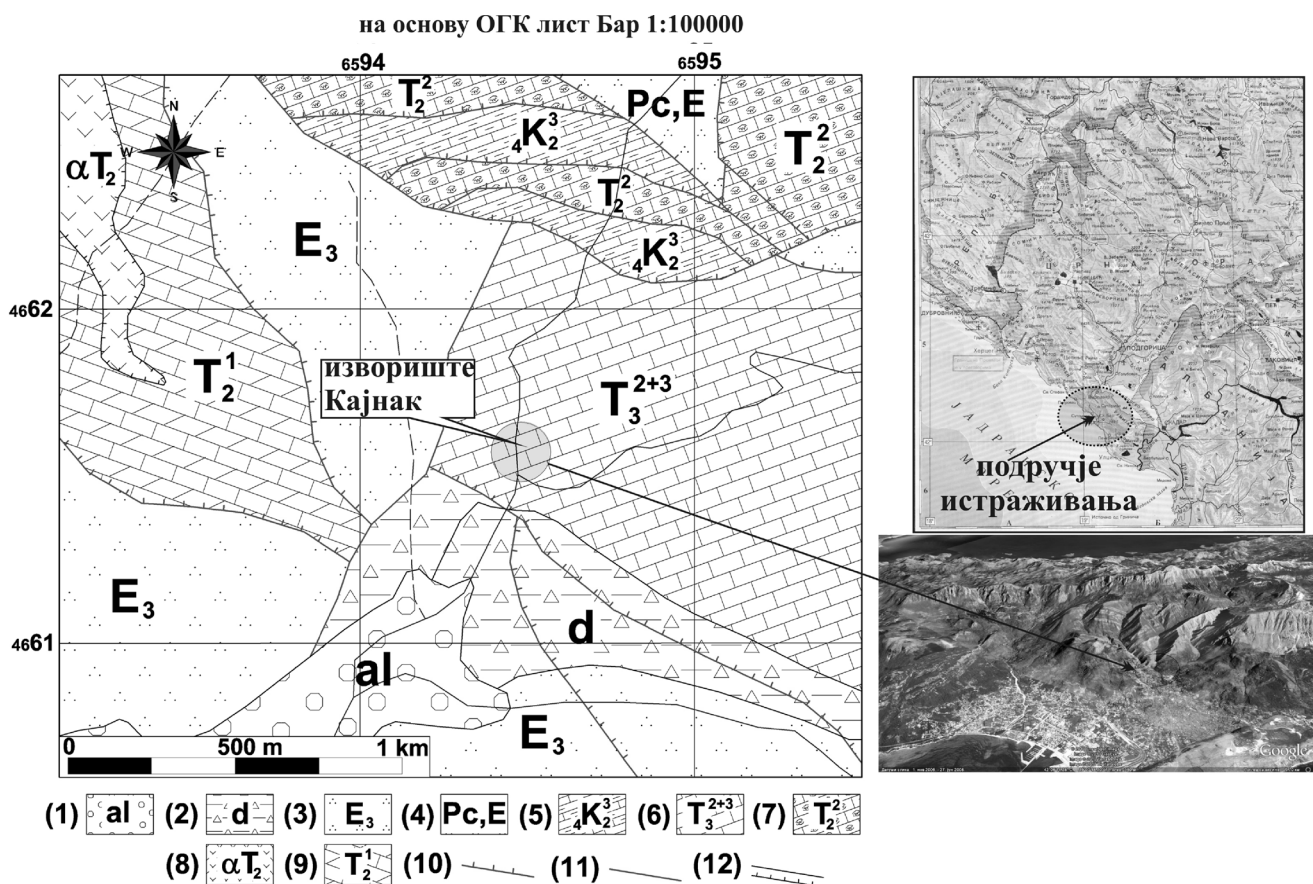
<sup>1</sup> Aqua Fides Consulting, Ул. Гандијева 46, 11070 Нови Београд, Београд. E-mail: spadijers@gmail.com

гравитационог отицања за допуну система за водоснабдевање Бара у периоду рецесије када се осећа највећи дефицит у количинама воде потребним за водоснабдевање. Каптажа “Приморка” користи се за водоснабдевање истоимене фабрике.

### Геолошко-хидрогеолошке карактеристике ширег подручја изворишта Кајнак

Шире околину изворишта изграђују три засебне тектонске јединице које су међусобно различите по структурним и хидрогеолошким одликама, а то су: делови парахтона, Цукали зоне и високог крша. Наведене јединице су изграђене од седимената мезозоика и палеогена. Тектонска грађа подручја истраживања је веома сложена и представљена је углавном разломним облицима као што су реверсни раседи-краљушти и мањим раседима локалног карактера (Мирковић *и др.* 1978).

На бази резултата хидрогеолошких истраживања у зони изворишта “Кајнак”, као и на основу геолошких карактеристика стенских маса у његовој околини, у широј зони изворишта су издвојени следећи типови издани (сл. 1): **пукотинско-картни** у оквиру стенских маса, средњег и горњег тријаса ( $T_{2,3}$ ), кречњака тријаске старости, норичког и ретског ката ( $T_3^{2+3}$ ), као и креде ( $4K_2^{3+}$ ); **пукотински** у оквиру ладинских слојевитих и плочастих кречњака са рожнацама ( $T_2^2$ ); **збијени** у оквиру алувијалних и делувијалних наслага; условно “**безводни**” делови терена у оквиру анизијског ( $T_2^1$ ) горње и доњееоценског ( $E_3$  и  $E_1$ ) флиша, и у оквиру спилита и андезита. Издан се прихрањује инфилтрацијом атмосферских талога и вода из површинских токова, у оквиру сливног подручја издани површине око 22 km<sup>2</sup>. Сливно подручје је ограничено хидрогеолошком вододелницом која се приближно поклапа са топографском. Опитима бојења изведеним у више наврата, доказана је директна хидрауличка веза



Сл. 1. Шематска геолошко-хидрогеолошка карта ширег подручја истраживања. Легенда: 1. алувијум (збијени тип издани); 2. делувијум (збијени тип издани); 3. флиш: пешчари, лапорци и глинци (условно безводни терени); 4. флиш: лапорци, пешчари и калкаренисти (условно безводни терени); 5. лапоровити и бречасте кречњаци (пукотинско-карсни тип издани); 6. банковити и слојевити кречњаци (пукотинско-карсни тип издани); 7. слојевити и плочасти кречњаци, са прослојцима рожнаца (пукотински тип издани); 8. андезити (условно безводни терени); 9. банковити и масивни кречњаци, доломити и доломитични кречњаци (пукотинско-карсни тип издани); 10. чело навлаке; 11. геолошка граница

Fig. 1. Schematics geological map of the investigate area

између површинских токова: Реке Бунар, Периног потока и Вруће реке са појавама природног истицања у зони изворишта “Кајнак” (Лазивић и др. 2005). Наведени водотоци представљају главне зоне прихрањивања издани. Границе издани чини горњо и доњосоценски флиш, који је југоисточно од Вруће реке покривен деловима Цукали зоне. У хипсометријски најнижим зонама контакта водонепропусног еоценског флиша и водоносних горњотријаских кречњака у кориту водотока Бунар, врши се дренажа издани преко неколико повремених и сталних извора, који практично представљају извориште “Кајнак”. У профилу, степен скрашћености кречњачких наслага па самим тим и водоносност, са дубином драстично смањују. У периоду јаких киша и високих вода, према неким подацима, укупна издашност изворишта “Кајнак” се креће око  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ , док у минимуму опада на свега  $60 \text{ l/s}$ .

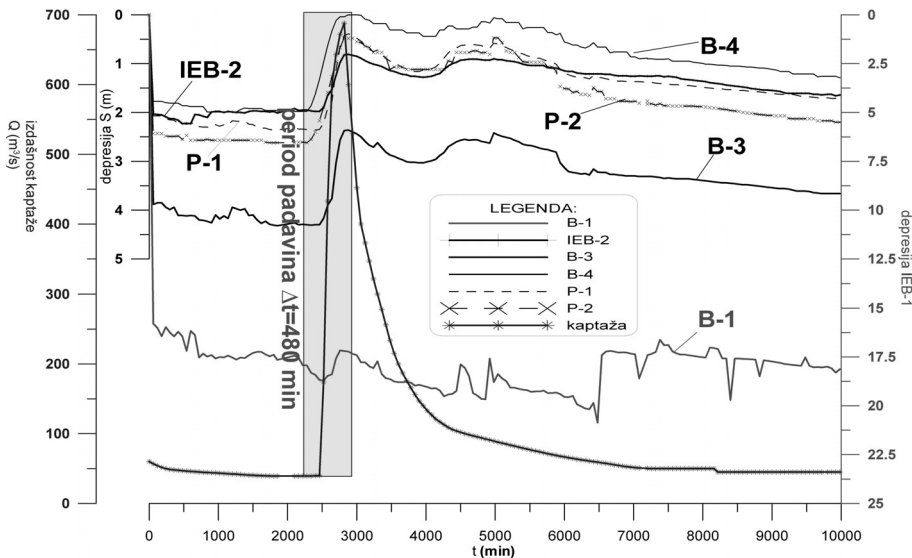
## Резултати изведених истраживања

У периоду август 2008 – октобар 2009. године у циљу повећања капацитета изворишта “Кајнак” за потребе водоснабдевања Бара извршена су обимна хидрогеолошка истраживања. У најкраћем састојала су се у изради 4 истражне бушотине (Б-1 до Б-4). На бази резултата истражног бушења изведена су два вертикална истражно-експлоатациона бунара (ИЕБ-1 и ИЕБ-2) до дубине од  $50 \text{ m}$  и један коси истражно-експлоатациони бунар (ИЕБ-3) који је избушен до привидне дубине од  $65 \text{ m}$ . Истражно-експлоатациони бунар је изведен ударно-ротационом методом под углом од  $45^\circ$  у односу на хоризонталу. На овај начин је постигнута привидна дубина од  $50 \text{ m}$ , а усмереним бушењем постигнуто је да бунар зађе више од  $50 \text{ m}$  у залеђе зоне прихрањивања, при чему је углавном пратио просторну оријентацију испуцалих и кавернозних зона. Пројектна решења урадио је Милојко Лазивић.

Истражним бушењем и извођењем каротажних испитивања утврђено је да је база карстификације релативно плитка и да не прелази више од  $35 \text{ m}$ . Генерално гледано, истражним бушењем лоцирана су два независна система циркулације подземних вода. Први се налази у интервалу  $7\text{--}15 \text{ m}$  од површине терена и одликује се изузетном испуцалошћу са појавама каверни мањег карактера. Ова зона тзв “базног отицаја”, утврђена је између бунара ИЕБ-2 и ИЕБ-3 (сл. 1). Тестовима црпења утврђена је јака хидрауличка повезаност бунара ИЕБ-2 и ИЕБ-3 како међусобно, тако и са каптажама, са прилично малим стварањем депресије, било да се црпење врши појединачно или спрегнутим радом експлоатационим капацитетима. Други систем циркулације регистрован је на дубинама од  $30$  до  $35 \text{ m}$  и он је најизраженији у зони бунара ИЕБ-1. Овај систем састоји се од микропрелина и пукотина тако да мех-

анизам циркулације подземних вода највише одговара пукотинском типу издани. Хидрауличка веза са горњим боље водопрпусним системом је слабо изражена, што је доказано извођењем и појединачног и спрегнутог теста црпења када су у овом бунару регистроване знатно веће депресије и амплитуде осцилација нивоа подземних вода, тј. тзв. “пулсирајућа циркулација”, што је случај приликом циркулације кроз системе микроиспуцалости. На бази резултата појединачног тестирања бунара, у завршном периоду хидрогеолошких истраживања извршен је спрегнути тест црпења сва три истражно-експлоатациона бунара са симултаним мониторингом на свим расположивим осматрачким објектима, који су сачињавали истражна бушотина Б-4 и пијезометри П-1 и П-2. Тест је изведен крајем септембра 2010. године, када је забележен апсолутни хидролошки минимум у последњих 5 година, са потпуним одсуством падавина у трајању више од  $90$  дана. Циљ извођења теста био је симулација експлоатационог режима рада изворишта и утврђивање расположивих количина вода које би се могле укључити у систем водоснабдевања. Режимским осматрањем варирања издашности врела у периоду од последњих регистрованих падавина (почетак јуна 2009. године) до дана почетка спрегнутог теста црпења, регистровано је континуално опадање издашности од почетних више од  $350 \text{ l/s}$ , до  $60 \text{ l/s}$  колико је регистровано на дан почетка теста. Анализом дела гране ретардационе криве методом Тарисмана, утврђени су изузетно повољни параметри врела, тако да је коефицијент прахњења указивао на добра ретензиона својства. Тест је изведен са следећим капацитетима црпења: ИЕБ-1  $Q=5 \text{ l/s}$ ; ИЕБ-2  $Q=20 \text{ l/s}$  и ИЕБ-3  $Q=22 \text{ l/s}$ , што значи да се црпело сумарним капацитетом од  $Q=47 \text{ l/s}$ . Након  $48$  сати спрегнутог црпења шире подручје Бара захватиле су олујне падавине у трајању од  $8$  часова. Ове падавине које су представљале апсолутно забележени бујични максимум у последњих  $50$  година, биле су од изузетног значаја, јер су омогућиле праћење режима издани у условима апсолутног хидролошког минимума до успостављања квазистационарних услова филтрације, а затим мониторинга брзине обнављања статичких резерви након падавина, што представља добар пример правилне регулације карстне издани. У наведеном периоду, према достављеним подацима надлежног хидрометеоролошког завода, укупно је излучено око  $300 \text{ mm}$  атмосферског талога, с тим што је у периоду тзв. “пика” поплавног таласа у временском интервалу од  $60 \text{ min}$  излучено чак  $68 \text{ mm}$  талога. Падавине су готово тренутно почеле да утичу на обнављање динамичких резерви издани и у временском интервалу  $30\text{--}60 \text{ min}$  од почетка падавина и поред наставка спрегнутог тестирања динамички ниво издани константно растао како у експлоатационим бунарима, тако и у осматрачким објектима и достигао апсолутне вред-

ности изнад статичких кота. Анализом корелативног нивограма депресије и капацитета каптаже (сл. 2), регистрована су два таласа природне прерасподеле притисака у издани (сл. 2, 3).



Сл. 2. Нивограм спрегнутог теста црпења  
Fig. 2. Drawdown Log-multiply pumping test

Први је регистрован већ након 15 min од почетка бујичних падавина, који је јасно наглашен и на слици 2, где се види да се у временском интервалу од 240 min депресија и у бунарима Б-2 и Б-3 и у осматрачким пијезометрима смањила за 2.2 m и поред константног црпења из сва три водозахватна објекта. Други талас регистрован је након 24 часа од престанка падавина, када је извршена прерасподела хидростатичких притисака у залеђу издани. Гравитациона каптажа “Стари Бар 2” која је непосредно пре почетка падавина имала капацитет 39 l/s, врло брзо се у потпуности обновила, тако да је већ након неколико часова њен процењен капацитет износио више од 500 l/s, с обзиром да су дигитални мерачи протока који су баждарени за читавања до 500 l/s испали из система, а вода је истицала не само из свих уграђених преливних одвода каптаже, већ и преко зидова каптаже. Врло је важно напоменути да су током трајања бујичних падавина и неколико дана после њих, воде које су отицале из каптажа биле изузетно замућене. Насупрот њима, воде црпене из истражно-експлоатационих бунара имале су почетну бистроћу и боју, што директно наводи на констатацију да би досадашњи начин експлоатације преко каптажа требао да се напусти и да се изведени водозахватни објекти тренутно укључе у систем водоснабдевања Бара, до реализације коначног решења водоснабдевања.

Графоаналитичком обрадом података потврђено постојање две хидраулички различите средине. Прва, у зони између бунара ИЕБ-2 и ИЕБ-3, која се од-

ликује повољним филтрационим својствима са следећим параметрима водоносне средине по Jacob-у на основу трећег снижења:  $T=2.5 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  и  $\mu=1.3 \times 10^{-3}$ . Простирање ове зоне је из правца ЈИ ка бунару ИЕБ-2.

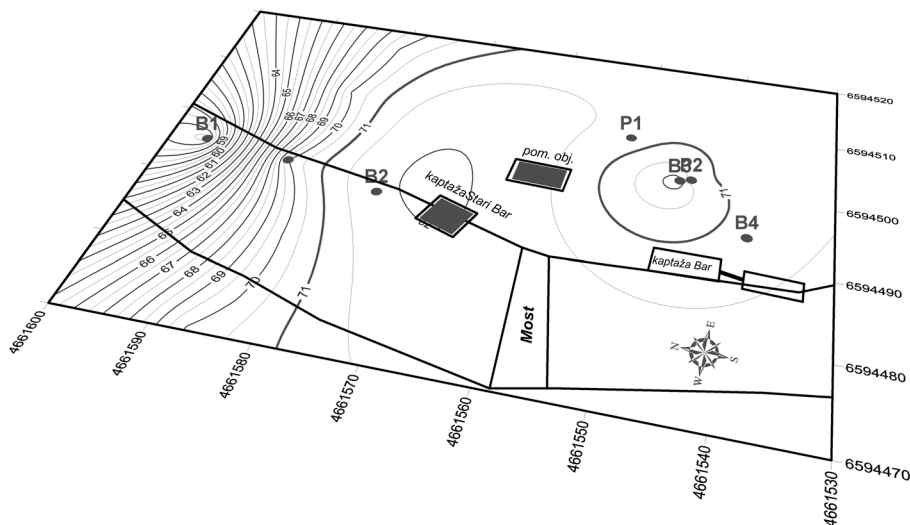
Анализом изолинија депресија приликом спрегнутог теста црпења (сл. 3), јасно се уочава да се ова зона одликује мирним пољем изолинија депресије са широком зоном између хидроизохипси 71 и 70 mpm. Разлика у оствареној депресији при појединачном и спрегнутом тестирању ова два бунара је свега 0.85 m, тако да је јасно да сваки бунар има стабилну и у великој мери независну зону прихрањивања.

Друга хидрауличка средина, у зони око бунара ИЕБ-1, знатно је неповољнијих филтрационих својстава, са параметрима водоносне средине од  $T=4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ ; и  $\mu=1 \times 10^{-4}$ .

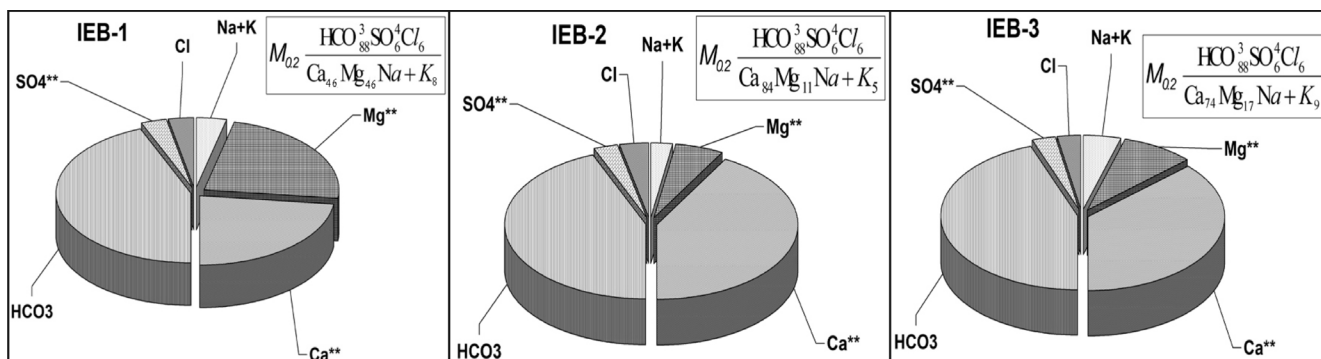
Граница између ове две средине условно договара хидроизохипси 70 mpm, а анализом изолинија депресије у оквиру зоне II, наглашен је њихов стрми пад ка бунару ИЕБ-1 са максималном забележеном котом депресије од 56.5 mpm у бунару. Ово указује да је бунар лоциран близу хидрауличке баријере, тако да не треба очекивати веће дотоке подземних вода из залеђа бунара ИЕБ-1.

Режим хемијског састава праћен је кроз израду већег броја комплетних и скраћених хемијских анализа. Испитиване воде у потпуности одражавају генетске услове настанка. Са кружних дијаграма хемијског састава (сл. 4) може се уочити разлика у хемијском саставу подземних вода из бунара ИЕБ-2 и ИЕБ-3 у односу на бунар ИЕБ-1.

Подземне воде из бунара ИЕБ-2 и ИЕБ-3 имају јасну припадност хидрокарбонатној класи-калцијумској групи према класификацији Алекина, док је код бунара ИЕБ-1 готово идентична заступљеност калцијумових и магнезијумских јона. Ово се може објаснити чињеницом да се у зони бунара ИЕБ-1 циркулација подземних вода одвија у оквиру кречњака које је у већој мери захватио процес доломитизације, тако да се нарушава баланс калцијумових јона у корист јона магнезијума, карактеристичних за доломитичне кречњаке и доломите. Такође извођењем геофизичког каротажа и геохемијским анализама набушеног језгра из ове зоне испуцалости, потврђено је да је зона циркулације подземних вода у оквиру слабије испуцалих доломитичних кречњака, који су услед свог хемијског састава мање подложни физичкој и хемијској деградацији.



Сл. 3. Изометријски план изолинија депресије при спрегнутом раду бунара  
Fig. 3. Isometric plan of drawdown



Сл. 4. Кружни дијаграм хемијског састава  
Fig. 4. Pie chart of the chemical composition

### Закључак

Хидрогеолошка истраживања изведена у периоду 2008–2009 године, у потпуности су оправдала своја очекивања и њима су отклоњене многе досадашње дилеме везане за извориште “Кајнак”. Основни закључак је да постоје велике могућности проширивања изворишта за водоснабдевање Бара. Хидродинамичким анализама доказано је да је флишна баријера потпуна јер ниво подземних вода у сушном периоду незнатно опада, тако да је формирана природна подземна акумулација са знатним резервама подземних вода. Спрегнутим тестирањем доказано је да би се пуштањем у експлоатациони рад новоизведених водозахватних објеката, могле тренутно обезбедити додатне количине подземних вода од 30 l/s које би се користиле у сушном периоду као прелазно решење, док се не изведе водо-

захватни објекат конструктивних карактеристика који би омогућио експлоатацију већих количина подземних вода из статичких резерви. С обзиром на велику брзину пропагације издани, са првим јачим падавинама долази до потпуног обнављања динамичких резерви.

### Литература

НОВАКОВИЋ, Д., ЛАЗИЋ, М., ФИЛИПОВИЋ, Б. 2005. Програм хидрогеолошких истраживања у зони изворишта “Кајнак”. Фонд стручне документације Републичког хидрометеоролошког завода, Подгорица.  
МИРКОВИЋ, М., КАЛЕЗИЋ, и др. 1978. Тумач за ОГК СФРЈ 1:100.000, листови Бар и Улцињ. Сав. геол. завод, 1–53, Београд.





## Прилог познавању хидрогеолошких карактеристика јужних падина Фрушке Горе

### Hydrogeology of Southern Foothill of Fruška Gora

ВЛАДИМИР ЛАЗИЋ<sup>1</sup>, ДАНИЕЛА МАКСИМОВИЋ<sup>2</sup>,  
ЈОВАН НИКОЛИЋ<sup>3</sup> и ВЛАДАН ЂОКИЋ<sup>4</sup>

**Абстракт.** На јужним обронцима Фрушке горе смештена су насеља Мала Ремета, Јазак и Ривица. Основни вид делатности становника ових места је, до скоро, била искључиво пољопривреда и сточарство. Услед добрих саобраћајних веза, пре свега са Румом и Новим Садам, а чисте природе овде се последњих година изградио већи број савремених воћњака. За потребе наводњавања воћњака јављају се потребе за одређеним количинама вода.

Без наводњавања се не може замислити интензивна производња високо квалитетних сорти јабука, крушке, брескве, вишања и грожђа, што је карактеристично за побрђе због повољних климатских и пољопривредних услова.

Решавање проблема водоснабдевања и наводњавања квалитетним подземним водама, као и поступност у истраживачком раду чини циљ овог рада. У раду ће детаљно бити приказане полазне основе за извођење истраживања као и резултати добијени.

Утврђено је распрострањење издани подземних вода, режим и резерве као и квалитет подземних вода. Израдом дванаест бушених бунара добијено је 58 l/s квалитетне подземне воде. Утврђене су и могућности захватања нових количила квалитетних подземних вода.

Правилним научно-истраживачким приступом решавању овако комплексног проблема као што је водоснабдевање или наводњавање, могуће је доћи до жељеног циља, што је и приказано у овом раду.

**Кључне речи:** Фрушка Гора, хидрогеологија, истражно-експлоатациони бунари, наводњавање, водоснабдевање

**Abstract.** Mala Remeta, Jazak and Rivica settlements are situated on the southern slopes of Fruška Gora. Until recently, basic types of work for these inhabitants were exclusively agriculture and cattle breeding. Owing to good lines of transportation, first of all with Ruma and Novi Sad, and owing to pure nature also, large number of modern orchards were planted recently. A need for certain quantities of water appeared for the purpose of orchard irrigation.

Solving the problem of irrigation using quality groundwater, as well as gradually in research work are the aims of this work. Starting bases for the research work, as well as the results obtained after the research will be presented in detail in the work.

Aquifer distribution, aquifer regime and reserves, as well as groundwater quality were determined. The total discharge of 58 l/s of quality groundwater was abstracted, after drilling 12 drilled wells. High quality of water was determined. Possibilities to abstract new quantities of quality groundwater were also determined.

If these complex problems, as water-supply or irrigation needs were approached using scientific research according to the rules, it would be possible to reach the desired aim, which is exactly what is presented in this work.

**Key words:** Fruška Gora, Hydrogeology, exploratory and production wells, irrigation, water-supply.

<sup>1</sup> Хидрогеоцентар д.о.о., Ул. Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане, Београд. E-mail: lazichg@bitsyu.net

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Ул. Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: dana.maksimovic@gmail.com

<sup>3</sup> Хидрогеоцентар д.о.о., Ул. Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане, Београд. E-mail: jocaahg@yahoo.com

<sup>4</sup> Хидрогеоцентар д.о.о., Ул. Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане, Београд. E-mail: djolehg@yahoo.com

## Увод

У живописном амбијенту јужних падина планине Фрушке Горе, уз далеко познате природне лепоте крајолика, смештена су насеља Мала Ремета, Јазак и Ривица (СО Ириг). Основни вид делатности житеља ових места је, до скоро, била искључиво пољопривреда и сточарство, а у скорије време узгој воћа (крушке, брескве, винове лозе и јабуке) на савременим воћњацима са системима за наводњавање. У ту сврху, у последњих година изведена су обимна геолошка и хидрогеолошка истраживања, како би се обезбедиле довољне количине подземних вода за решавање проблема водоснабдевања и наводњавања.

Подручје на којем је извршено истраживање, налази се на јужним падинама Фрушке Горе. Површина захваћена теренским истраживањима износи око 20 km<sup>2</sup>.



Сл. 1. Географски положај подручја истраживања  
Fig. 1. Geographic map of the investigate area

Терен је већим делом брдски. У последњих неколико година обновљена је мрежа локалних путева. Поред тога, треба истаћи велики значај националног парка, бање Врдник, велики број манастира, итд.

## Геолошке карактеристике истраживаног подручја

Теренским истраживањима изведеним у протеклих пар година констатовано је да геолошка грађа, јужне падине Фрушке Горе није довољно истражена, односно утврђено је незнатно одступање у односу на ону која је приказана на Основној геолошкој карти СФРЈ 1:100000, лист Нови Сад.

Због важности познавања геолошке грађе терена, до 250 m дубине, за коју се сматра да може бити од посебне важности за захватање значајних количина подземних вода, извршена су геоелектрична испитивања са преко 70 сонди, чиме су се потврдиле

претпоставке о постојању подземних вода у оквиру пескова, шљункова и конгломерата.

У геолошкој грађи терена учествују следеће литостратиграфске јединице: алувијум (alp), лес (l), делувијално-пролувијални седименти (dpr) и тортон (M<sub>2</sub><sup>2</sup>), од којих су најзначајнији седименти тортона (Чичулић и Ракић 1971).

## Тортон (M<sub>2</sub><sup>2</sup>)

Миоценске наслагае откривене су мањим делом на површини терена. По ауторима ОГК 1:100000 лист Нови Сад представљен је полигенетским комплексом стена као што су лапорци, глине, кречњаци, пескови, пешчари и конгломерати. Цела серија има дебљину до 300 m.

Најважнији литолошки чланови су пескови, конгломерати и кречњаци који су најчешће носиоци значајних количина вода.

Геоелектричним сондирањем терена у околини Ривице констатовано је више слојева песка на дубини до 250 m, који је изолован за глинено-лапоровитим седиментима велике дебљине, док је истим истраживањима констатована смена условно „безводних“ делова са кречњачком дробином или конгломератичним бречоидним материјалом у околини Мале Ремете и Јаска.

## Резултати истраживања

За обезбеђење довољних количина вода за заливање преко 600000 садница јабука, било је неопходно извести детаљна геолошка и хидрогеолошка истраживања. У ту сврху изведена су обимна геофизичка-геоелектрична истраживања са преко 70 сонди, као и само картирање терена са одређивањем перспективних зона где би се могле захватити одређене количине квалитетних подземних вода. Циљ свих истраживања чинило је бушење укупно дванаест истражно-експлоатационих бунара, чиме су се на терену доказале претпоставке и резултати претходних индиректних метода утврђивања реда литолошких чланова по вертикали и хидрогеолошке перспективности.

### Мала Ремета

Током 2007-те године за потребе израде Пројекта детаљних хидрогеолошких истраживања за потребе реовања проблема водоснабдевања предузећа „Атос-Винум“ у Малој Ремети изведена су теренска геолошка истраживања, односно геоелектрична сондирања терена са предлогом локација за израду истражно-експлоатационих бунара. Захваћена површина геолошким картирањем износила је око 10 km<sup>2</sup>.

Након анализе добијених резултата донета је одлука да се на локалитету Мале Ремете изведу четири истражне буџ отине дубине до 160 m како би се потврдиле претпоставке којима се располагало на основу претходних непосредних истраживања, у смислу постојања и залегања колектора подземних вода.

Израдом истражних буџ отина дефинисани су интервали циркулације воде у оквиру пескова, конгломератичног бречоидног материјала и кречњачке дробине. Одмах затим донете су одлуке о буџ ењу четири истражно-експлоатациона бунара ИЕБМР-1 до 138,00 m (2,5 l/s), односно ИЕБМР-2 до 100,00 m (3,5 l/s), ИЕБМР-3 до 72,00 m (5 l/s), односно ИЕБМР-4 до дубине од 156,00 m (10 l/s).

Израдом четири бунара, добијена је укупно 21 l/s. У циљу давања прелиминарне оцене о њиховим експлоатационим могућностима, у вио е наврата изведена су појединачна краткотрајна црпења из сваког од њих, где депресија није прелазила 13 m (појединачно).

Хемијске анализе вода указују на маломинерализоване подземне воде, хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијумског типа. Такође за потребе наводњавања је израчунат и коефицијент SAR-а чије вредности се крећу од 0,3 до 0,45, ѿ то указују да су воде са малом опасношћу за секундарно засољавање земљио та наводњавањем (Ђокић 2007; ЛАЗИЋ 2009, 2009а).

Ове количине вода треба да послуже за наводњавање око 60000 воћака, системом „кап по кап“ који је већ у функцији.

## Јазак

За потребе решавања проблема водоснабдевања, односно наводњавања воћњака предузећа „Vlavors group“ у Јаску, током 2009-те године, изведена су геоелектрична сондирања терена са предлогом локација за израду истражно-експлоатационих бунара. Захваћена површина геолошким истраживањима износила је око 4 km<sup>2</sup> дубинског захвата 250 m.

Утврђено је да постоје добри хидрогеолошки услови, те је донета одлука да се на локалитету Јаска изведе једна истражна бушотина дубине до 170 m. Израдом истражне бушотине дефинисани су интервали циркулације воде у оквиру пескова. Одмах затим приступило се бушењу два истражно-експлоатациона бунара БС-1 до 86,00 m, односно БС-2 до 120,00 m дубине. Израдом два бунара, добијена је укупно 7 l/s које су укључене за наводњавање 50 000 садница воћака.

Хемијске анализе вода указују да су подземне воде маломинерализоване, хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијумског типа. За потребе наводњавања је израчунат и коефицијент SAR-а чије вредности се крећу око 0,4, што указују да су воде

веома повољне за наводњавање са малом опасношћу за секундарно засољавање земљишта (ЛАЗИЋ 2009б).

## Ривица

Током 2009-те године за потребе наводњавања воћњака у склопу предузећа „Руднап аграр“ у Ривици изведена су теренска геофизичка истраживања. Захваћена површина детаљним геолошким картирањем износи око 6 km<sup>2</sup>.

Након анализе добијених геофизичких резултата утврђени су повољни хидрогеолошки услови на локалитету Кудош, те је одлучено да се изведе једна истражна бушотина дубине до 250 m. Након израде истражне бушотине, која је дефинисала пет водоносних хоризоната, у оквиру пескова и шљункова, уследило је бушење шест истражно-експлоатационих бунара БП-1 до 119,00 m, БП-2 до 142,00 m, БП-3 до 118,00 m, БП-4 до 117,00 m, БП-5 до 211 m и БП-6 до 152 m дубине.

Израдом шест бунара, добијена је укупно 30 l/s. Сваки бунар је тестиран са 5 l/s до устаљења нивоа подземних вода, где су се јавиле депресије до 20 m.

Хемијске анализе вода указују да су подземне воде маломинерализоване, хидрокарбонатно-калцијумско-магнезијумског типа. Такође за потребе наводњавања је израчунат и коефицијент SAR-а чије вредности се крећу око 0,4, што указују да су воде са малом опасношћу за секундарно засољавање земљишта наводњавањем (ЛАЗИЋ 2009в, 2010).

Воде су намењене за наводњавање 50000 садница јабуке.

## Закључак

Правилним научно-истраживачким приступом решавању комплексног проблема као што је водоснабдевање и наводњавање воћњака, а и становништва на јужним падинама Фрушке Горе могуће је решити проблем подземним водама и доћи до жељеног циља, што је и приказано у овом раду. Уз уважавање принципа економичности и правилним газдовањем природним ресурсом могуће је овакве проблеме решити за дужи период.

## Литература

- Ђокић, В., 2007. Извештај о изради истражно-експлоатационих бунара ИЕБМР-1 и ИЕБМР-2 у Малој Ремети, „Хидрогеоцентар“ д.о.о., Београд.
- ЛАЗИЋ, Б., 2009. Елаборат о резервама подземних вода са изворишта предузећа „Атос – Винум“ у Малој Ремети, „Хидрогеоцентар“ д.о.о., Београд.
- ЛАЗИЋ, Б., 2009а. Извештај о изради истражно-експло-

- тационих бунара ИЕБМР-4 и ИЕБМР-5 у Малој Ремети, „Хидрогеоцентар“ д.о.о., Београд.
- ЛАЗИЋ, Б., 2009б. Извештај о изради истражно–експлоатационих бунара БС-1 и БС-2 у насељу Јазак, „Хидрогеоцентар“ д.о.о., Београд.
- ЛАЗИЋ, Б., 2009в. Извештај о изради истражно–експлоатационих бунара БП-1, БП-2, БП-3 и БП-4 у Ривици, „Хидрогеоцентар“ д.о.о., Београд.
- ЛАЗИЋ, Б., 2010. Извештај о изради истражно–експлоатационих бунара БП-5 и БП-6 у Ривици, „Хидрогеоцентар“ д.о.о., Београд.
- ЧИЧУЛИЋ, М., РАКИЋ, О.М., 1971. ОГК СФРЈ 1:100.000, лист Нови Сад, Савезни геолошки завод, Београд.

## Нови приступ тумачењу генезе термоминералних вода Бање Ковиљаче

### New Approach to the Evaluation of Genesis of Thermomineral Waters of Banja Koviljača

МИЛОЈКО ЛАЗИЋ<sup>1</sup>, ЖЕЉКО КЉАЈИЋ<sup>2</sup> & ВЛАДАН ЂОКИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** Термоминералне воде се, у Бањи Ковиљачи, експлоатишу у балнео-терапеутске сврхе већ више од 100 година, што представља и период колико трају истраживања истих на овом простору. Нажалост, досадашњи истражни радови нису дали одговор на једно од основних питања, генезе термоминералних вода. Досадашњи приступ истраживањима био је заснован на претпоставци да се термоминералне воде Бање Ковиљаче формирају у оквиру мезозојских (кредних и тријаских) кречњака и да одатле истичу у алувијон Дрине, одакле су, све до 1991. године и експлоатисане. Због тога је изведен већи број дубоких бунара и бушотина у кредним и тријаским кречњацима, са циљем захватања термоминералних вода из примарног колектора, а самим тим и добијања вода са већом температуром. Ови радови нису дали очекиване резултате, односно показало се да мезозојски кречњаци не представљају примарни колектор термоминералних вода. Овај рад даје смернице за нови приступ наведеној проблематици, са акцентом на утврђивању улоге тортонских литотамнијских кречњака у формирању термоминералних вода Бање Ковиљаче. У том смислу предлажу се наменска истраживања на простору између реке Дрине и Бање Ковиљаче, односно у зони алувијалних наслага где су, још у 19. веку постојали извори и изданска ока са сумпоровитом водом.

**Кључне речи:** термоминералне воде, генеза, балнеотерапија, геотермална енергија, хидрогеолошка истраживања.

**Abstract.** Exploitation of thermo-mineral water in Banja Koviljača for the purpose of spa-therapeutic treatments lasts more than 100 years, and, also, during the same period, researches were done in this area. Unfortunately, recent researches haven't been successful in answering on one of basic questions which is genesis of thermo-mineral water. Recent approach to research was based on the assumption that thermo-mineral water of Banja Koviljača are being formed within Mesozoic (Cretaceous and Triassic) limestone and that from there it flows into the alluvium of the river Drina, from where it was exploited until 1991. Because of that, large number of deep wells and boreholes were drilled in Cretaceous and Triassic limestone, aiming to abstract thermo-mineral water from primary collector, and at the same time to get water with higher temperature. This work didn't give expected results, in other words it turned out that Mesozoic limestone weren't the primary collector of thermo-mineral water. This work points to a new approach to the above mentioned problems, emphasizing the determination of significance of Tortonian Lithotamnium limestone in the formation of thermo-mineral water in Banja Koviljača. In that sense, research intended for a specific purpose is suggested, in the area between the river Drina and Banja Koviljača, in other words in the zone of alluvium deposit where springs and groundwater lakes with sulfurous water existed back in 19. century.

**Key words:** thermomineral waters, genesis, balneo-therapy, geothermal energy, hydrogeological research.

### Увод

Бања Ковиљача је, у протеклих 100 година, колико траје њен прави развој, постала познат бањско-

туристички центар СЗ Србије, чувен по лековитости термоминералних вода које се данас у њему користе, за лечење и туристичко-рекреационе сврхе, тј. за балнеотерапеутске сврхе. Термоминерал-

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Ул. Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: milojkolazic@yahoo.com

<sup>2</sup> Рударско-геолошки факултет, Ул. Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: kljajiczeljko@yahoo.com

<sup>3</sup> Хидрогеоцентар, Ул. Саве Ковачевића 63, 11309 Лештане, Београд. E-mail: djolehg@yahoo.com

не воде, које истичу, односно које се црпе из бунара у подручју Бање, представљају геотермални ресурс који се може вишеструко користити за потребе интензивног и рационалног (“одрживог”) развоја Бање Ковиљаче.

Данас се у Бањи Ковиљачи користе само два ресурса термоминералних вода: лековито дејство воде и лековито дејство минералног блата. Остала два ресурса, геотермална енергија и термоминерална вода се делимично користе. Досадашња концепција истраживања термоминералних вода Бање Ковиљаче, пре свега, заснивала се на бушењу дубоких бушотина у оквиру кредних и тријаских кречњака, са циљем захватања вода веће температуре. Ова концепција није дала очекиване резултате, због чега се, у овом раду, предлаже нов приступ истраживањима, заснован на испитивањима у зони алувијона Дрине са циљем утврђивања распрострањења неогених (тортонских) кречњака на десној обали Дрине и њихове улоге у формирању термоминералних вода Бање Ковиљаче.

### **Геолошке карактеристике ближе околине Бање Ковиљаче**

У ближој околини Бање Ковиљаче присутне су стене мезозојске и кенозојске старости (сл. 1). У тектонском погледу, односно према геолошкој еволуцији налази се северно од зворничке дислокације, тј. припадају у геолошкој литератури познатом јадарском појасу или јадарској области, која је специфична по развићу тријаса у односу на дринску област јужно од ње.

Мезозоик је, на ширем простору Бање Ковиљаче, представљен стенама тријаске и кредне старости. Тријас је представљен теригеним и карбонатним творевинама доњег, делом и средњег тријаса. Седименти доњег тријаса представљени су кречњацима, пешчарима и глинцима. Седиментне стене средњег тријаса имају мање распрострањење од седимената доњег тријаса. У нижим деловима чине их доломити и доломитични, бречастни, сиви кречњаци и светлосиви плочасти кречњаци са квргама и прослојцима рожнаца. Од стенских маса кредне старости присутне су само горњокредне наслаге. У оквиру ових седимената извршено је даље рашчлањивање, и то на масивне и слојевите кречњаке, слојевите кречњаке са рудистима и пешчаре, конгломерате, глинце и кречњаке.

Кенозоик је представљен стенама терцијарне и квартарне старости. Терцијар је у подручју истраживања представљен еоценским и миоценским седиментима. Горњоеоценски седименти су представљени флишопликим творевинама и откривени су на левој страни Дрине (сл. 1). Миоцен је представљен средњетортонским седиментима који се јавља у две фазије:

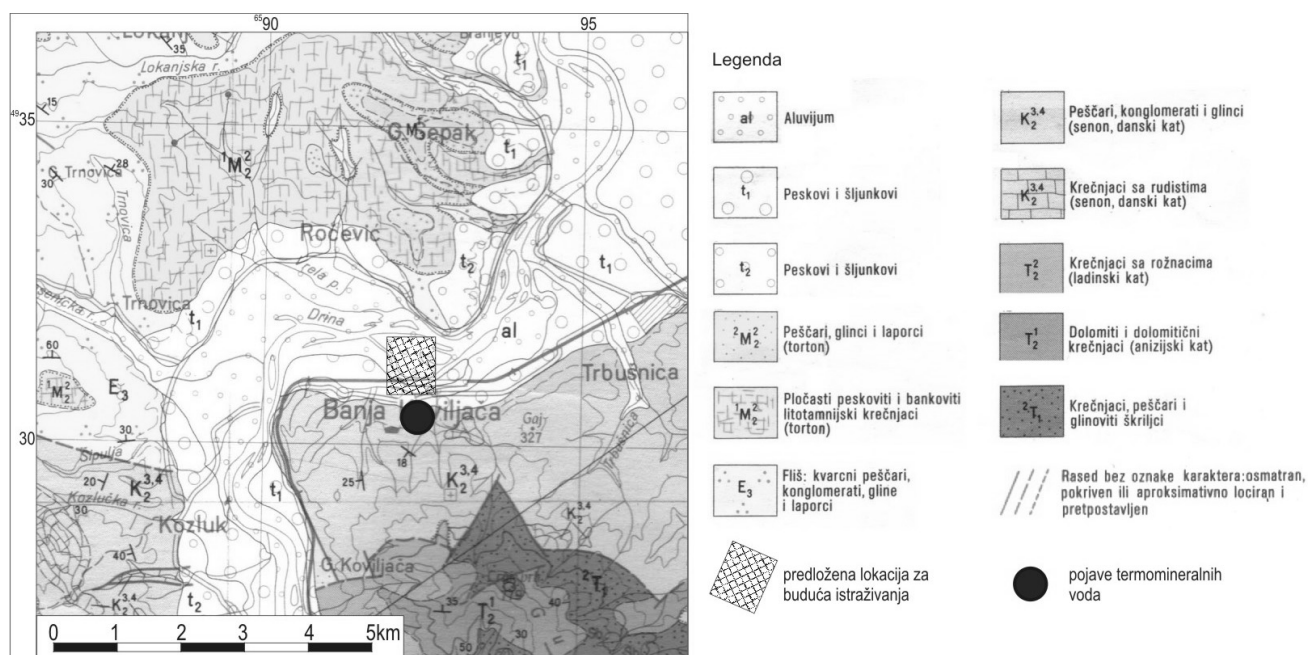
као глинци, лапорци и пешчари и као фазија песковитих плочастих и банковитих литотамнијских кречњака. Квартарне творевине представљене су алувијалним и терасним седиментима Дрине и њених већих притока. Изграђују их пескови, глине и суглине.

### **Хидрогеолошке карактеристике ближе околине Бање Ковиљаче**

Данашње извориште термоминералних вода Бање Ковиљаче је настало као последица интересантних геолошких и хидрогеолошких процеса који су се одигравали у геолошкој прошлости, од којих неки још трају. Из геолошког модела терена се може закључити да се данашње извориште налази у подручју, морфолошки гледано, кречњачког гребена на ободу некадашњег великог седиментног басена еоценске, а затим и миоценске старости. У морфолошком смислу облик овог седиментног басена је био у виду котлине настале интензивним вертикалним тектонским покретима. Поменути кречњачки гребен, изграђен од горњокредних кречњака и флиша, представља део малог тектонског блока, који се налазио на ободу некадашње котлине. Формирање котлине и еоценског седиментног басена почело је крајем горње креде и трајало је током палеоцена, у процесу лаганог тоњења терена подручја северно и СЗ од Ковиљаче дуж великих разломних зона. У току палеоцена ободни делови котлине дефинитивно постају копно, тако да кречњаци на површи терена почињу да бивају изложени процесу карстификације. У вези с тим настају мање вртаче и понори као главне хидрогеолошке појаве у данашњем терену. Тектонска кретања су била стално присутна, а најинтензивнија дуж раседа приближно паралелних ободу некадашње и данашње котлине са еоценским седиментима. Пошто су та кретања била континуална од краја горње креде, односно палеоцена, па до олигоцена, то су се дуж раседних зона стварали веома повољни услови за одвијање интензивне карстификације.

У деловима терена где је раседна зона излазила на површ поменутог гребена, стварана су удубљења знатних димензија у виду поткапина, пећина и понора, услед карстификације и интензивне површинске ерозије. Истовремено карстни канали испод вртача су се развијали, тако да до дубине од око 150 m у данашњем терену постоји развијен сплет карстних канала међусобно мање или више повезаних.

Истицање термоминералних вода се у природним условима, тј. пре израде бушотина, вршило у оним деловима терена изворишта где су се преко горњокредних кречњака налазили грубозрни алувијални седименти реке Дрине. Пошто термоминерална вода садржи висок садржај сумпорводоника, приликом њеног мешања са хладном водом из алувијона, која је максимално богата кисеоником,



Сл. 1. Геолошка карта околине Бање Ковиљаче (на основу ОГК СФРЈ 1:100000, лист Зворник) Мојсиловић *и др.* (1977)  
 Fig. 1. Geological map of the Banja Koviljaca area (based on ОГК SFRJ 1:10000, Sheet Zvornik) Mojsilović *et al* (1977)

долазило је до исталожавања црног пелоидног талога у виду муља од честица колоидног сумпора. Истовремено, веома фини глиновити материјал у кавернама на већим дубинама био је подвргнут дејству сумпорводоника и других хемијских компоненти из термоминералне воде, тако да се процес стварања пелоидног материјала стално врши. Тако створене пелоидне честице изношене су истицањем термоминералне воде у алувијални нанос Дрине у подручју изворишта и депоноване у празним кавернама, шљунку и песку. Њихово присуство данас означава зоне директног дотока термоминералне воде у алувион. Пошто је истицање термоминералне воде вршено под притиском, то је због тога створено разбијено извориште артеског типа. Артески притисак и количина термоминералне воде су били несумњиво велики и они су разнели песковити покривач преко шљункова изнад зоне директног истицања. Због тога су се на тим местима стварала изданска ока у виду језерца или “бара” испуњена термоминералном сумпоровитом (“смрдљивом”) водом. Пелоидни муљ је временом зачепљавао поједине делове песковитог покривача, тако да је тај процес, као и други узроци, био разлог промене положаја природних извора у току времена.

### Појаве термоминералних вода Бање Ковиљаче

Пре изградње копаних бунара „Вук Караџић“ и „Краљ Петар“, мало коме је у нашој стручној

јавности познато да су природна истицања термоминералних вода била на обали и у кориту Дрине, у виду разбијеног изворишта ПРОТИЋ (1995, стр. 210–212). Због честих плављења и потапања извора њихово коришћење је било ограничено временски и на неки организованији или савременији начин. Из тих разлога примарно природно извориште измештено је ван главног подручја где се данас налази и где је пре више од сто година формирано данашње извориште и модерна бања. Од тада све истраживачке активности везане су за локацију где се бања данас налази. Ова констатација је управо јак повод да се даља истраживања термоминералних вода усмере у нешто другачијем правцу што је и тема овог рада.

Термоминералне воде Бање Ковиљаче, у народу су биле познате још у 19. веку, када је стаовништво из шире околине долазило да се купа на изворима, односно на местима где су се стварала изданска ока („баре“), у зони алувијона Дрине, који су привлачили пажњу због карактеристичног мириса воде услед присуства сумпорводоника. При томе су откривена лековита својства термоминералних вода, тако да је, у народу позната „Смрдан бара“, средином 19. века, на основу указа Кнеза Михаила Обреновића, стављена под заштиту државе.

Најстарији наменски, тј. модеран копани бунар “Вук Караџић” на садашњем изворишту, израђен је пре 1900-те године, а озидан је 1919. године. Првобитна дубина бунара је била 4 m, али је касније продубљен до дубине 6,5 m и имао је пречник 1,5 m. Издашност бунара при дубини 4 m је била “мала”,

али се после продубљења повећала на 36 l/s са температуром воде 30 °C при црпљењу пумпом (износ снижења није познат, ПЕТРОВИЋ 1923). Из бунара “Вук Караџић” термоминерална вода је природно истицала једним каналом дубине 1,5 m током целе године. Други модеран копани бунар, који је израђен 1904. године под именом “Нови бунар” или “Бунар Краљ Петар”, налазио се између старог купатила и новог блатног купатила. Његова дубина је била 7,5 m, а пречник 1,5 m. Из њега је природним путем истицала минерална вода захваљујући каналу дубине око 1,5 m и одлазила у “Старо купатило” и канале у којима се справљало лековито блато.

Експлоатација термоминералних вода из копаних бунара “Краљ Петар” и “Вук Караџић” је вршена веома дуго. Бунар “Краљ Петар” је из експлоатације искључен 1980. године, а бунар “Вук Караџић”, тек 1991. године, после 80 година рада просечним капацитетом 10 l/s. Разлог за искључење из експлоатације бунара “Вука Караџић” било је загађење вода, које су из њега црпљене услед неисправних канализационих цеви у његовој близини и прелазак на бушене бунаре као сигурније објекте за експлоатацију.

После другог светског рата, започела су интензивнија истраживања термоминералних вода Бање Ковиљаче, најпре геофизичким испитивањем, а затим бушењем бушотина и бунара у зони бањског парка и његовој непосредној околини. Циљ израде ових објеката је било захватање вода из кредних и тријаских кречњака, који су означени као примарни колектор термоминералних вода. При томе се очекивале да ће се бушењем дубоких бушотина добити термоминерална вода веће температуре од оне захваћене из алувијона путем копаних бунара (30 °C). Овакав приступ није дао очекиване резултате, што се може видети из табеле 1, где је дат преглед дубина неких од изведених бушотина и бунара и температура воде у истим).

Табела 1. Преглед дубина и температуре воде у бунарима и бушотинама у зони Бање Ковиљаче

Објекат	„Вук Караџић“	„Краљ Петар“	БК-1	БК-2	БК-3	БК-1А	С-11
дубина (m)	6,5	7,5	126,3	500,0	823,0	67,0	50,0
тем. воде (°C)	28,8–30,0	29,0	29,8–30,0	28,0–29,5	30,2	28–29	30,5

Данас се експлоатација термоминералних вода врши из бунара БК-1А, који је израђен 1987. године. Он је у експлоатацију укључен 1991. године, после искључења бунара “Вук Караџић”. Бунар БК-1А је данас главни експлоатациони објекат Бање Ковиљаче и из њега се црпи просечно око 6 l/s термоминералне воде. Наведена количина представља „А“ категорију резерви које су оверене 2001. године, док су укупне резерве (А+Б+Ц<sub>1</sub>) бунара БК-1А, оверене у количини од 18 l/s Миливојевић & Мартиновић (2001, стр. 63-75). Као ре-

зервни експлоатациони објекти служе бушени бунар БК-1 и копани бунар “Вук Караџић”. Дубина бунара износи 67 m.

Према резултатима изведених испитивања термоминералне воде из бунара БК-1А у Бањи Ковиљачи припадају хидрокарбонатно-натријумско-калцијумском типу подземних вода, са следећим обликом формуле Курлова (Филиповић 2003, стр. 114):

$$M_{1,4} \frac{HCO_3 Cl_{20}}{Na + K_{41} Ca_{30} Mg_{27}} Q \geq 20$$

### Предлози за нов приступ истраживањима термоминералних вода Бање Ковиљаче

Бројна модерна истраживања која су спроведена у другој половини прошлог века на простору Бање Ковиљаче, као што се и може видети из претходног текста, нису дала јасно тумачење генезе термоминералних вода које се јављају на овом подручју. Бројни покушаји да се бушењем дубоких бушотина, пре свега у оквиру кредних, а бушотином БК-3 су набушени и тријаски кречњаци, дође до примарног колектора термоминералних вода и, самим тим, захвате воде веће температуре, нису дали очекиване резултате. Данашње стање квалитета вода и начина експлоатације се, у том погледу, не разликује битно од времена почетка прошлог века, односно данас се експлоатишу термоминералне воде истих квалитативних карактеристика и температуре као оне које су, скоро цео век, захватане копаним бунаром „Вук Караџић“. Сходно томе, вероватно је да кредни, а ни тријаски кречњаци, не могу представљати примарни колектор термоминералних вода Бање Ковиљаче.

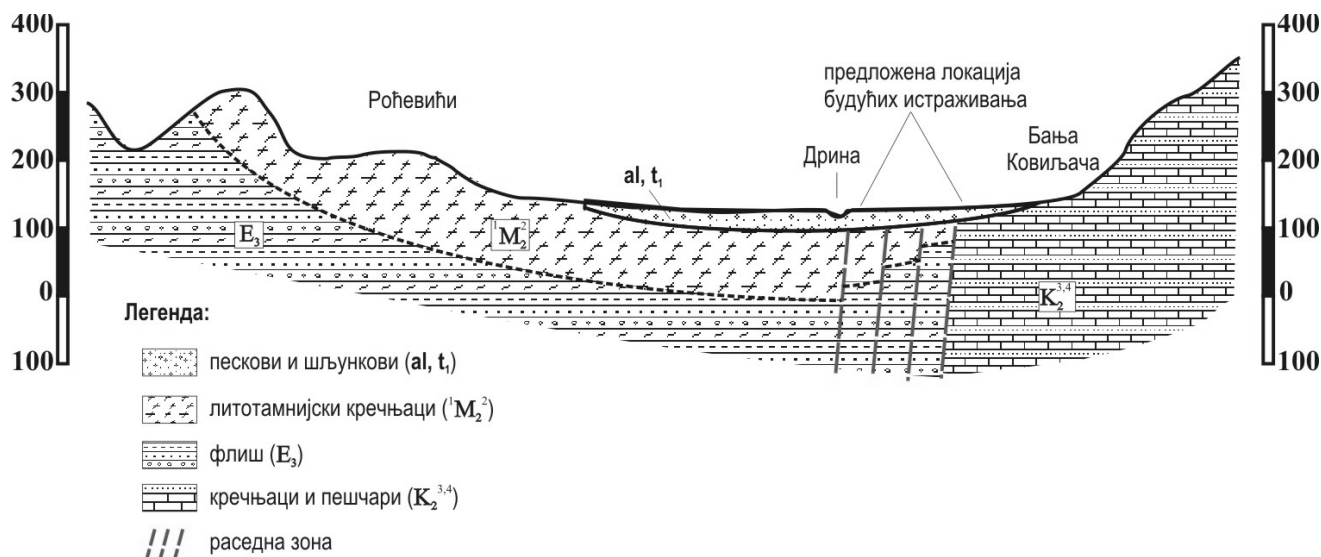
Податак да су се природне појаве, односно извори термоминералних вода налазили у зони обале Дрине, а неке од њих и у самом кориту исте, као и сам геолошко-тектонски склоп терена у околини Бање Ковиљаче, дају смернице за даљи приступ изучавању термоминералних вода на овом простору. Према мишљењу аутора овог рада, будућа истраживања би требало усмерити ка простору између реке Дрине и Бање Ковиљаче, односно зони алувијона где су и регистроване прве природне појаве (извори и изданска ока). У том смислу, као



што се може видети са шематског геолошког профила (сл. 2), потребно је испитати подину алувијалних наслага и утврдити распрострањење и хидрогеолошку улогу, пре свега тортонских литотамнијских кречњака, који би могли бити примарни колектор у коме се формирају термоминералне воде. Такође, потребно је испитати и улогу раседне зоне, која се очигледно налази испод алувијона Дрине у зони Бање Ковиљаче, где река прави оштру кривину (сл. 1) на сучељавању главних раседа маскираних Дринским наносом.

примарног колектора које успевају да се пробију кроз веома моћан и водоносан алувијон Дрине и задрже своје основне карактеристике. Имајући у виду да је, досадашњим истраживањима, утврђено да се доток термоминералних вода у алувијалне насlage не врши из кредних кречњака, потребно је променити приступ тумачењу генезе истих, а самим тим и приступ будућим истраживањима.

Дубински захват истражног бушења на делу терена од бањског парка према реци Дрини дефинисаће се геофизичким испитивањима. За сада се



Сл. 2. Шематски геолошки профил подручја Рођевићи-Бања Ковиљача

Fig. 2. Simplified geological cross-section of the Ročevići-Banja Koviljaca zone

На простору означеном на сликама 1 и 2, потребно је извести детаљна наменска истраживања, која би укључила, најпре, извођење геофизичких испитивања са површине терена, а након тога и истражно бушење у раседној зони са најмање три истражне бушотине и једним истражним бунарком као прва фаза хидрогеолошких истраживања.

Мишљење аутора рада је да ће се оваквим приступом, не само добити много јаснија слика о генези термоминералних вода Бање Ковиљаче, него и створити услови за отварање новог изворишта термоминералних вода веће температуре из самог примарног колектора. Подлогу за овакве тврдње представљају досадашња искуства у експлоатацији термоминералних вода на овом простору. Наиме, досадашња експлоатација овог минералног ресурса на подручју Бање Ковиљаче вршена је, највећим делом, из алувијалних наслага, где је долазило до мешања хладних, маломинерализованих вода из алувијона са термоминералним водама. И поред тога, копаним бунарима „Вук Караџић“ и „Краљ Петар“, захватане су воде температуре до 30 °C, што говори да постоји знатан прилив термоминералних вода из

предлаже израда 20–30 геоелектричних сонди у два профила према реци са дубинским захватом  $AB/2=750-1000$  m након чега ће се пројектовати истражна бушотина и истражно-експлоатациони бунар чиме би се завршила прва фаза и донела даља одлука о наставку истраживања.

## Закључак

Проблем тумачења генезе термоминералних вода које се експлоатишу у Бањи Ковиљачи, и након бројних наменских истраживања изведених у последњих 50-так година, остао је, највећим делом, отворен. Претпоставка да се термоминералне воде на овом простору формирају у оквиру кредних и тријаских кречњака, одакле истичу у алувијон Дрине, није потврђена извођењем бројних истражних радова (бушотина и бунара). Због тога постоји потреба за променом приступа изучавању овог вредног минералног ресурса на ширем простору Бање Ковиљаче. У овом раду су дате смернице за нови приступ наведеној проблематици, засноване

на анализи досадашњих искустава истраживања и експлоатације, али и свеукупног геолошког и хидрогеолошког склопа терена у околини Бање Ковиљаче. Тежиште новог приступа је на испитивању улоге тортонских литотамнијских кречњака у формирању термоминералних вода, због чега је неопходно извести наменска истраживања на простору између реке Дрине и Бање Ковиљаче, у зони алувијалних наслага, односно подине истих. Истраживања треба да буду планска и свеобухватна, с обзиром на сложеност проблематике и геолошких односа који владају на терену.

## Литература

- Миливојевић, М. & Мартиновић, М. 2001. Елаборат о резервама геотермалних-минералних вода изворишта Бање Ковиљаче. РГФ, Београд.
- Мојсиловић, С., Филиповић, И. и др. 1977. ОГК СФРЈ 1:100.000, Карта и Тумач за лист "Зворник" Л 34-123, СГЗ, Београд.
- Протић, Д. 1995. Минералне и термалне воде Србије. Геоинститут, Београд
- Филиповић, Б. 2003. Минералне, термалне и термоминералне воде Србије. РГФ, Београд

## Хидрогеолошке карактеристике калцијум-карбонатних литолошких јединица на листу ОХГК Нови Пазар

### Hydrogeological Characteristics of the Calcium-Carbonate Lithological Units at the BHGM Sheet Novi Pazar

ГОРАН МАРИНКОВИЋ<sup>1</sup>, НАДА СТАНИЋ<sup>1</sup>, МИЛАН ТОМИЋ<sup>1</sup> и ТАЋА ПЕТРОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Рад представља резултате хидрогеолошких истраживања реализованих кроз пројекат израде Основне хидрогеолошке карте 1:100000, лист Нови Пазар. И поред малог распрострањења карбонатних творевина, закључено је да постоје знатне подземне резерве, 100–150 l/s, као и да постоје реалне могућности за њихово значајно повећање. Хидрогеолошке карактеристике калцијум-карбонатних литолошких јединица размотрене су у односу на њихово распрострањење, геолошке и структурне услове, литолошко-минералоски састав, геоморфолошке карактеристике, хидродинамичке и остале услове. Истраживањима је закључено да највећи хидрогеолошки значај имају кристалин и мермерисани кречњак источног Копаноника (М) и кречњачке брече нижег сенона (K<sub>2</sub><sup>3</sup>). Знатно мањи хидрогеолошки значај имају песковито лапоровити седименти и кречњаџи (Т<sub>1</sub>), метаморфисани кречњаџи и доломити (Т<sub>2</sub>), слојевити кречњаџи (J<sub>3</sub><sup>2,3</sup>), масивни и слојевити кречњаџи (K<sub>1,2</sub>), лапоровити кречњаџи и лапорџи (K<sub>2</sub><sup>3</sup>), масивни спрудни кречњаџи сенона (K<sub>2</sub><sup>3</sup>) и масивни кречњаџи (М).

**Кључне речи:** Карбонатне стене, лист Нови Пазар, хидрогеолошке карактеристике хидродинамички услови, водни потенцијал.

**Abstract.** The paper aims to present the results of hydrogeological investigations carried out through project development of the Basic hydrogeological map 1:100000, the Novi Pazar sheet, or those that are result related to the lithological units of calcium-carbonate composition. In contrast to small spread of these rocks on the sheet, it was concluded that there are more than 100–150 l/s of the groundwater reserves and that there are real opportunities for their significant increase. Hydrogeological characteristics of the calcium-carbonate lithological units are considered in regards to their distribution, geological and structural conditions, lithological-mineral composition, geomorphological features, hydrodynamic and other water forming system conditions. Research has concluded that the most important hydrogeological significance has crystalline and marbleised limestone of the eastern Kopaonik (M) and limestone breccias of the lower part of Senonian (K<sub>2</sub><sup>3</sup>) development. Significantly lower hydrogeological significance have sandy-marly sediments and limestone (T<sub>1</sub>), metamorphic limestone and dolomite (T<sub>2</sub>), layered limestone DCF (J<sub>3</sub><sup>2,3</sup>) massive and layered limestone (K<sub>1,2</sub>), marly limestone and marls (K<sub>2</sub><sup>3</sup>), massive reef limestone Senonian (K<sub>2</sub><sup>3</sup>) and massive limestone (M).

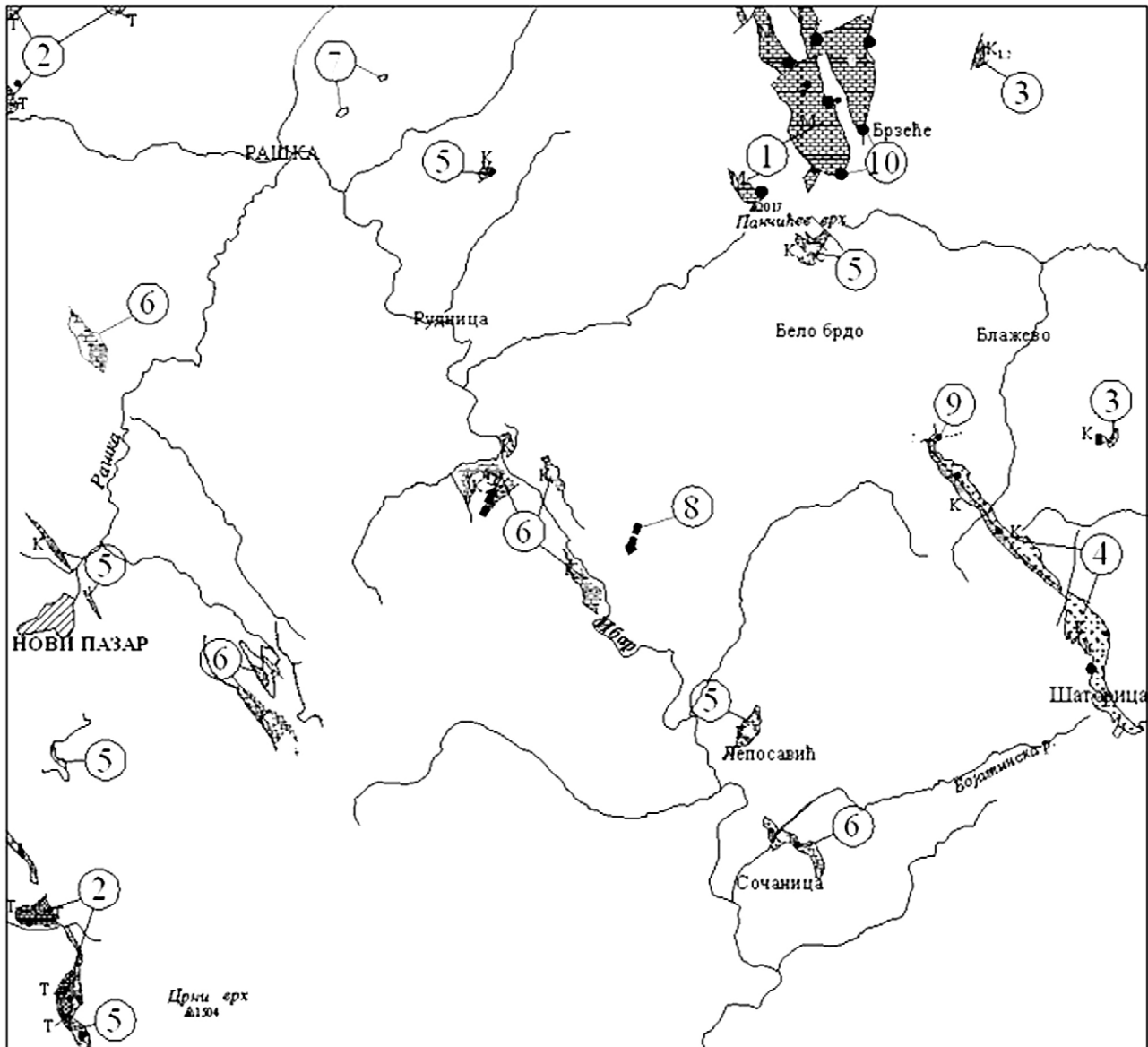
**Key words:** Carbonate Rocks, the Novi Pazar Sheet, Hydrogeologic Characteristics, Hydrodynamic Conditions, Water Potential.

## Увод

Вишегодишњим хидрогеолошким истраживањима изведеним за потребе израде Основне хидрогеолошке карте 1:100.000 Нови Пазар, утврђено је да литолошке јединице калцијум-карбонатног састава представљају значајне хидрогеолошке структуре.

Различити геолошко-историјски услови настанка и развоја терена, условили су да на подручју ОХГК Нови Пазар данас постоје калцијум-карбонатне литолошке јединице различитог састава, старости, величине распрострањења, степена тектонске оштећености и карстификованости, што све условљава и њихове различите хидрогеолошке карактеристике.

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11000 Београд. E-mail:tomicmilan@verat.net



Сл. 1. Геолошко-хидрогеолошка шематска карта распрострањења калцијум-карбонатних литолошких јединица на листу Нови Пазар. Легенда: 1. кристаласти и мермерисани кречњаци источног Копеолика (Pz-M); 2. песковито-лапоровити седименти и кречњаци и мермерисани кречњаци и доломити (Т); 3. алб-ценомански кречњаци ( $K_{1,2}$ ); 4. кречњачке брече доњег дела сенонског развића ( $K_2^3$ ); 5. масивни спрудни кречњаци сенона ( $K_2^3$ ); 6. лапоровити кречњаци и лапорци ( $K_2^3$ ); 7. масивни кречњаци (M); 8. генерални смер кретања подземних вода; 9. извор мање издашности; 10. извор веће издашности

Fig. 1. Schematic geological-hydrogeological map distribution of the calcium-carbonate lithological units on the Novi Pazar sheet. Legend: 1. Crystalline and marble limestone of eastern Kopaonik (Pz-I); 2. Sandy-marly sediments and limestone and marble limestone and dolomite (T); 3. Massive and layered limestone ( $K_{1,2}$ ); 4. Limestone breccias of the Senonian lower part development; 5. Senonian massive reef limestone; 6. Marl limestone and marl ( $K_2^3$ ); 7. Massive limestone (I); 8. The general direction of movement of groundwater; 9. spring less yield; 10 spring more yield

Циљ овог рада је да се на основу постигнутих сазнања у оквиру изведеног пројекта и ранијих истраживања, истакну основне хидрогеолошке, хидродинамичке и друге карактеристике, а у том погледу и сличности и разлике литолошких јединица калцијум-карбонатног састава издвојених на основним картама.

### Хидрогеолошке карактеристике калцијум-карбонатних литолошких јединица

Већи део терена на листу Нови Пазар карактеришу геолошке формације водонепропусних и слабо пропусних комплекса сиромашних водом. Литолошко-минералоски састав и распрострањење

калцијум-карбонатних литолошких јединица дефинисани су ОГК (Урошевић *и др.* 1973), која уједно служи као подлога за израду ОХГК. На основу структуре порозности и степена картификованости калцијум-карбонатних јединица на листу Нови Пазар (сл. 1), констатовани су карсни и карсно-пукотински типови порозности.

Основни извор прихрањивања водоносних система формираних у калцијум-карбонатним литолошким јединицама су атмосферске падавине које се инфилтрирају директно или индиректно преко површинских токова или из водоносних средина околних стена. Из претходног произилази да и режими пражњења водоносних система разматраних литолошких јединица највише зависе од режима атмосферских падавина. Генерални правци кретања површинских и подземних вода су усмерени према најнижим формама у рељефу, које за источни и централни део листа представљају алувијони Ибра са 380–500 m надморске висине, а за северозападни Радмановска и Блажевска река са 700–800 m надморске висине.

Литолошке јединице кристаластих и мермерисаних кречњака, тријаских, алб-ценоманских кречњака, масивних спрудних кречњака (осим у југозападном делу листа) и миоценских, на основу тога што имају јасно изражене зоне прихрањивања, границе распрострањења и зоне пражњења формираних водоносних средина, припадају отвореним хидрогеолошким структурама. Осим код тријаских кречњака, прихрањивање водоносних система одвија се на рачун падавина у границама ширим од граница њиховог распрострањења.

За литолошке јединице кречњачких бреча доњег дела сенонског развића, масивних спрудних кречњака сенона на југозападном делу листа и лапоровитих кречњака и лапорца, констатовано је да припадају полуотвореним хидрогеолошким структурама, и то, на основу тога што имају јасно уочљиве зоне прихрањивања, распрострањење са залегањем у подину флиша, немају изражене зоне пражњења и што им је област храњења мања од распрострањења самих литолошких јединица

### Литолошке јединице значајног хидрогеолошког потенцијала

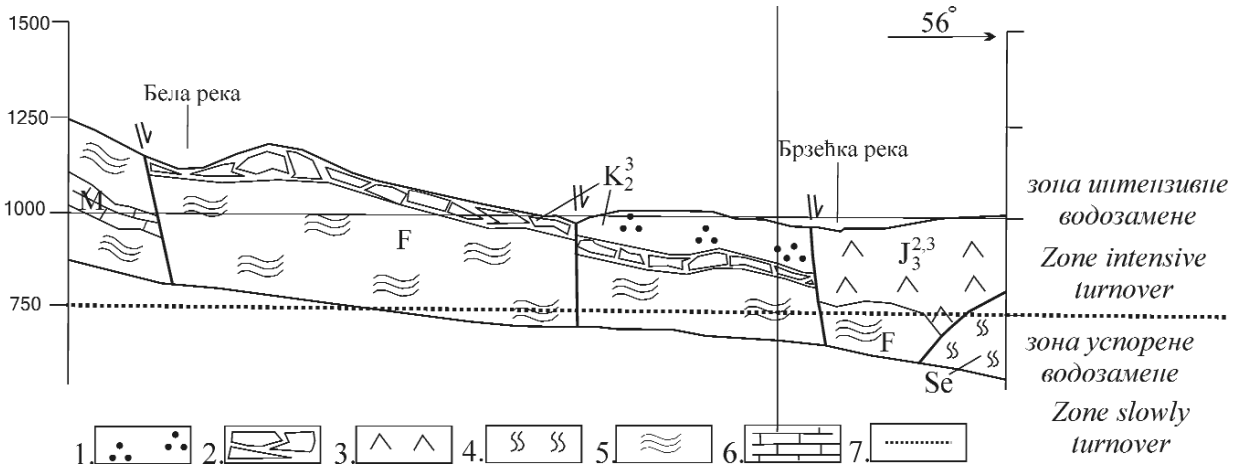
Од разматраних литолошких јединица, највеће резерве подземних вода налазе се у кристаластим и мермерисаним кречњацима источног Копаноника и кречњачким бречама доњег дела сенонског развића, са издашношћу водних појава и водозавхата до 10–50 l/s (Маринковић, 2009); а затим, знатно мањим али значајним водним потенцијалом располажу и тријаски кречњаци и масивни спрудни кречњаци сенона са издашношћу извора до 0,2–1,0 l/s

Кристаласти и мермерисани кречњаци главним делом су распрострањени на источним, генерално

јачко стрмим, падинама Копаноника. На датом подручју, укупна површина распрострањења ових литолошких јединица износи око 15 km<sup>2</sup>, а значајна је површина и некарбонатног сливног подручја које гравитира према овим стенама. Минерални састав ових стена је веома хетероген, са брзим променама калцијум-карбонатних и силикатних партија. Стене су чврсте и компактне, тако да основни простор за акумулирање и кретање подземних вода представљају раседни и пукотински системи тектонског порекла (Станић *и др.* 1995). На тај начин је условљено и линијско пружање формираних водоносних система, за које је запажено да се пружају првенствено у границама датих литолошких јединица и дуж раседних структура, а дренарају на контакту са некарбонатним стенама и у најнижим котима литолошких јединица којима припадају. Појаве дренарања су разбијеног типа, у виду зона ширине од 10 до преко 100 m, које се најчешће јављају у обалским странама, хипсометријски непосредно изнад површинских токова, формираним у уским дубоко усеченим удолинама јачко стрмих долинских страна. Карстне појаве и облици су, на пример, потпуно понирање површинског тока реке Дубока, или делимично код Брзећке и Сребрначке реке, затим, дубоко усечене клисуре, суве јаружасте удолине и др.

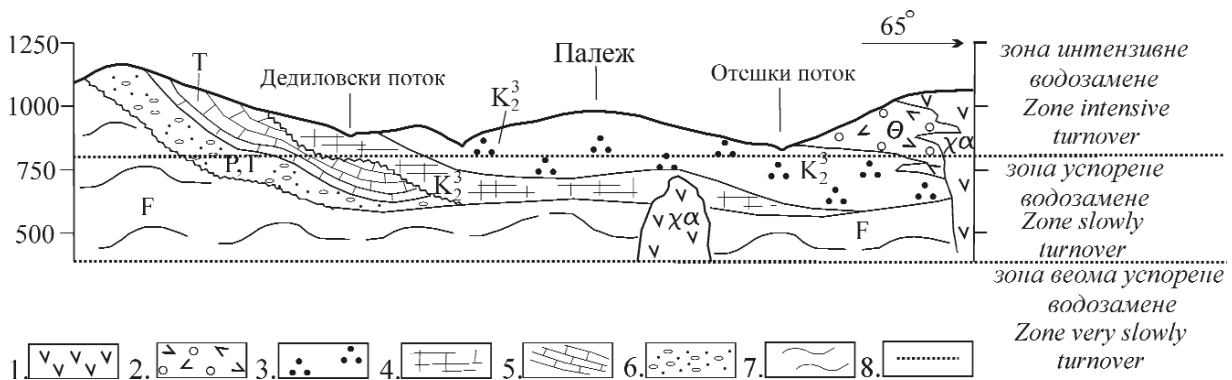
Кречњачке брече доњег дела сенонског развића малим делом су откривене на површини терена, а знатно већим залежу у доњем делу флиша, који у неким подручјима покривају и вулканогене-сидиментне и друге млађе стене. Карактеришу се брзим литолошким променама, са поступним или наглим прелазима у седименте слабе водопрпусности, због чега су ограниченог распрострањења, и у плану и у профилу. На отвореним профилима у сливу Горње реке, запажено је да су прожете карсним каналима, кавернама и мањим пећинским формама. Након ступања на кречњачке брече ток поменуте реке понире, а затим се јавља на контакту са некарбонатним стенама ( $Q > 2-3$  l/s). Постојање водоносних кречњачких бреча у доњем делу флиша (сл. 2) утврђено је и истражном бушотином дубине 97 m, у левој обали реке Добродол у селу Брзеће, којом су оне набушене на дубини 37–62 m. Пробним тестирањима издашност набушене структуре је процењена преко 10 l/s. По хемијском саставу воде припадају  $HCO_3 - CaMg$  типу, а на основу садржаја с.ост. 180 mg/l, маломинерализованим водама (<http://www.aquina.rs/>)

Тријаски кречњаци су распрострањени у виду више мањих литолошких јединица на западном делу листа и чине морфолошки највише делове терена са шкриљцима и другим слабоводопрпусним стенама у подини. У неким деловима, преко њих трансгресивно и дискордантно могу да леже сенонски седименти (сл. 3). Формирани водоносни системи тријаских кречњака дренарају се преко извора који се јављају по ободу на контакту са граничним стенама и на контакту горњо- и доњотри-



Сл. 2. Ø ематски геолошко-хидрогеолошки профил кроз тријаске кречњаке и масивне спрудне кречњаке Рогозне. Легенда: 1. кварцлатити ( $\chi\alpha$ ); 2. туфови ( $\circ$ ); 3. флиш ( $K_2^3$ ); 4. масивни спрудни кречјаџи ( $K_2^3$ ); 5. лапоровити кречњаџи и лапорци ( $K_2^3$ ); 6. тријаски кречњаџи (T); 7. конгломерати, брече и пешчари (P, T); шкриљци (FPz); 8. граница зоне водомене

Fig. 2. Schematic geological and hydrogeological profile through the Triassic limestone and massive reef limestone of the Rogozna locality. Legend: 1. Volcanic rocks ( $\chi\alpha$ ); 2. Pyroclastites ( $\circ$ ); 3. Flysch ( $K_2^3$ ); 4. Massive reef limestone ( $K_2^3$ ); 5. Marl limestone and marl ( $K_2^3$ ); 6. Triassic limestone; 7. Conglomerates, breccias and sandstone (P, T); 7. Shist (FPz); 8. Boundary of turnover



Сл. 3. Шематски геолошко-хидрогеолошки профил кроз кречњаџке брече доњег дела сенонског развића. Легенда: 1. флиш ( $K_2^3$ ); 2. кречњаџке брече доњег дела сенонског развића ( $K_2^3$ ); 3. ДРФ ( $J_3^{2,3}$ ); 4. серпентинити (Se); 5. шкриљци (F); 6. кристални и мермерисани кречњаџи (Pz-M); 7. Граница зоне водомене; 8. ....

Fig. 3. Schematic geological and hydrogeological profile through the breccias of the Senonian development lower part. Legend: 1. Flysch ( $K_2^3$ ); 2. Limestone breccias of the Senonian lower part development ( $K_2^3$ ); 3. DRF ( $J_3^{2,3}$ ); 4. Serpentinite (Se); 5. Shist (FPz); 6. Crystalline and marble limestone (Pz-M); 7. Boundary of turnover; 8. ....

јаских слојева ( $Q \approx 0,2$  l/s). У периоду наглих прихрањивања истицања се појачавају, а око места примарних извирања јављају се секундарна, хипсометријски до 2–3 m на вишем нивоу.

Масивни спрудни кречњаџи на Рогозни, код села Дедилово, залежу у повлати тријаских стена и подини флиша (сл. 2). У удолини испод села, где су откривени, јавља се извор издашности до 1,0 l/s. Изданци који се називу испод бујне вегетације су слабо карстификовани. По сазнању од мештана, дуж релативно стрме удолине формиране на овим масивним кречњаџима, у периоду наглих прихра-

њивања навише уз удолину јављају се секундарне појаве истицања. Претходне појаве јасно указују да су ове стене изложене процесима карстификације и, на основу тога, да постоји могућност акумулација значајнијих количина подземних вода у њима.

Познато је да се хемијски састав подземних вода у калцијум карбонатним стенама формира кроз процесе угљокиселинског излуживања минерала калцијум и магнезијум карбоната, и да су такве воде најбољег квалитета. У резултату тих процеса подземне воде претходно разматраних литолошких јединица су  $HCO_3-Ca$  или  $CaMg$  типа, док у криста-

ластим и мермерисаним кречњацама, у којима су заступљени и силикатни минерали, протичу и процеси угљекиселинског излуживања тих минерала, па се подземне воде обогаћују, осим поменутих основних јона, и  $SiO_2$  честицама (Маринковић 2008).

### Хидродинамички услови

Хидродинамички услови у калцијум-карбонатним литолошким јединицама, на листу Нови Пазар, односно у формираним водоносним системима у њима, зависе највише од односа области савременог храњења и дренарања подземних вода, хипсометријског односа према локалним и регионалним ерозионим базисима, откривености на површини терена, водопрпусности и издашности, као и од геолошко-структурних односа, климатских карактеристика и разуђености рељефа у датој области њиховог распрострањења.

Хидрогеолошки, геолошко-структурни, физичко-географски и други услови у којима се налазе калцијум-карбонатне стене, јасно указују да сви формиранни водоносни системи припадају хидродинамичким зонама интензивних процеса водоземне. То произилази из следећег: терен основне карте изграђују претежно чврсте масивне стене са бројним истакнутим врховима преко 1000 m надморске висине и чак преко 90 % површине изнад 500 m; површински отицај је интензиван (модул отицаја слива Ибра на профилу Рашка износи 7,26 l/s/km<sup>2</sup>); атмосферске падавине на већим висинама су преко 900 mm/god; хипсометријски односи између области храњења и дренарања водоносних система према локалним ерозионим базисима су јако изражени; водоносне структуре које се дренарају преко природних појава (као и набушене кречњачке брече), залежу до дубине 100 m; минерализација вода је јако ниска (< 100–200 mg/l), и др.

Од литолошких јединица значајног хидрогеолошког потенцијала, могу се, условно речено, издвојити оне у којима су процеси водозамене веома интензивни, а којима припадају водоносни системи отворених хидрогеолошких структура, односно кристаластих и мермерисаних кречњака источног Копаоника и тријаских кречњака и, полуотворене хидрогеолошке структуре у којима су ти процеси интензивни, а којима припадају водоносни системи кречњачких бреча доњег дела флиша и сенонских масивних спрудних кречњака у области планине Рогозне.

### Закључак

Насупрот малом распрострањењу на листу Нови

Пазар, литолошке јединице калцијум-карбонатног састава располажу резервама подземних вода од регионалног значаја. Највеће резерве и хидрогеолошки потенцијал за захватање нових резерви имају калцијум-карбонатне стене на источној страни Копаоника. Захваљујући налажењу значајних количина квалитетних подземних вода на овом простору и уједначеном хемијском саставу, омогућава се постизање велике производње пакованих вода под једним комерцијалним називом, које могу да се пласирају и на тржиште Европске Уније. На западној страни листа распрострањене су калцијум-карбонатне литолошке јединице које се дренарају преко извора мале издашности. Међутим, то су довољне количине да задовоље потребе околних села, па узимајући у обзир да у ширем подручју не постоје водоносне средине веће издашности или постоје, али су контаминирани (у алувијонима Ибра и Рашке), то се онда и значај оваквих појава мале издашности посебно истиче.

У погледу перспективе даљих хидрогеолошких истраживања и захватања нових резерви подземних вода може се констатовати, да се на рачун формиранних водоносних система који се дренарају до нивоа локалних ерозионах базиса не могу постићи значајна повећања, а да се потенцијалним могу сматрати литолошке јединице или њихови делови који залежу испод нивоа локалних ерозионих базиса. То би се односило на кристаласте и мермерисане кречњаке непосредно изнад села Брзеће који залежу испод истоимене реке, на кречњачке брече доњег дела сенонског развића које залежу испод нивоа Добродолске реке код села Брзеће, односно Блажевске реке код села Боранци.

### Литература

- Маринковић, Г. 2008. Процеси формирања хемијског и радиоактивног састава подземних вода у Националном парку Копаоник. 37. конференција о коришћењу и заштити вода, Матарушка Бања.
- Маринковић, Г. 2009. Хидрогеолошке карактеристике кристаластих и мермерисаних кречњака на подручју Националног парка Копаоник. 38. конференција о коришћењу и заштити вода, Златибор.
- Станић, Н., Марковић, М. и Павловић, Р. 1995. Валоризација геолошких података за коришћење терена у оквиру просторног плана подручја Копаоника. Саветовање: Геологија и металогенија Копаоника, 494–505, Београд.
- Урошевић, М., Павловић, З., Клисић, З., Карамата, С., Малешевић, М., Стефановић, М., Марковић, О. и Трифуновић, С. 1973. Тумач за ОГК лист Нови Пазар 1:100000. Издање: Савезног геолошког завода, Београд.
- <http://www.aquina.rs/>





## Регионални приступ изради карте угрожености подземних вода Србије – нова метода “Издан”

### Regional Approach in Creating Groundwater Vulnerability Map of Serbia – à new „Izdan“ Method

САША МИЛАНОВИЋ<sup>1</sup>, ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ<sup>1</sup>, ДУШАН ЂУРИЋ<sup>2</sup>,  
ТАЊА ПЕТРОВИЋ<sup>3</sup> и МИЛИЦА МИЛОВАНОВИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** У периоду 2007–2010, у склопу реализације групе стратешких пројекта који заједнички реализују наше водеће институције у области водних ресурса из којих су аутори овог рада, израђена је и Карта угрожености подземних вода Србије (КУПВС). То је један од првих покушаја у свету да се на националном плану реализује оваква карта. Уједно и дилема о могућности регионалног приступа са којом су се суочили и аутори. Рађена је по новој, за ове потребе формираној „компилационој“ методи названој ИЗДАН, а према основним параметрима који су послужили за формирање карте: Инклинација (нагиб терена) – инфилтрација; Земљиште односно педолошки слој – горњи покривач; Дебљина повлатног слоја – геолошка средина која се налази изнад водоносног слоја; Аквифер – хидрогеолошка својства стена; Ниво подземне воде – односно дубина до нивоа подземне воде од површине терена.

На израђеној КУПВС размере 1:500.000 најугроженији терени заузимају свега 1,7 % територије Србије и припадају неким деловима алувијалних и карстних издани, а који су по својим анализираним параметрима подложни лакој и брзој загађењу.

**Кључне речи:** угроженост, подземне воде, ГИС.

**Abstract.** The team formed from the experts of three main institutions in groundwater sector of Serbia, namely: Department of Hydrogeology of University of Belgrade – Faculty of Mining & Geology, Institute for Water Management “Jaroslav Cerni” and Geological Institute of Serbia, has prepared the Groundwater Vulnerability Map of Serbia, scale 1:500.000 (Fig. 1). The work has been conducted during period 2007–2010 as one of the activities under implementation of a group of strategic projects which aiming to improve situation in groundwater sector and achieve the targets of EU Water Frame Directive. This is one of very few such regional maps created on national level worldwide. For this map standard GIS tools is used, but a new methodology has been developed for assessment of main factors which influencing the aquifers’ vulnerability. Method is called IZDAN (Serbian name of Aquifer) which is an acronym of the following parameters: slope, soil, thickness of overlying layer, aquifer (permeability) and groundwater depth.

On the created map it can be seen that majority of territory is covered by units characterized by low to moderate vulnerability on the pollution. Less than 1,7 % belongs to highly vulnerable rocks.

**Key words:** vulnerability, groundwater, GIS.

## Увод

Оцена потенцијалне угрожености издани од загађења (или природне рањивости), представља неопходну основу за планирање и управљање подзем-

ним водним ресурсима. Карте угрожености подземних вода од загађења приказују мање или више субјективну оцену аутора о могућностима заштите подземних вода, пре свега њеног квалитета. Основна сврха израде овакве карте је класификација и

<sup>1</sup> Департман за Хидрогеологију, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд.

<sup>2</sup> Институт за водопривреду “Јарослав Черни”, Јарослава Черног бр. 80, Београд.

<sup>3</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, Београд.

издвајање подручја са различитим степеном угрожености. Издвојена подручја, односно класе угрожености приказују се различитим бојама или шрафурама. У комбинацији са картама ризика (приказ локација и карактера загађивача) омогућују да се при просторном планирању, и при изради водопривредних планова подручја и других развојних и техничких докумената, превентивно заштите подручја од посебног значаја (изворишта, резервати квалитетних вода, национални и паркови природе и сл.).

Израда ових карата у ГИС технологији и према различитим методама је већ више од две деценије присутна у хидрогеолошкој пракси (ZWANLEN 2004). Савремена израда карата подразумева скоро као обавезујући рад по стандардима географског информационог система (ГИС). То укључује коришћење поступка визуелизације терена и израде 3-Д модела, уз могућност разноврсних допунских анализа на тако креираним подлогама. Овакве геореференциране карте по правилу повезане су се базом података која садржи релевантне и детаљније информације (релационе базе). Превођење класичних геолошких, хидрогеолошких и других карата у дигитални формат захтева знање, средства и време. Данас је то неопходни поступак којим се достижу технички стандарди оних земаља које одавно примењују овакав концепт (VRBA & ZAPOROZEC 1994; FOSTER 1998; NEUKUM & HOETZL 2005).

### Стратешки значај карте, избор размере и концепт рада

До радне верзије и финалног модела Карте угрожености подземних вода Србије (КУПВС) дошло се кроз формирање концептуалног модела, његове калибрације и каснијег усвајања као модела за израду финалне карте. Формирање концептуалног модела као предложеног развојног модела за израду карте угрожености 1:500000 базирано је на одабиру оног броја података који ће својим карактеристикама (подацима) моћи да генерално репрезентују угроженост подземних вода Србије у задатој размери. Концептуални модел је заснован на доста детаљној основи из које се издвајају оне гране које су једноставније за повезивање у бази података. Примена параметарских метода везана је и за одређен степен субјективности при одређивању вредности параметара и њихових тежинских коефицијената. Стога је примењена анализа осетљивости која омогућава да се прецизније утврди утицај сваког од разматраних параметара и његов тежински коефицијент у новој, за ове потребе успостављеној методи.

За израду КУПВС кроз оптимизацију и појединачне анализе коришћено је пет параметара. Садржани су у акрониму речи **ИЗДАН**:

Фактор **И** – инклинација (нагиб терена) и њен утицај на инфилтрацију вода у подземље,

Фактор **З** – земљиште и вегетациони покривач и њихов утицај на подземне воде,

Фактор **Д** – дебљина повлатног слоја,

Фактор **А** – аквифер, односно средина са одређеним геолошким и хидрогеолошким карактеристикама,

Фактор **Н** – ниво подземне воде тј. дубина до нивоа подземне воде.

### Геолошке и хидрогеолошке подлоге 1:500000 са усаглашавањем тежинских коефицијената

#### Подлога Аквифер - А ФАКТОР

Анализом геолошке карте прецизно се одређују и издвајају зоне са различитим хидрогеолошким карактеристикама, које су у даљем прорачуну имале и највећи тежински фактор (значај) за угроженост подземних вода. По завршетку дигитализације комплетног подручја Србије и са свим одређеним атрибутима издвојени су полигони на основу којих су аутоматски генерисани и класификовани терени различитих карактеристика. Дигитализација је урађена у потпуности на основу података регионалних карата тј. литолошких чланова Геолошке карте Југославије 1:500000 (листови Нови Сад, Београд и Скопље; Геол. Завод РС, Београд, 1970).

Сви подаци представљени у бази података генерисани су у девет основних хидрогеолошких карактеристика издани представљених у табели 1.

Литолошке јединице за **А фактор** касније су интегрисане у Хидрогеолошку подлогу. У бази података а за потребе израде подлоге А фактора дефинисана су 2604 полигона са доле представљеним елементима.

#### Подлога Земљиште - З ФАКТОР

Врста земљишта и врста вегетационог покривача представљају параметре који битно утичу на брзину инфилтрације падавина у издан. За процену фактора **З** коришћене су следеће подлоге: Педолошка карта Србије (размере 1:600.000). Педолошка карта, омогућила је издвајање врсте и дебљине тла у регионалним оквирима.

Синтезом педолошких и фитоценолошких подлога добијена је карта **З фактора** уз издвајање 12 класа са 10 тежинских коефицијената (Табела 2).

#### Подлога Инфилтрација - И ФАКТОР

Поред литолошког састава, количине и интензитета падавина, вегетационог покривача, морфологија терена има велики утицај на величину и степен

Табела 1. Подлога А фактора изведена из Геолошке карте Југославије 1:500000

Хидрогеолошке карактеристике издани	Тежински фактор	Типичан ТФ
VN - практично водонепропусне стене	0–1	1
P2 - пукотинска издан мале издашности	2	2
P1 - пукотинска издан веће издашности	3	3
I4 - у неогеним срединама и компл. збијено пукотинска	4	4
I3 - у терасним и плеистоцеским наслагама	5–7	6
I2 - средња до велика издашност (алувиони малих река Тиса, Тамиш, Нишава)	7–9	9
K2 - карстна издан мање издашности	8–10	8
I1 - издан у стенама са интергрануларном порозношћу велике издашности (алувиони великих река Сава, Дунав, Морава)	8–10	9
K1 - карстна издан велике издашности	10	10

Табела 2. Преглед тежинских коефицијената у зависности од типа педолошког тла (подлога З)

Тип тла	Тежински коефицијент
1. Чернозем	1
2. Деградирани чернозем	2
3. Ливадска црвица	4
4. Смонца и минерално барско земљиште	3
5. Гајњача	5
6. Алувијално-делувијалне акумулације	6
7. Солонсц	7–8
8. Солонј	7–8
9. Солончак	7
10. Подзол	10
11. Скелстно и скелстод опожњено земљиште	9
12. Пескуна	10

инфилтрације па самим тим и на степен угрожености подземних вода.

Приликом процене инфилтрационих услова искоришћен је ДЕМ Србије размере 1:300000 која је обрађена у ГИС-у помоћу екстензије за анализу нагиба терена (СЛОПЕ). Резултати анализе су издвојене и класификоване области разлишитог нагиба за ниво регионалног посматрања.

Најмањи нагиб терена до 2 % односно следећи до 6 % су уједно и терени са највећом могућом инфилтрацијом тј. делови на којима вода не отиче или веома споро отиче.

### Подлога Нивоа подземних вода - Н ФАКТОР

Једана од најкомпликованијих, а истовремено подлога са веома значајним утицајем на одређивање степена угрожености је подлога нивоа подземних вода (НПВ). За потребе израде карте НПВ-а потребан је значајан фонд пунктуелних података и добра покривеност терена, а који ће се касније огледати кроз формирање базе података неопходних за формирање ове подлоге. НПВ се формира из података релативне дубине НПВ-а прикупљених на терену и њихове касније трансформације. Релативне дубине подземних вода користе се да би се добио уједначен приказ кроз регионално посматрање терена будући да би у супротном дошло до крајње нејасног приказа. Може се констатовати да је нај-

Табела 3. Преглед тежинских коефицијената у зависности од нагиба терена (подлога И)

Нагиб терена / Инклинација (%)	Тежински фактор
веће од 18	1
између 12 и 18	3
између 6 и 12	5
између 2 и 6	9
мање од 2	10

већи проблем у раду био прикупљање ове врсте података, собзиром на неравномерну покривеност терена и недостатак поузданих података за велики део територије Србије (посебно ван алувијалних равни већих водотока).

Табела 4. Преглед тежинских коефицијената у зависности од дубине до НПВ-а

Дубина до НПВ-а	Тежински фактор
веће од 100	1
50–100	3
20–50	4
10–20	6
6–10	7
4–6	8
2–4	9
0–2	10

### Подлога Дебљине повлашћеног слоја - Д ФАКТОР

Карта (подлога) дебљине повлашћеног слоја (фактор Д) израђена је првенствено анализом хидрогеолошких карата (укључујући и претходно формирану подлогу А), тј. издвајањем зона са различитим типовима хидрогеолошких карактеристика и повлашћеног слоја. Сама дебљина повлашћеног слоја у неким теренима готово и да нема улогу у заштити подземних вода, али у другим теренима сама повлата готово и да има исте особине као и сама подинска издан.

Сви подаци представљени у бази података генерисани су у 20 основних карактеристика на основу типа и дебљине повлатног слоја, а којима су касније придружени тежински коефицијенти (ТК) од 1 до 10.

података генералног карактера који су доступни у облику подлога-карата растерског или векторског облика.

На основу разматрања утицаја појединих фактора, усвојено је да геолошке односно хидрогеолошке

Табела. 5. Подлога Д фактора (дебљине повлатног слоја) изведена из хидрогеолошких карата са формираним теж. факторима

Карактеристике издвојених јединица над првом издани од површине терена	Дебљина повлатног слоја	ТК повлатног слоја фактор _Д
Неогена издан	H > 30 m	1-3
1. Карстно пукотинска или карстна издан са делувијално пролувијалним или слабије пропусним алувијалним наслагама	1. H > 10 m	
2. Алувијалне и терасне насlage, глине, пескови и лесни покривач	2. H > 12 m	1-3
3. Неоген – глиновито песковити или глиновито-прашинаст покривни слој	3. H > 20 m	
1. Карстно пукотинска или карстна издан са делувијално пролувијалним или алувијалним наслагама	1. H 5-10 m	
2. Алувијалне и терасне насlage глине, пескови и лесни покривач	2. H 8-12 m	4
3. Неоген – глиновито песковити или глиновито-прашинаст слој	3. H 15-20 m	
1. Карстно пукотинска или карстна издан са делувијално пролувијалним или алувијалним наслагама	1. H 3-5 m	5
2. Алувијалне и терасне насlage глине, пескови и лесни покривач	2. H 3-8 m	
3. Неоген – глиновито песковити или глиновито-прашинаст слој	3. H 10-15 m	
1. Карстно пукотинска или карстна издан са делувијално пролувијалним или алувијалним наслагама	1. H 2-3 m	6
2. Алувијалне и терасне насlage глине, пескови и лесни покривач	2. H 2-3 m	
3. Неоген – глиновито песковити или глиновито-прашинаст слој	3. H 5-10 m	
1. Карстно пукотинска или карстна издан са делувијално пролувијалним или алувијалним наслагама	1. H 1-2 m	
2. Алувијалне и терасне насlage глине, пескови и лесни покривач	2. H 1-2 m	7
3. Неоген – глиновито песковити или глиновито-прашинаст слој	3. H < 5 m	
1. Карстна издан, епикарст, са танким хумусним прекривачем	1. H < 1 m	
2. Алувијони, терасе, шљунковите насlage са песковито-глиновитим покривачем	2. H < 1 m	8
Карстна издан, епикарст, углавном без повлате		
Алувијони, терасна издан, песковито-шљунковите насlage на површини углавном без повлате	0	9
Карстна издан, без повлате, интезивна карстификација са бројним површинским морфолошким облицима (понори, вртаче итд)	0	10
Алувијална издан, шљунковите насlage на површини без повлате		

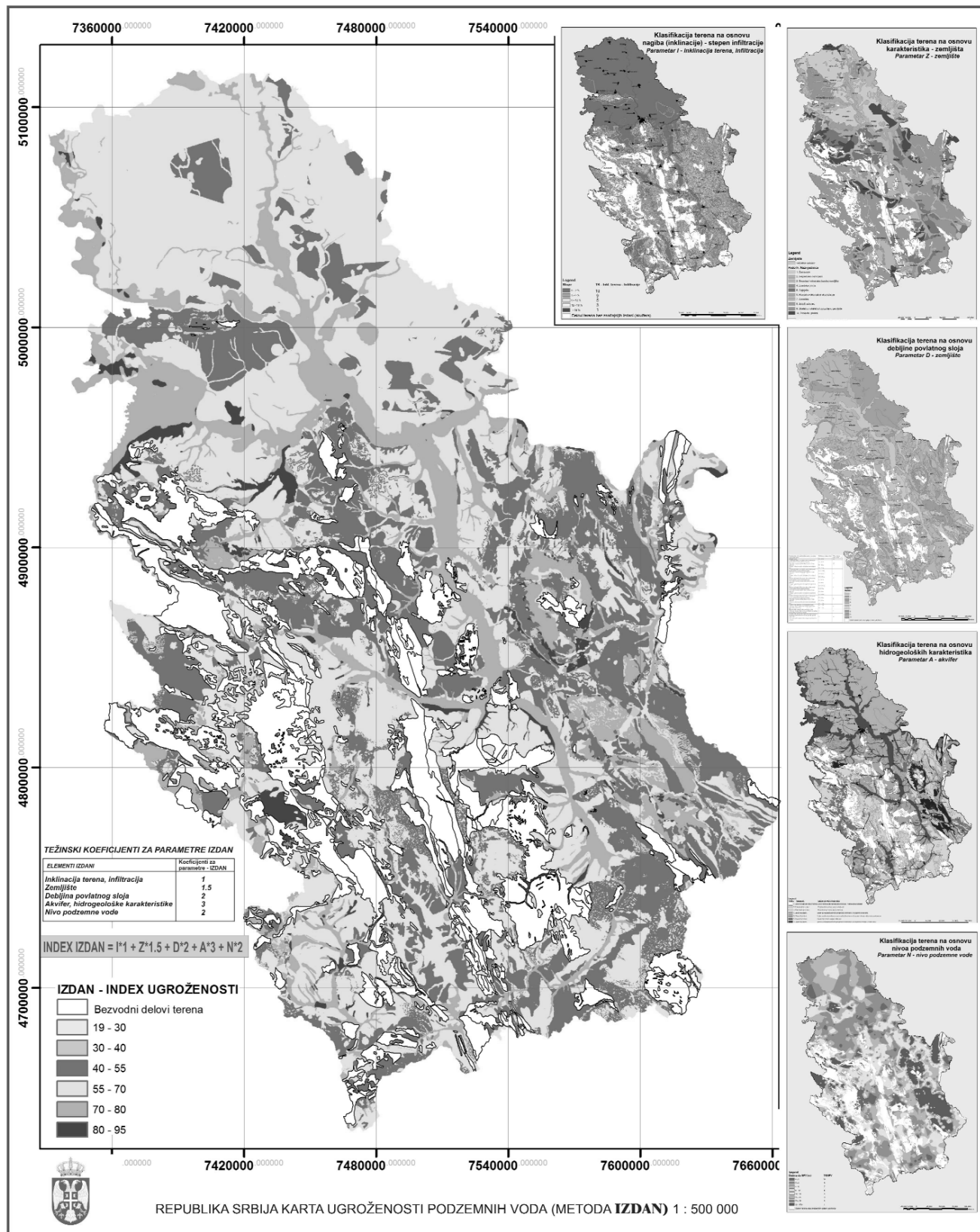
### Компилација тежинских фактора и израда прелиминарне карте угрожености подземних вода Србије

Да би се добио одговарајући индекс угрожености а у размери 1:500000 било је потребно дефинисати потребан ниво улазних података тј. одговарајућих подлога које ће у довољној мери репрезентовати сваку посебну јединицу, а самим тим израчунати њихов индекс угрожености. Како је била потребна покривеност комплетног истраживаног подручја Србије, ниво подлога се сводио на минимум улазних

карактеристике имају највећи утицај на угроженост подземних вода. Компарацијом са појединим деловима терена на којима је примењена наведена методологија одређивања степена угрожености и уважавајући специфичности регионалног приступа, усвојене су почетне вредности тежинских коефицијента, као и образац по коме су постављени први односи у формирању редне верзије КУПВС (Табела 6).

Крајњи индекс УПВ<sub>500</sub> - угроженост подземних вода - *iY* је приказан у следећем обрасцу:

$$iY = (И \times 1) + (З \times 1.5) \times (Д \times 2) + (А \times 3) + (Н \times 2)$$



Сл. 1. Изглед прве верзије карте угрожености ПВС са припадајућим подлогама

Табела 6. Вредност коефицијената за параметре методе ИЗДАН

ЕЛЕМЕНТИ - ИЗДАН	Коефицијенти за параметре ИЗДАН
Инклинација терена, инфилтрација	1
Земљиште	1.5
Дебљина повлатног слоја	2
Аквифер, хг карактеристике	3
Ниво подземне воде	2

Након прорачуна овој формули добијен је индекс угрожености приказан у табели 7.

Табела 7. Класификација индекса угрожености подземних вода по методи ИЗДАН са припадајућим бојама.

Угроженост подземних вода	Индекс угрожености
Терени без хидрогеолошких функција	0 до 10
Веома низак степен угрожености (светло зелена)	11 до 30
Пизак степен угрожености (флуо. зелена)	30 до 40
Средњи степен угрожености (тамно зелена)	40 до 55
Средње висок степен угрожености (жута)	55 до 70
Висок степен угрожености (оранж)	70 до 80
Веома висок степен угрожености (црвена)	80 до 100

Након финализација подлога извршена је и прва “итерација” сабирања подлога ИЗДАН која је дала и први прелиминарни резултат КУПВС (Група аутора, 2009). За наставак рада на карти угрожености предвиђа се рад на калибрацији формуле ради добијања што тачније методе за одређивање угрожености подземних вода а на основу предложених параметара и провере резултата на одабраним пилот подручјима. Резултат прве итерације КУПВС дат је на слици 1.

## Закључак

Карте потенцијалне угрожености (“рањивости”) подземних вода представљају подлоге на којима се или тачније речено на којима би требало да се базира просторно планирање у различитим размерама и на различитим нивоима планирања – од регионалних до локалних. Техничка документација ове врсте, израђена у дигиталном формату, у свету често представља основ за добијање сагласности за изградњу инфраструктуре и различитих објеката који могу представљати и потенцијалне загађиваче животне средине. Ово има посебан значај посебно у “осетљивим” подручјима и у сливовима значајних изворишта за водоснабдевање.

Након анализе резултата добијених израдом карте угрожености подземних вода од загађења добија се да је заступљеност терена са веома ниским

степеном угрожености само 0,56 % а при чему се изузимају условно безводни делови терена. Следећи издвојен индекс угрожености износи 6,81 % и односи се на терене са ниским степенем угрожености. Терени који су класификовани као терени са средњим односно средње-високим степенем угрожености имају највеће регионално распрострањење и заступљени су 34,65 % за средњи и 40,9 % за средње висок степен угрожености. Ова два најраспрострањенија индекса угрожености у највећем делу припадају неогеним и пукотинским типовима издани као и карстном типу издани са изузетно дубоким нивоима подземних вода. Високим степену угрожености припада 15,3 % дела терена и односи се углавном на алувијалне наслаге великих река и карстним теренима са израженом карстификацијом и брзом инфилтрацијом подземних вода односно теренима са веома брзим пропагационим таласом. Најугроженији терени заузимају свега 1,7 % територије Србије и такође припадају неким деловима алувијалних и карстних издани а

који су по својим истраживаним параметрима подложни лако и брзо загађењу.

На основу горе наведеног може се закључити да су подземне воде генерално у Србији релативно добро природно заштићене од површинског загађења као и да се на поједним локацијама свакако мора повести значајнија пажња при планирању употребе земљишта и различите сврхе.

## Литература

- FOSTER, S.S.D. 1998. British Geological Survey (Hydrogeology Group). Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. TNO Committee on Hydrological Research, Information N° 38. Ed. by W. Van Duijvenbooden and H.G. van Waegeningh (eds). The Hague: 69–86.
- ГРУПА АУТОРА, 2009. “Годишњи извештај за Пројекат Мониторинг ПВ РС за 2009”. МЗЖСПП, Београд
- NEUKUM C., HÖTZL H., 2005. Standardisation of vulnerability map, Proceedings of International Conference “Water Resources and Environmental Problems in Karst – CVIJC”, STEVANOVIC Z & MILANOVIC P (eds.), Beograd–Kotor, 11–19.
- VRBA, J., ZAPOROZEC, A. 1994. Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH. Verlag Heinz Heise. Vol 16. 131 p.
- ZWAHLEN F. (Ed.) 2004. Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers, COST Action 620, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

## Фактори формирања хемијског састава термоминералних вода Матарушке Бање

### Factors of the Chemical Composition Forming of the Mataruška Banja Spa Thermomineral Water

ДЕЈАН МИЛЕНИЋ<sup>1</sup>, НЕВЕНА САВИЋ<sup>1</sup> и НЕНАД ДОРОСЛОВАЦ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Матарушка Бања се налази у централном делу Србије на територији општине Краљево. Захваљујући повољном географском положају између планинских масива Столови и Чемерно на овом подручју се налазе природне лековите воде високог квалитета. Формирање лековитих вода везује за распрострањење магматских стена на територији Краљева. Термоминералне воде Матарушке Бање на основу физичко-хемијских карактеристика сврставају се у групу натријум, магнезијум, хидрокарбонатих, флуорних, сумпоровитих, хипертерми. Током 2009. године настављена су хидрогеолошка и хидрогеотермална истраживања у Бањи са циљем даљег разјашњавања услова и начина формирања термоминералних вода, посебно са аспекта испитивања и утврђивања законитости формирања вертикалног температурног режима.

**Кључне речи:** Термоминералне воде, генеза, Матарушка Бања.

**Abstract.** The Mataruška Banja Spa is situated in central part of Serbia, on the territory of the Kraljevo municipality. Because of the favourable geographical position between Stolovi and Čemerno mountain massifs, there are natural healing waters of high quality on this territory. The formation of healing waters is related to the distribution of igneous rocks on the territory of Kraljevo. On the basis of physico-chemical characteristics, thermo mineral waters of the Mataruška Banja Spa are classified into a sodium, magnesium, hydrocarbonate, fluor, sulphur group of hypothermes. During the year 2009, both hydro geological and hydro geothermal explorations were continued in the Spa with the aim of further clarifying of conditions and the formation of thermo mineral waters, especially as regards examinations and the determination of regularity of the vertical temperature regime.

**Key words:** Thermo Mineral Waters, Genesis, Mataruška Banja Spa.

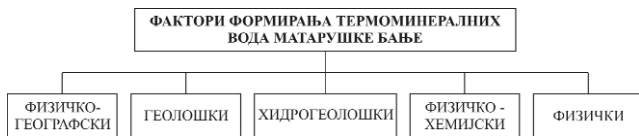
## Увод

Матарушка Бања се налази у централном делу Србије, 180 km јужно од Београда на десној обали реке Ибар. Са јужне и источне стране Матарушка Бања је окружена обронцима планина Столови (1375 m) а са западне и југозападне стране обронцима Троглава (1177 m) и Чемерна (1579 m). На територији Матарушке Бање постоје две бушотине (МБ-1/79 и МБ-3/83), бушени бунари ИЕБМБ4-2004 и МБ-2/81 који је једини у функцији, два копана бунара („Балтића“ бунар-копани бр 4 и „Сабирни“ бунар-нови копани бр 2) и три сонде дубине од 18,7–69,5 m (S-VII, S-IX и S-X).

## Примењена методологија истраживања фактора формирања термоминералних вода Матарушке Бање

Сложеност геолошких и хидрогеолошких карактеристика терена условила је мултидисциплинаран и фазни приступ истраживањима. Фактори формирања термоминералних вода обухватају низ појава које условљавају различите процесе који мењају квалитативна својства вода. Фактори формирања могу бити: главни и споредни или директни и индиректни. Фактори који утичу на формирање термоминералних вода у Матарушкој Бањи дати су на слици 1.

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: dmilenic@yahoo.ie



Сл. 1. Приказ фактора формирања хемијског састава термоминералних вода у Матарушкој Бањи  
 Fig. 1. Survey of factors forming chemical composition of thermo mineral water in Mataruska Banja Spa

### Физичко-географски фактори формирања термоминералних вода у Матарушкој Бањи

Матарушка Бања се налази у подножју планине Столови (1375 m) и поседује умерено-континенталну климу. Због утицаја околних планина и шума ваздух у Бањи је веома чист и богат озоном.

**Релјеф:** На основу геоморфолошких карактеристика терена, на територији Матарушке Бање се издвајају равничарска и брдска област. Равничарска област представљена је Краљевачко-чачанским неогеним басеном генералног правца пружања северозапад–југоисток. Просечна надморска висина је око 200 m. Брдско-планинска област простире се јужно од Матарушке Бање и представљена је серпентинитским масивом планине Столови (1375 m). Ширина и дужина планинске масе износе око 12 km.

**Хидрографска мрежа:** Главно хидрографско обележје Матарушке Бање је река Ибар, десна притока Западне Мораве. Река Ибар своје корито већим делом усеца у магматске стене, серпентините, формирајући клисуру. Правац кретања притока Ибра је С–Ј и предиспониран је пружањем раседних зона у том делу терена.

**Клима:** На територији Матарушке Бање заступљена је умерено-континентална клима. Основне карактеристике ове климе су топла лета и хладне зиме са мало падавина. Средње вишегодишња сума падавина износи око 761 m m док средње годишња температура ваздуха износи 12<sup>o</sup> С.

### Геолошки фактори формирања термоминералних вода у Матарушкој Бањи

Околина Матарушке Бање припада рејону Шумадијско-копаоничке зоне и одликује се веома сложеном грађом и тектоником терена. Основну стенску масу од које је изграђено подручје Матарушке Бање представљају серпентинити и хидротермално измењени серпентинити (сл. 2). Однос серпентинита и хидротермално измењених серпентинита је тектонског карактера. Овај расед има правац пружања И–З. Раседна зона испуњена је

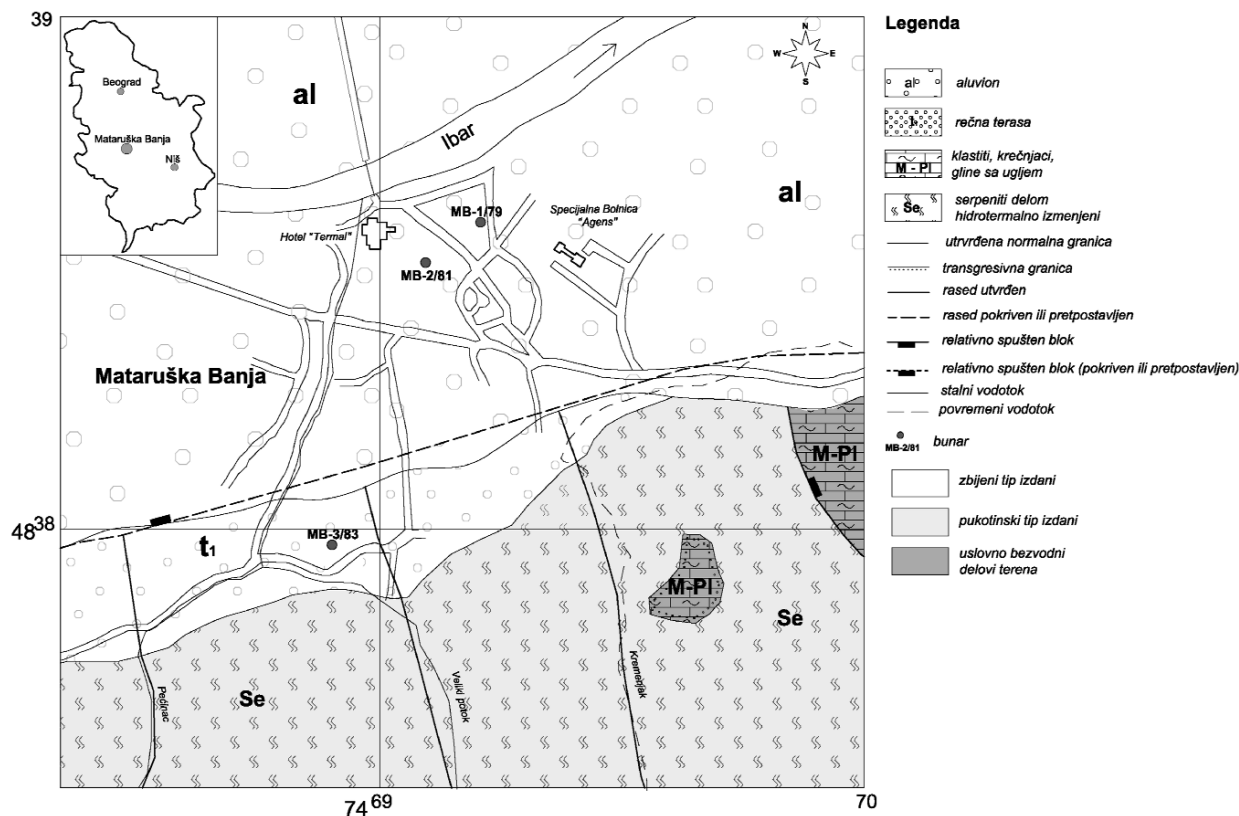
аморфним силицијом-опалом и калцедоном Крстић (1983). Терцијарне наслагае у Чачанско-краљевачком басену имају највеће распрострањење. Тортон-сарматски седименти литолошки су представљени конгломератима, пешчарима, глинцима, лапорцима и кречњацима. Најмалађе седиментне наслагае у оквиру подручја истраживања представљене су језерским и терасним наслагама као и алувијалним, пролувијалним, делувијалним и сипарским наслагама холоценске старости.

У оквиру Шумадијско-копаоничке зоне, посебно се издваја Копаонички блок који утиче на формирање раседних зона овог подручја. На основу фотогеолошке анализе терена Матарушке Бање утврђен је руптурни склоп са неколико раседних система различите дужине и правца пружања. На основу ове анализа доминантне раседне зоне имају правац пружања ИСИ–ЗЈЗ као и С–Ј. Један од раседа пружа се правцем који је паралелан са јужним ободом алувијалне равни Ибра и прекривен је квартарним наслагама. Други расед је регистрован у неколико поточних долина на северним падинама Столова. Приликом израде бушотина МБ-1/79 и МБ-2/81 постојање ових раседних зона је и потврђено.

### Хидрогеолошки фактори формирања термоминералних вода у Матарушкој Бањи

Термоминерални извори на територији Матарушке Бање откривени су случајно, након велике поплаве у пролеће 1898. године. Река Ибар је услед огромних количина воде скренула из свог тока удесно и на месту где је прекопала ново и привремено корито, појавила се топла вода која је мирисала на сумпор. Постојање водоносног колектора у оквиру серпентинита и хидротермално измењених серпентинита констатовано је и приликом израде бушотина МБ-1/79 (355 m), МБ-2/81 (137 m) и МБ-3/83 (733 m). Раседна зона у хидротермално измењеним серпентинитима дуж које се обавља циркулација подземних вода откривена је израдом бушотине МБ-1/79 у интервалу 6–56 m, док је на бушотини МБ-2/81 та зона захваћена целим интервалом до 137 m. Бушотином МБ-3/83 ниједна од поменутих зона није набушена иако је њена дубина 733 m. Обе врсте серпентинита вероватно представљају „секундарни колектор“ кроз које термоминералне воде доспевају у приповршинску зону терена. Према досадашњим подацима претпоставља се да примарни водоносни колектор, чије се пражњење одвија на територији Матарушке Бање има распрострањење од око 95 km<sup>2</sup> и да се налази у подини серпентинита у оквиру кречњака тријаске старости или мермера палеозојске старости. Постојање термоминералних вода Матарушке Бање температуре до 50<sup>o</sup> С доводи се у везу са постојањем





Сл. 2. Шематска геолошко-хидрогеолошка карта Матарушке Бање  
 Fig. 2. Schematic geological-hydro geological map of Mataruška Banja Spa

еруптивне зоне на подручју Котленика. Ова област заузима површину од око 120 km<sup>2</sup> и има правац простирања СЗ-ЈИ. Зона Котленика представља спону између магматита Копаоника и Рудника. Старост термоминералних вода Матарушке Бање износи око 16.700±350 год. (Миливојевић 1990).

На основу структуре порозности на територији Матарушке Бање издвајају се (сл. 2):

- Збијени тип издани формиран у оквиру алувијалних наслага Ибра;
- Пукотински тип издани формиран у оквиру серпентинита и хидротермелно измењених серпентинита (подземне воде из овог типа издани експлоатишу се преко бунара приказаних на слици 2. Поред тих објеката у бањском парку постоји још неколико бушотина и бунара који због прегледности нису приказани попут ИЕБМБ4-2004, Балтића бунар, сабирни бунар, сонде S-VII, S-IX и S-X;
- Условно безводни делови терена у оквиру неогених седимената.

### Физичко-хемијски фактори формирања термоминералних вода у Матарушкој Бањи

Прве податке о квалитативним карактеристикама термоминералних вода у оквиру Матарушке Ба-

ње дао је М. Лeko 1905. године. Испитивање термоминералних вода на подручју Матарушке Бање у периоду 1981–2001. године заправо је потврдило стабилан режим квантитативних и квалитативних карактеристика ових вода. До сада је укупно урађено 7 комплетних хемијских анализа чији су резултати представљени у табели 1 (Ђокић 2004).

Режимским осматрањима квалитета утврђено је да термоминерална вода са бунара МБ-2/81 припада категорији натријум, магнезијум, хидрокарбонатних, флуорних, сумповоритих, хипертерми. Повишен садржај водоник сулфида 14–19 mg/l чини ову воду лековитом. Поред садржаја H<sub>2</sub>S, температура, благо повишена радиоактивност и присуство метасилицијумове киселине (око 100 mg/l) представљају основна балнеолошка својства ових вода.

Поред повишене концентрације H<sub>2</sub>S и температуре на анализирано порекло и процесе формирања термоминералних вода Матарушке Бање (поглавље 2.3) указују повишене концентрације и других хемијских компоненти попут флуора (F) и угљен диоксида (CO<sub>2</sub>).

Температура вода Матарушке Бање представља један од основних параметара који карактеришу ове воде. Мерена температура термоминералних вода се креће у интервалу 42,2–49° N тако да ове воде припадају групи хипертерми. pH вредности се креће у интервалу 6,7–7,8. На основу вредности pH

Табела 1. Упоредни приказ хемијског састава термоминералних вода Матарушке Бање са бунара МБ-2/81  
Table 1. Comparative survey of chemical composition of Mataruška Banja Spa thermomineral water from MB-2/81 well

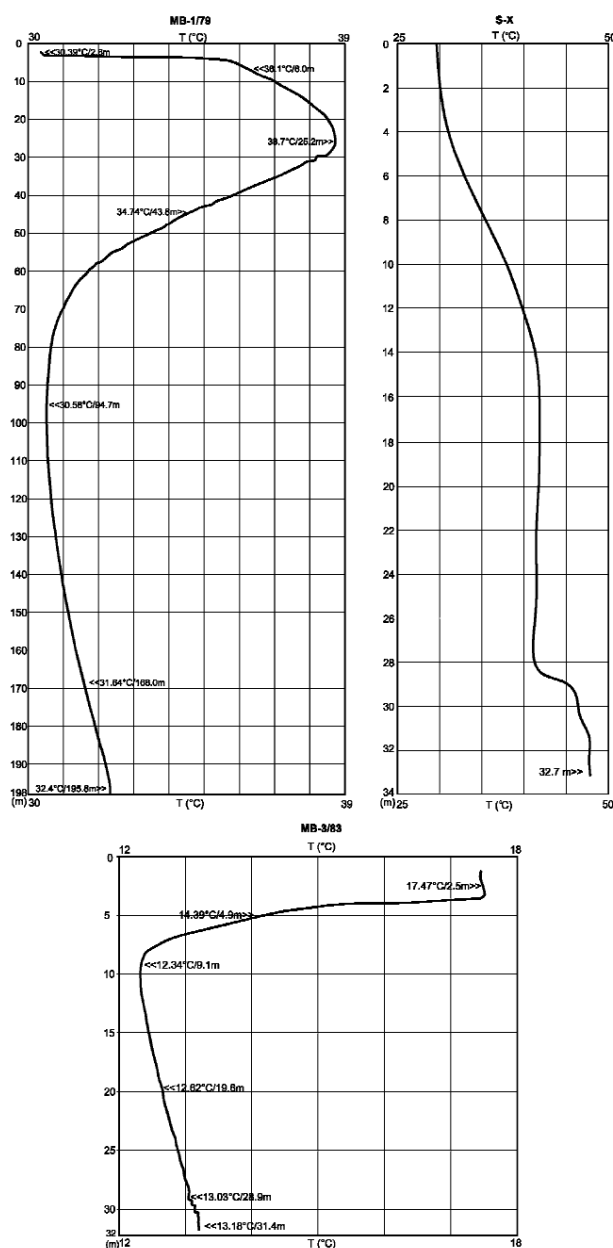
	Датум	T (°C)	pH	M (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	Ca <sup>2+</sup> (mg/l)	Mg <sup>2+</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Cl (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	F (mg/l)	H <sub>2</sub> S (mg/l)	CO <sub>2</sub> (mg/l)	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> (mg/l)
1	8.6.1981.	-	6,7	1479	255	36	51,2	915	71	38	5,72	15	176	111,8
2	10.5.1984.	42,2	6,95	1290	221	14	46,2	730	6,4	111,5	6,02	19	12,3	159,1
3	15.4.1988.	43,7	7,2	1160	223	20	53	1049	68	98	5,6	18	139	74,2
4	3.7.1992.	46	7,8	1570	252	35	60	976	60	75	5,4	17	55,5	87,3
5	22.5.1995.	49	7	1340	232	29,4	40,6	810	57,7	21	4,8	0,8	22	101
6	23.8.1998.	48	6,9	1320	245,2	30,3	40,4	843	63	30	5	14,6	170	86,3
7	20.6.2001.	46,8	7	1480	187	36,8	54,4	970	45	36,4	4,7	14	160	94,4

ове воде се сврставају у групу неутралних до благо алкалних вода. *Минерализација* термоминералних вода се креће у интервалу од 1160–1570 mg/l. *Катијонски састав* анализираних термоминералних вода на подручју Матарушке Бање одликује се доминантном заступљеношћу јона натријума са садржајем 187–255 mg/l, што може указати да се колектор подземних вода делимично може налазити у оквиру шкриљаца ДИМИТРИЈЕВИЋ, (1973). Садржај јона калцијума (Ca<sup>2+</sup>) и магнезијума (Mg<sup>2+</sup>) су знатно мањи. *Ањонски састав* карактерише доминантно присуство хидрокарбоната (HCO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) од 730 mg/l до 1049 mg/l. Садржај сулфатног (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) и хлоридног јона (Cl<sup>-</sup>) заступљен је у мањим количинама. Термоминералне воде Матарушке Бање од *микрокомпоненци* садрже повећану концентрацију флуора (до 6 mg/l) и литијума (до 1.4 mg/l). Порекло литијума у водама везује се за магматске и метаморфне процесе који су присутни на овом подручју. *Преовлађујући гас* у термоминералним водама Матарушке Бање је азот (N<sub>2</sub>)-70% док преко 20 % садржаја чине водоник сулфид (H<sub>2</sub>S) и угљен диоксид (CO<sub>2</sub>) док се кисеоник (O<sub>2</sub>) јавља у мањим количинама (ДИМИТРИЈЕВИЋ 1975).

Термоминералне воде Матарушке Бање примењују се у медицини као лековите. Лековита својства остварују се коришћењем вода за купање, облоге, масаже и орошавање. У Матарушкој Бањи се лече реуматска обољења, гинеколошка обољења, пост-трауматска стања и све њихове последице, неуролошка обољења, оштећења централног и периферног нервног система и обољења периферних крвних судова.

### Физички фактори формирања термоминералних вода у Матарушкој Бањи

Основни физички фактор формирања термоминералних вода у Матарушкој Бањи је повишена температура. Приликом циркулације воде у дубље делове колектора поред промене хемијског састава и минерализације долази и до повећања темпера-



Сл. 3. Температурни каротажи на бушотинама МБ-1/79, МБ-3/83 и сонди Ñ-X  
Fig. 3. Temperature logging on MB-1/79, MB-3/83 drill holes, as well as on S-X sound

туре. Са повећањем температуре мења се растварачка способност воде. Приликом тестирања бунара МБ-2/81 капацитетом 20 l/s, температура воде је варијала у интервалу 51,7–52,2° С (Ђокић 2004).

Најновијим истраживања изведеним током 2009. године урађен је температурни каротаж у бушотинама МБ-1/79 и МБ-3/83 (сл. 3). Измерене вредности температуре у бушотини МБ-1/79 кретале су се у интервалу од 30,39° С (на 2,6 m дубине) до 38,7° С (на 25,2 m дубине). На дубини 198 m температура је износила 32,4° С. Испод 198 m није било могуће обавити мерење због непроходности бушотине. На основу резултата на бушотини МБ-3/83 установљено је да је температура од 17,47° С на 2,5 m од површине терена уједно и максимална измерена вредност. Најнижа температура воде износила је 12,34° С на 9,1 m од површине терена. На бушотини МБ-3/83 температурни каротаж је изведен до 32 m јер бушотина испод ове дубине није била проходна. На дубини од 32 m измерена температура воде је 13,18° С (Миленић 2008). На бунару МБ-2/81 температурни каротаж није изведен јер се вршила експлоатација воде за потребе Бање. Сонда С-Х за коју постоје мерени подаци температурног каротажа налази се непосредно поред бунара МБ-2/81. Графички приказ температурног каротажа за сонду С-Х урађен је на основу раније изведених истраживања. Вредности температуре кретале су се од 20 до 50° С до измерене дубине од 34 m (ГЕОЗАВОД 1979).

## Закључак

Квалитативне карактеристике термоминералних Матарушке Бање настале су услед деловања различитих фактора, пре свих физичко-географских, геолошких, хидрогеолошких, физичко-хемијских и физичких. Максимални дубински захват у досадашњим истраживањима термоминералних вода износи 733 m. Порекло ових вода везује се за дубље во-

доносне структуре, а хидротермално измењени серпентинити на површини дефинисани су само као „транзитна зона“ или „секундарни водоносни хоризонт“. Основна матична водоносна стена до данас није прецизно утврђена, али се на основу анализираних фактора претпоставља да би то могли бити тријаски кречњаци. Порекло температуре везује се за вулканогени масив Котленика, северно од Бање. Повишена температура воде (52° С), концентрације водоник сулфида (до 19 mg/l) и садржаја метасилицијумове киселине (до 100 mg/l) представљају основне балнеолошке карактеристике ових вода.

## Литература

- ДИМИТРИЈЕВИЋ, Н. 1973. Гасови у подземним водама са посебним освртом на њихово присуство у минералним водама Србије. Зборник радова РГФ, посебна издања, св. 3, Београд.
- ЂОКИЋ, И. 2004. Елаборат о резервама термоминералних вода из истражно-експлоатационе бушотине МБ-2/81 у Матарушкој Бањи. Институт за хидрогеологију, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- МАРКОВИЋ, Б. и др. 1968. Тумач за ОГК- лист Краљево. Савезни геолошки завод, 1–63, Београд.
- МИЛЕНИЋ, Д. 2008. Пројекат детаљних хидрогеолошких истраживања термоминералних вода Матарушке Бање за потребе грејања и климатизације Специјалне болнице за рехабилитацију „Агенс“. Департман за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета, Београд.
- МИЛИВОЈЕВИЋ, М. 1990. Геотермална потенцијалност територије СР Србије ван територије САП. Докторска дисертација, РГФ-ООУР Група за хидрогеологију, Београд, РГФ-Департман за хидрогеологију, Београд
- Програм радова за Анекс пројекта II фазе хидрогеолошких истраживања термоминералне воде у Матарушкој Бањи, Институт за хидрогеолошка и геотехничка истраживања, Геозавод, Београд, 1979.



## Прелиминарни биланс подземних вода карстног мини платоа Шушуре Preliminary groundwater budget for the Susure Karst Mini Plateau

ЗОРАН НИКИЋ<sup>1</sup>, ЈУГОСЛАВ НИКОЛИЋ<sup>2</sup>, ИВИЦА РИСТОВИЋ<sup>3</sup> и ПЕТАР ПАПИЋ<sup>3</sup>

**Апстракт.** У Западној Србији, на источним обронцима планине Јадовник, налази се карстни мини плато Шушуре, површине око 4.5 km<sup>2</sup>. У односу на околни терен овај плато представља за 10 до 30 m хипсометријски вишу морфолошку јединицу. Литолошки је изграђен од кречњака средњо тријаске старости, тектонски веома општењених и карстификованих. Са свих страна, осим према југозападу, у тектонском контакту је са дијабаз-ројначком формацијом јурске старости. На плато не дотиче ни један површински водоток. Излучене атмосферске падавине расходују се на инфилтрацију и евапотранспирацију. Пражњење формиране карстно-пукотинске издани врши се преко 18 сталних извора који се налазе углавном по рубном ободу платоа, у зони тектонског контакта кречњака и перидотита. На основу прорачуна евапотранспирације и мерења сума падавина, добијен је прелиминарни биланс подземних вода карстног мини платоа Шушуре. Мерењем вредности издашности на 18 извора извршена је верификација биланса на основу прорачунате евапотранспирације.

**Кључне речи:** карстни мини плато, подземне воде, прелиминарни биланс вода, нумерички модел, западна Србија.

**Abstract.** The karst mini plateau of Susure, about 4.5 km<sup>2</sup> in surface area, is situated on the Jadovnik eastern slopes, in Western Serbia. The plateau is a morphologic unit, which is 10 to 30 m higher than surrounding terrain in hypsometric terms. The unit lithologically consists of tectonically crushed and karstified Middle Triassic limestones. From all sides, except towards southeast, karst mini plateau is in tectonic contact with peridotites. Surface streams flow neither into nor off the plateau. Extracted atmospheric precipitations transform into underground filtration and evapotranspiration. More than eighteen constant springs at the limestone/peridotite tectonic contact drain fracture aquifers on the karst plateau border. On the basis of calculation of evapotranspiration and measurement of precipitation sums, preliminary balance of ground waters of karst mini plateau Susure was obtained. Through measurement of values on 18 springflows, verification of balance was performed on the basis of calculated evapotranspiration.

**Key words:** karst mini plateau, groundwater, preliminary water balance, numerical model, Western Serbia.

### Увод

На источним падинама планине Јадовник, у Западној Србији, простире се карстни плато Шушуре чија је површина свега око 4.5 km<sup>2</sup>. Због своје релативно мале површине, а маркантног рељефног изгледа, представља типичан мини плато. На површини овог кречњачког мини платоа заступљене су карстни морфолошки облици: шкрапе, вртаче, повремене понори и кратки пећински канали проходности до 15–20 m. Геолошка грађа мини платоа

одредила је тип издани, која се прихрањује искључиво атмосферским водама. Дренирање издани врши се преко више сталних извора који се налазе по самом ободу, дуж тектонског контакта кречњака и дијабаз-ројначке формације. Специфичност, између осталог, претставља одсуство алогених водотока. Услови прихрањивања и дренирања карстно-пукотинског типа издани одсликавају само природне услове. Карстно-пукотински хидрогеолошки колектор је са значајном ретардационом способношћу. На сталним изворима, током целе

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Шумарски факултет, Кнеза Вишеслава 1, 11030 Београд. Е-mail: zoran\_nikic@yahoo.com

<sup>2</sup> Републички хидрометеоролошки завод Србије, Кнеза Вишеслава 66, 11030 Београд. Е-mail: jugnik@eunet.rs

<sup>3</sup> Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд. Е-mail: ivica@rgf.bg.ac.rs

године, постоји истицање. Сложени тектонски односи, геолошка грађа, геоморфолошки услови и одсуство утицаја антропогеног фактора на целом простору мини платоа представљају битне елементе који су определили метод билансирања подземних вода. Коришћењем одговарајућих модела, урађено је прелиминарно билансирање вода за карстни мини плато Шушуре.

## Подручје истраживања

Карстни мини плато Шушуре налази се у југозападном делу Републике Србије на источним обронцима планине Јадовник, на око 15 km западно од варошице Сјеница. Представља за око 10 до 30 m хипсометријски вишу морфолошку целину, у односу на околни терен. Коте површине терена на самом платоу су од 1350 до 1395 m. Пружа се од Лазића крша (1395 m н.м.) на западу, до повремених потока Грабовица, на југоистоку. На површини терена заступљен је слој хуминизованог земљишта, местимично дебљине преко 1.0 m. Обрастао је бујном ливадском и шумском вегетацијом. На платоу не постоје стамбени, индустријски, путни као ни било који други инфраструктурни објекти.

Шире окружење овог мини платоа је планинско, са котима терена од око 1200 до преко 1650 m. Клима је умерено континентална са одликама планинске климе и низом специфичности самог локалитета. Просечна вишегодишња сума падавина износи 742 mm.

## Материјал и методе

Реализација истраживања обављена је по моделу кабинет-терен-кабинет. Прво је за истражни простор извршена анализа авиофотоснимака, а затим, прикупљање и анализа публикованих радова и доступне фондовске документације. На основу даљинске детекције извршено је одређивање делова терена за детаљно теренско геолошко и хидрогеолошко картирање. Такође, прибављене су падавине за кишомерне станице најближе карстном мини платоу Шушуре за период 1946–2005. година, као и други метеоролошки параметри мерени на главној метеоролошкој станици репрезентативној за овај терен.

Теренска истраживања геолошке грађе, хидрогеолошких услова и геоморфолошких облика изведена су методом детаљног картирања. Снимање координата и коте карактеристичних тачака анализираних објеката вршено је GPS уређајем. Као основа за записивање опажања, коришћене су оригиналне топографске подлоге размере 1:25000. Анализа прикупљених података извршена је у кабинету. Сprovedена је класификација и приказ анализираних геолошких, хидрогеолошких и геоморфолошких обје-

ката. Урађене су тематске карте као и катастар хидрогеолошких и геоморфолошких облика.

За израчунавање просторне евапотранспирације коришћен је нумерички модел развијен на модуларном принципу коришћењем костура Penman-Monteith-овог приступа, емпиријски коригованог, допуњеног и верификованог за терене Србије, а што је детаљније описано у раду Николића (2002). Модел садржи модуле енергетских, динамичких и утицаја физиологије биљака, уз параметризацију утицаја геолошке подлоге терена. Утицај геолошке подлоге параметрисан је на начин који захтева хидрогеолошки приступ методологији истраживања терена. Утицаји аеродинамичког отпора, као и површинског отпора биљних врста, параметрисани су на следећи начин: површински отпор биљних врста симулира контролу тока водене паре из лишћа биљке преко доступних параметара у пракси, а аеродинамички отпор је израчунаван у функцији брзине ветра и храпавости активне површине.

Домен модела дефинисан је у односу на површину посматраног истражног подручја. Евапотранспирација је рачуната у тачкама мреже са хоризонталном резолуцијом одређеном тако да елементарна површина довољно тачно репрезентује хомогено подручје. Резолуција модела, са просторним кораком  $k=dx=dy=100$  m, обезбеђује довољну тачност израчунатих вредности интегралног испаравања воде и анулира хетерогеност терена, како у погледу геолошких услова тако и у погледу заступљености шумских екосистема.

Први корак у прорачуну подразумевао ажурирање потребне базе података из домена анализе на бази грид система. За свако јединично поље површине  $100 \times 100$  m, ажурирани су одговарајући подаци (температура ваздуха, напон водене паре, брзина ветра, ваздушни притисак, алbedo активне површине, аеродинамички отпор, површински отпор биљног покривача и други) који су у виду матрице искоришћени за прорачун у моделу. Улазни подаци добијени су стандардним мерењем метеоролошких параметара на метеоролошким станицама и картометријски. Картографски параметри одређени су на основу топографских карата размера 1:25000.

Урађена је и динамичка анализа падавина помоћу одговарајућег тродимензионалног нехидростатичког нумеричког модела која, поред осталог, укључује утицај орографских и динамичких услова на падавине (FRENZEN *et al.* 1987; Николић 2002).

## Резултати истраживања

### Геолошке и хидрогеолошке карактеристике истраживаног подручја

Анализа руптурног склопа извршена је на регионалном нивоу. Регионални руптурни склоп рекон-

струисан је детаљном анализом сателитских снимака у размери 1:100000 и 1:50000. Снимање је вршено из сателита Landsat 7 ETM+ из орбите висине око 910 km, путања 187, ред 29. Анализом сателитских снимака реконструисан је положај разломних зона и регионалних раседа. Неотектонска активност терена је реконструисана методом квантитативне геоморфолошке анализе. Неотектонски активне зоне у великом броју случајева се поклапају са већ постојећим старијим разломима. Дуж ових разломних зона и раседа долазило је до гравитационих покрета, спуштања и издизања појединих блокова мини платоа. Карстни плато Шушуре припада блоку са позитивним вредностима енергије рељефа. Током процеса релативног издизања платоа у односу на околни терен, остварена је интензивна тектонска оштећеност кречњачке масе, чиме је омогућен интензиван процес његове карстификације.

Литолошки, у грађи терена шире зоне истражног подручја учествују седиментне, магматске и метаморфне стене, геолошке старости од мезозоика до квартара. Геолошки најстарије стене су кречњаци и доломити средњег тријаса ( $T_2^1$ ) од којих је изграђен мини плато Шушуре (сл. 1). Ови седименти представљени су слојевитим доломитичним кречњацима, сивим и руменкастим лапоровитим кречњацима са слојевима црвених лапоровитих и бречастих кречњака. Њихова дебљина је преко 200 m (Живаљевић и др. 1984). Веома су тектонски оштећени и карстификовани. Са стенским масама које су у њиховом окружењу, у тектонском су контакту. Представљају хидрогеолошки колектор у којем је формиран карстно-пукотински тип издани.

Карстни мини плато Шушуре са свих страна окружен је дијабаз-ројначком формацијом јурске старости ( $J_{2,3}$ ) осим према југоистоку, где је у виду једне уске зоне спојен са кречњацима Гиљеве планине (1471 m н.м.). Дијабаз-ројначка формација конкордантно лежи преко средњо тријаских кречњака (Мојсиловић и др. 1978). Као последица веома изражене радијалне тектонике, дијабаз-ројначка формација је доведена у исти или нижи хипсометријски ниво у односу на тријаске кречњаке (Живаљевић и др. 1982).

У грађи дијабаз-ројначке формације учествују седиментне (пешчари, алеврити, лапорци, ројначи, глинци и лапоровити кречњаци) и магматске стене (перидотити, габрови, дијабази, спилити и мале масе гранодиорита). Дијабази се јављају као мањи пробоји у дијабаз-ројначкој формацији (Мојсиловић и др. 1978). Од серпентинисаних харцбургита изграђен је терен југозападно од платоа. Серпентинисани харцбургити представљају део Озренског перидотитског масива.

Геолошки, најмлађи су седименти квартарне старости. Представљени су делувијалним и сипарским творевинама. Цела површина платоа покривена је делувијумом што је омогућило развој бујне и разно-

врсне вегетације. У ободној зони платоа, дуж контакта кречњачка и дијабаз-ројначке формације, формиран су моћни сипари. Ови сипари маскирају примарна места истицања изданих вода.

Тектонски дисконтинуитети у кречњацима представљају на површини терена места инфилтрације атмосферских вода, а у подземљу места филтрације вода. Развијени су карстни површински (шкрапе, увале, вртаче, понори, зоне понирања) и подземни облици (крашки канали, јаме, поткапине и пећине). Вртаче су пречника и до 40 m, дубине до 20 m. Утврђено је неподударење хидрогеолошке и топографске вододелнице (Никић 2003).

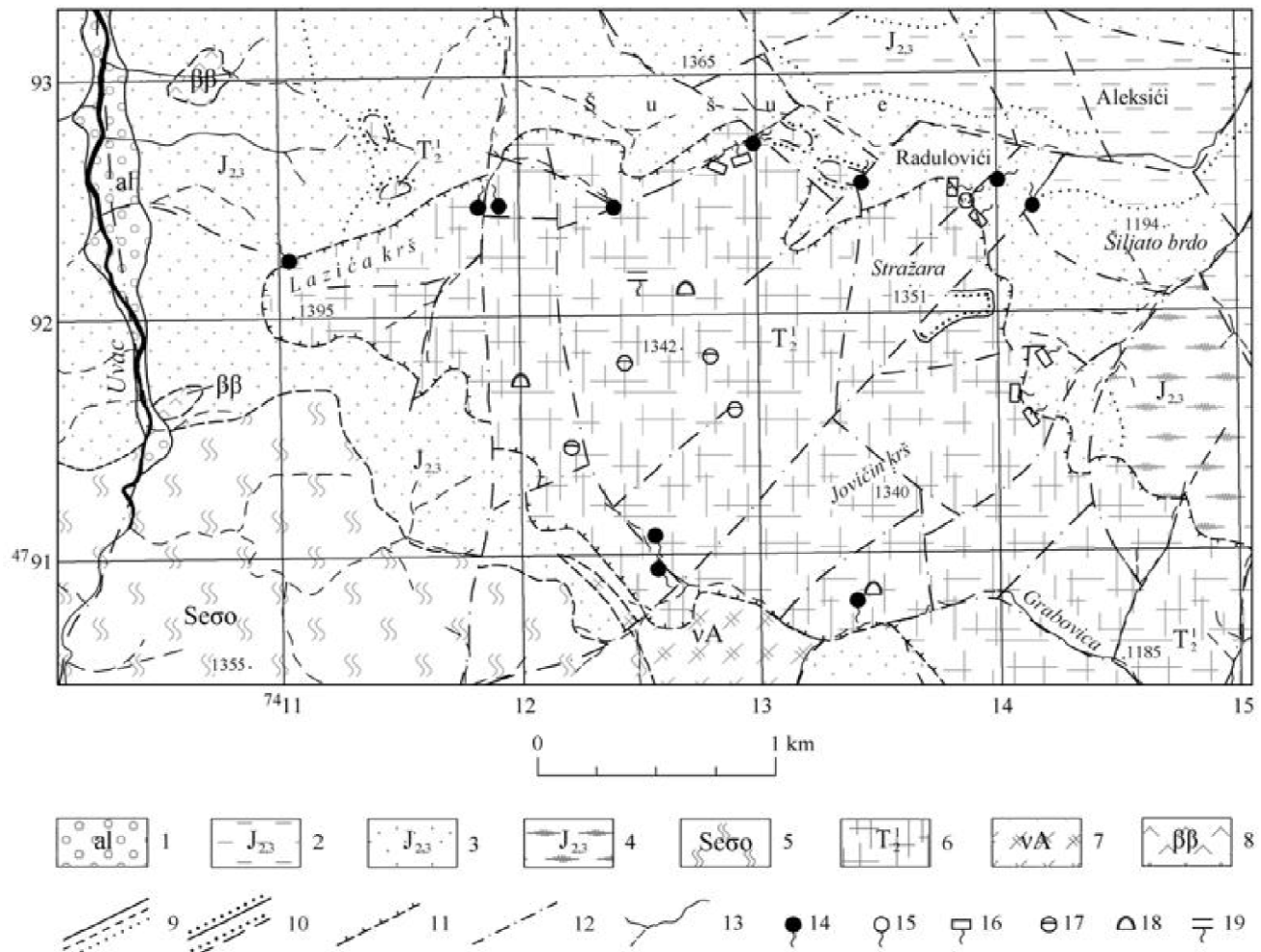
Атмосферске воде углавном се расходују на инфилтрацију и евапотранспирацију. На плато не дотиче ни један површински водоток, односно нема алогених река. Дренаже карстно-пукотинске издани виши се преко 18 сталних извора. Извори су распоређени у зони обода платоа, на контакту средњотријаског кречњака са дијабаз-ројначком формацијом јурске старости. Присутни су и повремени извори, веома кратко активни током периода поводња.

Карстификовани средњо тријаски кречњаци су са хидрогеолошком функцијом хидрогеолошког спроводника и хидрогеолошког колектора, а творевине дијабаз-ројначке формације са функцијом хидрогеолошке баријере.

На основу резултата хидрохемијских испитивања узорака вода са 18 извора, констатовано је да сви припадају хидрокарбонатно-калцијској групи вода чија је минерализације око 250 mg/l, а pH вредности 7.1 до 7.5. Претходно указује на генетску везу вода извора са кречњацима. Мерењем количине истицања вода на сталним изворима утврђен је однос минималне и максималне издашности у распону од  $Q_{min}:Q_{max} = 1:2.4$ . Овакав однос не представља типичну осцилацију издашности за изворе из карстификованих кречњака. Анализа издашности извора упоредно са хистограмом падавина, тј. њихов однос, указује да се ради о релативно уједначеном механизму истицања. Екстремне падавине не изазивају вишеструко повећање протицаја, мада систем реагује након 7 до 15 дана, вероватно услед преношења притиска. Највећи протицаји се јављају у пролећним месецима, у периоду топљења снега и пролећних киша. Други максимум протицаја се јавља током јесени.

### Прелиминарни биланс подземних вода карстног мини платоа Шушуре

За потребе билансирања вода коришћени су резултати анализе геолошке грађе терена, хидрогеолошких својства стена, геоморфолошке карактеристике, физичко-географски и климатски услови, као и карактер вегетационог покривача терена



Сл. 1. Геолошка карта карстног мини платоа Шушуре (према Основној Геолошкој Карти 1:100000, лист Бијело Поље, ЖИВАЉЕВИЋ *и др.*, 1982, допуњено). Легенда: 1. алувион; 2. дијабаз-рожначка формација са претежно лапорцима; 3. дијабаз-рожначка формација са претежно пешчарима; 4. дијабаз-рожначка формација са претежно рожначима; 5. дунити; 6. кречњаци и доломитични кречњаци; 7. габро амфиболити; 8. дијабази; 9. геолошка граница: утврђена, покривена, поступни прелаз; 10. тектонско-ерзиона граница: утврђена, покривена; 11. чело краљушти; 12. расед: утврђен, покривен, фотогеолошки осматран; 13. водоток; 14. стални извор; 15. повремени извор; 16. каптиран извор; 17. понор; 18. пећина; 19. пиштевина.

Fig. 1. Geological Map of Susure karst mini plateau (after Base Geological Map at Scale 1:100,000, Sheet Bijelo Polje, in: ŽIVALJEVIĆ *et al.*, 1982, revised). Legend: 1. Alluvium; 2. Diabase-chert formation with dominant marlstone; 3. Diabase-chert formation with dominant sandstone; 4. Diabase-chert formation with dominant chert; 5. Dunite; 6. Limestone and dolomitic limestone; 7. Gabbro amphibole; 8. Diabasite; 9. Geological boundary: identified, inferred, gradual passing; 10. Tectonic/erosion boundary: observed, inferred; 11. Nappe front; 12. Fault: identified, inferred, photogeologically observed; 13. Watercourse; 14. Constant spring; 15. Intermittent spring; 16. Tapped spring; 17. Swallow hole; 18. Cave; 19. Bog.

платоа. За анализу падавина коришћене су серије измерених вредности месечних сума падавина у периоду 1946-2005. године на метеоролошким станицама из домена модела. На простору карстног мини платоа Шушуре добијена је средња годишња сума падавина од  $P = 742$  mm. Годишњи ход количине падавина показује да је месец са највећом просечном количином падавина јул, а са најмањом јануар, март и фебруар.

Регистровање издашности извора вршено је у знатно краћем периоду у односу на мерења пада-

вина. Зато је билансирање извршено индиректним одређивањем, тј. прорачуном евапотранспирације коришћењем нумеричког модела (Николић 2002, 2004). Верификација прорачуна вршена је анализом дренарања карстно-пукотинског типа издани на основу мерења издашности на 18 извора по ободу платоа. На овај начин, преко индиректног одређивања евапотранспирације, методом водног биланса било је могуће проценити издашност свих извора по ободу платоа за цео период (1946-2005), у временским интервалима када није било мерења



издашности. Почетни параметри потребни за одређивање евапотранспирације добијени су на основу мерења на синоптичкој метеоролошкој станици “Сјеница” која је најрепрезентативнија за истраживано подручје (надморска висина метеоролошке станице: 1180 m н.м.).

За све изворе на терену су измерене њихове координате, проверавана је издашност истих у различитим добима године (у сушним и кишним епизодама) и извршене су хемијске анализе вода.

Нешто виши степен евапотранспирације са платоа Шушуре, у односу на неке друге карстне терене, условљавају геолошке и хидрогеолошке карактеристике платоа, терен обрастао вегетацијом (око 45 % површине захватају шуме), морфолошке карактеристике (мали нагиб терена) и климатске карактеристике (изражени динамички ефекти). Анализа показује да је за 3 месеца, у хладнијој половини године, просечно истицање извора  $Q_{\text{сред}} = 21.4$  l/s, док је у преосталих 9 месеци просечно истицање  $Q_{\text{сред}} = 42.2$  l/s. Однос  $Q_{\text{мин}} : Q_{\text{макс}}$ , просечно за цео период, је 1:2.4. Просечно минимално истицање износи  $Q_{\text{мин}} = 21.3$  l/s, а максимално  $Q_{\text{макс}} = 51.1$  l/s. Просечна годишња издашност свих извора износи  $Q = 37$  l/s. Да би то било упоредиво са падавинама направљен је еквивалентан прорачун “висине отицаја подземних вода” у mm. За укупни просечан истицај од 37 l/s добија се еквивалент висине отицаја од 259.3 mm просечно са платоа Шушуре. Истовремено, прорачуната евапотранспирација је 482.7 mm. То значи да просечно испари око 65%, а остаје на располагању, као распложив ресурс подземних вода, око 35% од просечно излучених падавина.

Распоред и количина атмосферских падавина током године је такав да део падавина који се инфилтрира врши прихрањивање карстно-пукотинске издани током целе године. Међусобна повезаност дисолуционо-пукотинских система и величина хидрауличког градијента омогућава кретање вода инфилтрираних са површине терена. Међутим, због постојања два изражена система пукотина и запуњености каверни и пукотина делувијалним материјалом са површине терена, овај хидрогеолошки колектор је са израженом ретардационом способношћу. Климатске карактеристике (распоред падавина) и ретардациона способност стенске масе су елементи који омогућавају током целе године ограничено истицање подземних вода преко сталних извора. На овај закључак упућује и релативно мала осцилација издашности извора током године.

## Закључак

Карстни мини плато Шушуре представља занимљиву геолошку, хидрогеолошку, амбијенталну и еколошку очувану целину. Специфичност овог ло-

калитета последица је његове геолошке грађе, тектонских односа, хидрогеолошких услова, климатских прилика, морфологије терена и вегетационог покривача, који су са својим типичним карактеристикама заступљени на овом, релативно малом, простору.

Резултати биланса вода за карстни мини плато Шушуре указују на ретардациону способност средњотријаских кречњака у датим климатским условима. Распоред и интензитет атмосферских падавина омогућава стално алиментирање подземних вода што омогућава обнављање и одржавање динамичких резерви подземних вода. Захваљујући ретардационој способности средњо тријаских кречњака, условљеној постојањем карстне и пукотинске порозности, односно крупних незапуњених или делимично запуњених делувијалним материјалом карстних канала, као и веома заступљених пукотина, ситних пукотина и прлина незапуњених или делимично запуњених делувијалним материјалом, остварује се ограничено истицање подземних вода из карстно-пукотинског типа издани. Извори преко којих се врши пражњење карстно-пукотинске издани налазе се у зони тектонског контакта средњотријаских кречњака и дијабаз-ројначке формације.

Прорачун водног биланса за простор карстног мини платоа Шушуре, потврдио је реалност регистрованог односа минималне и максималне издашности извора која није типична за карстне терене. Билансирање вода коришћењем одговарајућег модела омогућило је са задовољавајућом тачношћу дефинисање просечне вредности за отицај подземних вода за карстни мини плато Шушуре.

## Литература

- FRENZEN G., HEIMANN, D. & WAMSER, M. 1987. Dokumentation des Regionalen Klimamodells (RKM) auf der Basis von FITNAH (Flow over Irregular Terrain with Natural and Anthropogenic Heat Sources). *DFVLR-Mitt.* 87-07.
- МОЈСИЛОВИЋ, С., БАКЛАЈИЋ, Д. и БОКОВИЋ, И. 1978. *ОГК СФРЈ Лист и Тумач Сјеница 1:100000*. Савезни геолошки завод, Београд.
- НИКИЋ, З. 2003. *Хидрогеолошка анализа формирања и регионализација малих вода*. 154 стр. Задужбина Андрејевић, Београд.
- НИКОЛИЋ, Ј. 2002. *Испаравање воде у природним условима (геолошки, хидролошки и метеоролошки аспекти)*, 380 стр. “Научна књига” и РХМЗ Србије, Београд.
- НИКОЛИЋ, Ј. 2004. *Модел одређивања евапотранспирације у хетерогеним геолошким условима на примеру горњег слива Западне Мораве*. 359 стр. Докторска дисертација, Рударско-геолошки факултет, Београд.
- ЖИВАЉЕВИЋ М., МИРКОВИЋ М. и СТИЛОВИЋ В. 1982: *ОГК СФРЈ Лист и Тумач Бијело Поље 1:100000*. Савезни геолошки завод, Београд.



## Потенцијалност геотермалног ресурса Војводине као геотермалне провинције

### Potentiality of the Geothermal Resource of Vojvodina as Geothermal Province

ЗОРАН РАКИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Као део Панонског басена, територија Војводине припада Европској геотермалној зони где просечне вредности густине терестичног топлотног тока имају вредности 60 mW/m<sup>2</sup>. На већем делу територије Војводине вредности густине терестичног топлотног тока прелазе вредност 100 mW/m<sup>2</sup>. Овако високе вредности указују на присуство геотермалних аномалија на основу којих је дефинисана геотермална провинција. Анализом, реинтерпретацијом и синтезом геолошких а посебно хидрогеолошких и хидрогеотермалних истраживања, као и густине терестичног топлотног тока, а на простору Геотермалне провинције Војводина могу се издвојити и дефинисати четири геотермална блока (ГТ).

Спектар коришћења се разликује од присуства енергије високог енталпског ресурса (производња електричне енергије преко геотермалних генератора, директно и уградњом дубинских измењивача, преко 1000 MW), директног коришћења хидротермалног ресурса (преко 300 MW), до примене такозваног плитког геотермалног ресурса који је доступан на целом простору провинције (искориштавање путем инсталација у систему топлотних пумпи, преко 4000 MW).

**Кључне речи:** терестични топлотни ток, геотермална аномалија, геотермална провинција, геотермални блок, геотермална технологија, природни ресурс, енталпски ресурс, геотермални генератори, топлотна пумпа.

**Abstract.** Being a part of Pannonian Basin, the territory of Vojvodina belongs to the European geothermal zone, where the average values of terrestrial thermal flow density are 60 mW/m<sup>2</sup>. At the majority part of Vojvodina territory, values of terrestrial thermal flow density are exceeding the value of 100 mW/m<sup>2</sup>. Such high values point to the presence of geothermal anomalies, based upon which the geothermal province has been defined.

By analyses, reinterpretation and synthesis of geological, and especially hydro-geological and hydro-geothermal explorations, as well as the density of terrestrial thermal flow, in the region of the Geothermal province of Vojvodina, four geothermal blocks (GT) can be separated and defined.

Utilization spectrum is differentiating from the presence of high-enthalpy resource energy (production of electric power by geothermal generators, directly and by installation of deep exchangers, over 1000 MW), direct utilization of hydrothermal resource (over 300 MW), until the application of the shallow geothermal resource available over the whole province region (Utilization of installations in the thermal pump system, over 4000 MW).

**Key words:** terrestrial thermal flow, geothermal anomaly, geothermal province, geothermal block, geothermal technology, natural resource, Enthalpy resource, geothermal generators, thermal pump.

## Увод

Као део Панонског басена, територија Војводине припада Европској геотермалној зони где се просечне вредности густине терестичног топлотног тока креће у вредностима од 60 mW/m<sup>2</sup>. На делу територије Србије а и на простору Војводине, вредности гус-

тине терестичног топлотног тока прелази вредност 100 mW/m<sup>2</sup>, и то у Панонском басену, Српско-Македонском масиву и у граничном делу Динарида са Српско-Македонским масивом, односно у подручју неогене магматске активације, што указује присуство геотермалне аномалије која представља продужетак геотермалне аномалије Панонског басена.

<sup>1</sup> Нис-Гаспромнефт, Народног Фронта 12, 21000 Нови Сад. E-mail. Zoran.rakic@nis.rs



Сл. 1. Мапа изведених хидрогеотермалних бушотина; 1. Ознака бушотина; 2. Насеље  
 Fig. 1. Map of the hydrogeothermal wells; 1. Mark of the drill; 2. Settlement

У периоду од шездесетих година до данашњег дана на простору Војводине постоје сазнања, да је избушено више од 80 геотермалних бушотина као и бушотина за истраживање Угљоводоника које су испитане на појаве топлих вода (сл. 1), чија је сврха била да утврди хидрогеотермални потенцијал наведеног простора. Дубина бушотина се кретала од 300 m до 3000 m. Најдубље избушена хидротермална бушотина налази се у Банату од 2520 m.

Испитивањем бушотина прикупљени су подаци о: хидродинамичким, хидрохемијским и термалним карактеристикама геотермалних вода као и подаци важни за оцену квалитета вода, резерви, а најзначајнији подаци добијени су са аспекта енергетског потенцијала простора на основу измерених температура на дну бушотина.

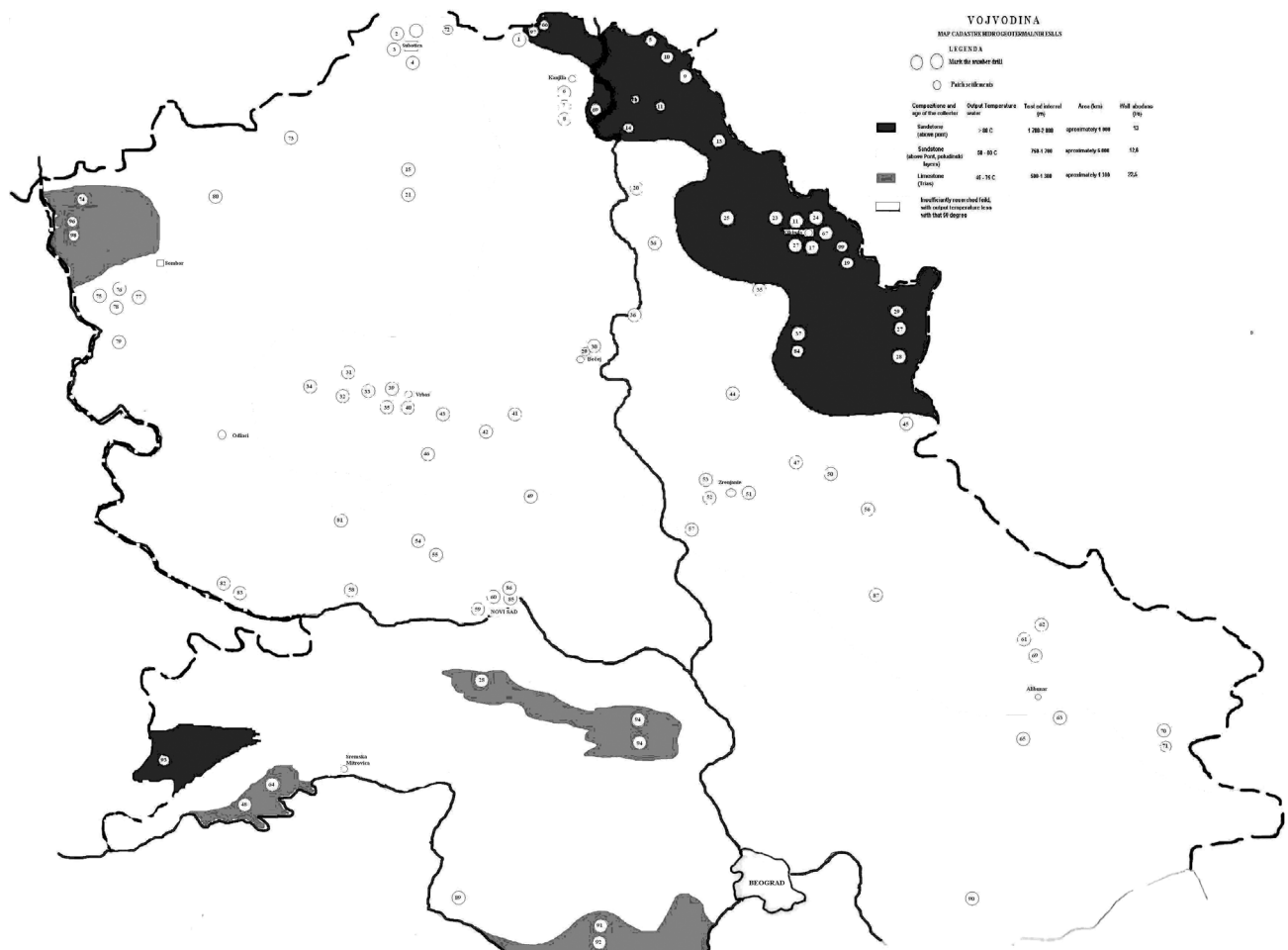
## Геотермална реонизација Војводине

Анализом, интерпретацијом и синтезом геолошких а посебно хидрогеолошких и хидрогеотермал-

них карактеристика, као и физичко-хемијских својстава подземних вода, а на простору Панонског басена (простор који покрива Војводина) може се издвојити и дефинисати више геотермалних блокова (провинција) Геотермални блок (Г1), Геотермални блок (Г2), Геотермални блок (Г3), Геотермални блок (Г4). Геотермални блокови дефинисани су на бази сложености геолошке грађе литолошког стуба који их чини и температура које су измерене у избушеним и испитиваним бушотинама (сл. 2) и др.

На бази изнетог, а на становишту практичне примене геотермалне енергије за производњу електричне енергије сви геотермални блокови имају значај. Потенцијалност појединог блока, треба потврдити допунским истраживањем.

**Геотермални блок (Г1)** је релативно једноставне литолошке грађе и садржајем великог броја акцифери где су колектор стене искључиво интергрануларне порозности. Развијен је на скоро читавој територији Војводине уз мале изузетке простора Фрушке горе и Вршачког брега. Изграђени су од наслага квартара, полудинских слојева и горњег



Сл. 2. Геотермална реонизација Војводине: 1. Пешчари (горњи понт), са излазном температуром воде већом од 80 °C, дубине залегања 1700–2000 m, и површином од 1000 km<sup>2</sup>; 2. Пешчари (горњи понт и палудински слојеви), са излазном температуром воде од 50–80 °C, дубине залегања 750–1700 m, и површином од 6000 km<sup>2</sup>; 3. кречњак (тријас), са излазном температуром воде од 45–75 °C, дубине залегања 500–1300 m, и површином од 1300 km<sup>2</sup>; 4. простор са излазном температуром воде нижом од 50 °C.

Fig. 2. Geothermal reonization of the Vojvodina: 1 Sandstone (upper Pont), with the output water temperature higher than 80 °C, depth 1700–2000 m, and an area of 1000 km<sup>2</sup>; 2nd Sandstone (upper Pont and paludinski layers), the output water temperature of 50–80 °C, depth 750–1700 m, and an area of 6000 km<sup>2</sup>; 3. Limestone (Triassic), the output water temperature of 45–75 °C, depth 500–1300 m, and an area of 1300 km<sup>2</sup>; 4. space with the output water temperature lower than 50 °C.

понта који је и истовремено и подина овог блока. Укупна дебљина ових седимената креће се од 20 до 2000 m. У овом блоку могу се очекивати (измерена) температуре у слоју до 120 °C.

**Геотермални блок (Г2)** обухвата седименте доњег понта и панона. Распростира се по целом простору који покрива Војводина а углавном се простира испод геотермалног блока (Г1). Моћност овог блока креће се од 10 m до 1500 m. Очекиване слојне (потврђена мерењем) температуре могу бити и до 160 °C.

**Геотермални блок (Г3)** простира се испод Геотермалног блока (Г2) и делимично геотермалног блока (Г1). Овај блок представљен је стенама миоцена, палеогена, јуре и креде, терцијерним творевинама предпанона у подлози, као и другим седименти-

ма који се налазе у подлози а у непосредној су хидродинамичкој вези са геотермалним блоком (Г1) и (Г2). Моћност овог блока креће се 300 до 1000 m. Температуре у резервоар стенама крећу се од 160 °C до 175 °C (измерена).

**Геотермални блок (Г4)** је углавном заступљен стенама мезозоица и палеозоица. Битно је нагласити да ове стене нису у хидродинамичкој вези са стенама које су заступљене у предходним геотермалним блоковима. Температуре резервоар стена које изграђују овај блок могу се очекивати до 200 °C (измерена).

Спектар коришћења геотермалне енергије по геотермалним блоковима, се разликује од присуства енергије високог енталписког ресурса (производња електричне енергије преко геотермалних генератора, директно и уградњом дубинских измени-

вача (преко 1000 MW), директног коришћења хидротермалног ресурса (преко 300 MW), до примене такозваног плитког геотермалног ресурса који је доступан на целом простору провинције (искориштавање путем инсталација у систему топлотних пумпи (преко 4 000 MW).

## Приказ геолошке грађе

Приказ геолошке грађе истражног простора дат је на основу синтезе података добијених истражним бушењем, палеонтолошко-петролошко-седиментолошким проучавањима узорака језгара и набушеног материјала са вибро сита, интерпретацијом и корелацијом геофизичког каротажа (ЕК-дијаграми), као и фондовске документације (специјалистичке студије, елаборати и друга стручна документација). Посебан допринос познавању еволуције истражног простора пружили су подаци добијени увидом у велики број стручних и научних радова публикованих о југоисточном делу Панонског басена, Српско-Македонском масиву, граничном делу Динарида са Српско-Македонским масивом односно о подручју неогене магматске активације. (АКСИН *и др.* 1976)

**Палеонтолошко - петролошко - седиментолошка проучавања.** Велики број геолошких података добијених прирненом више различитих метода палеонтолошких, петролошких и седиментолошких научних дисциплина омогућили су детаљно познавање геолошке грађе предложеног истражног простора: састав, стратиграфску припадност, генезу и услове формирања стена, као и накнадне промене и деформације изазване бурним геодинамичким догађањима. Међу прве радове писане о предложеном истражном простору, могу се сматрати истраживања малакофауне HALAVATS-A (1886, 1887–1889) (СТЕВАНОВИЋ 1977) са краја 19. века. Од микропалеонтолошких метода примењују се методе проучавања микрофауне (фораминифери и остракоди) и микрофлоре (полен, споре и динофлагелате).

Старост метаморфних и вулканских стена одређивана је углавном корелацијом са сличним већ дефинисаним творевинама суседних истражних простора (Мађарска, Румунија, Србија јужно од Саве и Дунава и др.), да би мали број узорака био анализиран путем изотопске методе одређивања старости у Геохронолошкој лабораторији Универзитета у Женеви.

На простору дефинисаном пројектом ОГИ (основна геолошка истраживања) палеонтолошким и петролошко-седиментолошким истраживањима стена добијених бушењем (језгра и узорци са сита), затим интерпретацијом и корелацијом електрокаротажних дијаграма и др. методама геолошких истраживања издвојени су и описани следећи

стратиграфски чланови: **протерозоик (?) – палеозоик, мезозоик (тријас, креда) и кенозоик (палеоген, неоген и квартар)**

## Палеозоик (протерозоик) (?) – палеозоик)

Најстарије истраживане творевине су представљене различитим метаморфним стенама. Њихова старост засад није палеонтолошки документована, али се на основу корелација са другим истражним просторима, првенствено Мађарске и Румуније, претпоставља да припадају стенама протерозоик(?)–палеозоика (ЋАНОВИЋ & КЕМЕНЦИ 1988; КЕМЕНЦИ & ЋАНОВИЋ 1997). Аналогно истраживањима у Мађарској КЕМЕНЦИ & ЋАНОВИЋ (1997) сматрају да су ове творевине стваране за време каледонске и херцинске тектонске фазе и да припадају јужном делу Тисија мега-јединце (“Хоргош серија”). Утврђене су првенствено у местима: Чикерија, Келебија, Палић, Суботица, Хоргош, Мале Пијаци, Кањижа, Биково, Велебит, Ада, док су у западном делу констатоване спорадично, тј. сходно интензитету и дубини истражног бушења. Представљене су комплексом полиметаморфита састављених од три асоцијације стена које се међусобно битно разликују:

- асоцијација полиметаморфита метапсамита и метапсефита,
- метавулканогено-седиментна асоцијација и
- асоцијација метасоматита и магматита (КЕМЕНЦИ 1977).

**Риодацити:** на простору Северне Бачке у појединим бушотинама код Палића, Келебије, Суботице и Хоргоша у бази неогена, доњег тријаса и у оквиру пермских формација констатоване су риодацитске лаве и туфови. КЕМЕНЦИ & ЋАНОВИЋ (1997) су на основу корелације ових вулканита са сличним стенама Мађарске предпоставиле палеозојску старост. Старост ових творевина још увек представља отворено питање које би се будућим истраживањима решавало.

Микропалеонтолошким и седиментно-петролошким испитивањима и литолошком корелацијом са сличним, већ стратиграфски дефинисаним серијама, у оквиру тријаса могуће је издвојити доњи, средњи и гомји тријас. Ове наслаге фитофацијално могу се корелисати са тријасом Алпа (Wetterstein, Dachstein, Steinalm, Reifling и сл.), Динарида и Карпата (КЕМЕНЦИ & ЋАНОВИЋ, 1997).

## Мезозоик

Мезозојске стене на истражном простору су представљене творевинама тријаса и креде Тријаске творевине утврђене су у више избушених бушотина.

**Тријас:** Има највеће распрострањење на истражном простору Војводине, а утврђен је у бушотинама код Палића, Бачког Винограда, Мартоноша, Велебита, Чантавира, Трешњевца. Сенте, Адорјана, Гоњег брега, Орахова, Бајше, Бачке Тополе, Бачког Моноштора, Купусине и др локалитетима Бачке и Срема.

**Доњи Тријас:** Утврђен је у великом броју бушотина и престављен је плитководним кластичним, кластично-карбонатним и евапоритским наслагама алпског типа.

**Средњи Тријас:** Има релативно мало распрострањење. Утврђен је у једном узаном појасу источног дела истражног простора и то у бушотинама код Бачке Тополе. Велебита, Чантавира и Трешњевца и др. Представљен је наслагама анизијског и ладинског ката (ЋАНОВИЋ & КЕМЕНЦИ 1983; КЕМЕНЦИ & ЋАНОВИЋ, 1997).

**Горњи Тријас:** Плитководни режим седиментације који је егзистовао током средњег тријаса наставио се и током горњег тријаса. Поуздано су утврђени седименти карнијског, норичког и највероватније само нижег дела, ретског ката.

**Креда:** Наслаге кредне старости су на истраживаном простору поуздано утврђене једино код Петровога Села. Констатоване су у подини понтијских седимената, на дубини испод 1920 m. Представљене су горњокредним тамносивим алевролитима, лапорцима, пешчарима са пиритским нагомилањима и фауном фораминифера млађег сенона. У овим седиментима бушотине су завршене на дубини од 2115 m.

## Кенозоик

Кенозоик је утврђен истражним бушењем на целом простору. Представљен је творевинама насталим у периоду палеогена, неогена и квартара. Углавном су то литолошки хетерогене стене, дапоноване у више фаза различитих стратиграфских нивоа и седиментационих средина. Палеогене творевине су издвојене на једном ограниченом простору. Припадају континенталним депонатима еоценске старости. Углавном су то депонати различитих копнених предела: језерско-речни, речни, мочварни, степски, леднички и сл.

**Палеоген:** Заступљен је еоценским седиментима изграђеним од крипнокристалних до кристалних лапоровитих кречњака са ретким и ситним зрнима кварца и пигментацијом Fe-материје, затим преталожених остатака кредних пелашких молусака и фораминифера.

**Неоген:** Његов настанак и еволуција у директној су вези са интезивним геодинамичким догађајима крајем палеогена и током миоцена. Бурни геодинамички процеси на простору Панонске низије омогућили су вишефазно генерисање наслага различитих депозиционих средина у неколико временски

одвојених стратиграфских јединица. Тако је било могуће разликовати континенталне (речно-језерске), морске и језерске творевине миоцена, затим продукте миценских магматских процеса и језерске и мочварне наслаге плиоцена.

**Миоцен:** На истражном простору има највеће распрострањење. Утврђен је истражним бушењем и комплексним палеонтолошким, петролошким и седиментолошким проучавањима бушотинског материјала. Бројни палеонтолошки налази фосилне макро и микро фауне и флоре омогућили су детаљна биостратиграфска расчлававања миоцена на доњи, средњи и горњи, као и реконструкцију палеогеографских и палеоклиматолошких прилика.

**Плиоцен:** Представљен је слатководним наслагама језерских, језерско-речних и мочварних депозиционих средина. Биостратиграфским проучавањима ових наслага на простору Војводине, утврђени су седименти плиоцена, континуирано депоновани на наслагама горњег понта.

**Квартар:** Утврђен је првенствено на основу истраживања мелиорационих канала, речних тераса, артерских бунара, плитких бушотина које су изведене за потребе ОГК Војводине, дубоких бушотина за нафтно-геолошка истраживања и слично. Представљене су углавном континенталним творевинама више различитих седиментационих циклуса: језерски (горњопалудински слојеви), језерско-речни, речни, барски и еолски. Положај границе плиоцен-квартар још увек није јасан и не постоји јединствено мишљење.

## Закључак

Један од битних разлога примене геотермалне енергије је велика уштеда у потрошњи конвенционалних горива, производње електричне енергије, еколошким аспектима као и знатно учешће у енергетском билансу земље. Спектар коришћења геотермалне енергије у Војводини јако велики, он се разликује од присуства енергије високог енталпског ресурса (производња електричне енергије преко геотермалних генератора, директно и уградњом дубинских измењивача (преко 1000 MW), директног коришћења хидротермалног ресурса (преко 300 MW), до примене такозваног плитког геотермалног ресурса који је доступан на целом простору провинције. (искориштавање путем инсталација у систему топлотних пумпи (преко 4 000 MW).

## Литература

Аксин, В. и др. 1976. Минералне и термалне воде Војводине и могућности коришћења. I и II део. Фонд „Нафтагас“, Нови Сад. Фонд стручне документације Нис-Нафтагас (1949 – 1999)

- GALUS, J.P. & PYLE, D.E. 1988. Geothermal energy resources and their use in European agriculture. FAO, CNRE study No. 2, Roma.
- КЕМЕНЦИ, Р. & ЧАНОВИЋ, М. 1975. Preneogena podloga vojvodanskog dela Panonskog basena. II god. znanost. skup skup znanost.sav. za naftu JAZU, Zagreb.
- РАКИЋ, З. 2001. Хидрогеологија Срема са аспекта истраживања нових лежишта подземних вода и њиховог захватања. Магистарски рад РГФ, Београд.
- РАКИЋ, З. 2008. Хидрогеотермални ресурси Срема и оптимизација методе њихове експлоатације. Докторска дисертација РГФ, Београд.
- РАКИЋ, З. и РАКИЋ, Б. 2009. Допринос обновљиве енергије на очувању животне средине и енергетског биланса. *Енерџија* (210), Златибор
- ТОЛЕ, М. Р. 1988. "Low Enthalpy Geothermal Syatems in Kenza". *Geotermics*, Vol. 17, No. 5/6, 777–783,
- ВНЕТТЕН, Ј.Т. 1987. "The U.S. Hot Dry Rock Prpject". *Geotermics*, Vol. 16, No. 4, 331–339



## Актуелно стање и перспективе хидрогеолошке делатности у Србији State of Art and Perspectives of Hydrogeology in Serbia

ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ<sup>1</sup> и ПЕТАР ДОКМАНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У раду се разматрају нека актуелна питања садашњег коришћења подземних водних ресурса у Србији, као и стање у области законске регулативе и институционалног организовања хидрогеолошке струке. Разматране су три главне групе проблема: 1. у области постојеће легислативе и њене примене у пракси; 2. у области планирања и будућег коришћења подземних водних ресурса, и 3. у области стручне организованости. Дати се и одређени предлози чије би испуњење допринело да се стање у овим областима поправи, што би уједно омогућило и приближавање постављеним циљевима Оквирне директиве о водама Европске Уније.

**Кључне речи:** Подземни водни ресурси, хидрогеолошка струка, Србија.

**Abstract.** The article emphasises some actual issues of current utilization of groundwater resources in Serbia, actual water legislative as well as the institutional organization of national hydrogeology sector. The three main groups of problem are considered and evaluated: 1. current legislation and its practical application; 2. planning and future exploitation of the water resources, including the groundwater; 3. professional and institutional framework. Eventually, some proposals to improve the situation in water sector are provided which would enable to achieve the targets defined by EU Water Framework Directive (60/2000).

**Key words:** Groundwater Resources, Hydrogeology Sector, Serbia.

### Увод

Проблеми коришћења ресурса подземних вода и матичне хидрогеолошке делатности у Србији постоје већ дуж низ година, али су од 2000 године посебно актуелизовани са доношењем Оквирне директиве о водама Европске Уније и прихватањем њених постулата од стране наше земље. Ово прате нови стратешки и тржишни трендови и стандарди у домену очувања животне средине и управљања природним ресурсима, као и потреба за новом домаћом законском регулативом и реорганизацијом државне управе, укључујући и сектор вода. С обзиром на вишедеценијску генезу, комплексност и међусобну повезаност неке од проблема није једноставно решити па чак ни прецизно дефинисати. Ипак, у принципу можемо релативно издвојено посматрати три главне групе проблема везаних за подземне воде и хидрогеолошку делатност:

1. Неадекватна законска регулатива,
2. Неадекватно садашње стање и планирање коришћења подземних водних ресурса,

3. Неадекватна струковна организованост.

### Институционална позиција подземних вода и хидрогеолошке делатности у државној управи и законској регулативи

*Подземне воде* су једна од најзначајнијих и специфичних природних вредности и природно наслеђе којим наша земља располаже. Овај ресурс укључује подземне воде које се користе за водоснабдевање као воде за пиће, воде посебних вредности (за флаширање), минералне и термалне воде, и геотермалне воде као природне изворе енергије. У постојећој организацији државне управе у Србији, надлежности над ресурсима подземних вода су, у зависности од њиховог квантитативног и/или квалитативног статуса, односно претпостављене намене, “расуте” у неколико институција, од којих су најважније: Министарство животне средине и просторног планирања (МЖС), Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде (МВ) са

<sup>1</sup> Департман за Хидрогеологију, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд.

Дирекцијом за воде Србије и Министарство рударства и енергетике (МРЕ).

Реформом државне управе у Србији почетком ове деценије, део ингеренција некадашњег “Сектора за геологију” Министарства енергетике и рударства (МРЕ) пребачен је у Министарство за животну средину (МЖС). Данас је “Одељење за основна геолошка истраживања” једно од 5 одељења “Сектора за заштиту природе” (МЖС има 7 сектора). У надлежности овог одељења су поред основних и детаљна истраживања ресурса подземних вода и евидентирање њихових експлоатационих резерви.

Проблем надлежности није присутан само у Србији. То је општи проблем јер су подземне воде део укупног водног циклуса (водопривреда), али је област делатности матично геолошка (животна средина). Поред министарстава за водне ресурсе или животну средину, подземне воде се у европским земљама и свету могу наћи и у делокругу рада министарстава привреде, економије, здравља, енергетике, иригација, науке, развоја и тд. Према томе није проблем у чијем се делокругу налази, већ како се организује, врши и контролише коришћење овог ресурса.

Подземне воде део су јединственог водног циклуса и биланса (повезане са атмосферским и површинским водама), како их сматрају водопривредни стручњаци, али су истовремено и минерална сировина од посебног значаја како су третиране од стране стручњака геологије. Може се сматрати да ни једно од ова два полазишта није погрешно и да се она не искључују (СТЕВАНОВИЋ 2009), што се често чини у свакодневној пракси.

Оно што подземне воде чини специфичним у односу на друге природне ресурсе су:

- *Изузетан значај* (услов егзистенције еко система, али и услов привредног развоја и урбанизације);
- *Тешкоће истраживања и заваја* (последично и недовољна истраженост, посебно у нашој земљи);
- *Обновљивост ресурса* (уз присутне тешкоће дефинисања његовог необновљивог и обновљивог дела).

Спровођење два најзначајнија (са хидрогеолошког аспекта) законска документа сада су под ингеренцијом МЖС. То су: *Закон о геолошким истраживањима и Правилник о класификацији и категоризацији резерви подземних вода*.

Најважније „хидрогеолошке“ одреднице актуелног *Закон о геолошким истраживањима* су:

- да се “геолошким истраживањима сматрају истраживања која за циљ имају...проналажење и утврђивање квалитета минералних сировина...и истраживања ради заштите животне средине” и
- да се минералним сировинама сматрају...(и) подземне воде.

*Правилником о класификацији и категоризацији резерви подземних вода* прописана је обавеза, али и услови за дефинисање експлоатационих резерви подземних вода: “питких”, “минералних” и “термалних”, на основу истражних радова, међу којима су од посебног значаја “истражно-експлоатациони водозахвати” и “пробна експлоатација”. Дефинисане експлоатационе резерве потврђују се кроз валидацију *Елаборација о резервама подземних вода*.

Наведени акти, иако у одређеној мери анахроног садржаја због времена њиховог доношења, недвосмислено утврђују да су све подземне воде и оцена њихових резерви предмет хидрогеолошких истраживања, као и да је *Елаборација о резервама* неопходна подлога за експлоатацију подземних вода конкретног подручја.

С друге стране, у неким законским документима који регулишу ширу водну проблематику попут актуелног *Закон о водама*<sup>2</sup> (1996) не помињу се ни основна ни детаљна хидрогеолошка истраживања за потребе дефинисања ресурса подземних вода.

Подељена надлежност над подземним водама огледа се и у односу са МРЕ и његовим Сектором за рударство и геологију који третирају топле или воде са специфичним компонентама као „свој“ ресурс. У актуелном *Закону о рударству* наводи се следеће:

“Овим Законом уређују се услови и начин експлоатације минералних сировина...”.

“Минералним сировинама, у смислу овог закона, сматрају се ...(и) подземне воде из којих се добијају корисне минералне сировине и геотермална енергија, као и подземне воде везане за рударску технологију и гасови који се са њима јављају...”

“Одобрење за експлоатацију издаје се по захтеву носиоца истраживања минералне сировине, односно корисника потврде о билансним резервама минералних сировина која се издају према прописима о геолошким истраживањима...”.

Овај уређени след геолошко-рударских активности ипак изискује потребу да се истакне специфичност истраживања и експлоатације ресурса подземних вода у односу на остале минералне сировине.

Треба поменути и *Закон о бањама*, који такође третира подземне воде. Овим законом, бања се дефинише као: “...подручје на коме постоји и користи се један или више лековитих фактора”. “...Природним лековитим фактором у смислу овог закона сматрају се: термална и минерална вода, ваздух, гас и лековито блато (пелоид)...”. Од наведених 5 “врста” лековитих фактора, чак 4 спадају у домен хидрогеолошке делатности, па ипак, хидрогеолошка истраживања и подлоге са дефинисаним резервама

<sup>2</sup> ...“одредбе овог закона односе се на све површинске и подземне воде, укључујући воду за пиће, термалну и минералну воду” (Закон о водама)

ресурса (лековитог фактора), као основе за идентитет бање, овим законом нису поменуте.

Одређене ингеренције над подземним водама имају и Републички хидрометеоролошки завод и Институт за јавно здравље Србије.

Републички хидрометеоролошки завод врши мониторинг нивоа и у мањем обиму, квалитета подземних вода прве (претежно алувијалне) издани преко постојеће мреже од преко 400 наменских пијезометара (осматрачких станица), који су различито ранжирани у погледу значаја, односно учестости мониторинга.

Основна делатност Института за јавно здравље Србије "Милан Јовановић Батут" јесте прикупљање података о резултатима испитивања здравствених параметара из више од 20 регионалних завода за јавно здравље, укључујући ту и податке о санитарној исправности подземних вода из припадајућих централизованих водоводних система у регионима.

Нови моменат, како за земље чланице Европске Уније (ЕУ) тако и за оне које то теже да постану, представљало је доношење *Оквирне Директиве о Водама ЕУ 2000.* године (EU WFD 2000/60), што је и почетак новог раздобља у интегралном управљању водним ресурсима на подручју ЕУ. Ова Директива (ОДВ) представља оквир за заштиту копнених вода (река и језера), мешовитих вода, обалних морских вода и подземних вода. Увођењем нових јединица управљања-водних тела и појмова квантитативног и хемијског статуса подземних водних тела, ОДВ је поставила оквире за интегрално управљање водама на територији свих држава ЕУ. Први корак у склопу њене имплементације био је хармонизација националних легислатива са ОДВ, у смислу постављања истих принципа и циљева који су описани у чл. 4 ОДВ (СТЕВАНОВИЋ И ВУЧЕТИЋ 2006; СТЕВАНОВИЋ 2008). Основни постулати ОДВ прихваћени су и од наше земље и спроводе се у оквиру учешћа у раду Комисије за заштиту реке Дунава ICPDR (Ђурић и др. 2004).

Имајући све ово у виду утисак је да је усаглашавање и јединствено дефинисање статуса подземне воде неопходно. У домену регулативе, чија окосница треба да буде иновирани Закон о геолошким истраживањима, треба предвидети:

- Дефинисање оквира хидрогеолошке делатности и садржаја основних и детаљних хидрогеолошких истраживања.

- Истицање специфичности подземних вода као геолошког ресурса и садржаја хидрогеолошких истраживања која укључују: пројектовање и изградњу експлоатационих објеката, пробну експлоатацију ресурса као основ за дефинисање експлоатацио-

них резерви, санитарну заштиту и заштиту од над-експлоатације ресурса, регулацију издани (било да се ради о подземним водама као ресурсу за снабдевање или као сметњи за обављање одређених делатности);

- Успостављање механизма лиценцирања за пројектовање и извођење радова у свим областима геологије, укључујући и хидрогеологију;

- Дефинисање делокруга рада надлежних геолошких служби: постојећег Одељења за основна геолошка истраживања (при МЖС) и националне геолошке куће - Геолошког института Србије као матичних за реализацију, координацију и евиденцију резултата основних и детаљних хидрогеолошких истраживања.

Нови Закон о водама, који је у процесу припреме, заједно са одговарајућим подзаконским актима, треба да буде хармонизован са ОДВ ЕУ. У протеклих неколико година предмет стручних и јавних расправа било је неколико нацрта овог Закона. У Србији је дакле у току усклађивање целокупне водoprивредне политике са захтевима и циљевима ОДВ. То је огроман посао који у овом тренутку у највећој мери координира Републичка Дирекција за воде Србије.

Израда новог упутства, обавезе и рокови израде Основне хидрогеолошке карте и формирање Националне базе хидрогеолошких података (део ГеоИС и Водoprивредне БП) такође су значајне активности која треба дефинисати у одговарајућим актима и спровести у пракси. И поред контраверзних гледишта у погледу обавезе израде Елабората о резервама подземних вода он треба да остане основ за рационално управљање извориштима подземних вода. Али у сваком случају оптимизован тако да одговори захтевима ефикасне израде и имплементације у пракси.

## Стање и планови коришћења ресурса подземних вода

У Србији још увек нису достигнути европски стандарди у погледу познавања подземних водних ресурса, као ни дефинисања стратегије њиховог систематског истраживања, оптималног коришћења и заштите. Међутим, постоје предуслови да се у наредном периоду значајно унапреди еколошка и водoprивредна политика у домену подземних вода уз подршку Министарства за ЖС и ПП, Министарства пољoprивреде, шумарства и водoprивреде и Министарства за науку и технологију (Димкић и др. 2005). У току је и реализација неколико значајних пројеката<sup>3</sup> који треба да томе значајно допринесу.

<sup>3</sup> Групе стратешких пројеката који се баве билансом, успостављањем мониторинга и заштите подземних вода заједнички реализују Институт за водoprивреду □Јарослав Черни□, Геолошки институт Србије и Рударско-геолошки факултет, Департаман за Хидрогеологију.

Стратешки плански документи којима је зацртана стратегија дугорочног водоснабдевања у Србији су:

– *Просторни план Републике Србије* (ППС) - поглавље II-3 “Коришћење и заштита вода и водопривредна инфраструктура“ (1996.)

– *Водопривредна основа Србије* (ВОС) - 2002 год.

– *Стратегија просторног развоја републике Србије* (СПРС) 2009-2013-2020 (2009)

Наведени стратешки документи не вреднују на одговарајући начин расположиве ресурсе подземних вода на територији Србије. Планови углавном истичу предности водоснабдевања на бази површинских вода изградњом већег броја брана и површинских акумулација иако се и данас у Србији око 75% становништва снабдева подземном водом.

Као основни разлог запостављања подземних вода у планским документима истиче се непознавање њихових квантитативних и квалитативних својстава, као и лимитираност ресурса. Непознавање и неадекватно вредновање ресурса подземних вода су последица пре свега нетранспарентности резултата хидрогеолошких истраживања, односно, несистематизованости и неажурираности података изведених хидрогеолошких истражних радова и водозахвата, недостатка података о режиму и раду водозахвата и изворишта подземних вода (ДОКМАНОВИЋ 2005). Значајан недостатак је и непостојање ОХГК, која би требало да буде једна од најважнијих подлога за водопривредне и просторне планове територије Србије.

• “*Бруто потенцијал подземних вода Србије процењује се на око 67 т<sup>3</sup>/с, који се, уз могућности већиначког повећања капацитивитета подземних вода (већиначка инфилтрација), повећава на преко 100 т<sup>3</sup>/с*” (ВОС, 2002). Овако процењени потенцијал вишеструко премашује актуелну потрошњу воде становништва и индустрије, као и будуће реалне потребе Србије. Проблем је неравномерна територијална распрострањеност, али и недовољна истраженост ресурса.

• Норме потрошње и укупне потребе у води за водоснабдевање у наведеним планским документима нису још увек реалне, одступају значајно (веће су) од норми у већини земаља Европе и представљају само донекле коригован рецидив преузет из ранијих докумената из 70-тих година прошлог века.

• “*Локална изворишта (подземне) воде за водоснабдевање највећим делом су исцрпљена, ње постојаје неизбежан развој великих регионалних система, са пребацивањем воде на све веће удаљености. Изградња регионалних система је врло усјорена, што се одражава на погоршање стања на плану обезбеђености насеља квалитетном водом*” (ВОС, 2002). Локална изворишта није тако лако исцрпити посебно у алувијонима већих речних токова, с обзиром да су подземне воде обновљив ресурс. У пракси постоје реални проблеми неаде-

кватног режима експлоатације и нестручног управљања извориштима, али се то може решавати и значајно поправити проширењем постојећих или формирањем нових локалних изворишта подземних вода и/или поправком водоводних мрежа, као и увођењем одговарајућих управљачких стандарда.

• “*Због занемаривања истраживања, а у неким случајевима и неадекватног присиуа истраживању подземних вода, поједини подаци о њима су несигурни, па се и оцене о њиховим количинама крећу у широком распону. Код размајрања потенцијалних изворишта подземних вода, посебно оних из алувијалних издани и вода које се добијају путем већиначке инфилтрације, морају се имати у виду и ограничења у коришћењу*”. Истраживања подземних вода су протеклих деценија била недовољна, али ипак постоји довољан обим података на бази којих се, уз одређена допунска истраживања и улагања, могу формирати нове и квалитетније водопривредне подлоге. Посебно су занемарене карстне и неогене издани, чије издашности и квалитет вода омогућају задовољавајуће снабдевање великог броја средњих и мањих насеља у Србији.

Инвестирањем у ресурсе и изворишта подземних вода остварило би се:

- Брже решавање проблема водоснабдевања;
- Мање инвестирање у поређењу са алтернативним решењима;
- Унапређење истраживања и мониторинга подземних вода.

У наведеним стратешким планским документима, није довољно исказан ни развојни потенцијал (даљег) искоришћавања подземних вода специфичног квалитета (ДОКМАНОВИЋ И СТЕВАНОВИЋ 2009). У СПРС се, само информативно, констатује да се “*Бројни минерални и термоминерални извори делимично користе, с тим да се енергетски потенцијал ових вода занемарљиво мало користе. Претежно се користе у бањама и за флаширање*”, као и да “*Геотермални извори који су лоцирани на територији АП Војводине, Посавине, Мачве, Подунавља и ширег подручја централне Србије, као и у постојећим бањама, представљају значајан потенцијал*”. С друге стране, најновији документи укључујући *Нацијалну Стратегију научног развоја Србије* у делу који се бави енергетском ефикасношћу прилично занемарују значај геотермалних ресурса.

Субгеотермални водни ресурси као вид хидрогеотермалне енергије ниске енталпије, (температуре до 30° С) имају велику перспективу. Територија Србије, захваљујући својој геолошкој грађи, располаже значајним бројем појава субтермалних подземних вода. Развојем система топлотних пумпи, њиховом све широм комерцијализацијом и апликацијом у свету, као и захтевима за “зеленим” изданима енергије, могућности вишенаменског коришћења ових вода значајно су увећане.

Развој бањског, спортско-рекреативног и еко-туризма на бази термалних и минералних вода постојећих, али и недовољно истражених појава, треба да буде наглашен и посебно обрађен у планским документима. Доступан је велики број података хидрогеолошких истраживања минералних и термалних вода, као и неколико регионалних студија и монографија у којима су ови подаци систематизовани и интерпретирани на задовољавајући начин.

И у наводњавању пољопривредног земљишта, по чему је Србија на самом дну европске лестнице, подземне воде могу и треба да нађу своје место у појединим регионима – посебно кроз примену савремених технологија наводњавања са рационалним утршком воде.

## Струковна организованост

Инжењери хидрогеологије могу да остваре чланство у следећим стручним организацијама:

- Српско геолошко друштво (СГД);
- Национални Комитет ИАХ (Интернационалне асоцијације хидрогеолога) за Србију;
- Савез инжењера и техничара Србије (СИТС);
- Инжењерска комора Србије (ИКС).

СГД је најстарија национална струковна и “добровољна научна организација”, која између осталог, има задатак да “прати, подстиче и усмерава доношење геолошке законске регулативе и заступа интересе геолога Србије и да се бори за афирмацију геолошке науке и струке”. У оквиру СГД постоји 8 секција, међу којима и Секција за хидрогеологију, чије су активности након две деценије успешног деловања у последњих неколико година смањеног обима, пре свега због пасивизације чланства.

ИАХ (Међународна асоцијација хидрогеолога) је декларисана као “међународна организација за научнике, инжењере и друге професионалце на пољу планирања, управљања и заштите подземних вода”. Окупља више од 3800 чланова из 135 држава. Иако је оријентисана пре свега на индивидуално чланство, ИАХ охрабрује и удруживање својих чланова у националне комитете. Циљ је промоција хидрогеологије и разумевања значаја подземних вода на интернационалном плану и обезбеђивање одређених научних и професионалних бенефиција својим члановима.

СИТС је дефинисана као “добровољна, невладина, непрофитна, стручно-научна, интересна, професионална, ванстраначка организација инжењера и техничара и њихових организација у Републици Србији...организована ради остваривања заједничких и општих интереса и циљева”. Своје чланство у СИТС, инжењери хидрогеологије могу да остваре преко две колективне чланице: Савез геолошких инжењера и техничара Србије и Савез инжењера

рударства и геологије Србије. Једна од значајнијих активности СИТС је организовање стручних инжењерских испита и издавање уверења о положеном стручном испиту. СИТС је била и главни организатор традиционалних националних Симпозијума о инжењерској геологији и хидрогеологији.

Национални комитет ИАХ за Србију постоји више од 10 година. У досадашњем периоду, најзначајнија активност била је организација велике међународне конференције “Карст 2005” (Београд–Котор) у част 110 година од публиковања Цвијеве докторске дисертације у Србији.

ИКС је организација за издавање лиценци прописаних *Законом о планирању и изградњи* (од 2003). Чланови Коморе су дипломирани инжењери архитектонске, грађевинске, и других техничких струка, као и дипломирани просторни планери. Чланство је подељено у секције, а поред седишта у Београду, ИКС чини и неколико регионалних канцеларија у већим градовима Србије. Као и претходна три удружења и ИКС се декларише као организација која има за циљ унапређивање и заштиту професионалног статуса и интереса својих чланова и заштиту професионалних кодекса.

У постојећој струковној номенклатури ИКС-а, инжењери хидрогеологије могу да поседују само лиценцу за “одговорног извођача радова на изradi хидрогеолошких подлога”, а у току је одлучивање о поднетом захтеву за пројектантску лиценцу за инжењере хидрогеологије.

Нажалост, ни у једном од ова четири струковна удружења не одвија се интензивна активност, која би била више него пожељна с обзиром на проблеме изнете у претходним поглављима.

## Закључак

Стратешко одређење државе на подземне воде као приоритетан водни ресурс допринело би и побољшању укупног привредног развоја, као и стања у водоснабдевању, туризму, енергетици, балнеологији и др.

Објективном валоризацијом и даљим коришћењем ресурса подземних вода створили би се услови за економично и “еколошчино” водопривредно и просторно планирање и управљање. Суштински разлог је економска и еколошка добробит државе и корисника вода, али је и обавеза имплементације европских стандарда из домена интегралног управљања ресурсима и одрживог развоја. Један од првих конкретних задатака ове врсте за Србију јесте имплементација принципа и стандарда Оквирне Директиве о водама и из ње проистеклих (“сестринских”) директива које се односе на подземне воде, а за које се очекује да значајно поправе стање у хидрогеолошкој струци и отворе нова поља деловања.

Будућа основна и детаљна истраживања у области подземних водних ресурса (ПВР) треба да базирају на:

- начелима одрживог развоја;
- анализи стања и досадашњег степена истражености подземних вода;
- планско-развојној и социо-економској анализи стратешких приоритета истраживања и коришћења ПВР;
- утврђивању укупних и расположивих резерви ПВР;
- условима за постепено увођење регулације и система вештачког прихрањивања издани.

Обезбеђење системских и финансијских предуслова за исправно коришћење и заштиту подземних водних ресурса су предуслов доброг управљања подземним водама. Ови предуслови се односе на образовање система који обухвата:

- одговарајуће капацитете и организацију државног апарата (министарстава и осталих надлежних служби у оквиру њих),
- одговарајуће научне, стручне и привредне капацитете (факултете, институте, истраживачко-развојне организације),
- легислативу (законе, правилнике),
- финансијске инструменте (реалну цену воде и финансијске инструменте који обезбеђују реинвестирање у нова истраживања и управљање водним ресурсима).

## Литература

Димкић, М, Марјановић, Н, Миловановић, М, Варга, С, Милољковић, С., 2005. Стратегија развоја сектора вода у Републици Србији. Монографија: Управљање водним ресурсима у Србији, Пос. изд. ИЈЧ, Београд.  
 Докмановић, П. 2005. Хидрогеолошка истраживања у оквиру домаће водопривредне делатности. Збор. рад. конф. ВОДА 2005. Срп. друш. за зашт. вода, Београд.

Докмановић, П., Стевановић, З. 2009. О значају ресурса подземних вода за просторно планирање у Србији. Збор. рад. конф. ВОДА 2009, Срп. друш. за зашт. вода, 35–40, Тара.

DJURIĆ, D., JOSIPOVIĆ, J., ZOGOVIĆ, D., KOMATINA, M., STEVANOVIĆ, Z., DJOKIĆ, I., LUKIĆ, V. 2004. ICPDR Roof Report for 2004, Fund of Institute "J.Černi", Ministry of Agriculture, forestry and water management of Serbia, Belgrade.

Стевановић, З., Вучетић, Љ. 2006. Подземне воде у прописима Европске Уније. Зборник радова међународне конференције "Воде - потенцијали и валоризација", 45–50, Будва.

Стевановић, З. 2008. Циљеви ЕУ Директиве о водама и импликације на нашу хидрогеолошку праксу. Записници СГД за 2007, 3–9, Београд.

Стевановић, З. 2009. Израда Стратегије развоја и коришћења геолошких ресурса Србије (део: Хидрогеолошка истраживања и ресурси), I фаза. Рударско-Геолошки факултет, Београд.

## Прописи и web sites

*Закон о бањама, "Службени гласник РС", бр. 80/92.*

*Закон о геолошким истраживањима "Службени гласник РС", бр. 44/95.*

*Закон о водама, "Службени гласник РС", бр. 54/96.*

*Правилнику о квалитету и другим захтевима за природну минералну воду природну изворску воду и стожу воду, "Службени лист СЦГ", бр. 53/05.*

*Закон о рударству "Службени гласник РС" бр. 104/09.*

*IPPC Directive 96/61/EC, Official Journal of EU, Brussels.*

*Water Frame Directive WFD2000/60, Official Journal of EU, L 327/1, Brussels.*

[www.nsgd.org](http://www.nsgd.org)

[www.sits.org.yu](http://www.sits.org.yu)

[www.iah.org](http://www.iah.org)

[www.ingkomora.org.rs](http://www.ingkomora.org.rs)

## Субгеотермални ресурси Србије и перспективе њихове шире апликације у енергетици

### Subgeothermal Resources of Serbia and Their Prospects for Wider Application in Energetic Sector

ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ, ДЕЈАН МИЛЕНИЋ<sup>1</sup>, ПЕТАР ДОКМАНОВИЋ<sup>1</sup>,  
МИЋА МАРТИНОВИЋ<sup>1</sup>, АЛЕКСАНДАР САЉНИКОВ<sup>1</sup>, МИРКО КОМАТИНА<sup>2</sup>,  
ДРАГИ АНТОНИЈЕВИЋ<sup>2</sup>, АНА ВРАЋЕШ<sup>1</sup> и САВА МАГАЗИНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Субгеотермални водни ресурси представљају вид хидрогеотермалне енергије ниске енталпије, акумулиран у подземним водама температуре до 30° С. Њихова експлоатација и коришћење у системима грејања (и/или хлађења) условљена је по правилу применом топлотних пумпи. Територија Србије, захваљујући својој геолошкој грађи, располаже значајним бројем појава субтермалних подземних вода, које до скоро углавном нису биле предмет истраживања осим за потребе водоснабдевања. Развојем система топлотних пумпи, њиховом све широм комерцијализацијом и апликацијом у свету, као и захтевима за “зеленим” видовима енергије, могућности вишенаменског коришћења ових вода значајно су увећане. Процењује се да је искористиви топлотни капацитет субгеотермалних вода само у теренима централне и источне Србије реда величине око 350 MWt.

**Кључне речи:** субгеотермални ресурси, топлотне пумпе, потенцијал.

**Abstract.** Subgeothermal waters are groundwater of 30° C or lower temperatures and represent low enthalpy energy sources. To enable their usage, ground source heat pumps (GSHP) with excellent efficiency (or cascade types) are required. The hydrogeological conditions in Serbia are in favour for exploitation of subgeothermal resources due to rich aquifer systems, numerous thermal and subthermal occurrences, and notable terrestrial heat flow formed into the main geo-structures. Previously, those resources have been mainly explored for water supply purposes, but the main orientation of European countries including Serbia, to achieve energy independence by stimulating the efficient energy use and environmentally friendly exploitation of renewable sources, caused that interest for such an energy utilization (for heating or cooling) rapidly increase. It is estimated that thermal capacity of subgeothermal waters in Central and Eastern Serbia alone is around 350 MWt.

**Key words:** subgeothermal resources, heat pumps, potential.

### Увод

Појам „субгеотермалних водних ресурса“ (СГТЕ) је као такав по први пут дефинисан за потребе реализације пројекта енергетске ефикасности који су у периоду 2008-2010 реализовале три институције из којих су аутори овог рада (СТЕВАНОВИЋ *и др.* 2009).

У Србији постоји значајан број субгеотермалних појава, код којих температура воде не прелази 30° С

(МАРТИНОВИЋ *и др.* 2008). До скоро су субгеотермалне појаве (природни извори и бушотине) сматране не нарочито интересантним због недостатака ефикасних уређаја за експлоатацију какви су развијени код високотемпературних геотермалних извора. Концепт поменутог пројекта укључио је и развој каскадне топлотне пумпе којом би се подигла температура до нивоа који омогућује коришћење у већ постојећим системима грејања. То би имало за последи-

<sup>1</sup> Департман за Хидрогеологију, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, Београд.

<sup>2</sup> Машински факултет, Универзитет у Београду, Краљице Марије 16, Београд.

<sup>3</sup> Сингидунум Универзитет, Факултет за примењену екологију, Бул. М. Пулина 12а, Београд.

цу поспешивање инвестиција за коришћење обновљиве енергије и развој и оних области које су сматране геотермално „сиромашним“ (СТЕВАНОВИЋ *и др.* 2009).

Два су суштинска аспекта: еколошки и економски, актуелизовали све израженији глобални тренд интензивирања експлоатације обновљивих извора енергије као и развојних истраживања у домену технологије њиховог ефикасног коришћења.

Експлоатација СГТЕ посредством одговарајућих „чистих“ технологија, не загађује или у значајно мањој мери загађује и загрева животну средину у поређењу са експлоатацијом конвенционалних енергената - фосилних горива.

Друга битна карактеристика СГТЕ је да су то обновљиви / трајни ресурси, што их чини дугорочно расположивим са аспекта експлоатације, за разлику од неизвесних конвенционалних енергената, фосилних горива, чије су експлоатационе резерве према актуелним прогнозама (укључујући и простор Србије), ограничене на период реда величине неколико деценија.

## Класификација и могућности експлоатације СГТЕ

Данас је у целом свету све више развијено коришћење геотермалних вода, односно хидрогеотермалне енергије из субгеотермалних ресурса (LUND & FREESTON 2001; BANKS 2008), тј. подземне воде релативно ниске температуре који се налазе испод земљине површине до дубине од око 200 m. Тако је експлоатација СГТЕ омогућила да коришћење ове енергије постане глобално, што није случај ни са једним другим енергетским ресурсом, без обзира на његову врсту и порекло.

На основу начина коришћења у системима, предложена је следећа класификација хидрогеотермалне енергије ниске енталпије:

- суб(хидро)геотермална енергија (са температуром флуида до 30° С)
- (хидро)геотермална енергија у ужем смислу (са температуром флуида од 30° С до 100° С).

Унутрашње инсталације која користе различите грејне температуре деле се на 1. *Високојемпературне системе* - радијаторске системе улазне температуре воде веће од 65° С, 2. *Средњемпературне системе* - конвекторе са циркулацијом топлог ваздуха температуре веће од 50° С, и 3. *Нискојемпературне системе* код којих су захтевају минималне температуре од 30° С (зидна-панелна грејања, подна и плафонска грејања).

Дакле, најнижа неопходна температура воде за грејање је у нискотемпературним системима грејања (панелни систем) – мин. 30° С. То значи да сваки хидрогеотермални ресурс са температуром мањом од 30° С мора да прође кроз систем загревања, односно подизања температуре коришћењем топлотне пумпе.

Управо је та температура од 30° С узета као граница за дефинисање субгеотермалних подземних вода.

Субгеотермални ресурси су подељени у три групе у зависности од температуре и дубине на којој се налазе у земљиној кори (Табела 1).

Табела 1. Подела субгеотермалних ресурса на основу температуре и дубине налазишта.

Ред. бр.	Група	Температура (°С)	Просечна дубина (m)
1	1	10–16	0–75
2	2	16–22	75–135
3	3	22–30	135–200

Процењено је да се у нашим климатским условима при температури подземних вода испод 10° С, не могу у условима садашњих технологија очекивати позитивни енергетски ефекти па је са аспекта искористивости ова група изостављена, а изведена је следећа категоризација (СТЕВАНОВИЋ *и др.* 2009):

Табела 2. Потенцијални енергетски значај субгеотермалних водних ресурса.

Ред. бр.	Група	Температура (°С)	Енергетски значај
1	1	10–16	Релативно мали до средњи
2	2	16–22	Осредњи до велики
3	3	22–30	Велики до веома велики

За потребе централног грејања користи се једна од три основне комбинације топлотних пумпи (ТП):

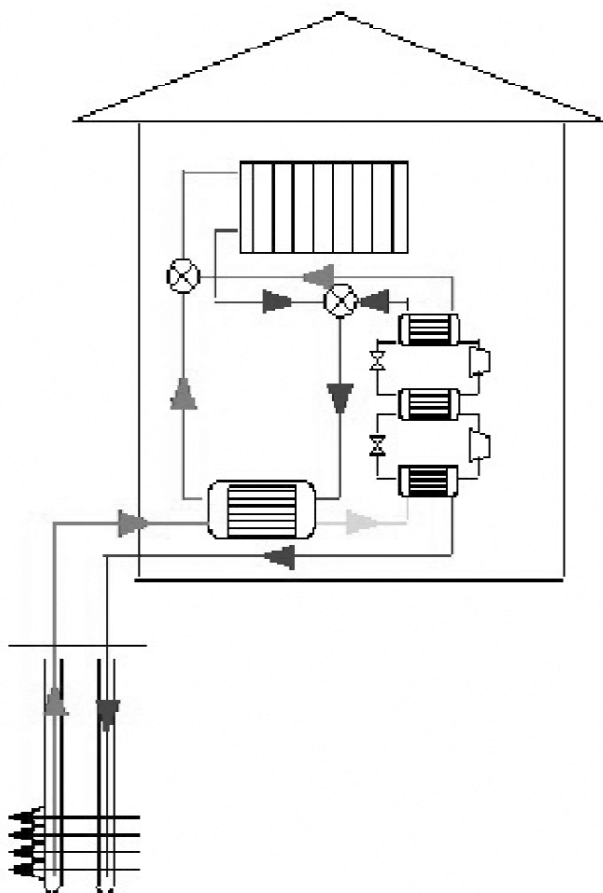
- једностепена ТП,
- двостепена ТП са одвајачем кондензата, и
- двостепена ТП са размењивачем топлоте.

Ако се у систему централног грејања користи једностепена ТП, температура секундарног носиоца може достићи највише 45° С, што је прениско за потребе централног грејања. Каскадна топлотна пумпа је потребна да премостити температурни интервал између минималних 10–30° С и достизање до око 70° С, што је практично немогуће постићи једноступеном топлотном пумпом. Тако двостепена каскадна пумпа служи за знатније подизање температуре воде и омогућава њено директно коришћење у инсталираним класичним системима централног грејања (КОЗИЋ *и др.* 1994; ВОУМА 2002; ГОРИЋАЊЕЦ *et al.* 2008).

## Хидрогеолошке подлоге и истраживачки концепт

Полазећи од познавања геолошке грађе Србије и њених хидрогеолошких карактеристика, типске





Сл. 1. Шема централног грејања коришћењем двостепене топлотне пумпе

средине за истраживање и експлоатацију субгеотермалних водних ресурса (СГТЕ) су:

- (суб)артеске издани формиране у оквиру водоносних слојева (пескови, шљункови, ређе кечњаци) неогених басена, испод “прве издани”,
- карстне издани са индикацијом дубље сифоналне циркулације подземних вода и узлазним карактером истицања,
- пукотинске издани, са елементима повишених геотермалних градијената: присуством млађих магматских стена и/или индикованих раседних структура,
- алувијалне и терасне издани у урбаним или периурбаним подручјима.

Концепт и методика детаљних хидрогеолошких истраживања за СГТЕ суштински се не може разликовати од истраживања и дефинисања резерви подземних вода предвиђених за друге намене: водоснабдевање, флаширање вода и др. али наравно да постоје одређене специфичности као што су детаљнија испитивања температурног режима воде, стабилности издашности појава, физичко-хемијских својстава и агресивности воде и сл.

Као најперспективнија подручја за одрживу експлоатацију субгеотермалне енергије издвајају се

области ближе или у склопу урбаних зона (Миленић 2006). Два су основна разлога: 1. близина потрошача и 2. ефекат “топлотних острва” (нешто виша средња температура ваздуха и следствено и подземних вода).

Оценом потенцијалности СГТЕ обухваћен је цео простор Србије на бази анализе услова у појединим хидрогеолошким провинцијама (регионални приступ). Констатовано је да би се, имајући у виду укупне резерве вода и различите потребе корисника, негде око 20% расположивих динамичких резерви могло енергетски искоришћавати. У подручју централног и источног дела Србије (Дакијског басена, Карпато-балканида источне Србије и Српско-македонске масе) то би резултирало са око 350 MWt, уз услов да је остварен фактор искоришћења од  $COP = 3.5$ .

У случају енергетског искоришћавања подземних вода посредством топлотних пумпи, посебно важан аспект представља дефинисање варијантних решења еколошког збрињавања / евакуације искоришћених (веома охлађених) вода. Једна од могућности на коју упућују и искуства и регулатива замала ЕУ је да се изврши реинјектирање ових вода у подземље. У том случају важно је одабрати средину у којој неће доћи до битног нарушавања природних услова и еколошке равнотеже (рачуна се да повраћај у исту средину која се и експлоатише није рационалан због расхлађивања).

## Закључак

Енергетско искоришћавање СГТЕ које ће несумњиво имати све већи значај треба да прати и низ других мера. Енергија се значајно више штеди у богатијим земљама него у мање богатим каква је Србија. Земље западне Европе су још 80-их и 90-их година прошлог века завршиле пројекте реконструкције постојећег стамбеног фонда ради уштеде енергије и њихови стандарди данас теже ка потрошњи енергије за грејање од 80 до 100 kWh/m<sup>2</sup>. Разним стимулативним мерама државе помажу све који желе да изграде нови или реконструишу стари објект који би трошио испод 50 kWh/m<sup>2</sup>.

У Србији је још увек стање знатно другачије. Укупна потрошња енергије је несразмерно велика у односу на број становника и друштвени производ. Постојећи објекти представљају једног од највећих потрошача енергије у републици. Тако се скоро 50 % потрошене енергије у Србији троши у зградама, од чега 65 % за грејање. Дакле, скоро трећина укупних енергетских потреба Србије односи се на загревање стамбених и пословних објеката. Према проценама годишња потрошња енергије за грејање станова у Србији је од 150 до 250 kWh/m<sup>2</sup>, у зависности од старости и стања објеката. Имајући ове чињенице у виду, експлоатацију СГТЕ морају да прате мере на

побољшању ефикасности рада ТП (иновације), али и термоенергетска реконструкција стамбеног фонда.

Уколико ресурс СГТЕ користимо са двостепеном ТП која може подићи улазну температуру воде у радијаторима и до 65° С, могло би се рачунати на постепено увођење оваквог система грејања не само за појединачне објекте, већ и оне са централним грејањем. Оваквих станова само у Београду има око 300.000, а на нивоу Србије скоро 750.000.

На крају, перспективе шире апликације субгеотермалних ресурса и њихова рационална експлоатација у складу са принципима одрживог развоја отварају и нове перспективе за хидрогеолошку струку и њено ангажовање на оваквим пројектима.

### **Захвалности**

Овај рад је реализован као део активности пројекта 18008 енергетске ефикасности „Оптимизација енергетског искоришћавања субгеотермалних водних ресурса Србије“ финансираног од стране Министарства науке и технологије Србије.

### **Литература**

BANKS, D. 2008. *An introduction to thermogeology: ground source heating and cooling*. 339 pp. Blackwell Scientific

Publication, Oxford.

BOUMA, J. 2002. Heat pumps – better by nature. IEA Heat Pump Centre. *Newsletter*, 20, 10–27.

GORICANEC, D., SALJNIKOV, A., KROPE, J., STEVANOVIC, Z. & RUDONJA, N. 2008. Economic and environmental sustainability of geothermal cascade heat pump. *Proceedings of conf. Sustainable development and climatic changes*. 19–20 June, 2008, Nis 45–52 (in Serbian with English abstract).

KOZIC D., KROPE J. & GORICANEC D., 1994. Optimization of large heat pumps in long distance transit heat transportation. *International Journal of Power & Energy Systems*, 14, 1, 5–8.

LUND, J.W. & FREESTON, D.H. 2001. Worldwide direct use of geothermal energy. *Geothermics*, 30, 29–68.

MARTINOVIC, M., STEVANOVIC, Z., SALJNIKOV, A. & ANDREJEVIC, S. 2008. Hydrogeothermal resources of Serbia – An energetic alternative. *Proceedings of conf. Sustainable development and climatic changes*, 19-20 June, 2008, Nis, 66-72 (in Serbian with English abstract).

МИЛЕНИЋ, Д. 2006. Хидрогеолошке карактеристике и могућности коришћења обновљивих хидрогеотермалних ресурса на ужој територији града Београда. Фонд стр. док. Рударско-Геолошки факултет Универзитета у Београду, Београд.

СТЕВАНОВИЋ, З, САЉНИКОВ, А., МИЛЕНИЋ, Д., МАРТИНОВИЋ, М., АНТОНИЈЕВИЋ, Д., ДОКМАНОВИЋ, П., ГОЈАК, М. *и др.* 2009. Оптимизација енергетског искоришћавања субгеотермалних водних ресурса Србије. Извештај пројекта 18008, Мин. Науке и технол., Београд.

## Хемизам минералних вода Смедеревске Паланке

МАРКО БЕЛОТИЋ<sup>1</sup>, ЈАНА СТОЈКОВИЋ<sup>1</sup> и ПЕТАР ПАПИЋ<sup>1</sup>

Смедеревска Паланка се налази у североисточном делу Шумадије, на око 70 km од Београда, на ушћу реке Кубршнице у Јасеницу. Истражни терен је благо заталасан, на надморској висини од 100 до 150 m, и одликује се умерено-континенталном климом.

У хидрогеолошком погледу, истраживани терен представља јасно дефинисану хидрогеолошку структуру – артески басен. У оквиру њега констатоване су минералне и термоминералне воде различитог састава, које залежу до дубине од преко 900 m. Јављају се воде плитке издани у оквиру песковито-шљунковитих алувијалних наслага, које представљају најбоље проучена лежишта типа “Паланачки кисељак”, као и минералне воде из пескова панонског комплекса, које су сличних карактеристика као воде из алувијалне издани. Такође, присутне су термоминералне воде из пескова сармата, на дубини 620–680 m, и термоминералне воде из базалне серије кристаластих шкриљаца, на дубини од преко 800 m. Велики регионални раседи пресецају читаву серију творевина неогене старости, и они представљају привилеговане правце кретања минералних вода и гаса угљен-диоксида.

Анализирано је 13 појава и објеката на 5 локација: 4 појаве у зони Паланачког кисељака, 2 појаве у градској зони Смедеревске Паланке, 3 појаве у рејону села Церовац, 3 појаве у рејону села Водице и једна појава у рејону села Баничина.

Воде у зони Паланачког кисељака са порастом дубине показују неубичајено повећање температуре, што говори о постојању аномалије у геотермалном градијенту овог подручја. Наиме, температура воде на дубини од 931 m износи 55 °C, што је знатно више у односу на 30 °C, колика је очекивана температура на основу средњег геотермалног градијента. Поједини аутори ово тумаче утицајем плутонита утиснутог у кристаласте шкриљце.

Заједничко за појаве минералних вода на подручју истраживања јесте присуство слободног CO<sub>2</sub>, чије је порекло везано за процесе регионалног метаморфизма, односно за хлађење и очвршћавање магматских интрузија у дубљим деловима Земљине коре. Ради се о значајним количинама гаса CO<sub>2</sub>, чије концентрације на појединим појавама прелазе 2 g/l и који се из дубљих делова Земљине коре под притиском пробија дуж разлома и пукотина у више делове терена. Као последица тога, појаве које се налазе у раседној зони или у њеној близини, одликују се већом количином овог гаса.

Све ове воде имају низ специфичности, али у основи су угљокиселе хидрокарбонатно-алкалне воде, са променљивим садржајем карбонатног комплекса, алкалних и земноалкалних јона, односно сулфата и хлорида, као основних носилаца минерализације. Једна од хемијских особина ових вода, типична за артеске басене, јесте да са порастом дубине залегања вода долази до пораста минерализације, као и садржаја Na, док опадају садржаји Ca и Mg.

Генерално посматрано, на истражном простору којим су обухваћене наведене појаве, по хемијском саставу се разликују три типа минералних вода: HCO<sub>3</sub>-Ca,Mg; HCO<sub>3</sub>-Na(Ca,Mg) и HCO<sub>3</sub>(Cl)-Na. Прелазак из једног у други тип вода примећује се идући од севера ка југу (хоризонтална зоналност), као и са променом дубине, када је изражена вертикална хидрохемијска зоналност, типична за артеске басене.

Угљокиселе минералне воде у зони Церовца и Водица одликују се, између осталог, оптималним односом Ca и Mg, што их чини перспективним за флаширање. Термоминералне воде из дубоких бушотина у зони Паланачког кисељака могу се користити за добијање геотермалне енергије. Осим тога, ове воде карактерише и специфичан макро и микро састав, па као такве имају и вишеструка балнеолошка својства.

**Кључне речи:** Смедеревска Паланка, минералне воде, угљен-диоксид, хидрохемијска зоналност

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: markobelotic@gmail.com

## Резултати симултаних хидрометријских мерења протицаја реке Ресавице на карсту планинског масива Кучаја у источној Србији

БРАНКО МИЛАДИНОВИЋ<sup>1</sup>

Слив реке Ресавице је формиран на западним падинама планинског масива Кучаја. Изворишна челенка Ресавице се налази на надморској висини од око 1100 m, и све до 610 m нв, формирала је свој ток кроз палеозојске стене ордовицијума (О) и силура (С). Низводније тече по карстној подлози коју чине мезозојски кречњаци догера ( $J_2$ ), малма ( $J_3$ ) и доње креде ( $K_1$ ). Излазни профил Ресавице са карста се налази код истоименог насеља, на 390 m нв. На овом месту, формирана је 2004. године, водомерна станица и то по хидролошком критеријуму, а у циљу изучавања слива и биланса карстне издани. У односу на постављени водомерни профил, површина слива Ресавице је износила 56,31 km<sup>2</sup>, а дужина тока 17 km. Током трогодишњег периода мерења, регистровани су минимални протицаји Ресавице од 0,027 m<sup>3</sup>/s и максимални од 3,36 m<sup>3</sup>/s.

У карстном делу слива Ресавице, кречњаци су јако карстификовани, а карстни еволуциони процес се спустио дубоко испод ерозионог базиса ове реке. Посебно обележје овом делу слива даје лева притока Ресавице, река Некудово, услед речне пиратерије која постоји. Некудово са површином слива од 25,38 km<sup>2</sup>, топографски припада сливу Ресавице, али као река понорница, утврђена је ранијим истраживањима, њена хидрауличка веза са врелом Грзе у сливу реке Црнице.

Протицај Ресавице кроз кречњаке је јако нестабилан. Понорска зона је евидентирана од самог њеног ступања на карстну подлогу, и низводније се протеже на дужини од 5,8 km, односно до коте 463 m, где ток Ресавице при протицајима оквирно мањим од 100 l/s, концентрично понире у понор који је формиран у карстификованим валендин-отривским кречњацима ( $K_1^{1+2}$ ).

Симултана хидрометријска мерења на делу тока Ресавице по карсту, извршена су у две серије и то на седам сукцесивно постављених профила. Првом серијом мерења (25.06.2004. године), измерен је дотицај Ресавице на карстну подлогу од 91 l/s. На низводнијим профилима, дуж понорске зоне, евидентирано је смањење протицаја Ресавице од 86,7 %, односно у понор је увирало само 12,5 l/s воде, или 13,3 %. Око 500 m низводније, воде разбијеног карстног изворишта које се јавља у кориту Ресавице на коти 445 m, формирале су поново ток Ресавице, чији се протицај повећавао низводније, а на излазном профилу са карста (кота 390 m), износио је исто као на улазном профилу карста.

У другој серији мерења (26.07.2005. године), дотицај Ресавице на карсту је износио 66 l/s. Дуж понорске зоне је понирало 53,2 %, а у сам понор 46,8 % или 35,1 l/s. На рачун карстног изворишта и дотицаја на низводним профилима, Ресавица је имала протицај на излазном профилу са карста 108 l/s, односно 42 l/s или 63,6 % већи протицај у односу на улазни профил карста.

Добијени резултати спроведених истраживања, указали су на веома значајна сазнања о условима дренарања карстне издани у сливу Ресавице током регистрованих хидролошких минимума. Утврђено је да у сливу Ресавице током појединих хидролошких циклуса, долази скоро до потпуног пражњења динамичких резерви карстне издани, и да су у периоду 2004–2006. година, просечни годишњи отицаји са слива, износили само 29,53 % од просечних годишњих сума падавина.

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11000 Београд. E-mail: b.miladinovic@gis.co.rs

## Trasiranje podzemne vode na području Dinarida

NATALIJA MATIĆ<sup>1</sup> i NIKOLA ČAĐENović<sup>2</sup>

Razmatrana hidrogeološka cjelina između Slanoga i Rijeke Dubrovačke izgrađena je uglavnom od karbonatnih naslaga mezozoika te podređeno naslaga fliša eocenske starosti. Složeni geološki i strukturno-tektonski odnosi prezentirani su dobro propusnim do nepropusnim naslagama. Prema geotektonskim modelima razmatrano područje pripada Spoljašnjim Dinaridima s time da priobalno područje pripada Jadranskoj platformi dok njegovo zaleđe prema Popovom polju pripada Dinaridima. Geološki i geomorfološki gledano prostor je dio svjetski poznatog Dinarskog krša.

Cilj istraživanja je utvrditi hidrogeološke karakteristike slivova strateški važnih izvorišta Dubrovačkog primorja, na potezu od Luke Slano do Rijeke Dubrovačke, u svrhu definisanja pogodne lokacije regionalne deponije i utvrđivanje ugroženosti izvora koji su dio postojećeg vodovodnog sistema.

Kvalitativni i kvantitativni podaci o smjeru i prividnim brzinama toka podzemne vode utvrđeni su hidrogeološkim istraživanjima, odnosno tehnikom trasiranja podzemne vode uz pomoć trasera Na-fluoresceina. Na osnovi dobivenih podataka izvedena je dopuna ili provjera strukturno-tektonskih odnosa te su potvrđene razvodnice koje su dobivene regionalnim trasiranjima podzemne vode za potrebe «Višenamjenskog hidrosistema Trebišnjica (HET)».

Nakon što su određene tačke posmatranja izvedeno je prvo trasiranje podzemne vode dodavanjem 48 kg Na-fluoresceina u jamu Za diljkom mala na lokalitetu «Badovinje Rupe». Promatrani izvori nalaze se na udaljenosti između 6,0 i 17,0 km od jame. Analizom uzoraka vode potvrđena je veza između jame Za diljkom mala, na području Badovinje Rupa, s izvorištem Palata u Zatonu Malom s prividnom brzinom od 6,07 cm/s. Veza nije potvrđena s izvorima Usječnik u Slanom, Studenac u Trstenom i Ombla u Dubrovniku. Drugo trasiranje podzemne vode izvedeno je dodavanjem 30 kg Na-fluoresceina u jamu na lokaciji «Grabovica» kod Kaladžurđevića. Pri tome je opažano pet izvora koji se nalaze na udaljenosti do 5,0 km od jame. Prema podacima ranijih izvedeni regionalnih trasiranja podzemnih voda za potrebe «Višenamjenskog hidrosistema Trebišnjica (HET)» utvrđeno je da se lokacija nalazi blizu razvodnice sliva Ombla sa slivom izvora Palata u Zatonu Malom, odnosno široka razvodnička zona nalazi se između Kaladžurđevića i Osojnika. Kvantitativnom analizom uzoraka vode potvrđena je veza između jame, koja se nalazi uz rub postojećeg odlagališta otpada, s izvorištem Ombla i manjim izvorom Baba s prividnom brzinom od 1,11 cm/s. Veza nije potvrđena s izvorima Palata u Zatonu Malom, Tundrača i Prijedor iznad Mokošice.

Prema navedenim hidrogeološkim istraživanjima slijedi da lokacija «Badovinje Rupe» isključivo pripada slivu izvora Palata, a lokacija «Grabovica» slivu izvora Ombla i manjeg izvora Baba.

**Ključne riječi:** krš, izvori, podzemna voda, prividna brzina, trasiranje, hidrogeološka i istraživanja, Dinaridi

<sup>1</sup> Geoaqua d.o.o., Hanamanova 16 a, Zagreb, Hrvatska, natalija.matic@zg.htnet.hr

<sup>2</sup> JU Republički Zavod za Geološka istraživanja Crne Gore, Kruševac bb, Podgorica, Crna Gora, cadjenovicnikola@hotmail.com

## Хидрогеолошки услови формирања подземних вода у сливу Петничког врела

ДЕЈАН НЕШКОВИЋ<sup>1</sup>

Истраживање слива Петничког врела је изведено са задатком утврђивања хидрогеолошких структура и карактеристика истраживаног терена, а у циљу одређивања услова у којима се формирају и начина на који се врши миграција подземних вода на истраживаном терену. У раду су сагледане квалитативне и квантитативне карактеристике подземних и површинских вода на овом подручју као и филтрационе карактеристике водоносне средине.

Геолошка грађа, као подлога за детаљнија хидрогеолошка истраживања је преузета из ранијих истраживања изведених на овом подручју, Мојсиловић *и др.* (1975). Оцена биланса подземних вода је извршена на основу стандардних хидролошких метода, мерењем протицаја и издашности на изворима, водотоковима и истражно – експлоатационим бунарима, прикупљањем података о падавинама, као и употребом емпиријских једначина, Крешић (1991). Такође је вршена интерпретација резултата опита црпења са постојећих истражно – експлоатационих бунара IЕВРt-2 у власништву СО Ваљево, те Рt-3 и Рt-4, у власништву пунионице воде „Вујић“. Интерпретација је вршена у циљу разумевања праваца кретања подземних вода, хидрауличке повезаности и међусобног утицаја постојећих водозахватватних објеката као и оцене резерви. Извршене су хемијске и микробиолошке анализе узорака површинских и подземних вода на истражном подручју на основу којих је одређен њихов квалитет, као и хидрауличка повезаност површинских вода и вода из карстне издани.

По погледу геолошке грађе, терен је изграђен од кречњака тријаске старости који су на северном делу истражног подручја прекривени језерским седиментима неогене старости, представљеним глинама, ситнозрним песковима и лапорцима. На њиховом контакту се налази Петничко врело. Геоселектрична испитивања указују на постојање стрмог раседа дуж контакта кречњака и миоценских седимената као и на мањи број разлома унутар самих миоценских творевина, Коматина (2001).

Са хидрогеолошког аспекта, издвајамо издани у неогеним седиментима и карстни тип издани. Неогени комплекс карактерише сложени тип издани условљен сменом глина као изолатора и пескова као хидрогеолошког колектора. Подаци о издашности ових слојева не постоје због тога што нема објеката који дренирају овај комплекс. Карстни тип издани је формиран у кречњацима тријаске старости који су тектонски општењени, карстификовани и са високим степеном водопрпусности. Све хидрогеолошке појаве и објекти обухваћени овим истраживањем дренирају поменути карстну издан.

Испитивањем хемијског састава утврђено је да су воде на истражном подручју хидрокарбонатно-калцијумске, средње минерализације и повећане тврдоће. У узорцима узетих са површинских токова су присутне повећане концентрације нитратних, нитритних и амонијум-јона, што представља потврду ранијих хидрохемијских истраживања, Папић *и др.* (1991, 1998). У узорцима воде са истражно-експлоатационих бунара нема повишених концентрација поменутих јона што се може објаснити слојем неогених седимената велике дебљине које у овом случају представљају природну заштитну баријеру.

На основу осматраних билансних параметара, уочено је да су количине вода које на на рачун падавина и путем инфилтрације улазе у карстни систем, значајно веће од количина које се дренирају преко Петничког врела и реке Бање, као и експлоатацијом преко истражно-експлоатационих бунара. Претпоставља се да део вода подземно отиче у алувиални нанос реке Колубаре. Међутим, да би се то могло потврдити, неопходно је израдити комплексан хидрогеолошки модел струјања подземних вода.

Позната је чињеница да се на релативно малој раздаљини у оквиру карстне издани дренирају нискотемпературне воде (Петничко врело, Рt-3 и Рt-4), али и воде повишене температуре. (IЕВРt-2, Рt-1) Ову разлику у температури није могуће у потпуности објаснити геотермским градијентом, односно, разликом у дубини

---

<sup>1</sup> Влајкова 90, 16000 Лесковац, Србија. Е-mail: dpesnik48@gmail.com

са које се дренира карстна издан, већ је за потпуно разумевање ове појаве неопходно израдити комплексан хидрогеотермални модел истраживаног подручја.

Овај рад представља скромни допринос познавању хидрогеолошких карактеристика карстних терена Западне Србије који се карактеришу великом капацитивношћу квалитетних подземних вода које нису у пуној мери искоришћене. Тренутна експлоатација од стране фабрике за флаширање воде „Вујић“ и СО Ваљево, која у максимуму износи 35 l/s, не превазилази експлоатационе резерве акумулиране у овој издани. Како воде са овог подручја у потпуности задовољавају најстроже критеријуме по питању хемијског и бактериолошког састава за воду за пиће, предлажем даља детаљна хидрогеолошка истраживања која би била неопходна за израду идејног пројекта за формирање подземне акумулације чијим би се пуштањем у рад осигурале додатне количине квалитетне питке воде за град Ваљево и околину.

**Кључне речи:** Западна Србија, карстна издан, подземне воде, биланс, резерве.

## Расподела садржаја тешких метала у седиментима и потенцијални ризик загађивања подземних вода на територији Београда

МАЈА ПОЗНАНОВИЋ, ДОБРИЦА ДАМЊАНОВИЋ,  
БОРЂЕ ТРБОЈЕВИЋ И ИСИДОРА ВУКАДИНОВИЋ<sup>1</sup>

Одређивање квалитета подземних вода има вишеструки значај, како с аспекта снабдевања, тако и с аспекта менаџмента квалитетом. Такође, битно је утврдити степен контаминације седимента у којима се налазе издани, што представља добру основу за даља проучавања, као и процену степена ризика, како и сами седименти могу представљати извор загађивања.

У овом раду, посматран је садржај потенцијално токсичних елемената - Pb, Zn, Cd, Cu, As, Hg, Ni, Cr у узорцима тла, а у складу са правилником (Сл. гласник РС, 23/94). Истраживањем је обухваћено 12 тачака на територији Београда. До сада је најчешћи случај испитивања садржаја ових елемената у површинском слоју земљишта на територији Београда Гржетић и др. (2008), док смо се ми определили да разматрамо узорке узете из бушотина са различитих дубина (2,5–23 m), непосредно после бушења језгровањем.

Након анализе узорака воде и седимената, методом атомске апсорпционе спектрофотометрије (пламена и хидридна техника), утврдили смо да најприсутнији Ni у седиментима (49,0–123,6 ppm), независно од дубине и од места узорковања и његов садржај је најчешће изнад МДК (50 ppm), по нашем стандарду, док су у води концентрације испод 0,05 mg/l. Сматра се да је порекло никла геолошко, а у неким областима Београда (Остружница) Трбојевић Ђ. (2004), уочен је повишен садржај овог метала у води (изнад 0,1 mg/l), док се у овом случају нису стекли услови његовог миграња из седимената у подземну воду. Други испитивани елементи су у садржајима испод МДК у узорцима подземне воде (најчешће испод детекционог лимита) изузев Pb (0,106 mg/l) и Zn (1,23 mg/l), посебно на тачкама са нижом котом и то на територији Карабурме. У седиментима нема повишеног садржаја ових елемената (Zn - 21-69 ppm, односно Pb -20–50 ppm). Садржај осталих испитиваних елемената такође није изнад МДК и креће се: 1,2–2,8 ppm (Cd), 18–69 ppm (Cr), 10–33 ppm (Cu). Садржаји As (0,7–21 ppm) и Hg (<0,01–1,8 ppm) се у неким случајевима приближава граничној вредности.

У закључку можемо рећи да седименти нису контаминирани тешким металима, изузев никлом, чије присуство није утицало на контаминацију подземне воде у посматраним тачкама. Нешто виши садржаји As и Hg у појединим тачкама, такође нису допринели загађењу воде. Уочено присуство Zn и Pb у подземној води на територији Карабурме, последица је антропогеног загађивања, саобраћаја, неразвијеног канализационог система и геолошке грађе терена и појаве бујица, а у седиментима није уочен висок садржај на том простору. На основу резултата може се закључити да не постоји висок ризик загађивања подземне воде како из седимената, тако и из других извора загађивања.

**Кључне речи:** тешки метали, никл, седименти, подземна вода.

---

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, Београд. E-mail: maja\_poznanovic@yahoo.com



## **Теренска хидрогеолошка и инжењерскогеолошка истраживања и испитивања за потребе израде главног пројекта санације и рекултивације КДЧО “Танцош“ за потребе града Беочина**

МИЛОВАН РАКИЈАШ<sup>1</sup>, МАРИЈА ЂЕДОВИЋ<sup>1</sup>, РАДОМИР КНЕЖЕВИЋ<sup>1</sup>,  
СИНИША ВУЈАНИЋ<sup>1</sup> и ВИТОМИР ВАСИЋ<sup>1</sup>

У циљу давања оптималних хидрогеолошких и инжењерскогеолошких подлога за израду Главног пројекта санације и рекултивације комуналне депоније чврстог отпада “Танцош“ извршена су детаљна геолошка, хидрогеолошка и инжењерскогеолошка истраживања и испитивања. Задатак истраживања и испитивања је била израда одговарајуће хидрогеолошке и инжењерскогеолошке документације у циљу дефинисања хидрогеолошких и инжењерскогеолошких услова средине.

Извршена су следећа истраживања:

- детаљно хидрогеолошко и инжењерскогеолошко картирање терена
- геофизичка истраживања
- истражно геолошко бушење са континуалним језгровањем
- детаљно хидрогеолошко и инжењерскогеолошко картирање језгра бушотина са узимањем репрезентативних узорака за лабораторијска испитивања
- извођење истражних раскопа
- опити динамичке пенетрације
- опити водопропустљивости
- извођење мреже пиезометара
- разрада и тестирање пиезометара
- узимање узорака вода из пиезометара и извора за лабораторијска испитивања

На основу добијених резултата израђен је “Елаборат о хидрогеолошким и инжењерскогеолошким условима средине у циљу санације и рекултивације комуналне депоније чврстог отпада “Танцош“ за потребе града Беочина”.

---

<sup>1</sup> “Хидро-гео рад”, Бранкова 23, Београд. E-mail: r.milovan@sbb.rs

## Утицај чишћења чукаричког рукавца на београдско извориште за потребе изградње марине “Ада Циганлија”

СТАНКО СОРАЛИЋ<sup>1</sup>, ИВАН МАТИЋ<sup>1</sup>, СЛОБОДАН ВУЈАСИНОВИЋ<sup>1</sup> и ГОРАН МИНИЋ<sup>1</sup>

Ада Циганлија представља спортско-рекреативни а делом и културни и туристички центар града Београда, а такође већим делом припада зони непосредне заштите изворишта београдског водовода.

Подручје чукаричког рукавца је најдеградиранија зона Аде Циганлије, која је оптерећена вишегодишњим таложењем хемијских полутаната пореклом од индустрије, санитарних отпадних вода и загађујућим материјама ослобођених током активности које се одвијају на води и у приобаљу. Према Генералном урбанистичком плану, чукарички рукавац предвиђен је за изградњу савремене марине по свим домаћим и међународним стандардима.

Анализом вулнерабилности је констатовано да најзначајнији ризик по животну средину и Београдско извориште представљају рефулирање, багеровање, процеђивање, транспорт, а посебно евентуално испуштање извађеног муљевитог седимента у живи ток реке Саве.

Као посебан ризик издвајамо депоновање (привремено или трајно) и даљу обраду извађеног седимента на претходно припремљену локацију.

Решавање проблема чишћења корита рукавца, као и поступност у истраживачком раду чини суштину овог рада. У раду су детаљно приказане полазне основе за извођење истраживања као и резултати који су добијени након завршетка истих. На крају рада дати су добијени резултати свих досадашњих истраживања као и оцена могућности изградње савремене марине.

За постизање горе наведеног циља било је неопходно извести адекватна геолошка и хидрогеолошка истраживања. За те потребе извршено је узорковање укупно 231 узорака речног седимента на 31 тачки узорковања, а узорковање је вршено на сваких 0,3 m дубине до пројектованих кота чишћења. Такође, на истим локацијама узимани су узорци (80 узорака) за утврђивање врсте речног седимента.

На основу резултата хемијских анализа, утврђен је карактер загађења по дубини узорковања. Утврђено је да се ради о веома високим садржајима укупних угљоводоника у седименту рукавца (преко 7 000 mg/kg). Количина седимента који ће бити уклоњен је око 100 000 m<sup>3</sup>. Од укупне количине око 55 000 m<sup>3</sup> представљаће загађени седимент који ће се евентуално третирати одговарајућим биоремедиационим поступком. Резултати гранулометријских анализа показују да од укупног броја узорака, 85 % представља седимент са доминантном прашинастом и глиновитом фракцијом, са величином зрна од 0,1–0,001 mm и мање. Преостали број узорака представља крупнозрни до средњезрни песак.

Чишћење дна чукаричког рукавца вршиће се пловним багером, док ће се одлагање изрефулираног седимента вршити у претходно припремљене касете формиране на десној обали чукаричког рукавца на месту његовог уливања у реку Саву. Време чишћења износи од 8-12 месеци што ће зависити од капацитета пловног багера (100 до 300 m<sup>3</sup>/h) и времена таложења финих честица у касетама након рефулирања.

Утврђивање евентуалног уласка у издан београдског изворишта приликом будућег рефулирања, вршено је на основу упоређивања великог броја гранулометријских кривих. Гранулометријске криве са ових локација упоређиване су са резултатима гранулометријских анализа са израђеног пијезометра П-1 који је лоциран на шпичу рукавца. У овом пијезометру набушени су главни водоносни слојеви београдског изворишта.

Пројектом предвиђених радова, задовољавају се сви еколошки услови и опасност од загађења шире околне, нарочито реке Саве и бунара београдског водовода сведена је на минимум. У том смислу неопходно је испоштовати све фазе чишћења (припремни, претходни, главни и завршни радови) и коришћења водонепропусних материјала (ПЕХД фолије).

Имајући у виду деликатност локације и сложеност у извођењу радова може се лако закључити да је цео поступак чишћења доста компликован и да га треба изводити по предвиђеној динамици уз поштовање свих предвиђених мера заштите како самог изворишта, тако и целокупног екосистема ширег подручја.

Изградњом марине омогућиће се не само уклањање загађеног речног седимента, већ и побољшање квалитета целокупног биодиверзитета у чукаричком рукавцу и шире, као и његово одржавање у наредном периоду.

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: markobelotic@gmail.com

## Хидрогеолошке карактеристике шире околине врела “Белосавац” и могућност флаширања подземних вода

СТАНКО СОРАЈИЋ<sup>1</sup>, ИВАН МАТИЋ<sup>1</sup>, ГРОЗДАНА БЕЛАЋЕВИЋ<sup>1</sup>, СЛОБОДАН ВУЈАСИНОВИЋ<sup>1</sup>, ГОРАН МИНИЋ<sup>1</sup>, ЗОРАН СТЕВАНОВИЋ<sup>1</sup> и САША МИЛАНОВИЋ<sup>1</sup>

Резерве квалитетних пијаћих маломинерализованих вода су све мање, а потреба за њихово рационално и адекватно коришћење су све веће. Због тога се код нас знатно већа пажња посвећује хидрогеолошким појавама које својим квалитетом и специфичностима то заслужују. Таква појава је врело “Белосавац” које се налази у непосредној близини Жагубице. У циљу утврђивања резерви маломинерализованих подземних вода, за потребе флаширања током 2008. године, успостављена су континуална режимска осматрања, као и праћење режима физичко-хемијских и микробиолошких карактеристика, од стране Департамента за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду. Инвеститор ових радова је било Предузеће □Белосавац -2001□.

Врело се налази на око 4 km западно од Жагубице на коти 320 м.н.м., за чије потребе водоснабдевања је и каптирано. Врело је узлазног типа, а формирано је на контакту кречњака доњокредне старости (ургонска фација) и неогених седимената жагубичке котлине.

У непосредној зони врела урађен је копани бунар дубине 5 m и пречника 1,7 m, из кога се црпи 20 l/s за потребе Жагубице. На растојању 6 m од копаног, израђен је експлоатациони бунар дубине 15 m, са уграђеном прохромском конструкцијом пречника 250 mm у интервалу 0-8 m и водопријемним делом пречника 156 mm (open hole), за потребе флаширања.

Хидродинамичка веза, између врела, копаног и бушеног бунара, утврђена је праћењем промена нивоа и хемијског састава, где је установљена њихова директна повезаност, што је и логично.

Ради се о стабилном режиму квалитета, односно о маломинерализованим подземним водама, хидрокарбонатно-калцијумског типа, са минерализацијом од 287 mg/l и температуром од 10 °C. Такође је утврђена минимална издашност врела од  $Q_{min} = 43,4$  l/s.

Кад се узму у обзир сва наведена истраживања и резултати до којих се дошло, може се закључити да маломинерализоване подземне воде врела “Белосавац”, представљају велико природно богатство са могућношћу вишенаменског коришћења, а посебно када је реч о флаширању. То би створило могућност додатног развоја Општине Жагубица.

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11 000 Београд. E-mail: sorajicstanko@yahoo.com

<sup>2</sup> ПДРБ “Колубара” д.о.о., Светог Саве 1, 11 550 Лазаревац.



## Респираторне честице у спољашњој средини у Бору Respiratory Particles in an External Environment in Bor

СЛАЂАНА КРСТИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Контрола квалитета ваздуха на подручју Бора (Источна Србија) врши се у урбаној, суб-урбаној и руралној средини. На мерним местима: Институт, Југопетрол, и Градски парк врши се мерење респираторних честица у спољашњој средини у Бору. Садржај тешких метала у ваздуху указује на повећани ниво загађења ваздуха. Контролом квалитета ваздуха у периоду јануар–октобар 2009 године на мерним местима: Институт, Југопетрол и Градски парк утврђено је да је доминантни емисиони извор рударско – металуршки комплекс. Мерно место Институт је само у јулу и октобру имало садржај суспендованих честица у „нормалним границама“, мерно место Југопетрол у јануару и октобру, а мерно место Градски парк у јануару и августу.

**Кључне речи:** квалитет ваздуха, имисија, олово, кадмијум, манган, хром, никал.

**Abstract.** Control of air quality in the area of Bor (east Serbia) is done in urban, rural and suburban environment. The measurement locations: The Institute, Jugopetrol, and City Park is done measuring the respiratory particles in the external environment in Bor. Content of heavy metals in air, indicating increasing levels of air pollution. Control of air quality in the period from January to October 2009 on the measuring points: the Institute, Jugopetrol and City Park was established that the dominant emission source of mining - metallurgical complex. Measurement Institute is a place only in July and October had a content of suspended particles in the normal range, measuring Jugopetrol place in January and October, and the measuring place Park City in January and August.

**Key words:** air quality, Immissions, lead, cadmium, manganese, chromium, nickel.

### Увод

Мониторинг квалитета ваздуха обухвата систематско мерење загађивача ваздуха: гасова ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , или  $\text{CO}_x$ ), пара и честица. Континуирано се прате концентрације загађивача у односу на дозвољене вредности имисије, у односу на дозвољене граничне вредности имисије, утицај природних фактора, као и одређивање утицаја загађивача на животну средину и човека.

Циљеви мониторинга квалитета ваздуха су: идентификација извора загађења; одређивање изложености и спровођење оцене утицаја на здравље; контрола поштовања националних стандарда; информисање јавности о квалитету ваздуха; као и добијање објективних података потребних за управљање квалитетом ваздуха.

На висину имисије гасова и суспендованих честица значајан утицај имају метеоролошки пара-

метри (брзина и правац ветра), који указују на угрожена подручја у односу на доминантни извор загађења ваздуха. Упоредном анализом концентрације угљендиоксида у зимској и летњој сезони потврђен је утицај рударско-металуршког комбината (РТБ Бор) и миноран утицај Градске топлане на загађење ваздуха у Бору и околини. Градски центар за заштиту здравља Зајечар на својој веб страници објављује месечно Извештаје о мерењима сумпор диоксида, чађи и таложних материја. Ови извештаји су дати за три мерна места у Бору: мерно место Институт, мерно место Југопетрол и мерно место Градски парк.

Мониторинг садржаја тешких метала (Pb, As, Cd, Hg, Cu и Zn) у суспендованим честицама и таложним материјама указује на повећан ниво загађења ваздуха у Бору и околини. Континуирано је прекорачење граничних вредности имисије за арсен у периоду од 1994. до 2009. године. Ни једна средња годиш-

<sup>1</sup> Институт за рударство и металургију, Зелени булевар 35, 19210 Бор, Србија. E-mail: sladjana.krstic@irnbor.co.rs

Табела 1. Резултати мерења концентрација суспендованих честица.

датум	Суспендоване честице ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Концентрације метала у суспендованим честицама				
		Pb ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cd ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Mn ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Cr (ng/m <sup>3</sup> )	Ni (ng/m <sup>3</sup> )
<b>Мерно место Институт</b>						
Јануар 2009						
26/27	<b>216.7</b>	0.430	0.007	0.068	15.0	8.3
Фебруар 2009						
24/25	<b>150.0</b>	0.195	0.003	0.027	6.7	10.0
Март 2009						
23/24	<b>208.3</b>	<0.030	<0.003	0.053	<3.3	<8.3
Април 2009						
27/28	<b>154.2</b>	<0.030	0.005	0.007	<3.3	15.0
Мај 2009						
25/26	<b>183.3</b>	0.103	<0.003	0.013	<3.3	<8.3
Јун 2009						
22/23	<b>137.5</b>	0.208	0.005	0.025	<3.3	36.7
Јул 2009						
20/21	100.0	0.077	0.003	0.027	10.0	18.3
Август 2009						
26/27	<b>291.7</b>	0.658	0.005	0.125	28.3	420.0
Септембар 2009						
28/29	<b>283.3</b>	0.173	<0.003	0.093	35.0	56.6
Октобар 2009						
26/27	33.3	<0.030	<0.003	<0.007	<3.3	10.0
<b>Мерно место Југопетрол</b>						
Јануар 2009						
27/28	33.3	0.158	0.002	0.022	<3.3	6.7
Фебруар 2009						
25/26	<b>137.5</b>	0.183	0.013	0.027	<3.3	43.3
Март 2009						
25/26	<b>154.2</b>	0.275	<0.003	0.015	5.0	<8.3
Април 2009						
28/29	<b>229.2</b>	0.880	0.020	0.050	26.7	13.3
Мај 2009						
26/27	<b>129.2</b>	0.042	<0.003	<0.007	<3.3	<8.3
Јун 2009						
23/24	<b>125.0</b>	0.355	0.012	0.078	10.0	35.0
Јул 2009						
21/22	<b>204.5</b>	0.611	0.020	0.024	<3.3	38.2
Август 2009						
27/28	<b>408.3</b>	1.823	0.027	0.115	13.3	248.3
Септембар 2009						
30.9/1.10	<b>150.0</b>	0.077	<0.003	0.062	25.0	183.3
Октобар 2009						
27/28	4.2	<0.030	<0.003	0.022	10.0	31.7
<b>Мерно место Градски парк</b>						
Јануар 2009						
28/29	33.3	0.068	0.003	0.040	<3.3	10.0
Фебруар 2009						
26/27	<b>195.8</b>	0.033	0.017	0.018	20.0	80.0
Март 2009						
24/25	<b>141.7</b>	0.047	<0.003	0.008	<3.3	10.0
Април 2009						
29/30	<b>208.3</b>	0.332	0.017	0.017	<3.3	<8.3
Мај 2009						
27/28	<b>166.7</b>	0.160	<0.003	0.057	55.0	<8.3
Јун 2009						
24/25	<b>133.3</b>	0.117	0.007	0.028	<3.3	23.3
Јул 2009						
22/23	<b>208.3</b>	0.420	0.022	0.037	3.3	66.7
Август 2009						
25/26	62.5	<0.030	0.010	0.032	48.3	40.0
Септембар 2009						
29/30	<b>250.0</b>	0.193	<0.003	0.087	13.3	35.0
Октобар 2009						
28/29	<b>120.8</b>	<0.030	0.007	0.025	11.7	31.7

ња концентрација за арсен није била у дозвољеној граничној вредности имисије. Максималне просечне годишње концентрације арсена измерене су 1996. године на мерном месту Југопетрол ( $670 \text{ ng/m}^3$ ), 2002. године на мерном месту Градски парк ( $669 \text{ ng/m}^3$ ), а 2004. године на мерном месту Институт ( $356 \text{ ng/m}^3$ ).

## Испитивано подручје

Суспендоване честице су материје изграђене од ситних чврстих честица или мањих течних капљица присутних у атмосфери. То је комплексна мешавина органских и неорганских материја различитог хемијског састава. Подела суспендованих честица на грубе, фине и ултрафине је важна са аспекта њихове: могућности продирања у периферне делове плућа, дужине задржавања у ваздуху; и њиховог домета (домет најситнијих честица је преко  $1000 \text{ km}$ ).

Према величини честице делимо на: 1. ултрафине честице  $\text{PM}_1$  ( $\text{UP}$ ) су честице од  $1 \text{ }\mu\text{m}$  и мање од  $1 \text{ }\mu\text{m}$  у пречнику; 2. фине честице  $\text{PM}_{2,5}$  и  $\text{PM}_{2,5-10}$  (честице од  $2,5 \text{ }\mu\text{m}$  у пречнику) и (честице од  $2,5-10 \text{ }\mu\text{m}$  у пречнику) и 3. грубе честице  $\text{PM}_{10}$  (честице од  $10 \text{ }\mu\text{m}$  у пречнику). Концентрације тешких метала (табела 1) као што су  $\text{Pb}$ ,  $\text{Cd}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Cr}$ , и  $\text{Ni}$  разматране су у односу на граничну вредност имисије у Заводу за заштиту здравља Зајечар (за период јануар–октобар 2009. године).

## Резултати и дискусија

Према Закону о заштити животне средине Републике Србије дозвољена гранична вредност имисије ( $\text{GVI}$ ) за  $\text{SO}_2$  за  $24 \text{ h}$  у насељеним подручјима је  $150 \text{ mg/m}^3$ .

Повећане вредности просечних дневних концентрација сумпор диоксида у 2007. години биле су 66 дана распоређене по свим месецима и то на мерном месту Градски парк у границама  $108 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  (4. септембар) до  $1635 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  (6. март) а у 2009. години на мерном месту Југопетрол 74 дана (јануар  $\text{max } 1412 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) и 31 дан (фебруар  $\text{max } 662,5 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) на мерном месту Градски парк.

Корелативне концентрације просечних месечних концентрација  $\text{SO}_2$  зимске и летње сезоне на три мерна места (Институт, Градски парк и Југопетрол) у периоду 2005/07 године (зими  $\text{max } 239 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  а у летњој сезони  $249 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) показале су малу разлику што је показатељ да је топионица примарни загађивач сумпор диоксидом а удео Градске топлане у загађењу ваздуха је миноран. Просечне годишње концентрације сумпор диоксидом за период 2005-2009 година (на 4 мерна места) указују на прекорачење граничне вредности имисије ( $\text{GVI}=50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ). Најмања просечна годишња вредност забележена је на мерном месту Институт 2005 године ( $49 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) а

највећа је била на мерном месту Градски парк 2006. године ( $238 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ).

Законом заштите животне средине Републике Србије дефинисана је гранична вредност имисије ( $\text{GVI}$ ) за укупне суспендоване честице  $120 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  али нема дефинисаних граничних вредности за мање фракције суспендованих честица.

Светска здравствена организација ( $\text{WHO}$ ) поред граничних вредности за  $\text{PM}_{10}$  дефинисала је граничне вредности имисије и за честице пречника  $\text{PM}_{2,5}$  у току 24 сата ( $75 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ) и на годишњем нивоу ( $35 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ). Концентрације укупних суспендованих честица пречника  $1 \text{ }\mu\text{m}$ ,  $2,5 \text{ }\mu\text{m}$  и  $10 \text{ }\mu\text{m}$  представљају збирну вредност концентрација датих пречника. У краћим временским интервалима концентрације укупних суспендованих честица прелазе горњу границу мерења уређаја „OSIRIS Dust Monitor AGL Air Industries“ ( $300 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ). Повишених концентрација  $\text{PM}_{2,5}$  било је неколико пута а до повишених концентрација  $\text{PM}_1$  било је само у јулу 2006. године на мерном месту Градски парк.

## Закључак

Испитивањем просечних дневних концентрација сумпор диоксида у Бору утврђено је прекорачење законом дозвољене граничне вредности имисије (за  $24 \text{ h}$  у насељеним подручјима  $150 \text{ mg/m}^3$ ) више пута у 2009. години као и ранијих 15 година (у току 10 месеци без правилности прекорачења мерном месту Југопетрол 74 дана а на мерном месту Градски парк 31 дан). Корелативне концентрације просечних месечних концентрација  $\text{SO}_2$  зимске и летње сезоне у периоду 2005/09 године доказују да је топионица примарни загађивач сумпор диоксидом а удео Градске топлане у загађењу ваздуха је миноран. Садржај тешких метала и у суспендованим честицама је највећи у близини РТБ комплекса и скоро константно прелази дозвољене границе. До најчешћег прекорачења граничне вредности имисије ( $\text{GVI}$ ), за  $\text{PM}_{10}$  од  $120 \text{ }\mu\text{g/m}^3$  долази спорадично на свим мерним местима. Емисија  $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{As}$  и других тешких метала у атмосферу била је у европским земљама највећа средином шездесетих година прошлог века. Концентрације емисије истих су у Европи 2005. године биле пет пута мање. За разлику од европских истраживања у Бору је ситуација континуирана од шездесетих година до данас.

## Литература

- FERNANDEZ, M.T. 2003. *Water Air and Soil Pollut.* 142: 243–260.  
 MEANG Z.Y. et al. 2008. *Sci. Total Environ.* 390, 456–465.  
 Правилник о граничним вредностима имисије; “Службени гласник РС”, бр. 54/92, 30/99, 19/06





## Стање животне средине на подручју хидроенергетског система ХЕ “Перућица”

Environment conditions in the area of Hydroenergetic System “Perućica”

ВАСО МРВАЉЕВИЋ<sup>1</sup>, МИЛАН ВЛАХОВИЋ<sup>2</sup>,

**Апстракт.** У раду је третиран проблем загађености простора Никшићког поља формираног у карстним теренима. Пошто поље обилује великим количинама површинских и подземних вода, њихово захватање у хидроенергетски систем (ХЕС) је основно за рад ХЕ “Перућица” као јединственом дијелу Електропривреде Црне Горе. Бројни су проблеми који се јављају у овом простору за рад и живљење већине становника општине Никшић. Производним процесом ХЕ “Перућица”, исто тако, може имати негативан утицај на екологију животне средине. Интенција рада је да укаже на проблеме, али и не да да неке конкретне мјере које ће омогућити квалитетнији живот.

**Кључне ријечи:** хидроенергетски систем, загађење, карст, екологија.

**Abstract.** In this article the problem of pollution of Nikšićko karstic polje is treated. The polje and surrounding mountains built from highly karstified carbonate rocks are very rich in surface and groundwater. They are exploited within Power Plant Perućica as the core of hydroenergetic system of (HES) of Montenegro. Although essential for national economy, the energy production causes many ecological problems. Some of severe pollution cases are hereto described.

**Key words:** hydroenergetic system, pollution, karst, ecology.

### Увод

Одавно је познато да подручје Никшића (сл. 1) располаже са знатним количинама вода, које се, осим за пиће и редовне употребе за домаћинство, користи за производњу електричне енергије, наводњавање и др. шездеситих година двадесетог вијека изграђен је хидроенергетски систем ХЕ “Перућица”, за чије је потребе, осим коришћења вода ријеке Зете и њених притока, било неопходно изградити веће акумулације вода. Формирањем акумулација Слано, Крупац, ретензија Вртац и Сливље ( $V_{\text{ук}}=250 \times 10^6 \text{ m}^3$ ) и евакуационих органа (канала) створен је јединствен систем на великом простору (3720 ha). Због свега назначеног, разматрање стања животне средине у простору овога система је у ствари и квалитет живљења урбане цјелине Никшића и његове околине. Зато је утицај на животну средину простора специфичан и комплексан. Самим постојањем

ХЕС-а, преко својих објеката и активностима у њему, разни чиниоци угрожавају животну средину.

У данашњим условима, када се из године у годину мијења животна средина, захваљујући раду, прије свега човјека, природне воде трпе промјене са несагледивим последицама, у погледу њеног квалитета, а тиме и погоршавају услове за живот човјека, биљног и животињског свијета.

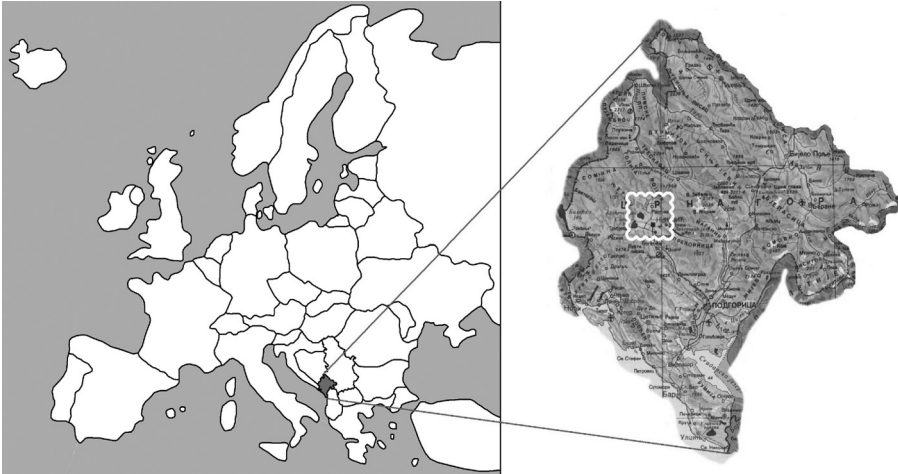
У Никшићком пољу и простору ХЕС-а много је проблема у остваривању врхунског циља заштите животне средине, које је прокламовано као “еколошка држава” Црна Гора.

### Идентификација и мјеста утицаја на животни простор

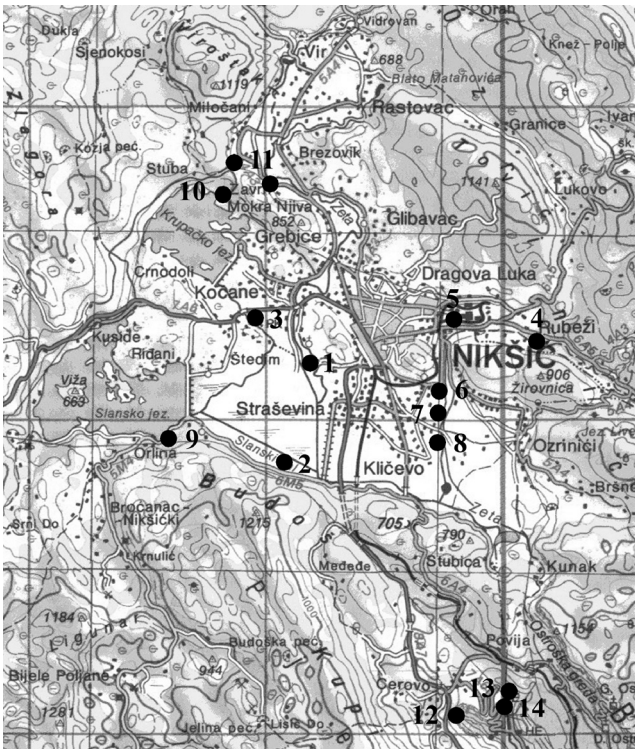
Нарушавање животне средине најочитије се види на оним мјестима гдје је и најлакше искоришћава-

<sup>1</sup> ЗИГМА а.д., Марка Миљанова 8, 81400 Никшић. Е-mail: vasomrvajjevic@yahoo.com

<sup>2</sup> Електропривреда Црне Горе а.д., Вука Караџића 2, 81400 Никшић. Е-mail: vlahmil@yahoo.com



Сл. 1. Географски положај Никшићког поља  
Fig. 1. Map of Nikšić's polje



Сл. 2. Локације загађивача у Никшићком пољу. Легенда: 1- колектор отпадних вода, 2- понор Мисор, 3- депонија Капино поље, 4- депонија шљакце, 5- жељезара, 6- депонија боксита, 7- депонија Грачаница, 8- асфалтна база, 9- мини ливница, 10- извориште Поклонци, 11- еставеле у Горњем пољу, 12- извор Обошtica, 13- извор Глава Зете, 14- ХЕ "Перућница"

Fig. 2. Locations of pollution makers in Nikšić's polje. Legend: 1- collector of waste waters, 2- Misor ponor, 3- Kapino polje deposit, 4- pebble stone deposit, 5- steel factory, 6- bauxite deposit, 7- Gracanica's deposit, 8- asphalt base, 9- mini iron foundry, 10- groundwater source Poklonci, 11- estavelle in Gornje Polje, 12- spring Obostica, 13- spring Glava Zete, 14- PP "Perućica"

ње простора за одлагање разних отпадних материја и предмета. Гдје је то погодно него у околини, а онда у затвореним или полузатвореним депресијама, које пружа широки простор ХЕС-а, односно Никшићког поља.

Пуно је контролисаних, а посебно неконтролисаних утицаја на нарушавање овог простора, његову девастацију или коришћење многобројних објеката за испуштање течних материја, одлагање шута, смећа и др. Као кључни проблем, на ширем плану, означава се испуштање фекалне канализације града Никшића у акумулациони

простор ретензије Вртац.

Нажалост, и поред постојања градске депоније, идеална мјеста за одлагање смећа и отпада су простори ријечних корита и простора повремених акумулација-ретензија (Вртац, Сливље). Највећи "узурпатори" животне средине су не само појединци него и фирме са производним процесима. Најкрупнији од њих су представљени на слици 2.

Неки од карактеристичних простора гдје се највише угрожава екологија су отворени простори и мјеста у ХЕС-у у којим се преко водених путева транспортују велике количине смећа, отпадних материја и др.

## Ретензија Вртац

У овом простору најдрастичније је нарушавање животне средине и то са несagleдивим последицама, не само за Никшићко поље него и за велики дио простора Црне Горе. Наиме, на обали ретензије-поља (село Студенци) изграђено је почетком 80-тих година постројење за кондиционирање (пречишћавање) фекалних вода града и испуштање у акумулациони простор.

Техничким рјешењем постројења постављена је најсавременија технологија пречишћавања али је због разних проблема 1987. трајно обуставила рад. Да би се донекле ријешило проблем околног становништва, ЕПЦГ је изградила намјенски метални цјевовод (сл. 3а). Његова функција је спровођење фекалне воде у простор Вртачког поља које је суво већим дијелом године, односно у један од највећих понора, Мисор (сл. 3б). У простору се напаса стока, а у многим фекалним барама су станишта птица (патке, гуске, корморани, чапље и др.). Како су утврђене подземне везе карстним каналима понора Мисор са врелима Обошtica и Глава Зете (Бјелопавлићка равница) последице на животну сре-



Сл. 3. а) Фекална цијев преко канала Зете (LEAP 2007); б) Понор Мисор  
 Fig. 3. a) Waste water pipe over canal Zeta (LEAP 2007); b) Misor ponor

дину долине Доње Зете могу бити несагледиве. Тенденција потенцијалног загађења се преноси све до Скадарског језера.

У Вртачко поље се од стране несавјесног становништва стално допрема велико смеће и отпад, а некада и лешеви животиња. Међутим, када ретензија дође под успор због протицаја Зете већег од  $65 \text{ m}^3/\text{s}$  вода разлива фекалију и транспортује до електране и даље. Током поплавних таласа огромна количина смећа и отпада долази на чистилни stroj решетке "Вртац", а даље на решетку "улазна грађевина" на хидротехничком тунелу Повија.

У простору Вртца налази се некадашња депонија "Капино поље" гдје је и после њеног затварања настављено одлагање отпада, а која при високом водостају бива поплављена.

### Ријека Зета (Горња Зета)

Зета је једна од највећих посредних загађивача на ширем плану јер је главни водоток ХЕС-а па омогућава лак транспорт отпада који се одлаже у насељеним реонима (сл. 4). Не само да је она простор за одлагалиште разног отпадног материјала већ га носи и после електране.

У коритима притока Бистрице и Мркошнице свјedoци смо сталног одлагања шута и смећа, а из многобројних штала испуштају се фекалије.

### Ријека Грачаница

Грачаница је преграђена у горњем току браном Ливеровићи и била је замишљена да се воде акумулације спроведу у ХЕС. Данас се ова вода користи само за технолошки процес у жељезари.

У кориту Грачанице, притоке Зете, сконцентрисани су објекти и депоније које веома загађују подземне воде, с обзиром на њено порозно тло изграђе-

но од дебелих наслага крупнозрних шљункова. У мјесту Рубежа, у кориту ријеке Грачанице, смјештена је депонија отпада из погона жељезаре "Никшић". Заузима површину од 12 ha, а дубока је око 35 m. На овој депонији се одлаже разни отпад из жељезаре (угљени пепео, шљака, старо гвожђе, муљ из постројења за пречишћавање отпадних вода, прашина из врећастих филтера и пијесак за ливење). Како је депонија смјештена у самом кориту Грачанице често долази до разношења отпада низ корито ријеке (сл. 5a). Ово је нарочито присутно у периоду од октобра до маја када је и највећи водостај Грачанице.



Сл. 4. Одлагање отпада у кориту Зете  
 Fig. 4. Waste dumping in riverbed of Zeta

Кад је у питању жељезара није познато гдје се одлаже отпадно уље и мазиво које није сигурно занемарљиво с обзиром на величину фабрике. Осматрања показују да се не ради третман вода из жељезаре, већ директно испуштају у корито Грачанице и тако изазива загађење подземних вода.

На обали сувог корита у већем дијелу године смјештена је депонија руде боксита "Боксити"-Ник-



Сл. 5. Депоније у кориту Грачанице: а) депонија шљаке; б) депонија смећа  
 Fig. 5. Deposits in river cradle of Gračanica: a) deposit of pebble stones; b) trash deposit

шић. Све количине отпадних уља и мазива из овог постројења испуштају се у корито ријеке.

Послије затварања депоније “Капино поље” отворена је привремена депонија у корито ријеке Грачанице, у оквиру флувиоглацијалних седимената Никшићког поља чије вриједности коефицијента филтрације износе  $1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^{-4}$  cm/s (РАДУЛОВИЋ 1996). Рекордан доток воде у Никшићком пољу регистрован је 2004. при чему је протицај ријеке Грачанице износио око 70–80 m<sup>3</sup>/s. Услед високог водостаја ријека Грачаница је деградирала терен на подручју депоније па је дошло до оштећења депоније и одношења отпада током ријеке. Након овог депонија је затворена али и данас се велика количина разног отпада одлаже на овом простору (сл. 5б).

Низводно од старе градске депоније и депоније руде боксита налази се асфалтна и бетонска база и може се предпоставити да се и овдје испуштају отпадна уља и мазива без претходног третмана. Око корита ријеке сконцентрисано је не мало становништво, које махом држи објекте за стоку (фарме), па се све фекалне воде испуштају у корито.

### Акумулација Слано

Посебан негативан утицај и као узрочник загађења на акумулацији Слано има мини ливница алуминијума. Она је смјештена на самој обали и како се алуминијум убраја у најштетније метале опасност лежи не само за загађење воде језера и његове флоре и фауне, ваздуха него и за животну средину околног сеоског становништва.

### Акумулација Крупац

Акумулација се користи не само за производњу електричне енергије већ и као туристичка дести-

нација града. Но постоји опасност загађења воде акумулације захваљујући краткој подземној вези изворишта “Поклонци” са еставелам у кориту Зете (Горње поље). Горње поље је веома насељено и у њему се неконтролисано испуштају фекалне и отпадне воде, уља и мазива из разних објеката и радионица. У овом простору код највеће еставеле у карсту Динарида – Горњеполски вир била је до скоро смјештена фабрика експлозива.

Треба нагласити да је на изворишту “Поклонци”, на основу хидрогелолошких истраживања изведено 8 експлоатационих бунара који су укључени у систем градског водовода. Како је утицај акумулације у маловодном режиму на извориште “Поклонци” реалан постоји опасност да воде у бунарима буду подложне загађењу.

### Праћење загађења животне средине и мјере за њено спречавање и ограничење

Због нарастајућег и неконтролисаног негативног утицаја на животни и радни простор у хидроенергетском систему, ХЕ “Перућица” која заузима велики дио карста Никшићког поља, неизбежно је предузимање активности за његово сузбијање. Те активности је неопходно решавати у координацији са надлежним општинским и републичким органима јер је наведени проблем ширих размјера.

Међутим, нема координираних акција ЕПЦГ и Општине. Из тих разлога, а у складу Програма израде општих аката ЕПЦГ А.Д.-Никшић предвиђено је доношење посебног акта о заштити животне средине. Сходно Закону о животној средини Републике Црне Горе ЕПЦГ А.Д.-Никшић, ХЕ “Перућица” урадила је Програм заштите животне средине (Јокић и др. 2000).

Програм садржи попис и идентификацију утицаја на животну средину који могу бити последица

постојећих производних активности, мјере за спречавање и ограничење, праћење загађења животне средине, затим инвестиционе мјере за изградњу објеката ради смањења утицаја загађујућих материја, рокове за предузимање појединих мјера као и субјекте који су дужни да спроведу исте. Од мјера предвиђено је следеће:

- Активирање и замјена постојећег система за пречишћавање фекалне канализације града од стране Општине Никшић. Пречишћене воде се могу упуштати у ХЕС,
- Спречавање одлагања смећа и отпада по простору ХЕС-а формирањем посебних органа који ће бити кординиране са надлежним општинским органима,
- Проблем депоновања смећа се може ријешити адекватном казненом политиком и бољим ангажовањем инспекције на терену за што требају не мала средства.

## **Закључак**

Велики простор ХЕС-а ХЕ "Перућица" припада

карсту Никшићког поља гдје се у порозном тлу одлажу многи загађивачи. У Црној Гори и многим земљама карстне подземне воде су главни вид водоснабдијевања становништва и зато њихово загађивање представља велики проблем. Зато је потребно заштитити карстни простор у подручјима гдје загађивачи могу најлакше да дођу до подземних вода, такође је неопходан континуалан мониторинг квалитета воде, на подручју ХЕС-а, у складу са Оквирном директивом о водама ЕУ.

## **Литература**

- Јокић, Влаховић, Марковић. 2000. Програм Заштите животне средине у ХЕ "Перућица", Електропривреда Црне Горе - ХЕ "Перућица", Никшић.
- Локални еколошки акциони план (ЛЕАП), 2007. Општина Никшић - Служба за заштиту животне средине, Никшић.
- Радуловић, М. 1996. Хидрогеолошке карактеристике карстних терена у широј околини Никшића, Завод за геолошка истраживања Црне Горе, Подгорица.



## Неки од примера загађивања подземних вода и геосредине из несанитарних комуналних депонија чврстог отпада

### Some Examples Pollution Groundwater and Geological Environment From Unsanitary Solid Waste Municipal Landfill

МИЛОВАН РАКИЈАШ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Хидрогеолошка проблематика затварања постојећих и изградња нових санитарних комуналних депонија чврстог отпада се јавља као саставни део укупног процеса борбе за заштиту и очување животне средине. Подземне воде су код нас нарочито значајне као минерална сировина која се користи у водоснабдевању становништва и индустрије. Преко 80 % од укупно каптираних вода за поменуте потребе, отпада на подземне воде. У Србији постоји 146 регистрованих комуналних депонија чврстог отпада и неутврђен број сметлишта. Филтрат (оцедне воде) из старих комуналних депонија чврстог отпада, а и нових код којих је дошло до акцидентне ситуације (деформације заштитних слојева санитарних депонија), мигрира кроз геолошку средину, како у плану тако и у профилу. У овом раду дати су само неки од примера који приказују загађење подземних вода и геосредине.

**Кључне речи:** филтрат, комунална депонија, загађење, подземне воде, геосредина.

**Abstract.** Hydrogeological issue of closing and building new municipal solid waste landfill is part of human environment protection and preservation. Groundwater, use for city population and industry supply in our country, constitutes more than 80% of all water use, thus emphasizing its importance. There are 146 registered municipal solid waste landfills in Serbia and unconfirmed number of dumps. Filtrate (drained water) from old municipal solid waste landfills and also new ones (where accidents occur – deformation of protection layers), migrate through geologic media horizontally and vertically. Because of that, the migration of contaminant and water pollution possibility is particularly stressed in this work. This paper will have just some of example which shows pollution groundwater and geological environment.

**Key words:** Leachate, Municipal Landfill, Pollution, Groundwater, Geological Environment.

## Увод

Постојеће неуређене комуналне депоније у Србији (регистрованих 146) и неутврђен број сметлишта су углавном формиране на таквим теренима, да директно угрожавају, односно загађују подземне и површинске воде и геосредину.

## Неки примери миграције филтрата – оцедних вода из несанитарних комуналних депонија чврстог отпада

Чврсти комунални отпад представља веома сложен и хетероген материјал (сл. 1).

Филтрат представља комплексан физичко-хемијски раствор органских и неорганских материја у водама насталих као последица интеракције физичких, хемијских и биолошких процеса у депонованом материјалу и води. Према томе, филтратом можемо сматрати излучени састав из комуналног чврстог отпада, који представља концентрацију растворених продуката распадања (деградације) отпада, у водама које на било који начин доспевају у тело депоније (атмосферске, површинске, подземне и воде настале из самог отпада).

Већина градских насеља је организована уз веће реке и на алувијалним наносима тих река. Неконтролисано одлагање чврстог отпада постало је иницијални загађивач површинских и подземних вода и

<sup>1</sup> "Хидро-гео рад" д.о.о., Бранкова 23, Београд. Е-mail: r.milovan@sbb.rs



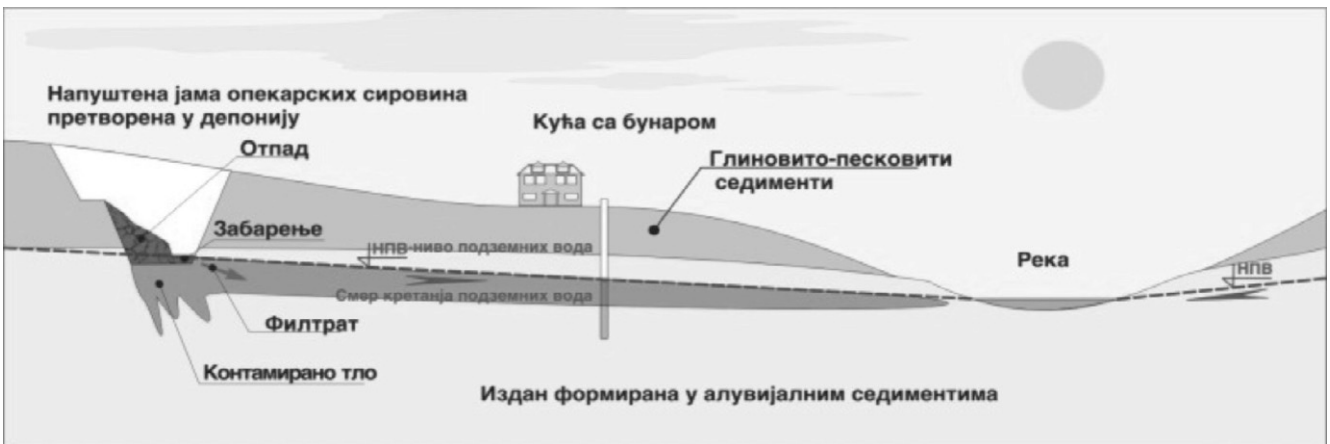
Сл. 1. Језгро бушотине из комуналне депоније Танцош у Беочину (фото: М. Ракијаш, 2009.)

Fig. 1. Drill core from municipal landfill "Tancos" in Beocin (photo: M. Rakijas, 2009.)



Сл. 2. Шематски изглед загађивања подземних и површинских вода филтратом из КДЧО (измењено) [http://www.ec.gc.ca/water/en/info/pubs/FS/e\\_FSA5.htm](http://www.ec.gc.ca/water/en/info/pubs/FS/e_FSA5.htm)

Fig. 2. Schematic illustration of groundwater and surface water from municipal landfill leachate (changed) [http://www.ec.gc.ca/water/en/info/pubs/FS/e\\_FSA5.htm](http://www.ec.gc.ca/water/en/info/pubs/FS/e_FSA5.htm)



Сл. 3. Шематски приказ кретања филтрата из комуналне депоније формиране у напуштеном позајмишту опекарских сировина (РАКИЈАШ 2008.)

Fig. 3. Schematic illustration of leachate flow from municipal landfill formed in abandoned brick material deposit (RAKIJAS 2008.)

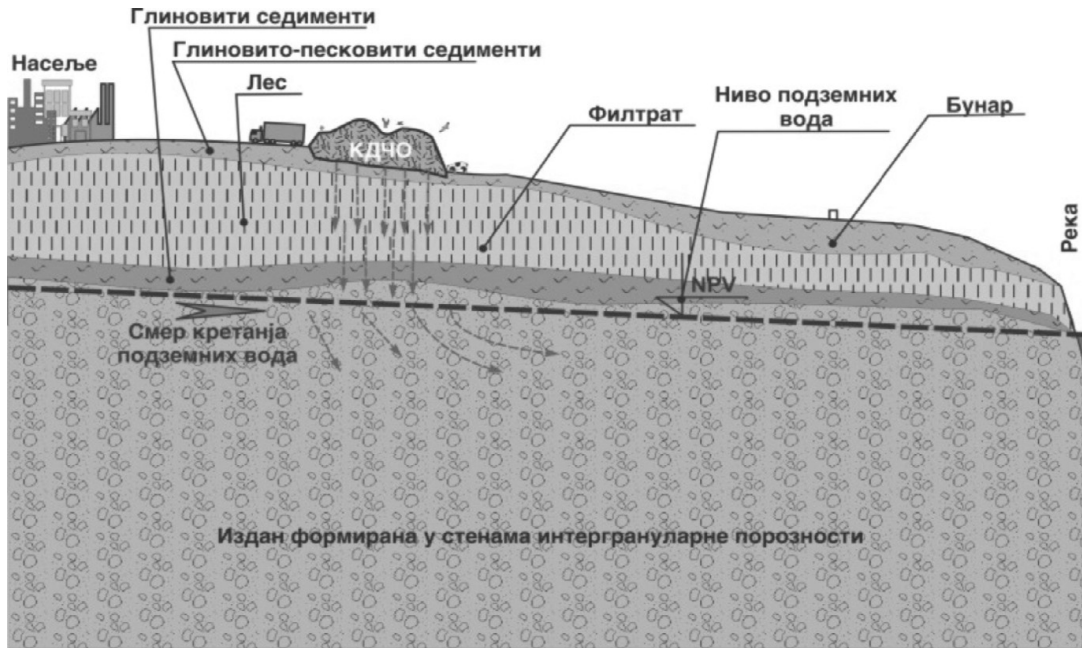
геосредине (сл. 2). Не ретко, комунални отпад се одлаже директно у водотокове као на пример у Голушцу (у Дунав), Лебану (у Јабланицу), Власотинцу (у Власину), Аранђеловцу (у Кубршницу), дуж долина река Рашке, Ибра, Лима итд.

Такође, површински копови, створени експлоатацијом грађевинског материјала (песка, шљунка и глине) отворили су прву издан формирану у алувиону, што је касније искоришћено за одлагање комуналног отпада, као на пример у Кикинди, Ваљево, Свилајнцу, Параћину, Шапцу и неким другим градовима широм Србије. У таквим случајевима све воде из депоније (филтрат) се директно мешају са подземним водама и на тај начин их загађују (сл. 3). Филтрат који се ствара у комуналним депонијама је веће густине и специфичне тежине од воде, па се због тога креће вертикално у дубље делове прве изданске зоне.

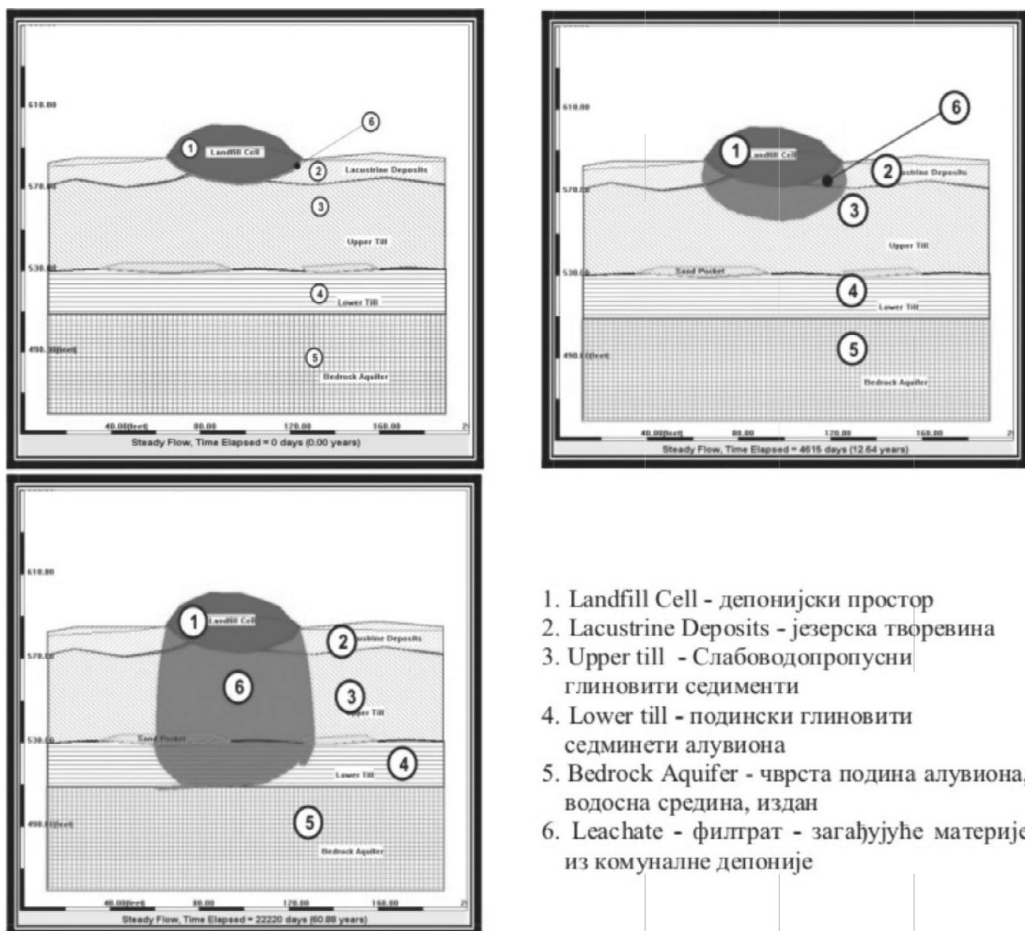
За лесне седименте карактеристична је вертикална порозност. Долази се до закључка да су изданске воде и геосредина у самој зони несанитарне комуналне депоније формиране на оваквим седиментима углавном загађене филтратом (сл. 4).

Укратко ће бити приказано шта се дешава са филтратом-оцедним водама из депоније у неким хидрогеолошким условима средине, односно њиховом миграцијом у функцији времена. Инсерти модела су узети из доступне документације U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, Washington, dc 20460, septembar 1998. Наиме, биће приказана миграција загађујућих материја (филтрата) који се директно инфилтрира у подземље у току времена из старих постојећих комуналних депонија у различитим хидрогеолошким условима средине (сл. 5 и 6).



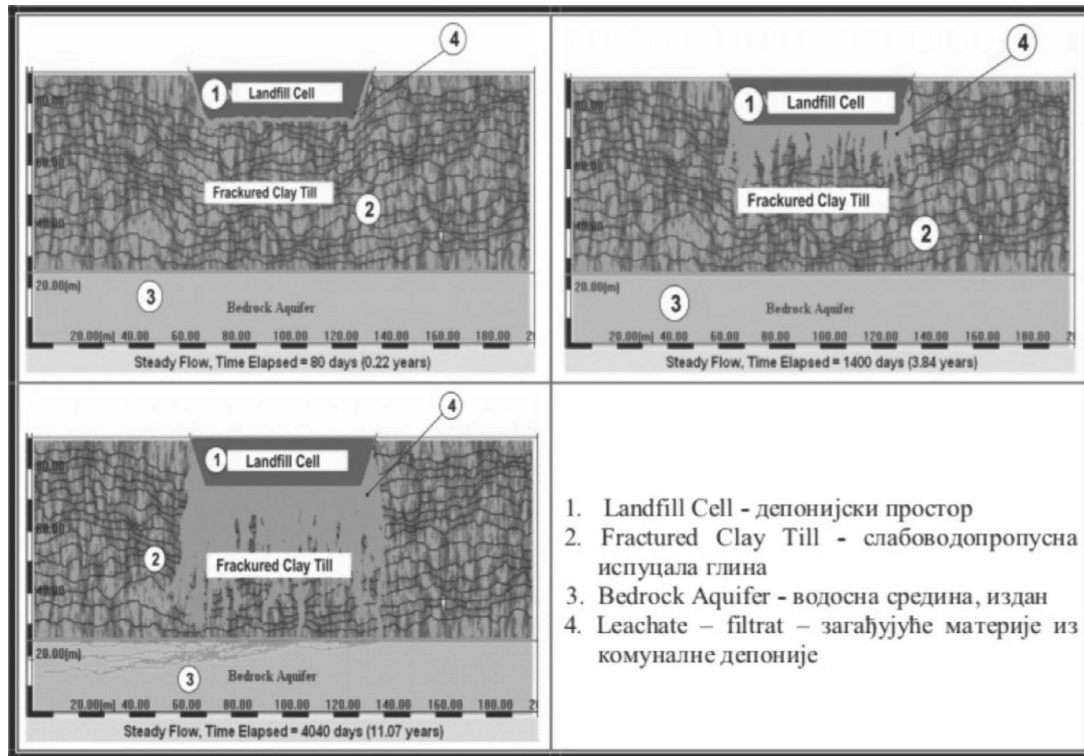


Сл. 4. Шематски приказ кретања филтрата кроз лесне седименте (РАКИЈАШ 2009)  
 Fig. 4. Schematic illustration confined of leachate through loess sediments (RAKIЈAS 2009)



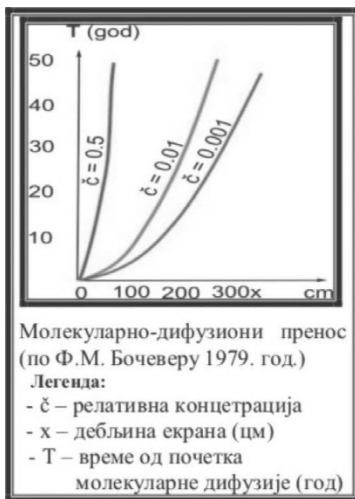
1. Landfill Cell - депонијски простор
2. Lacustrine Deposits - језерска творевина
3. Upper till - Слабоводопропусни глиновити седименти
4. Lower till - подински глиновити седминети алувиона
5. Bedrock Aquifer - чврста подина алувиона, водосна средина, издан
6. Leachate - филтрат - загађујуће материје из комуналне депоније

Сл. 5. Модел миграције филтрата кроз алувијалне седименте  
 Fig. 5. Model of leachate migration through alluvium



Сл. 6. Модел миграције филтрата кроз слабопродупљену испуцалу глину

Fig. 6. Model of leachate migration through fractured clay till



Сл. 7. Молекуларно-дифузиони пренос (по Ф.М.БОЧЕВУ, 1979.)

Fig. 7. Molecular-diffuse transfer (F.M. BOCEVER, 1979.)

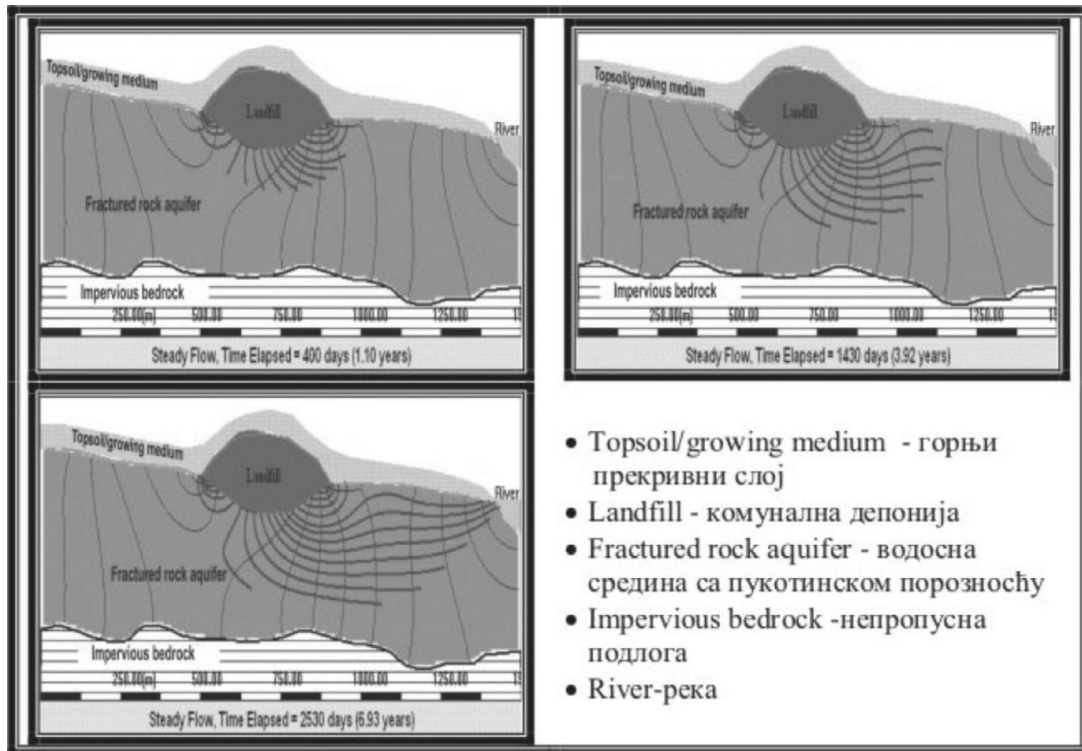
На сликама приказаних модела се види да вертикална инфилтрација загађујућих материја односно филтрата који пролази кроз глиновите седименте у одређеном временском интервалу, ипак доспева до изданске зоне и тако је загађује. Ово само указује на неопходност санације подтла свих депонија комуналног чврстог отпада, односно да слабопродупљени глиновити седименти сами по себи не могу

спречити миграцију филтрата у функцији времена.

На следећој слици 8, односно инсертима из модела, биће приказана хоризонтална и вертикална инфилтрација филтрата из комуналне депоније кроз пукотински тип издани у функцији времена, према површинском току. Из модела се види да је миграцији филтрата довољно само око 7 година, на удаљености мањој од једног километра да дође до површинског тока и тако врши константно загађење површинских вода.

## Закључак

Тако се долази до закључка, да се санација комуналних депонија чврстог отпада, не сме заснивати само на њеној санацији и рекултивацији “одозго” и са “стране”, већ се мора извршити ремедијација (“лечење”) геосредине и подземних вода испод самог простора комуналних депонија чврстог отпада.



Сл. 8. Приказ миграције филтрата кроз пукотински тип издани према реци  
 Fig. 8. Migration of leachate through fractured rock aquifer toward the river

## Литература

ВУЛАСИНОВИЋ, С., ФИЛИПОВИЋ, Б., 1990. Загађивање и заштита подземних вода. Зборник радова – геологија и заштита животне средине, Београд.  
 КРЕШИЋ, Н., ВУЛАСИНОВИЋ, С., МАТИЋ, И., 2006. Ремедијација подземних вода и геосредине. Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду.

РАКИЛАШ, М. 2004. Хидрогеолошки услови за изградњу и експлоатацију санитарних грдаских депонија комуналног чврстог отпада, са освртом на заштиту подземних вода. Магистарски рад, Београд.  
 U.S. Environmental Protection Agency, 2006. Office of Solid Waste and Emergency Response Technology Innovation Office, Washington, dc 20460.  
 Закон о комуналним делатностима, Сл. гласник 16/97.



## Geološka podloga i radioaktivnost terena u Crnoj Gori Geological Base and Radioactivity of the Terrain in Montenegro

RANKO SVRKOTA<sup>1</sup>, TOMISLAV ANĐELIĆ<sup>2</sup>, RANKO ZEKIĆ<sup>3</sup>, NEVENKA ANTOVIĆ<sup>3</sup> i PERKO VUKOTIĆ<sup>3,4</sup>

**Apstrakt.** Terenska ispitivanja apsorbovane doze gama zračenja, na geološkim formacijama indiciranim kao mogući mediji sa povećanom dozom zračenja, ukazuju na slabo do umjereno povećan prirodni fon zračenja. Povećane srednje vrijednosti apsorbovane doze, mjerene na boksitnim formacijama, srednjetrijskim vulkanitima i paleozojskim klastitima, potvrđene su gamaspektrometrijskim analizama. Na boksitnim formacijama vidljiv je uticaj koncentracija <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th i <sup>226</sup>Ra, na vulkanitima i vulkanoklastitima, pored povećanog uticaja <sup>238</sup>U i <sup>232</sup>Th značajan je uticaj koncentracija <sup>40</sup>K na povećane vrijednosti jačine apsorbovane doze zračenja.

**Кljučне riječi:** geološka formacija, apsorbovane doze gama-zračenja, gamaspektrometrija.

**Abstract.** Field testing of absorbed dose of gamma-radiation, on geological formations that are indicated as possible mediums with increased dose of radiation, indicate a weak increase of natural radiation background. Increased mean values of absorbed dose, measured on bauxite formations, middle-triassic vulcanites and paleozoic clastites are confirmed by gamma-spectrometric analysis. The influence of <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th and <sup>226</sup>Ra, is noticed on bauxite formations. On vulcanites and volcano-clastites, along with increased influence of <sup>238</sup>U and <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K has also a significant influence on the increase in the absorbed radiation dose.

**Key words:** geological formation, absorbed dose of gamma-radiation, gamma-spectrometric analysis.

### Uvod

U radu se prikazuju rezultati preliminarne analize podataka dobijenih, kroz istraživački Projekat CANU: “Područja u Crnoj Gori sa relativno povećanom radioaktivnosti”, u periodu 2007–2010 g. kojim rukovodi akademik Perko Vukotić. Cilj Projekta je determinisanje lokalnosti sa relativno povećanom radioaktivnosti u svijetlu rezultata ranije (1994–1996.) izvedenih ispitivanja fona terestrijalnog gama-zračenja u Crnoj Gori, po mreži ćelija pojedinačne površine oko 350 km<sup>2</sup> kao i drugih podataka dobijenih kroz povremena prospekcijska istraživanja radioaktivnih mineralnih sirovina i identifikaciona mjerenja intenziteta gama-zraka na nekim lokalnostima sa pojavama crvenih i bijelih boksita.

Koncepcijski pristup pri planiranju broja i izboru lokacija za mjerenje povećane radioaktivnosti bio je (shodno cilju Projekta) u izvjesnoj mjeri “pristrasan”. Tako su, u okviru postojeće strukturno-tektonske i strukturno-metalogenetske rejonizacije terena Crne Gore, pri izboru geoloških

formacija za mjerenje, “favorizovane” one za koje je iskustveno ili teorijski indicirana mogućnost sadržaja stijena (minerala) sa povišenim učešćem radioaktivnih elemenata. Izbor mjernih mjesta vršen je, posebno, u okviru svake od četiri krupne geotektonske jedinice.

### Osnovni geološki podaci

U Crnoj Gori se jasno izdvajaju četiri geotektonske ili strukturno-facijalne jedinice sa značajno različitom geološkom evolucijom u posljednjih, više od, dvjesto miliona godina [1,2]. U geološkoj nauci ove jedinice su poznate kao Jadransko–Jonska zona ili Parautohton (JZ), Budva–Cukali zona (BZ), zona Visoki krš (VK) i Durmitorska tektonska jedinica (DTJ), kojim odgovara isto toliko metalogenetskih zona.

Jadransko–Jonskoj zoni (JZ) pripada primorski dio Crne Gore: okolina Herceg Novog, Tivatsko i Mrčevo polje, Lu-

<sup>1</sup> Republički zavod za geološka istraživanja, Podgorica, Crna Gora. E-mail: ranino@t-com.me

<sup>2</sup> Centar za ekotoksikološka ispitivanja, Podgorica, Crna Gora. E-mail: tomo.a@t-com.me

<sup>3</sup> Prirodno-matematički fakultet, Podgorica, Crna Gora. E-mail: antovien@yahoo.com

<sup>4</sup> Crnogorska akademija nauka i umjetnosti, Podgorica, Crna Gora. E-mail: pvukotic@yahoo.com

štica i Grbalj te područje između Bara, rijeke Bojane, planine Rumije i mora.

U njevoj geološkoj građi učestvuju karbonatni sedimenti gornje krede i srednjeg eocena, pojave eocenskih crvenih boksita, flišni sedimenti srednjeg i gornjeg eocena, marinski miocenski sedimenti i sedimenti kvartara.

Geotektonska jedinica Budva–Cukali (BZ) obuhvata uski primorski pojas na jugozapadnim padinama Orjena, Lovćena, Paštrovske gore, Sozine i Rumije. Navučena je na Jadransko–Jonsku zonu. U geološkoj građi učestvuju karbonatne, vulkanske i vulkanogenosedimentne stijene, flišni sedimenti trijasa, jure, krede i paleogena i kvartarne tvorevine.

Geotektonskoj jedinici Visoki krš (VK) pripadaju središnji i južni dijelovi Crne Gore sa terenima planina Rumije, Lovćena, Orjena, Budoša, Njegoša, Golije, Vojnika, Maganika, Prekornice i Žijeva i njihovih međuprostora. U tektonskom je odnosu sa Budva zonom sa navlačenjem iz pravca sjeveroistoka. Izgrađena je od permskih i donjetrijskih klastita, karbonatnih sedimenta trijasa, jure i krede sa rudonosnim formacijama crvenih i bijelih boksita, vulkanita i vulkanoklastita srednjeg trijasa, trijaskih i paleogenih flišnih sedimenta i kvartarnih sedimenta.

Durmitorska tektonska jedinica (DTJ) obuhvata sjeveroistočni dio Crne Gore sa terenima Pivske planine, Durmitora, Sinjajevine, Komova, Visitora, Prokletija, Ljubišnje i Kovača i područjima Rožaja, Berana, Bijelog Polja, Pljevalja. Navučena je, sa sjeveroistoka, na zonu VK preko sedimenta durmitorskog fliša. Tereni ove geotektonske jedinice izgrađeni su od klastita paleozoika i donjeg trijasa, karbonata mlađeg paleozoika, trijasa i jure, sa značajnim učešćem vulkanita i vulkanoklastita srednjeg trijasa i gornje jure, jezerskih sedimenta neogene starosti i kvartarnih tvorevina.

## Materijal i metode

### Izbor mjernih mjesta

Izbor mjesta za terenska dozimetrijska mjerenja vršen je prema zastupljenosti formacija koje bi mogle biti izvor povećane prirodne radioaktivnosti, ili su se kroz ranija ispitivanja takvim već pokazale. Jedan broj lokalnosti, na kojim su bile mjerene povećane vrijednosti apsorbovane doze, prilikom istraživanja u periodu 1994–1996., takođe, je planiran za terenska dozimetrijska mjerenja.

### Dozimetrijska mjerenja na terenu

Terenska mjerenja i zapažanja bilježena su na pripremljenim formularima koji sadrže preko dvadeset podataka neophodnih za pozicioniranje lokalnosti, izmjerene ekvivalentne doze, vremenske uslove, morfologiju, geotektonsku jedinicu, geološku formaciju, tip zemljišta i dr.

Mjerenja jačine apsorbovane doze u vazduhu izvedena su sa VICTOREEN 190 SI, sa povremenim kontrolnim mjerenjima sa THERMO RadEye.

Sva dozimetrijska mjerenja su izvedena po suvom vremenu i na visini 1 m iznad tla, sa po 10 mjerenja na svakoj lokaciji iz kojih su određeni rasponi i srednja jačina doze. Ispitivanja su izvršena na 138 lokalnosti i to: u JZ-30, u BZ-24; u VK-37 i u DTJ-47.

### Gamaspektrometrija

Ukoliko su izmjerene apsorbovane doze na nekoj lokalnosti za 50% bile veće od, prethodnim ispitivanjima dobijene, srednje vrijednosti od 55 nGyh<sup>-1</sup> [3,4], tada su, po standardnoj proceduri [6] uzeti uzorci od stijene ili od zemljišta, za gamaspektrometrijska ispitivanja. U periodu 2007./2009. prikupljeno je 42 uzorka. Uzorkovani materijal sa terena je po potrebi drobljen i mljeven, sušen 8 sati na 100 °C, prosijan na situ prečnika 2 mm i potom pakovan u Marineli posude od 1 litra. Ovako pripremljeni analitički uzorci snimani su nakon 40 dana, kada je uspostavljena radioaktivna ravnoteža <sup>226</sup>Ra i <sup>222</sup>Rn.

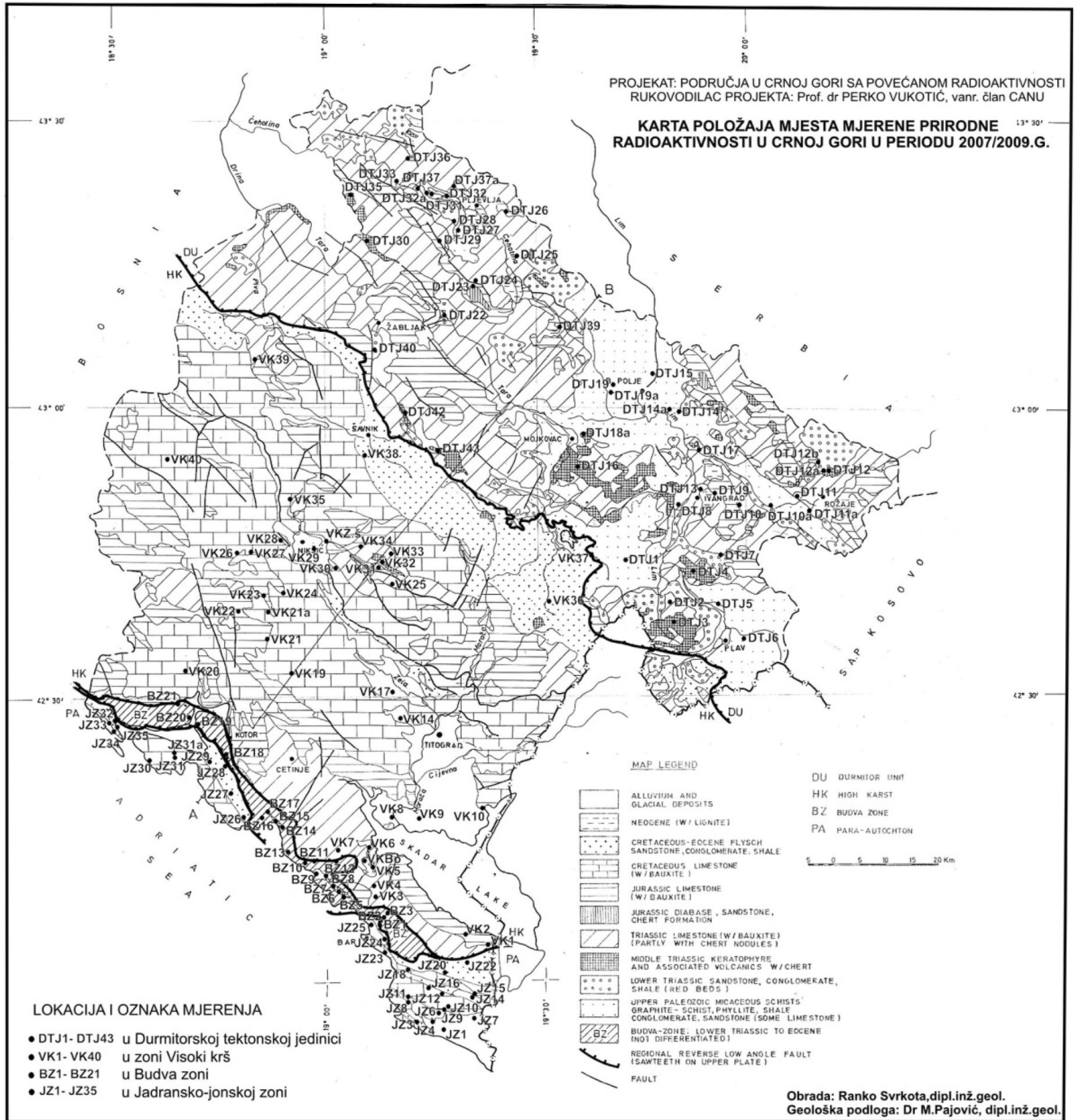
Uzorci su analizirani metodom gama-spektrometrije na niskofonskom sistemu sa dva HPGe detektora, efikasnosti 36% i 41% i rezolucije (FWHM 1.33 MeV <sup>60</sup>Co) 1.72 keV i 1.80 keV respektivno, čiji fon na energetskom području 40–2700 keV je 0.98 imp<sup>s</sup><sup>-1</sup> i 1.22 imp<sup>s</sup><sup>-1</sup> respektivno. U uzorcima su određivane koncentracije aktivnosti radioizotopa <sup>40</sup>K (1460.75 keV), <sup>232</sup>Th (338.32 keV, 911.20 keV), <sup>235</sup>U (143.76 keV, 163.33 keV), <sup>238</sup>U (1001.03 keV), <sup>226</sup>Ra (295.22 keV, 351.93 keV, 609.31 keV, 1120.2 keV, 1764.4 keV) i <sup>137</sup>Cs (661.62 keV).

## Rezultati i diskusija

Dobijena srednja vrijednost jačine apsorbovane doze prirodne radioaktivnosti kroz istraživanja izvedena u periodu 2007–2009. godine od 58,8 nGyh<sup>-1</sup> je nešto veća od prethodno dobijenog prosjeka za Crnu Goru od 55 nGyh<sup>-1</sup> [3,4]. Najveće srednje vrijednosti apsorbovane doze zračenja od 103,2 nGyh<sup>-1</sup> mjerene su na boksitima (BOX) a najniže, 31,8 nGyh<sup>-1</sup>, na karbonatnim sedimentima (KARB), Tabela 1.

Najniže, pojedinačne, vrijednosti jačine apsorbovane doze od 10 nGyh<sup>-1</sup>, izmjerene su u grupi kvartarnih klastita (KL-Q) i grupi karbonatnih sedimenta (KARB). U klastitima kvartara (KL-Q) izmjerene vrijednosti apsorbovane doze na 28 lokalnosti su relativno ujednačeno niske sa izuzetkom lokalnosti Dragalj VK20-125 nGyh<sup>-1</sup> i Grahovo VK22-96 nGyh<sup>-1</sup>, u zoni Visoki krš, gde su mjerenja vršena na fluvio-glacijalnom nanosu. Mogući uzrok može biti u činjenici što su ovi kvartarni sedimenti predeponovani sa okolnih boksitonosnih terena sa pojavama i manjim ležištima boksita.

I u karbonatnim sedimentima (KARB) mjerene vrijednosti apsorbovane doze na 25 lokalnosti su prilično ujednačene. Iznad prosječnih vrijednosti za ovu grupu formacija, izmjerena je apsorbovana doza na lokalnosti Kusa VK28-91 nGyh<sup>-1</sup> na K<sub>2</sub> krečnjacima uz prisustvo crve-



Sl. 1. Karta položaja mjesta mjerene prirodne radioaktivnosti u Crnoj Gori u periodu 2007–2009 g.

nice. Ne može se isključiti i uticaj boksitnih formacija karakterističnih za ovaj prostor. Ispod prosječnih su i vrijednosti srednje jačine apsorbovanih doza na grupi formacija flišnih sedimenata (od anizijskog, kredno-paleogenog do eocenskog fliša).

Neznatno povišene srednje vrijednosti, u odnosu na mjereni prosjek, dobijene su u gornjeyurskim vulkanitima i vulkanoklastitima (VULK-KL.-J) kao i u srednjetrijskim vulkanitima i vulkanoklastitima (VULK-KL.-T).

U ovim posljednjim izražen je visok stepen neujednačenosti vjerovatno kao posljedica preširoke grupe for-

macija (od, silicijsko-karbonatnih, vulkanoklastičnih do vulkanskih) sa različitim genetskim i mineraloško-petrološkim svojstvima.

U ovoj grupi formacija izmjerene su i najveće apsorbovane doze jonizujućeg zračenja na lokalnostima Bukovik (Crmnica) VK7-192 nGy<sup>-1</sup> i Bukovica (Šavnik) DTJ42-148 nGy<sup>-1</sup>. U oba slučaja mjerenje je vršeno na kisjelijim vulkanitima andezitskog i andezitsko-riolitnog tipa.

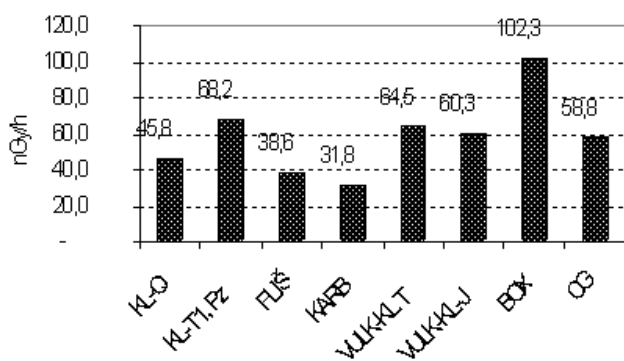
Srednja jačina apsorbovane doze zračenja prema mjerenjima na 23 lokalnosti u okviru grupe paleozojsko-donjetrijaskih klastita iznosi Pz,T<sub>1</sub>-68,2 nGy<sup>-1</sup> i veća je od

Tabela 1. Srednje vrijednosti apsorbovanih doza jonizujućeg zračenja u CG

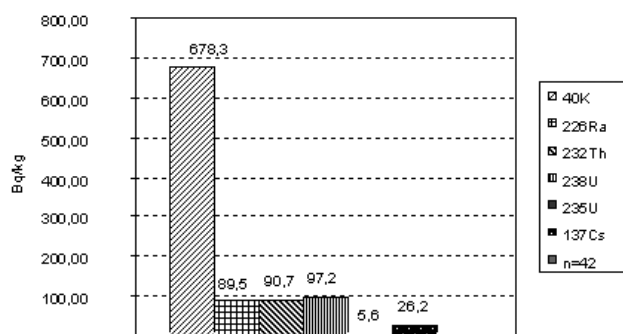
r. br.	geol. form.	broj mjer. lok. (n)	raspon (nSv/h)	srednja vrijednost (nSv/h)	med.	st. dev
1	KL-Q	28	10-125	45,8	45,5	26,2
2	KL-T <sub>1</sub> , Pz	23	40-94	68,2	68,3	16,8
3	FLIŠ	15	27-65	38,6	38,9	10,7
4	KARB	25	10-91	31,8	31,7	21,1
5	VULK-KL-T	23	26-192	64,5	64,1	39,6
6	VULK-KL-J	4	50-77	60,3	61,3	12,3
7	BOX	15	49-149	102,3	106,0	29,0
8	<b>C.GORA</b>	<b>133'</b>	<b>10-192</b>	<b>58,8</b>	<b>60,3</b>	<b>23,5</b>

\*U tabeli nijesu prikazani rezultati 5 mjerenja na deponijama flotacijske jalovine, pepela TE i dr.

prosječno mjerene u CG. Pri terenskim ispitivanjima zapaženo je da lokalnosti sa povećanim učešćem tamnosivih i crnih škriljaca u odnosu na pješčare imaju povećane vrijednosti jačine apsorbovane doze zračenja



Sl. 2. Srednje vrijednosti mjernene jačine apsorbovane doze zračenja po grupama formacija



Sl. 3. Srednje vrijednosti koncentracija aktivnosti radionuklida u analiziranim uzorcima tla

Najveća srednja vrijednost jačine apsorbovane doze zračenja dobijena je mjerenjima na pojavama i ležištima tri boksitonske formacije BOX-103,2 nGy<sup>-1</sup> gdje se uočava i

određeni trend rasta mjerene apsorbovane doze od crvenih eocenskih E-CBOX-73,0 nGy<sup>-1</sup>-K<sub>2</sub>-BBOX-110,6 nGy<sup>-1</sup>-J-CBOX-115,0 nGy<sup>-1</sup>.

Gamaspektrometrijska ispitivanja izvršena na uzorcima zemljišta ili stijena, prikupljenih sa 42 lokalnosti, ukazuju na relativno povišene srednjejearitmetičke vrijednosti radionuklida (Tabela 2.).

Tabela 2. Srednje vrijednosti specifičnih aktivnosti ispitivanih radionuklida

geol. form	broj anal. (n)	<sup>40</sup> K Bq/kg	<sup>226</sup> Ra Bq/kg	<sup>232</sup> Th Bq/kg	<sup>238</sup> U Bq/kg	<sup>235</sup> U Bq/kg	<sup>137</sup> Cs Bq/kg
KL-Q	5	313,1	153,50	100,3	90,80	6,7	34,80
KL-T <sub>1</sub> , Pz	10	943,3	39,5	57,6	54,5	2,7	25,2
FLIŠ	1	826,0	30,0	59,8	63,9	2,5	0,6
KARB	4	457,5	115,0	65,1	61,3	5,4	150,5
VULK-KL-T	7	1.453,5	89,8	40,2	131,8	7,4	1,9
VULK-KL-J	1	856,0	34,3	63,8	55,9	2,7	1,7
BOX	12	131,7	116,6	169,3	145,1	7,6	4,6
<b>CG</b>	<b>42</b>	<b>678,30</b>	<b>89,5</b>	<b>90,7</b>	<b>97,2</b>	<b>5,6</b>	<b>26,20</b>

Srednje vrijednosti koncentracija aktivnosti radionuklida <sup>226</sup>Ra-116,6 Bqkg<sup>-1</sup>; <sup>232</sup>Th-169,3 Bqkg<sup>-1</sup> i <sup>238</sup>U-145,1 Bqkg<sup>-1</sup> su povećane za grupu boksitnih (BOX) formacija. Takođe su povećane srednje vrijednosti <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th i <sup>238</sup>U i za 5 analiziranih lokalnosti iz grupe kvartarnih sedimenata (KL-Q).

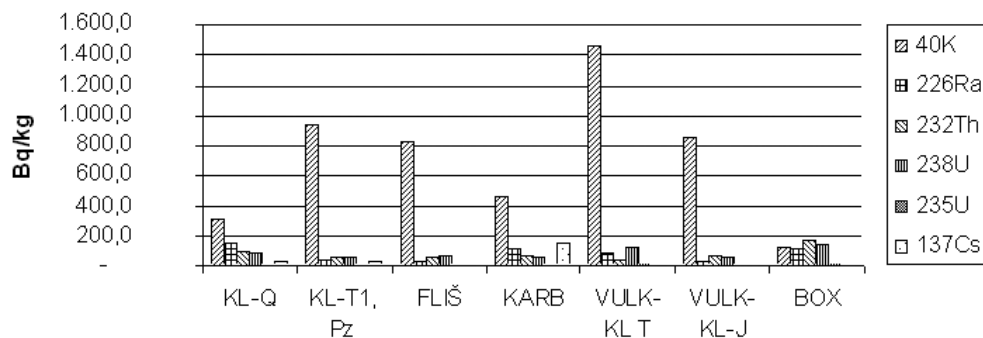
Mogući uzroci za ovo povećanje se nalaze u kontaminiranosti predeponovanim boksitnim materijalom u kvartarne sedimente. U karbonatnim formacijama (KARB) očitane su povišene vrijednosti gamaspektrometrije za <sup>226</sup>Ra-115,0 Bqkg<sup>-1</sup> i <sup>137</sup>Cs-150,5 (vještačkog radionuklida). U vulkanitima i vulkanoklastitima srednjeg trijasa (VULK-KL-T) dobijene su najveće srednje vrijednosti <sup>40</sup>K-1453,5 Bqkg<sup>-1</sup> i <sup>238</sup>U-131,8 Bqkg<sup>-1</sup>. Povećane vrijednosti <sup>40</sup>K konstatovane su i u uzorcima iz grupe paleozojskih i donjetrijaskih klastita (PzT<sub>1</sub>-KL) i flišnih sedimenata (FLIŠ).

## Zaključak

Preliminarna ispitivanja ukazuju da su najveće vrijednosti apsorbovane doze jonizujućeg zračenja dobijene na boksitnim formacijama u jadranskoj zoni (JZ) i zoni Visoki krš (VK) gdje je vidljiv uticaj <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th i <sup>226</sup>Ra a zanemarljiv uticaj <sup>40</sup>K. Povećane srednje vrijednosti apsorbovane doze konstatovane su i na vulkanitima srednjeg trijasa (VULK.KL-T) sa najvećim pojedinačnim vrijednostima mjerenim na andezitskim i andezit-riolitiskim stijenama gdje je, kao i u drugim grupama formacija, pored <sup>238</sup>U, i <sup>232</sup>Th, naglašen uticaj <sup>40</sup>K.

Mjerene vrijednosti jačine apsorbovane doze na terenu uglavnom se dobro korelišu sa rezultatima gamaspektrometrije. Slabija korelacija primjetna je u formacijama kvartarnih nanosa (KL-Q).





Sl. 4. Srednje vrijednosti koncentracija aktivnosti 40K; 226Ra; 232Th; 238U; 235U i 137Cs po geološkim formacijama.

## Literatura

- MIRKOVIĆ, M. *i dr.* 1985. Geološka karta SRCG, 1:200000. Republička samoupravna zajednica za geološka istraživanja SRCG, Titograd 1985.
- ŽIVALJEVIĆ, M. 1989. Tumač geološke karte SR Crne Gore, 1:200000. *Posebna izdanja Geološkog glasnika, Knjiga VIII, 1989.* Zavod za geološka istraživanja SR Crne Gore.
- VUKOTIĆ, P. *et al.* 1996. Fon gama-zračenja u Crnoj Gori. *Softverski program.* MENEKO, Podgorica 1996.

- VUKOTIĆ, P. *et al.* 1997. Background gamma-radiation in Montenegro. *In: Proceedings of The IRPA Regional Symposium on Radiation Protection in Neighbouring Countries of Central Europe, Prague, September 1997,* 477–479.
- “HASL 300 - EML Procedures Manual”, Environmental Measurements Laboratory, U.S. Department of Energy, 28 Edition, February 1997.



## Геохемијско радиационо оптерећење у подручју Вршачких брда Geochemical radiation burden in the area Vrsac hills

ВЕСНА СПАСИЋ-ЈОКИЋ<sup>1</sup> и ВОЈИН ГОРДАНИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У фази регионалне литогеохемијске и хидрогеохемијске проспекције прикупљено је више стотина узорка из различитих средина геосфере. У узорцима стена Вршачких брда одређивани су садржаји природних радионуклида U, Th, K. Хидрогеохемијском проспекцијом обухваћени су различити водопунктови: бунари, извори, површински токови и бушотине. У њима су одређивани садржаји U, Ra, Rn у складу са стандардима Светске здравствене организације (WHO). У истражном простору је одређен утицај природних радионуклида у амбијенту руралних насеља за одговарајуће геолошке карактеристике терена. Циљ истраживања је да се на геохемијским картама прикажу радијациона оптерећења, односно утицаји екстерне еквивалентне дозе јонизујућих зрачења из стена на висини од 1 m, као и утицаји аномалних концентрација U, Ra, Rn у водама Вршачких планина. За процену утицаја екстерне еквивалентне дозе примењена је метода Монтекарло, а за израду геохемијских карата радијационог оптерећења програм BRGM-GDM 5. Ово истраживање је финансирано од стране Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије у оквиру технолошког пројекта TR 21011.

**Кључне речи:** кристаласти шкриљци, ектинити, гранити, гнајсеви, екстерна еквивалентна доза, конверзиони фактори, ингестија и инхалација, фатални канцер.

**Abstract.** In phase of regional litho-geochemical and hydrogeochemical prospecting, hundreds of samples were gathered from different environments of the geosphere. Contents of natural radionuclides U, Th, K were determined in the rock samples of the Vrsac Hills. Different types of water sources, such as: wells, springs, superficial flows and boreholes, were encompassed by hydrogeochemical prospecting. Contents of U, Ra, Rn were determined in them in accordance with standards of the World Health Organization (WHO). In the exploration area, influence of natural radionuclides in surroundings of rural settlements was determined for appropriate geological field characteristics. Goal of the research was to present: radiation burdens shown on geochemical maps, influences of external equivalent dose of ionizing radiation from rocks (at the 1m above the surface), and affects of anomaly concentrations of U, Ra, Rn in waters of the Vrsac Mountains. Montecarlo method was used for assessment of the influence of external equivalent dose and the program BRGM-GDM 5 was used for making geochemical maps of radiation burden. This research was financed by the Ministry of science and technological development of Republic of Serbia in addition to technological project TR 21011.

**Key words:** Crystalline Schists, Ectinites, Granites, Gneisses, External Equivalent Dose, Conversion Factor, Ingestion And Inhalation, Fatal Cancer

### Увод

Геолошко структурне карактеристике и метало-генетске погодности подручја Вршачких брда, као и распоред руралних насеља условили су испитивање утицаја природних радионуклеоида <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K, Uu, Ur, Ra, Rn. у животној средини. Испитивање радијационог оптерећења заснива се на резултатима истраживања нуклеарних и других мине-

ралних сировина, у различитим срединама геосфере (ЦВЕТКОВИЋ и ГОРДАНИЋ 1988, 2008; КНАН 1993). У изабраном подручју Вршачких брда евидентиране су 3 хидрогеохемијске аномалије с аномалним концентрацијама Урана, које се налазе у подручју изграђеном од кристаластих шкриљаца и гранита. Присуство окцастих биотитских гнајсева (Gb), у близини гранитске интрузије, затим варијетета гранита, који су већим делом алтерисани кроз процесе

<sup>1</sup> Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду. E-mail: svesna@uns.ac.rs gordanicv@gmail.com

серицитизације, мусковитизације и фелдспатизације, чија је млађа фаза изражена кроз албитизацију, чине повољну геохемијску средину за излуживање и обарање урана у различитим срединама геосфере и проучевање подручја радијационог оптерећења.

Према подацима UNSCEAR-а највећи део становништва је изложен јонизујућем зрачењу из природних извора од око 2 mSv/g. На 238 U серију отпада 1,04 mSv/g На 232 Th серију 033 mSv/g (1).

Према досадашњим испитивањима Института “др Д. Карајовић” и Винча у Србији, технолошки непо ремећени садржаји природних радионуклеоида у земљишту за 238 U односно 226 Ra је од 10–50 Bq/kg а 232 Th од 7–50 Bq/kg (2).

У изабраном подручју изложеност становништва јонизујућем зрачењу је двојаког карактера: екстерно, од природних извора, интерно инхалацијом (ваздух) и ингестијом (вода за пиће и храна).

Дезинтеграцијом природних радионуклеоида у земљишту формирају се гасни ореоли расејавања радона (222 Rn), торон (220 Tn) и актинона (219 An) у земљишту, води и ваздуху. Концентрације радона у спољашњем ваздуху су ниске и варирају у интервалу од 0,3–9,6 Bq/m<sup>3</sup> односно 3 Bq/m<sup>3</sup> у просеку. Сматра се да је радон један од узрочника канцера плућа. Годишња доза која потиче од радона износи 1,37 mSv, односно 69% укупне годишње ефективне еквивалентне дозе од природних извора зрачења (3). Инхалацијом 222 Rn и његових потомака у плућима  $\alpha$  и  $\beta$  распадом ствара се изотоп 210 Pb чији је период полураспада 22,3 године и који је изузетно канцероген. Време полуелиминације 222 Rn у плућима је 30 мин. а у основном ткиву 15 минута.

На бази активности садржаја природних радионуклеоида у земљишту, израчуната је еквивалентна доза јонизујућег зрачења, која одсликава амбијент природне радиоактивности у Вршачким брдима. У обзир је узето да се ради о природном уранијуму са садржајем: 99, 284% 238U+0,711% 235U+0,0058% 234U, док су остали изотопи занемарљиви. поред екстерног утицаја јонизујућег зрачења у подручју рурарних насеља присутан је и утицај ингестије (вода) у дефинисаним хидрогеохемијским аномалијама U Ra Rn.

## Кратак приказ геолошке грађе

Подручје обухваћено регионалном геохемијском проспекцијом изграђено је претежно од миоценско – плиоценских и квартарних седимената у којима се издижу Вршачки брегови изграђени од кристаластих шкриљаца и гранита (ЦВЕТКОВИЋ И ГОРДАНИЋ 1988, 2008). Кристалести шкриљци чине подлогу неогеним седиментима на дубини 890–1100 m. Слабо су метаморфисални регионалним метаморфизмом. Старост је прихваћена према румунским ауторима (DESSILA-CODARCEA 1962), као прекамбријум и старији палеозоик (доњи камбријум).

Овај комплекс је метаморфиасн за време херцинске орогене фазе, када су услед привођења магматских растопа и флуида, настале метасоматске промене уз обогаћење микроклином. Промене даље од магматског тела манифестују се натријском метасоматозом и slabим метаморфизмом. У ближој околини плутона налазе се мигматити, као и ињекције аплитско-пегматитског растопа. Старост гранитоида и мигматита је пост-карбонске стрости.

Према резултатима досадашњих истраживања у испитиваном подручју индициране су: зоне комплексних геохемијских аномалија U, Pb, Zn, Mo и Ag, затим геохемијске аномалије волфрама (3000–5000 ppm) и молибдена 250 ppm и рудне појаве пирита, пирхотина, магнетита и халкопирита с хидротермалним кварцом у шкриљцима што је од значаја за дефинисање еколошког статуса Вршачких брда. С аспекта утицаја природних радионуклеоида од значаја су албитски лептинолити и албитски гнајс (Gab). Према Дивљану (1980) ради се о хибридном магматским стенама, које представљају продукт скоро потпуне биотитизације и албитизације, што представља погодне услове за концентрацију урана.

## Материјал и методе

Паралелно са литогеохемијском проспекцијом вршено је радиометријско профилирање теренским синтилационим детектором (GR-110), чији је натријум-јодитски (NaI) кристал запремине 0,075 l или 4,5 (in<sup>3</sup>).

Прикупљени су нови узорци стена који су анализирани на садржаје 238U, 232Th и 40K. За радиометријску анализу припремљен је узорак масе 500 g, механичким дробљењем на 80–100 меша.

За одређивање садржаја природних радионуклеоида у узорцима коришћена је гамаспектрометријска метода. Систем за детекцију састојао се од NaI (O) кристала 4 in  $\times$  4 in са одговарајућом електроником и вишеканалним анализатором (4096 канала) типа “Ортек” модел 7150. Анализа се заснива на мерењу високих енергија (0–3 Ī eV-а) на одређеном делу спектра, при чему су добијене вредности Uu (укупни), 232Th и 40K.

За калибрацију детектора и прорачун концентрација користили смо стандарде уранијума и торијума “New Brunswick” лабораторија (USAEC)

NBL. No 103 0,05% U

NBL. No.107 0,1% Th

Као стандард калијума употребљен је KCl (p.a.) MERCK.

Хидрогеохемијска проспекција извршена је по хидрографској мрежи при чему су опробовани сви површински токови, плитке и дубље издани, као и извори подручја Вршачких брда.

Поред радиоактивних елемената <sup>238</sup>U, <sup>226</sup>Ra и <sup>222</sup>Rn, као непосредних индикатора уранске минерализације, и радијационог оптерећења, оређивани су и споредни индикатори, као што су: хемијски тип и карактер водене средине, општа минерализација, нека електрохемијска својства и садржај микроелемената.

За детекцију природних радионуклида примењена је ласерска флуориметрија и еманометрија. Метода ласерске флуориметрије примењена је на узорцима без претходне припреме, методом стандардног додатка. Заснива се на формирању уранил комплекса после додавања флурана (неорганског фосфорног комплекса) који има улогу пуфера на рН-7. Интензитет флуоресценције одговара концентрацији урана. Коришћење уранијум анализатор (SCINTREX,UA-3).

За одређивање активности <sup>226</sup>Ra и <sup>222</sup>Rn у узорцима вода примењена је метода еманације при чему је коришћен еманометар (RDU-200). Мерење активности <sup>226</sup>Ra заснива се на сепарацији и мерењу α зрачења, које потиче искључиво од <sup>222</sup>Rn (полувреме распадања 3,8 дана) и који достиже равнотежу са радијумом за 21 дан када се и врше мерења.

## Резултати и дискусије

У фази литогеохемијске проспекције Вршачких брда прикупљено је 82 узорка стена. Сви узорци су анализирани на садржаје <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K радиометријски, а уран укупни (U<sub>т</sub>) и уран растворни (U<sub>р</sub>) хемијски. Варијације садржаја природних радионуклида укупног и растворног урана приказане су у табели 1.

Ектинити "Албитско мусковитски шкриљци (Sabm), албитски лептинолити и гнајс (Gab)" (2;5)

Елемент	мин.	макс	х сред.врд.	Елемент	мин.	макс.	х сред.врд.
U ppm	0,25	4,41	1,78	U Bq/kg	3,23	57,03	23,02
Th ppm	0,84	22,08	9,75	Th Bq/kg	3,40	89,31	39,44
K %	0,27	9,92	1,75	K Bq/kg	81,54	2995,84	528,5
U <sub>т</sub> ppm	0,1	7,6	0,55	U <sub>т</sub> Bq/kg	1,29	98,29	7,11
U <sub>р</sub> ppm	0,1	2,1	0,40	U <sub>р</sub> Bq/kg	1,29	27,16	5,17

Садржај калијума (<sup>39</sup>K 93,08% + <sup>40</sup>K 0,011% + <sup>41</sup>K 6,9%) у литосфери износи ~ 2,4%, а у земљишту 1–3,6%.

Хомогени мигматити: "амигдалоидно биотитски гнајс Gb, гранити Y гранитоидни гнајсеви Gu и окцасте гнајсеви Gm". (2;5)

Елемент	мин.	макс	х сред.врд.	Елемент	мин.	макс.	х сред.врд.
U ppm	0,58	5,57	1,81	U Bq/kg	7,50	72,04	23,40
Th ppm	0,22	22,2	7,66	Th Bq/kg	0,89	89,80	30,98
K %	1,82	5,39	3,75	K Bq/kg	549,64	1627,78	1135,5
U <sub>т</sub> ppm	0,2	22,0	1,31	U <sub>т</sub> Bq/kg	2,59	284,53	16,94
U <sub>р</sub> ppm	0,1	21,0	0,71	U <sub>р</sub> Bq/kg	1,29	271,59	9,18

Активност радијума у земљишту је у просеку од 7,4–37,7 Bq.

Просечан садржај урана <sup>238</sup>U у земљишту 1 ppm.

Просечан садржај <sup>232</sup>Th 8,1–33 ppm, а у Србији 4,44–43,6 mBq/kg.

При проучавању закономерности расподеле природних радионуклида у геолошкој грађи Вршачких брда примњена је теорија вероватноће као основна метода математичке статистике (А. А. Бес-ус-Григорјан).

Математичким третирањем популације садржаја елемената у одговарајућим интервалима, прилагођено математичком моделу функције саржаја елемената, израчунати су основни параметри статистичке обраде података и теорије вероватноће. Дистрибуције урана (<sup>238</sup>U), торијума (<sup>232</sup>Th) калијума (<sup>40</sup>K) приказана је на литогеохемијским картама, према којима је издвојено подручје за испитивање радијационог оптерећења (RaO) природног амбијента рурарних насеља у подручју Вршачких брда.

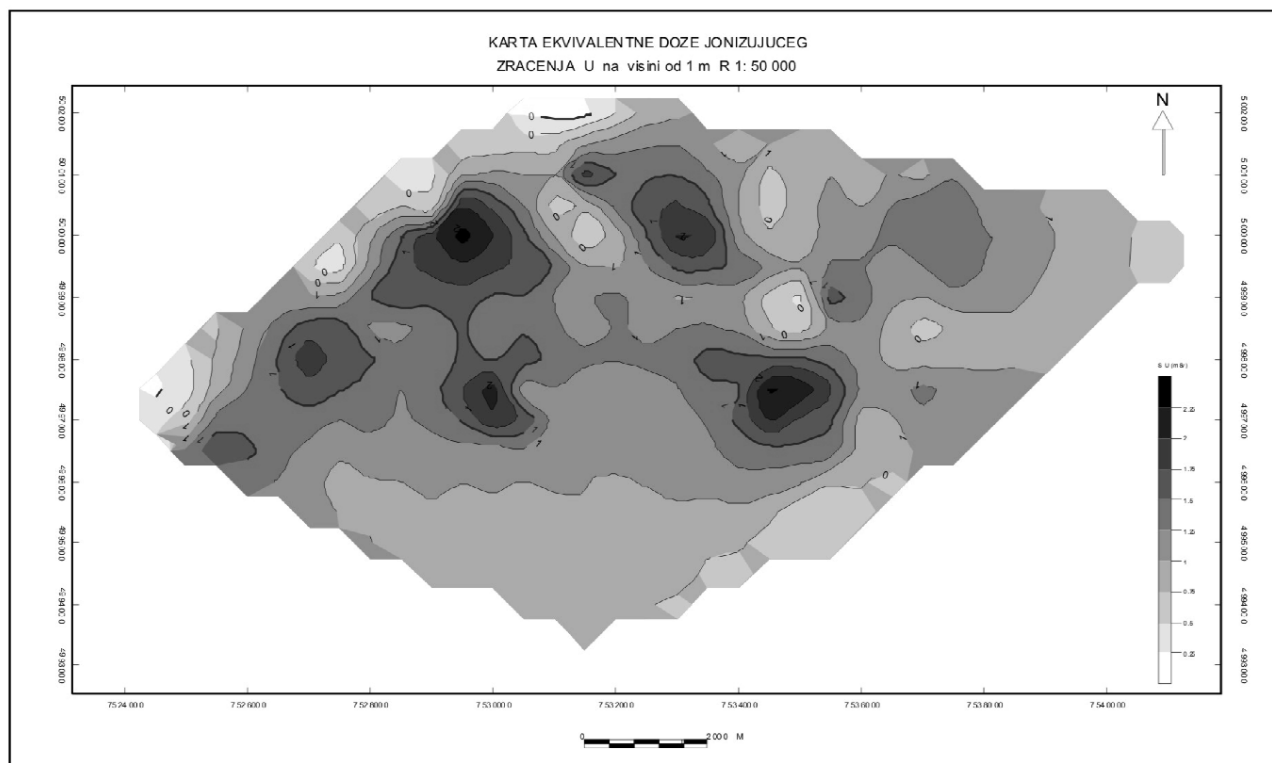
Утицај природних радионуклида на формирање радиоеколошких ареала приказан је на картама еквивалентних доза јонизујућих зрачења, које одликавају амбијент природне радиоактивности у Вршачким брдима, а која потиче од U, <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K. У обзир је узето да се ради о природном уранијуму са садржајем:  $\dot{O}U = 99,284\% \text{ } ^{238}U + 0,711\% \text{ } ^{235}U + 0,0058\% \text{ } ^{234}U$ , док су остали изотопи занемарљиви, а затим <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>40</sup>K.

Конверзивни фактори за амбијенталну целину еквивалентне дозе Hef и Sv/god (по Bq/kg) су рачунати за екстерну еквивалентну дозу на висини од 1 m од тла. За прорачун конверзионих фактора коришћена је метода "Монтекарло", при чему је узето у обзир претпостављено и расуто зрачење. Програм који је коришћен за симулацију Fortran 77. Симулација је рађена у 2? геометрији за бесконачну дебљину тла.

На бази прорачуна еквивалентних доза јонизују-

ћих зрачења за  $\dot{O}U$  <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th и <sup>40</sup>K урађене су карте еквивалентних доза зрачења, које прима становништво на годишњем нивоу (nSv/god).

За статистичку обраду података и израду карата коришћен је BRGM-ов програм GDM 5 сл.1.



Сл. 1. Карта еквивалентне дозе јонизујућег зрачења урана на висини од 1 m.

Fig. 1. Map of equivalent dose of uranium ionizing radiation at the 1 m altitude

Применом конверзионних фактора за инхалацију и ingestiju могуће је израчунати унос радионуклида одређених радиометријским методама као и ризике добијања фаталног канцера на 100.000 становника и то за сваки радионуклид посебно.

МДК урана (U) у води 50 ppb, а у изворској води од 0,001–0,8 Bq/l

Концентрација 40K у обичној води износи  $4,2 \cdot 10^{-5}$  g/l, а специфична активност 10,2–11,1 mBq/l. Концентрација Ra у површинској води океана износи  $3,9$  Bq/m<sup>3</sup>.

Као пример урађена је процена, на годишњем нивоу, за највишу и најнижу одређену активност.

Радионуклид	Мах. акт (Bq)	Бр. узорка	Ингестија максимална (Sv)	Инхалација максимална (Sv)	Мин. акт (Bq)	Бр. узорка	Ингестија минимална (Sv)	Инхалација минимална
40 K	1557,4	47693	$7,8 \times 10^{-6}$	$19,5 \times 10^{-6}$	42,39	47685	$0,21 \times 10^{-6}$	$0,53 \times 10^{-6}$
226 Ra	34,82	47673	$12,45 \times 10^{-6}$	$3,73 \times 10^{-3}$	1,57	47707	$0,56 \times 10^{-6}$	$0,17 \times 10^{-3}$
232 Th	45,21	47690	$33,3 \times 10^{-6}$	1,04	1,7	47707	$1,25 \times 10^{-6}$	$3,9 \times 10^{-2}$
ΣU	28,51	47712	$0,2 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-3}$	1,62	47707	$0,01 \times 10^{-6}$	$5,8 \times 10^{-5}$

Процена апсолутних ризика по радионуклиду

Радионуклид	Ингестија максимална (Sv)	Инхалација максимална (Sv)	Ингестија минимална (Sv)	Инхалација минимална	Укупни ризик Мах акт.	Укупни ризик Мин. акт
40 K	$9,34 \times 10^{-7}$	$8,9 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-8}$	$2,4 \times 10^{-7}$	$9,834 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{-7}$
226 Ra	$1,22 \times 10^{-6}$	$2,26 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-8}$	$1,02 \times 10^{-6}$	$2,382 \times 10^{-5}$	$1,02 \times 10^{-6}$
232 Th	$1,1,3 \times 10^{-7}$	$5,02 \times 10^{-5}$	$4,2 \times 10^{-9}$	$1,89 \times 10^{-6}$	$5,031 \times 10^{-5}$	$1,894 \times 10^{-6}$

Процена ризика нормализована на 100.000 становника

Радионуклид	Укупни ризик Мах акт.	Број фаталних канцера на 100.000 становника за мах. актив.	Укупни ризик Мин. акт	Број фаталних канцера на 100.000 становника за мин. акт
40 K	$9,834 \times 10^{-6}$	0,98	$2,65 \times 10^{-7}$	0,03
226 Ra	$2,382 \times 10^{-5}$	2,382	$1,02 \times 10^{-6}$	0,1
232 Th	$5,031 \times 10^{-5}$	5,031	$1,894 \times 10^{-6}$	0,2

Хидрогеохемијском проспекцијом издвојене су три аномалне зоне садржаја  $^{238}\text{U}$   $^{226}\text{Ra}$   $^{222}\text{Rn}$  које варирају у интервалу:

Локације -аномалије	$^{238}\text{U}$ ppb	$^{226}\text{Ra}$ Bq/l	$^{222}\text{Rn}$ Bq/l
Вршачка кула-Мали рит	15,2–159,5	0,0488–3,145	1,48–10,3
Село Месић-Мало средиште	4,5–83,1	0,088–3,952	0,74–33,67
Сочица-Коркана-Марковац	14,8–166,5	0,024–5,901	2,22–19,24

Вредности Eh налазе се у интервалу од 136 mV до 170 mV што указује да се налазе претежно у оксидационим условима. Оваква средина погодује већој растворљивости  $^{238}\text{U}$  што се манифестовало аномалним концентрацијама природних радионуклида у повољним геохемијским срединама. Према садржају ктјона преовлађују Са и Mg, а затим следе по реду величина Na + K. Највећим делом воде са аномалним садржајем урана су слабо минерализоване ( $< 1\text{ g/l}$ ) док веома мали број одговара минерализованим водама ( $> 1\text{ g/l}$ ), чије се вредности крећу и до  $5\text{ g/l}$ . што је погодно с аспекта миграције и преципитације на повољним геохемијским баријерама

## Закључак

Примењена геохемијска истраживања са аспекта дефинисања радиоеколошких ареала и идентификације узрочника геопатогених зона су од непроцењивог значаја нарочито у области просторног планирања и заштити од јонизујућег зрачења. Резултати геохемијске проспекције су вишенаменског карактера и изузетно важни у области геомедицинских истраживања и превентивног деловања у заштити људске популације руралних насеља.

## Литература

- ANONIMUS, 1988. Примена јонизујућих зрачења у медицини, пољопривреди, индустрији и утицај на озрачивање становништва на територији Републике Србије, применом извора ових озрачивања, а као и озрачивања становништва услед чернобилског удеса. Институт за медицину рада и радиолошку заштиту "Др. Д. Карајовић" Институт за нуклеарне науке "Винча" "Заштита", Београд, новембар 4–11.
- Горданић, В., Јовановић, Д. 2008. Геохемијско геоеколошки атлас 1:50.000 подручја Вршац-Бела Црква. Фонд Геоинститута, Београд.
- ISRP publ. 39 Principles for Limiting Exposure of the public to Natural Sources of Radiation, Pergamon Press Oxford, 1984, 1–8.
- КНАН, Ђ. А. 1993. Passive dosimetry of radon, and its daughters using solid state nuclear tracks detectors (SSNTD) Radiation Protection Dosimetry, Vol 46 No. 3, 149–170.
- Павловић, С. и др. 1966. Проучавање гранитоидних масива Југославије за 1966.год. Фонд Геоинститута, Београд.
- Пурић, Д., Горданић, В. 1980. Извештај о регионалним истраживањима нуклеарних сировина на подручју Вршачких брегова и Беле Цркве.
- Цветковић, Д., Горданић, В. 1988. Извештај о основним геолошким истраживањима на Вршачком брегу (лок. Сочица-Марковац).





## Heavy Metals in Sediments of Artificial Hydro Accumulation Mavrovica and Orelska Reka, Eastern Macedonia

Тешки метали у седиментима вештачке акумулације Мавровица и Орелска река, источна Македонија

ORCE SPASOVSKI<sup>1</sup>, JULIJA RISTOVA<sup>2</sup> & TRAJCE MITEV<sup>1</sup>

**Abstract.** The city Sv. Nikole as a basic resource for water-supplying is using the “Mavrovica” hydro accumulation. There is a very serious question asserted about the quality of water, actually the possibility for chemical or other kind of pollution. The researchers from geological-chemistry and ecological aspect are showing the potential possibilities for anthropogenic contamination of the bio-environments (water, soil and sediments) in the area. More examinations where-as the presence of the heavy metals in the water and the sediments from the Mavrovica hydro accumulation are not made yet. For determining the content of the heavy metals in the slime-sediments from the above mentioned accumulation, there are samples taken from the sediments and there are concentrations of the following group of elements traced: Mn, Fe, Al, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu, Cr, Ag, As and Co.

The results gained are showing increased concentrations in the sediments of all of the analyzed elements.

**Key words:** Hydro Accumulation Mavrovica, Orelska Reka, Heavy Metals, Sediments, Maximum Allowed Concentrations, AES-ICP.

**Апстракт.** Основни извор снабдевања насеља Св. Никола је акумулација Мавровица. Постоји врло озбиљно питање квалитета воде, односно могућности за хемијске или друге врсте загађења. Истраживања са геолошко-хемијског и еколошког аспекта показују потенцијалне могућности антропогене контаминације био-окружења (воде, земљишта и седимената) у тој области. Детаљнија испитивања присуства тешких метала у води и седиментима из акумулације Мавровица још увек нису вршена. За одређивање садржаја тешких метала у муљу поменуте акумулације узети су узорци и констатоване концентрације Mn, Fe, Al, Zn, Pb, Ni, Cd, Cu, Cr, Ag, As као и CO.

Добијени резултати показују повећану концентрацију свих анализираних елемената у седиментима.

**Кључне речи:** Акумулација Мавровица, Орелска река, тешки метали, седименти, највећа дозвољена концентрација, AES-ICP.

### Introduction

Existing water resource Sv. Nikole municipality is the artificial hydro accumulation “Mavrovica”, which is placed on the river Mavrovica. In the above mentioned hydro accumulation the water from the following rivers are: Orelska reka, Makreska reka and Kiselica.

Because of more of the contamination of the sediments with heavy metals, there is research made of the slime-sediments in the foundation of the mentioned accumulation

and the river-sediments that we consider will give additional information's - of which components were transmitted with the water flows.

Exploring the sediments is discovering elements and substances with non-organic or organic, natural or artificial origin, showing the level of their concentrations in the water, the locations they can be found on, and the conditions under what those elements or substances are.

Some of the previous studies of the heavy metals in water and sediments in the area of interest were performed

<sup>1</sup> The “Goce Delchev” Univeristy, Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delchev 89, Stip -2000, R. Macedonia. E-mail: orce.spasovski@ugd.edu.mk

<sup>2</sup> Geoproekt-IMS Stip, Ul. Zeleznicka bb, Stip -2000, R. Macedonia.

Table 1. The concentration of the analyzed elements in the samples of sediments and standards in (% , mg/kg)

	Ms-1	Ms-2	Ms-3	Ms-4	Ms-5	ORs-1	ORs-3	SR
%								
<b>Al</b>	3.81	4.14	6.63	7.06	3.02	8.17	6.54	6.63
<b>Stand.</b>	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26
<b>Mn</b>	0.11	0.13	0.08	0.14	0.06	0.17	0.13	0.12
<b>Stand.</b>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
<b>Fe</b>	2.79	3.72	3.56	4.37	2.03	4.38	5.58	3.78
<b>Stand.</b>	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39	1.39
Mg/kg								
<b>As</b>	3.019	<1	4.228	1.381	<1	<1	4.447	
<b>Stand.</b>	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
<b>Ag</b>	<0.1	0.604	0.744	0.299	<0.1	<0.1	0.135	
<b>Stand.</b>	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49
<b>Ni</b>	93.731	175.551	72.874	85.073	45.5	97.457	113.245	97.633
<b>Stand.</b>	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9	9.9
<b>Cr</b>	78.165	150.188	56.343	74.028	46.216	92.682	99.859	85.3544
<b>Stand.</b>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
<b>Zn</b>	60.485	71.166	71.381	76.477	36.753	99.211	91.857	72.3328
<b>Stand.</b>	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5	22.5
<b>Cu</b>	33.340	39.158	27.520	38.844	19.238	42.186	39.543	34.2612
<b>Stand.</b>	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5
<b>Pb</b>	16.073	16.682	17.968	28.281	21.952	24.751	16.693	20.2
<b>Stand.</b>	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5	10.5
<b>Cd</b>	3.973	4.477	4.597	5.828	2.605	6.035	7.778	5.0418
<b>Stand.</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
<b>Co</b>	17.211	20.936	18.144	23.048	11.674	26.387	24.352	20.2502
<b>Stand.</b>	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0

by numerous researchers such as SPASOVSKI & DONEVA (2007), MIRCOVSKI & SPASOVSKI (2009), SPASOVSKI & MITREV (2009), SPASOVSKI & DAMBOV (2009)

## Methodology

The collection of the samples of the sediments is made with help of little shovel from the 2–4 cm of the sediment. The in appropriate plastic bags and it is properly marked for further processing.

The preparation of the samples of the sediments is in 3 phases: drying, seeding and dissolving.

The analysis of the samples of the instrument ICP-AES was done in the laboratory of the Mining-geological faculty in Stip.

## Results and discussion

Samples taken from the river sediments, as well as the slime-sediments are from the Mavrovica hydro accumulation.

The samples of sediments are taken right from the flow of the river, where the water is slow. The sediments from

the hydro accumulation are taken with shovel from the bottom of the hydro accumulation. The results of the chemical examinations are given in table 1.

For comparison of the heavy metals in the samples taken from the sediments (NOAA) standard for the sediments is used.

The results shown in table 1 are showing that the aluminum in all the samples is occurring in much bigger concentrations concerning used standards for concentrations of the same element in sediments.

The biggest concentration is shown in sample Ors-1 (8,177%), and the smallest content in sample Ms-5 (3,026%). The average content of the aluminum is 6.637%.

It can be seen that the content of the manganese is higher, compared to maximum allowed concentrations for sediments (Table 1).

The biggest concentration is detected in sample Ors-1, where it is 0.175%, and the lowest content in sample Ms-5 where it is 0.062 %.

Maximum allowed concentrations of the manganese in the sediments is 0.040 %.

Average content of the manganese in the samples is 0.1214 %.

Increased concentrations in iron are present in all the samples. Biggest content s seen in sample Ors-3 (3.56 %) and lowest concentration in sample Ms-5 (2.037 %). The average content of iron in the samples is 3.7802 %.

According to the results given in table 1 it can be concluded that, the nickel is showing in all the samples in a lot bigger concentrations compared to maximum allowed standard content.

The biggest content is shown in sample Ms-2 where is 155.551 mg/kg, and lowest concentration in sample Ms-5 (45.5 mg/kg). The medium content of nickel in the samples is 97.633 mg/kg.

Biggest concentration of the chrome is shown in sample Ms-2 where is 150.188 mg/kg, and the smallest concentration is shown in sample Ms-5 where is 46.216 mg/kg. The average content of the chrome in the samples is 85.354 mg/kg.

According to the results given in table 1 it can be seen that the content of zinc is much higher compared to the content of zinc given with the standards for sediments.

The biggest content of zinc is determinate in the sample Ors-1 (99.211 mg/kg), and the lowest content of zinc we have in the samples 72.33 mg/kg.

The biggest concentration of the cuprum is present in the sample Ors-1 (42.186 mg/kg), and the smallest content we have in the sample Ms-5 (19.23 mg/kg).

The maximum allowed concentrations of cuprum in the sediments is 17.5 mg/kg.

The average content of cuprum in the samples is 34.26 mg/kg.

From mentioned in table 1 it can be concluded that the contents of this metal also are higher compared to maximum allowed concentrations.

The maximum content of lead (plumbum) is seen in the sample Ms-4 and it is 38.84 mg/kg, and the minimum concentration is in the sample Ms-1 and it is 16.073 mg/kg.

The average content of the lead (plumbum) in the samples is 20.2 mg/kg. The results given in table 1 according to the contents of cadmium, it can be seen that the content of cadmium are higher compared to maximum allowed concentrations for sediments.

The biggest contents are in the sample Ors-3 (7.778 mg/kg), and the smallest contents are in the sample Ms-5 (2.605 mg/kg). The average content of cadmium in the samples is 5.041 mg/kg.

The cobalt, like the other elements is showing higher contents in the sediments compared to its contents in the standards of NOAA.

The biggest content is found in sample Ors-1 and it is 26.387 mg/kg, and the smallest content is in the sample Ms-5 and it is 11.674 mg/kg.

The average value of the cobalt in the samples is 20.25 mg/kg.

The shown data for the contents of the heavy metals in the sediments from Orelska reka and Mavrovica accumulation indisputably indicate of their bigger contents compared to the standards of NOAA. These increased contents of heavy metals in the sediments are due to their geochemical characteristics. Namely the measured pH values of the water from Orelska reka are in the limits of 5.98 to 6.88, and in the Mavrovica accumulation they are in the limits of 6.91 to 6.93 and in the conditions for pH values lower than the measured it is disposed reducing of the heavy metals and their concentration in the sediments. This kind of thinking is confirming also with the fact that the examined heavy metals in the water from the researched area are in a lot smaller contents compared with their maximum allowed concentrations in the drinking water.

## Conclusion

According all the data collected before, concerning the attitude of the heavy metals in the sediments in the river Mavrovica and the Mavrovica artificial accumulation, that were the subject of study, the following conclusions can be carried out:

Existing water resource in Sv. Nikole municipality is the artificial accumulation "Mavrovica", which is placed on river Mavrovica, from which the water is used for water supplying for Sv. Nikole. In the above mentioned accumulation the water from Orelska reka, Makreska reka and Kiselica are running in.

The researchers from geological-geochemical and ecological aspect are showing the potential possibilities for natural (naturally increased concentrations of certain elements) and anthropogenic (increased contents of certain elements provoked from the people's activities), contamination of the bio-environments (water and soil) in the area.

According the results that are gained from the analyzes of the samples taken from the sediments from Orelska reka and Mavrovica hydro accumulation it can be concluded that heavy metals are recording certain enlargement compared to maximum allowed concentrations for heavy metals in the sediments. The silver is the only one metal that shows lower contents from maximum allowed concentrations in the samples Ms-1, Ms-5, ORs-1, ORs-3.

The reasons for increased concentrations of the metal in samples taken from sediments are different, their attitude, the conditions and geology of the researched area, pH and redoks potentials of the environments that are leading to deposition, sedimentation etc.

## References

- ALLOWAY, B.J. 1990. *Heavy metals in soils*, pp. 339.
- JONASSON, I. 1997. Geochemistry of sediment/water interactions of metals, including observations on availability. In: SHEAR, H. & WATSON, A. (eds.), *The Fluvial Transport of Sediment - associated Nutrients and Contaminants*, Windsor, Ontario, 255–271.
- MIRCOVSKI, V., SPASOVSKI, O. 2009. Contamination and protection of ground waters in the alluvial sediments of the Bregalnica River in the Delcevo region, depending on their hydrogeological characteristics. *Geologica Macedonica*, 22, 49–57.
- SPASOVSKI, O., DAMBOV, R. 2009. Heavy metals and the River Kalnistanska and Vicinity. *3<sup>rd</sup> Balkan mining congress*, Izmir, Turkey, 667–670.
- SPASOVSKI, O., DONEVA, B. 2007. Heavy metals in sediments and soils along the river Bregalnica in the part of hydroaccumulation Kalimanci to Kocani. *Geologica Macedonica*, Vol. 21, 75–86.
- SPASOVSKI, O., MITEV, T. 2009. Heavy metals in waters along the river Bregalnica in the part of hydroaccumulation Kalimanci to Kocani. *XI YUCOR International Conference*, "Cooperation of researches of different branches in the fields of corrosion, materials protection and environmental protection". Tara, Srbija, Proceedings, 273–277.
- TUREKIAN, K.K. 1977. Geochemical distribution of elements. *Encyclopedia of Science and Technology*, 4<sup>th</sup> edn, 627–630. McGraw - Hill, New York.



## Environmental Geochemical Investigation in Slovenia - an Overview

ROBERT ŠAJN<sup>1</sup>

Slovenia has long been known for its numerous mines and ore processing. From the times of the Roman Empire to present, 49 mines and open pits are opened, among them four large (Idrija, Mežica – Topla, Litija and Žirovski vrh). There are also 25 ore processing plants and smelters that are operating mostly in vicinity of larger mines (Idrija, Žerjav, Celje). There were 33 iron works operating in the vicinity of mines and open pits, three large ones have further developed and are still operating (Jesenice, Ravne na Koroškem and Štore). On the basis of the results of our investigations in the vicinity of larger mines and smelters, we estimate in Slovenia critical limit for heavy metals content exceed sum up to 160 km<sup>2</sup>.

In the area of Celje, a town with about 50.000 inhabitants, very high contents of Ag, As, Cd, Cu, Mo, Pb, S, Sb and Zn is found, which source is smelting of zinc ore between 1873 and 1970. Concentrations of heavy metals in topsoil exceed the official limit of critical concentration in 18 km<sup>2</sup>. For example, the average content of Cd in the down town (7.5 mg/kg) is even 15 times above the Slovenian average. In the area of Jesenice, about 20.000 inhabitants, the impact of centuries long lasting ironworks activities in a narrow alpine valley have been investigated. By soil sampling was established that the concentrations of heavy metals in topsoil exceed the official limit of critical concentration in 13 km<sup>2</sup>. In the Mežica valley, 300 years of lead and zinc ore mining and smelting left a very negative impact on the environment. The area is strongly polluted with Ag, As, Cd, Cu, Hg, Mo, Pb, S, Sb, Sn and Zn. By soil sampling is established that the concentrations of heavy metals in top soils exceed the official limit of critical concentration in 24 km<sup>2</sup> of the research area. In Idrija and its close surroundings, influences to the environment have been studied of natural dispersion of mercury combined with half a millennium of mining. Mercury concentrations in soil exceed the critical values for soil on 21 km<sup>2</sup>. The Drava watershed, with confluents, is important area of mining and smelting activities, have begun in antic period, developed in Middle century and have achieved the maximum in the middle of the last century. Numerous mines and smelters: Bleiberg-Kreuth, Cave del Predil and Mezica have left great consequences on the chemical composition of Drava alluvial sediments. On the territory of recent flooded lowland, averages of Cd, Pb and Zn exceed the Slovenian average approximately 10–26 times regard to separate elements and location of sampling. In whole studied area c. 130 km<sup>2</sup>, (85 km<sup>2</sup> in Slovenia and 45 km<sup>2</sup> in Croatia) is critically polluted with heavy metals, especially with zinc, according to legislations of both countries.

---

<sup>1</sup> Geological Survey of Slovenija, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenia. E-mail: robert.sajn@geo-zs.si

## **EU 7<sup>th</sup> Framework Program Presentation (RESTCA-TERCE-NIMPSS) – Slovenian Activities and Cooperation of GeoZS in Geochemical Investigation in Former Yugoslavia**

ROBERT ŠAJN<sup>1</sup> & JASMINKA ALIJAGIĆ<sup>1</sup>

RESTCA is aimed at reinforcing the scientific and technological standards of two promising research centers which have a great potential for study of natural and industrial solid pollutants: University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology, Serbia and Department of Geochemistry and Environmental Geology, Geological Survey of Slovenia. These two institutions will establish a strategic partnership among each other and with the Institute of Geosciences, Division of Mineralogy and University of Frankfurt, Germany. The main planes what will be done during project is to make strategic improvements of the research standards for study soil pollutants at the faculty of mining and Geology (Serbia) and the geological Survey of Slovenia, in order to integrate these institution into European Research Area.

The major project objectives are (1) strengthening the international co-operation networking and partnership between the UB-FMG, GUF and GeoZS and setting-up a brain-gain environment; (2) improving material research standards at the UB-FMG by renewal and upgrade of the facilities; (3) exploiting the research and technological demonstration results of the GeoZS and UB-FMG and promoting them to national/regional centers of excellence; (4) networking among the institutions from the European region of convergence and Western Balkan and (5) promoting the ideas of the EU 7th Framework Program

The main activities of Geological survey of Slovenia in FP7 – RESTCA:

Initialization of environmental geochemical studies in areas of W Balkan: (1) researching design; (2) methods of sampling and in-situ measurements based on sampling schemes; (3) optimal methods of analyzing and QA/QC control; (3) data geo-referencing and transmission in GIS environment; (4) data processing and using of statistical analyses and neural networks methods; (5) method of visualizations; (5) determination of the natural conditions and the rate of anthropogenic impact of heavy metals and (6) assessment of the environment vulnerabilities and endangerments.

Using of archive data for determination the areas critically polluted due to mining and smelting and war operations: (1) archeological and historical publication - mining and smelting activities in the antic and middle age; (2) archives of geological surveys - age of industrial revolution; (3) archives of geological surveys of former Yugoslav Republic - modern age; (4) war operation and big explosion of munitions magazines (Balkan wars, 1912–1913; I World War, 1914–1918; II World War, 1941–1945; Civil war in former Yugoslavia, 1991–2000).

Application of scanning electron microscope - energy dispersive spectrometer (SEM/EDS): (1) optimal methods for exploitation of instrument; (2) support to introducing modern way of researching (mineralogical composition of particles with heavy metals); (3) source and origin of heavy metals in sampling materials; (4) species and form of heavy metals in sampling materials and accessibility of heavy metals for organisms) and (5) transfer of knowledge and experience.

---

<sup>1</sup> Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenia. E-mail: robert.sajn@geo-zs.si, jasminka.alijagic@geo-zs.si

## Значај формирања база података у циљу праћења хидрогеолошких услова на подручју НП Фрушка Гора

### The Importance of Forming a Database in a Purpose of Monitoring Hydrogeological Conditions in the Area of National Park Fruška Gora

ТАЊА ПЕТРОВИЋ<sup>1</sup>, НАДА СТАНИЋ<sup>1</sup> и РЕЉА ПАНТИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** У циљу управљања просторним подацима и њиховог повезивања, данас је у свету најраспрострањенија примена Географског информационог система (ГИС-а). Основа сваког информационог система је база података.

Израдом пројекта “Формирања геолошке и хидрогеолошке базе података „Националног парка Фрушка Гора” биће омогућено формирање базе података у циљу управљања и заштите геолошких и хидрогеолошких добара.

База података омогућава једноставнији приступ хидрогеолошким подацима, праћење режима и квалитета подземних вода, процену природних и антропогених утицаја, процену угрожености подземних вода и успостављање система управљања подземним водама у оквиру Националног парка Фрушка Гора.

На датом подручју није вршен континуирани мониторинг осматрања водних појава и објеката. Међутим, рекогносцирањем Фрушке Горе током 2009. године нису потврђене многе хидрогеолошке појаве забележене у публикацијама ПЕТРОВИЋ (1976) год. и МИЛОЈЕВИЋ (1976) год., као и појаве и објекти уцртани на топографским картама.

Ефекти формирања базе података ће се одразити у рационалнијем газдовању и коришћењу природних ресурса, а од посебне важности је за подручја која су одређена као специјални резервати природе и за које су прописане посебне мере заштите. Интегрисање, складиштење, уређивање, анализа и приказ података су крајњи циљ овог система.

**Кључне речи:** База података, хидрогеологија, ГИС, ГеолИСС.

**Abstract.** In order to manage and link geographical data, today it is mostly used in the world the application of Geographical information systems. The core of each GIS represents the database.

Making of the project “Forming of geological and hydrogeological database of National park Fruška Gora” will enable creation of database for the purpose of managing and protection of geological and hydrogeological resources in this area.

Database like this one gives us simpler access to hydrogeological data, monitoring of regime and quality of groundwaters, evaluation of natural and human influence, evaluation of threat to groundwater quality and establishing of the system for groundwater management in area of National park Fruška Gora.

In this area there was no continuous monitoring of water appearance and objects. However, during recent observations it is noticed that many of the groundwater features, recorded in the past and drawn into the topographic maps, do not exist any more.

The effects of this project and database creation will give us a more rational management and use of natural resources, with its special significance in the areas marked like special nature reservâ with special measures of protection. Integration, data storage, evaluation, analysis and presentation of data are the final objective of this project.

**Key words:** Database, hydrogeology, GIS, GeolISS.

<sup>1</sup> Геолошки институт Србије, Ровињска 12, 11000 Београд. E-mail: tanjapetrovic.hg@gmail.com

<sup>2</sup> Weatherford International, Plymouth, United Kingdom.

## Увод

Национални паркови Републике Србије који су стављени под заштиту државе, као природна добра од изузетног значаја су: Копаоник, Тара, Ђердап, Фрушка гора и Шар планина. Укупна површина националних паркова износи око 2 % од укупне површине територије Србије.

Досадашњим радом формирана је база података за национални парк Ђердап, Копаоник и Тара, док је у изради база за Национални парк Фрушка гора.

Национални парк Фрушка Гора захвата делове терена јужно и југозападно од Новог Сада уз јужну контуру Дунава на потезу од Шида до Новог Сланкамена. Укупна површина Националног парка Фрушка гора износи 255,25 km<sup>2</sup>.

Карактеристична хорстовска структура је донекле поремећена великим бројем дубоко усечених речних и поточних долина које у великој мери ремете северне и јужне падине. Фрушка гора је релативно ниска планина, са највишим врхом од 539 м.н.в. (Црвени чот), а због тога што знатно надвисује околни ниски терен, изгледа масивно.

Хидрографска мрежа Фрушке горе веома је густа и релативно правилно распоређена. Присутни су извори, врела, густа речна мрежа, баре и вештачка језера. Хидрографија ове планине резултат је релативно велике количине падавина (кишомерна станица Иришки венац 782 mm годишње), геолошког састава и већег броја сталних извора.

Најзначајнији водоток чини река Дунав која се простира са северне и источне стране Фрушке Горе и уједно чини део границе овог Националног парка.

## Хидрогеолошке карактеристике Националног парка Фрушка гора

На простору Фрушке горе распрострањене су стене различитог порекла, литолошког састава и развоја. Шароликост у геолошкој грађи одражава се и на хидрогеолошке карактеристике подручја. На основу геолошких и хидрогеолошких карактеристика заступљени су следећи типови издани:

**Пукотинска издан** формирана је у силификованим серпентинитима, кристаластим шкриљцима и кредним пешчарима. Најзначајније простирање везано је за серпентините. У силификованим серпентинитима се јављају гравитациони извори издашности око 0,2 l/s. Ови извори су каптирани за потребе водоснабдевања Врдника и на Змајевцу за водоснабдевање планинарског дома. Шкриљави серпентинити су практично безводни.

Извори формиран у оквиру кристаластих шкриљаца су издашности до 0,1 l/s (Мутаљ) и јављају се обично на изворишним челенкама сталних потока.

У оквиру кредних пешчара каптиран је извор на изворишном делу Доброг потока за потребе одма-

ралишта Осовље, издашности око 0,2 l/s. Пукотинска издан је формирана и у лапорцима, али је веома мале издашности.

**Карстна издан** је најбоље развијена у тријаским кречњацима, који имају значајно распрострањење на Фрушкој Гори. Покривени су терцијарним седиментима. Кречњачка зона код Ердевика, покривена је терцијарним седиментима и лесом. Термални извор “Бања” је формиран у оквиру ове карстне издани, испод кречњачког каменолома у алувијалној равни потока, јужно од села Љуба. На основу података из 1972. године, издашност је била око 6–7 l/s, температура 21,5–22,0° C.

Кречњаци су констатовани код Лежимира, где су пукотине и дијаклазе претворене у каверне кроз које циркулише и сакупља се подземна вода. У непосредној околини Лежимира констатован је извор Куштиљ (карсно врело) које је сада затворено бетонским зидовима и користи се за локални водовод.

Значајне кречњачке масе констатоване су у врдничкој серији. Извори су били знатне издашности (Лазин вир Q =1 l/s, Татарице Q =10–120 l/s), међутим након појаве воде у јужном окну “Врдник” многи околни извори су пресушили или су знатно мање издашности. Данас се у оквиру тријаских кречњака код села Јазак, каптира подземна вода која се флашира под именом “Јазак”. Вода “Јазак” је HCO<sub>3</sub>-Ca, Mg, маломинерализована, задовољавајућег квалитета.

**Збијени тип издани** формиран је у оквиру алувијалног наноса Дунава, у алувијалним наслагама потока и терцијарним наслагама, као и у оквиру лесних наслага. Подземне воде из терцијарних пескова констатоване су на подручју Черевиха и Банаштора.

## Резултати истраживања

У циљу одрживог коришћења природних потенцијала, као и ефикасне и трајне заштите Националног парка Фрушка Гора, неопходно је формирати базу података и имплементирати је у Геолошки информационални систем Србије.

Први корак у изради информационог система је прикупљање података. Истраживања најчешће нису вршена систематично, континуално и од стране једне организације, па је досадашња процедура прикупљања података дуготрајна. Прикупљене податке је неопходно издвојити и разврстати, па потом унети у базу са јасним назнакама извора података. Формирањем базе података, постиже се обједињавање података на једном месту што је у односу на досадашњу процедуру прикупљања података временски и економски веома исплативо.

Од прикупљене документације за подручје Националног парка Фрушка гора, најзначајнија хидрогеолошка документација је “Хидрогеологија Фрушке



Табела 1. Приказ постојећих извора на Фрушкој гори и осцилација температура и издашности у периоду од 1976–2009. године

Локација	x	y	z	Издашност (l/min)		Температура (°C)	
				1976	2009	1976	2009
Хајдучки извор	7399465	5001389	460	2	-	9	-
Добра вода	7399347	5001813	480	1	затворен за водов.	9,7	
Хладни извор	7404163	5003090	318	6	0,813	11	13
извор (врело) Куштиљ	7389924	5000019	300	18	затворен за водов.	12	
Ст. Хопово- за пиће	7410582	4999844	270		0,4	125	
Терм. вода Ст. Хопово	7410641	4999793	260	2	1,95	16	22
Извор- кружни пут ка Иришком венцу	7408415	5001930	394	-	0,423	-	12
Извор изнад пута Ир. венац -Парагово чесма Убавац	7409175	5015314	187	-	0,206	-	
Терма Кулина	7416268	5000344	217	6	0,063	11	13,4
Дедина чесма	7374633	5001270	130	7	разб. изв.	22	18
Извор испод дрвета, Раковачки слив	7399983	4997374	275	-	2,175 разб. изв.	-	13,5
Извор испод дрвета, Раковачки слив	7402910	5002931	391	1	0,1	10	

горе са хидрогеолошком картом” (МИЛОЈЕВИЋ 1976). Најбројнији хидрографски и хидрогеолошки подаци, забележени су у катастру публикације “Воде Фрушке Горе” (ПЕТРОВИЋ 1976). Катастар обухвата 188 извора који су издвојени по сливовима река и потока у којима се јављају. За скоро сваки извор наведена је само кота без координата на којој се јавља, издашност, температура и тип извора. Рекогносцирањем терена нису пронађени многи потоци и извори из катастра Петровића, као ни многи подаци са топографских карата 1:25000 и карата водних објеката, док су уочени извори који нису забележени ни на картама, ни у катастру. Према подацима из 1976. извор Куштиљ је био издашности 0,66 l/min, док је према подацима из 1993. (СТОЈИЉКОВИЋ 2003) 0,0075–0,01133 l/min, извор у Старом Хопову одавао је 2 l/min минералне воде, а 2009. је измерено 0,032 l/min (ПЕТРОВИЋ и СТАНИЋ 2009), каптажа Убавац 6 l/min (ПЕТРОВИЋ 1976) тридесет три године касније 0,063 l/min (ПЕТРОВИЋ и СТАНИЋ 2009). На потезу од Лежимира до Манђелоса, у сливу Илијаша нису уочени извори и чесма, који су уцртани на топографским картама (1:25000; 1:50000) и планинарско-туристичкој карти (1:65000). Рекогносцирањем терена 2009. године није нађен ни Хајдучки извор који је давао 2 l/min (ПЕТРОВИЋ 1976), који се према топографској карти 378-3-2 лист Футог (1970) налази на раскрсници Осовље–Црвени чот.

Израдом бунара на подручју Фрушке горе за по-

требе снабдевање фрушкогорских манастира, добијен је задовољавајући квалитет подземних вода. Воде су захваћене из различитих водоносних седимената по литолошком саставу и типу порозности. На основу тих истраживања карсно-пукотински тип издани се показао као најперспективнији и у погледу квалитета и квантитета подземних вода (ВАСИЉЕВИЋ и ВУЧЕТИЋ 2005).

Обиласком терена уочено је неколико нових вештачких акумулација створених у последњих 30 година, као и да су многи извори и потоци пресушили. Проширењем граница националног парка (Просторни план подручја посебне намене Фрушке Горе до 2022., из 2004. год.), као и сагледавање тренутне ситуације на терену указује се неопходна израда карата рањивости у циљу заштите подземних вода и као основа за доношење одлука приликом просторног планирања. Карте рањивости националних паркова Ђердап, Копаоник, Тара и Фрушка гора свакако треба да буду основа за израду генералног просторног плана Србије.

Посматрајући стање бунара, извора, потока, река и речица и акумулација може се рећи да су хидрогеолошке прилике веома променљиве у времену и простору и да је неопходно вршити мониторинг и праћење хидрогеолошких појава.

У том циљу формирање базе података и имплементација у ГИС се намеће као неизбежан поступак.

## Формирање базе

За потпуно сагледавање хидрогеолошких услова на неком терену, неопходни су подаци о геологији, топографији, геоморфологији, клими, хидрологији и хидрогеолошким објектима и њиховим параметрима квантитета и квалитета за дужи временски период. База треба да садржи класификоване, обрађене, режимски праћене податке о квантиту и квалитету вода и евидентирани хидрогеолошки потенцијал, по појединим хидрогеолошким структурама, сливним подручјима, генези и квалитету вода.

Основу за складиштење података представља Геолошки информациони систем Србије (ГеолИСС) који је имплементиран у оквиру ArcGIS технологије. Захваљујући овој интеракцији омогућено је једноставно управљање подацима, њихово ажурирање, доступност на једном месту, као и прегледност. Кроз ArcGIS (односно ГеолИСС) омогућен је приказ података на одговарајућим подлогама, односно топографским, геолошким и хидрогеолошким каратама. Постојеће подлоге неопходно је скенирати, потом геореференцирати у државни координатни систем Србије (Пројекција: Gauss-Kruger, зона 7, Елипсоид: Bessel 1841, Датум: Hermannsëugel, Јединица: метар). Након тога приступа се дигитализацији подлога.

Резултат формирања хидрогеолошке базе и имплементације на формиране подлоге (топографске, геолошке и хидрогеолошке) у ГИС-у одразио би се на:

- једноставнији приступ подацима
- прегледност и анализу података
- ефикасност управљања хидрогеолошким ресурсима
- ефикаснију заштиту квалитета подземних и површинских вода
- праћење хидрогеолошких услова за дужи временски период
- анализу и модификацију постојећих података.

Ипак треба истаћи да је ГИС веома осетљив и да од поузданости и довољног броја података зависи валидност добијених резултата (GOGU *et al.* 2001).

## Закључак

Поред наведених ефеката који би се добили формирањем базе података, постигла би се и знатна уштеда у времену приликом прикупљања података за решавање одређених проблема.

Јединствена база података омогућила би лакши увид у постојеће податке за одређену област, или бар изворе података који би олакшали посао истраживања и доступност подацима.

Посматрајући промене које су се догађале на истражном подручју кроз одређено време, неопходно је сагледати простор у циљу очувања геолошког и хидрогеолошког потенцијала Националног парка.

Сваки простор на планети треба чувати за добробит наше и будућих генерација, а да би се то постигло неопходан је заједнички рад и већа ефикасност деловања за што краћи период.

## Литература

- GOGU, R., CARABIN, G., HALLET, V., PETERS, V. & DASSARGUES, A. 2001. GIS-based hydrogeological databases and groundwater modeling. *Hydrogeology journal*, Vol 9.
- ЈП ЗАВОД ЗА УРБАНИЗАМ ВОЈВОДИНЕ, 2004. Просторни план подручја посебне намене Фрушке Горе до 2022. Скупштина Аутомне покрајине Војводине, Нови Сад.
- МИЛОЈЕВИЋ, Н. 1976. Хидрогеологија Фрушке Горе са хидрогеолошким картом. Воде Војводине.
- ПЕТРОВИЋ, Ј. 1976. Воде Фрушке горе. Матица Српска.
- ПЕТРОВИЋ, Т. 2009. Пројекат формирања геолошке и хидрогеолошке базе података националних паркова Србије – Национални парк Фрушка гора. Фонд Геолошког института Србије, Београд.
- СТОЈИЉКОВИЋ, Д. 2003. Хидрогеолошке карактеристике Фрушке Горе. Летопис научних радова, број 1., Пољопривредни факултет, Нови Сад.
- ВАСИЉЕВИЋ, М. и ВУЧЕТИЋ, Д. 2005. Манастирске воде фрушкогорске резултати новијих истраживања. 14 Конгрес геолога Србије и Црне Горе.

## Onegeology – A Project That Makes Geology Visible

MARKO KOMAC<sup>1</sup>, IAN JACKSON<sup>2</sup>, KRISTINE ASCH<sup>3</sup>, AGNES TELLZ-ARENAS<sup>4</sup> & LUCA DEMICHELLI<sup>5</sup>



OneGeology is an international initiative of geological surveys (GSO) of the world who are working together to achieve this ambitious and exciting venture with a goal to create dynamic and best possible digital geological map data for the world and to make it accessible via web application to the general public, policy makers, industry and scientists.

The OneGeology concept originated in 2006 as the contribution of GSO to the International Year of Planet Earth (IYPE) and it has become its most visible project. At a meeting held in Brighton, UK, in March 2007, the concept of OneGeology was unanimously endorsed by 83 representatives of the international geoscience community, and goals were set to for a global launch at the 33rd IGC in August 2008. These goals were (1) to improve the accessibility of geological map data, (2) to exchange know-how and skills so that all nations could participate, and (3) to accelerate interoperability in the geosciences and the take up of a new “standard” (GeoSciML).

OneGeology has developed into a sustainable initiative and in January 2010 there were 113 countries participating in it, more than 40 of which are serving data using a web map portal and protocols, registries and technology to “harvest” and serve data from around the world.

An essential part of the development of OneGeology has been the exchange of know-how and provision of guidance and support so that any GSO can participate and serve their data. The team has raised the profile of a crucial data model and interoperability standard – GeoSciML, which will allow geoscience data to be shared across the globe. OneGeology is coordinated through a two-part “hub” – a Secretariat based at the British Geological Survey (BGS), and the portal technology and servers provided by the French geological survey (BRGM). The “hub” is guided and supported by two international groups – the Operational Management Group and the Technical Working Group. A Steering Group, set up to provide strategic guidance for OneGeology and comprising geological survey directors representing the six continents, are now looking at options to incorporate Onegeology and consolidate its governance and sustainability.

Two regional initiatives have been spawned which are strongly linked to OneGeology and to each other. OneGeology-Europe and the US project Geoscience Information Network (GIN) are progressing OneGeology goals in Europe and the USA. In south-east Asia, CCOP members are making sure that OneGeology goals are progressed in their region. In future the emphasis will be to increase the number of participants, increase the number of those participants serving data, and increase the number of participants moving from a WMS to a WFS, which will offer significantly improved functionality.

Communication and outreach have always been a priority for OneGeology, which has proved to be a project that has much broader appeal (and thus more opportunity to communicate the relevance of geology to society) than was ever envisaged. This external appeal has served to strengthen geoscience interest in the project, which has in turn given a higher profile and impetus to the interoperability standards OneGeology uses.

<sup>1</sup> Geological Survey of Slovenia, Dimièeva ul. 14, SI – 1000 Ljubljana, Slovenia. E-mail: marko.komac@geo-zs.si

<sup>2</sup> British Geological Survey, UK, E-mail: ij@bgs.ac.uk

<sup>3</sup> BGR, Germany. E-mail: kristine.asch@bgr.de

<sup>4</sup> BRGM, France, E-mail: a.tellez-arenas@brgm.fr

<sup>5</sup> EuroGeoSurveys, EU, E-mail: luca.demicheli@eurogeosurveys.org



## Геофизички модел геолошке грађе чачанско-краљевачког терцијарног басена

Geophysical Model of the Tertiary Basin between Čačak and Kraljevo

АНА МЛАДЕНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Истраживање је изведено са задатком утврђивања геофизичких и тектонских карактеристика терцијарног басена између Чачка и Краљева, а у циљу израде потповршинског модела овог басена. Према дефинисаном задатку, извршене су анализа гравиметријских и геомагнетских карата, као и Ландсат 7 сателитског снимка.

Утврђено је да је басен изграђен од терцијарних и квартарних седимената дебљине од 800–1200 метара, испод којих лежи фундамент од серпентинита и серпентинисаних перидотита. Такође, предложено је и порекло позитивне Бугеове аномалије, која се налази у западном делу истражног подручја, које до сада није било решено.

Истражним подручјем доминирају две фамилије раседа – прва, пружања исток-запад, дуж којих је басен спуштен, и друга, генералног пружања југозапад-североисток, дуж којих се вршило изливање андезита.

**Кључне речи:** Геофизика, Терцијар, чачанско-краљевачки басен.

**Abstract.** Research was done with the task of determining geophysical and tectonic characteristics of the Tertiary basin between Čačak and Kraljevo, in order to develop subsurface model of this basin. In respect to defined tasks, analysis of gravity and geomagnetic maps and Landsat 7 satellite image, were done.

It was determined that the basin was made of Tertiary and Quaternary sediments, which are 800–1200 meters thick. Basis of these sediments is made of serpentinite and serpentinized peridotite. Also, an origin of positive Bouguer anomaly, which is situated in western part of investigated area, was proposed.

Two families of ruptures are dominating on the investigated area. First family, of the northwest-southeast stretch is one by which basin has been formed. The second family, of the southwest-northeast stretch, is one by which eruption of andesite has been done.

**Key words:** Geophysics, Tertiary, Čačak–Kraljevo Basin.

### Увод

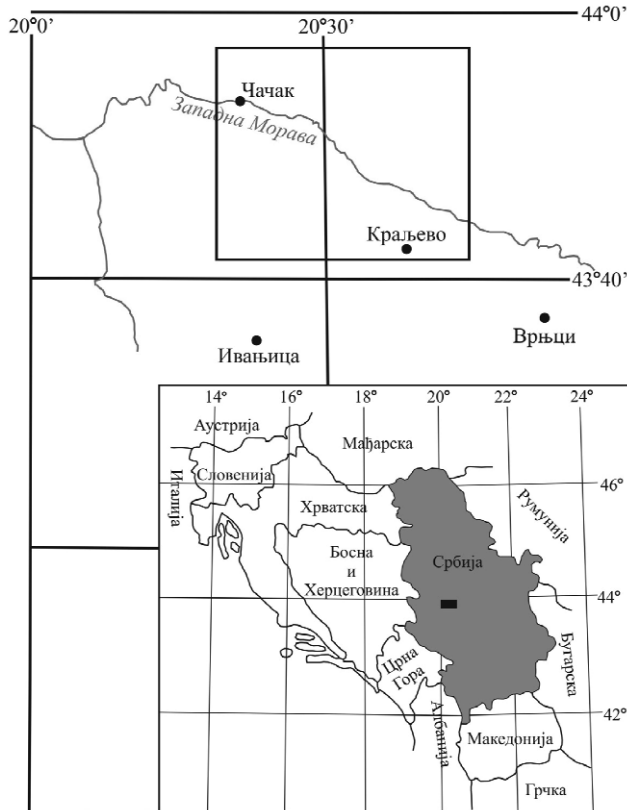
Комплексна геофизичка истраживања дају трећу димензију стандардним геолошким истраживањима неког подручја. Комбинација гравиметријских и геомагнетских података може у великој мери унапредити познавање реалних карактеристика регионалних структура и потповршинске грађе, па представља једну од предности геофизичких истраживања. Циљ овог истраживања био је израда потповршинског модела чачанско-краљевачког басена, са посебним освртом на детерминисање састава и порекла узрочника позитивне аномалије гравитационог убр-

зања, који се јавља на западном ободу басена. Сходно циљу, задатак је био утврђивање геофизичких и тектонских карактеристика басена, анализом карте Бугеових аномалија, карте вертикалне компоненте Земљиног магнетског поља и сателитског снимка из мисије Ландсат 7.

Истраживано подручје налази се у западној Србији и обухваћено је листовима Чачак (К34-5) и Краљево (К34-6) Основне геолошке карте СФРЈ (сл. 1). Централни део подручја представља чачанско-краљевачку котлину, која је формирана између планине Јелице на југозападу, и дацитско-андезитског масива Котленика на североистоку. Јужни де-

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд. E-mail: anaml.gf@gmail.com

лови терена су у пределу доњег тока Ибра и Западне Мораве, а припадају северним огранцима Гоча и Столова. На северозападу се терен простире до крајњих југоисточних огранака Рудника, који се повезују за Котленички масив.



Сл. 1. Географски положај истраживаног подручја  
Fig. 1. Geographic setting of the investigated area

Геолошка грађа истраживаног терена је сложена. Генерално се може издвојити осам крупних геолошких јединица (сл. 2). Најстарије стене ове области су метаморфне стене палеозојске старости. Представљају парашкриљце псамитског порекла. Према степену метаморфизма припадају фацији зелених шкриљаца. У овим творевинама констатовани су метаморфисани пешчари, филити, серицитско-хлоритски и хлоритско-серицитски шкриљци, мермери и кварцити. Тријаски седименти развијени су у североисточном ободном делу планине Јелице. Представљени су ушкриљеним пешчарима, које постепено замењују стене настале у дубљим деловима мора: банковити и слојевити кречњаци, масивни и слабодоломитични кречњаци, и кречњаци са рожнацима. Офиолитски комплекс издвојен је у два стратиграфска члана: јурски и кредни. Јурски офиолити пружају се правцем СЗ–ЈИ, а изграђени су од ултрамафита, габроидних стена и дијабаза. Седименти јурског офиолитског комплекса представљени су вапновитим аренитима, силификованим

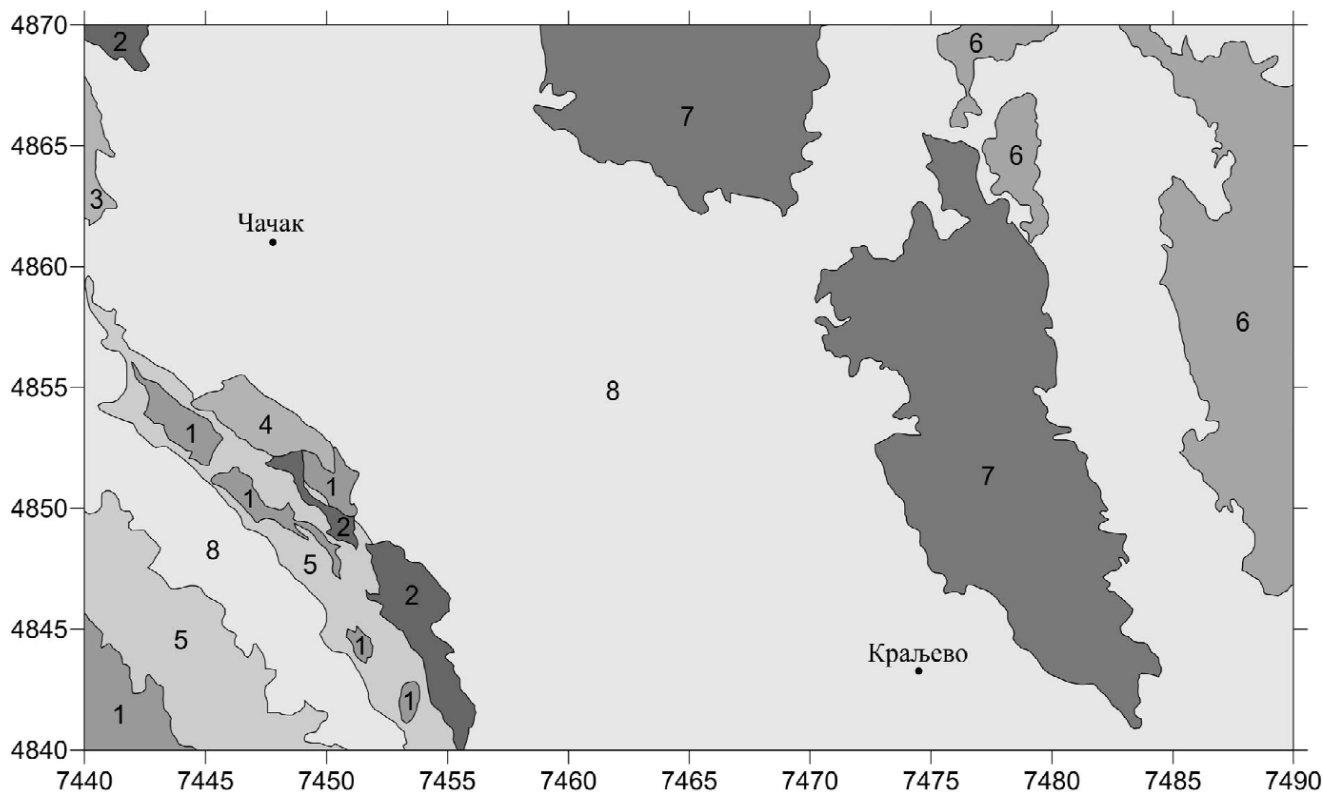
глинцима, рожнацима, алевролитима и дијабазним бречима. Кредни офиолитски комплекс представљен је специјалним офиолитским меланжом, који има бречоидно-конгломератичан карактер, са хаотичним распоредом чланова. Основну масу изграђују аренити, глинци и лапорци, а као уклопци се јављају заобљени комади седиментних стена различитих димензија, комади и блокови мафита и ређе ултрамафита. На овом подручју истичу се два комплекса флиша. Оба комплекса су кредне старости, али се разликују према геотектонским јединицама у оквиру којих се налазе. Флиш Вардарске зоне налази се у источном делу терена, док се у југозападном делу терена издваја флиш унутрашњих Динарида. Оба комплекса изграђена су од конгломерата, слојевитих и масивних кречњака, лапоровитих кречњака, лапораца, пешчара и глинаца. Терцијарна дацитско-андезитска формација пружа се централним делом терена, правцем СЗ–ЈИ. Део је котленичко-рудничког вулканског комплекса. Настала је у више фаза. Претежно је сачињавају туфити, дацити и лабрадорски андезити, а местимично и базалти. Терцијарни седименти представљени су пешчарима, ситнозрним конгломератима, песковитим кречњацима, лапорцима и глинцима. Квартарне седименте сачињавају творевине алувијалног, елувијалног, делувијалног, пролувијалног и мешовитог типа.

Тектонски се, истраживано подручје налази на контакту две крупне геотектонске јединице – Западне вардарске офиолитске јединице, на истоку, и Дринско-ивањичког елемента, на југозападу (Schmid *et al.* 2008), а контакт се може пратити на планини Јелици. Истражним подручјем доминирају два регионална гравитациона раседа пружања СЗ–ЈИ, дуж којих је, крајем креде, спуштен чачанско-краљевачки басен (Новковић и Терзин 1957).

## Материјал и методе

Истраживање је извршено у две фазе, које су подразумевале анализу и интерпретацију геолошких података и израду, анализу и интерпретацију гравиметријских и геомагнетских података.

Анализа геолошких података састојала се у анализи сателитског снимка и интерпретацији руптурног склопа. Ова фаза извршена је применом визуелне методе даљинске детекције, при чему је целокупна пажња усмерена ка дефинисању положаја траса регионалних руптурних структура за дато подручје истраживања. Ради бољег сагледавања простирања раседа и утврђивања њихових међусобних односа, посматрано је знатно шире подручје. За анализу руптурних карактеристика истраживаног подручја коришћен је сателитски снимак мисије Ландсат 7, који је дат као колоркомпозит, начињен комбинацијом појединачних спектралних подручја,



Сл. 2. Поједностављена геолошка карта истраживаног подручја. Легенда: 1 – палеозојски метаморфити; 2 – серпентинити и серпентинисани перидотити; 3 – базичне и ултрабазичне магматске стене; 4 – тријаски кречњаци; 5 – флиш дринско-ивањичког елемента; 6 – флиш вардарске зоне; 7 – дацитско-андезитски масив Котленика; 8 – седименти терцијара и квартара.

Fig. 2. Geologic map of investigated area. Legend: 1 – metamorphic rocks from Paleozoic; 2 – serpentinite and serpentinitized peridotite; 3 – basic and ultrabasic igneous rocks; 4 – limestone from Triassic; 5 – flysch of Drina-Ivanjica Element; 6 – flysch of Vardar Zone; 7 – dacite-andesite volcanic formation; 8 – Tertiary and Quaternary sediments.

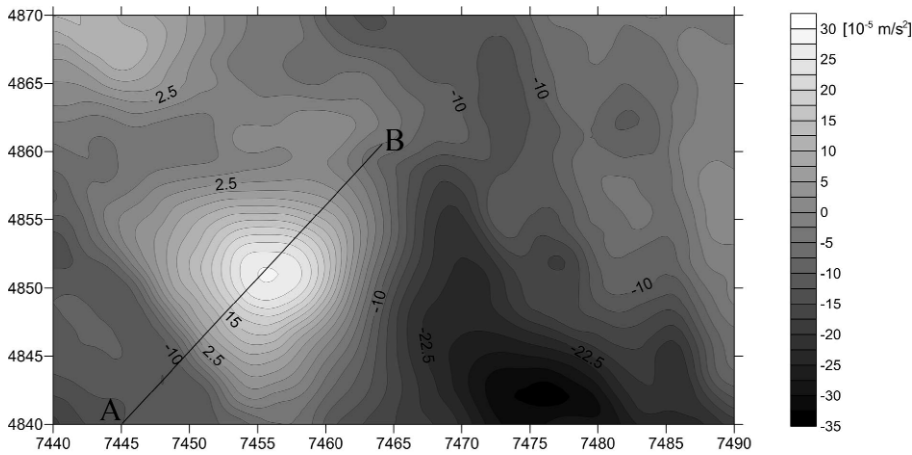
канала 7, 5 и 4. Просторна резолуција снимака је била 30 пута 30 метара. Снимци су прошли кроз све фазе препроцесирања и подизања квалитета, што је, као и каснија анализа и интерпретација, извршено у софтверском пакету Microimages TNTmips.

Као база података за одређивање гравиметријских карактеристика терена коришћена је гравиметријска база са Департмана за геофизику, Рударско-геолошког факултета у Београду. На основу података мерења на 2044 тачке, урађена је карта Бугеових аномалија. Такође, извршено је и филтрирање ове карте Ханинговим филтром, са кораком 2, ради отклањања блископовршинских утицаја. Густина мерења била је 1.36 тачака по  $\text{km}^2$ . Анализом геолошке грађе и применом методе Парасниса, извршен је прорачун просечне густине стена на испитиваном подручју. Она износи  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Такође, извршено је и рачунање других извода гравитационог убрзања по вертикалном правцу, тј. вертикалних градијената. На основу ових података добијена је карта која је искоришћена за корелацију са подацима о руптурном склопу, добијеним анализом сателитског снимка.

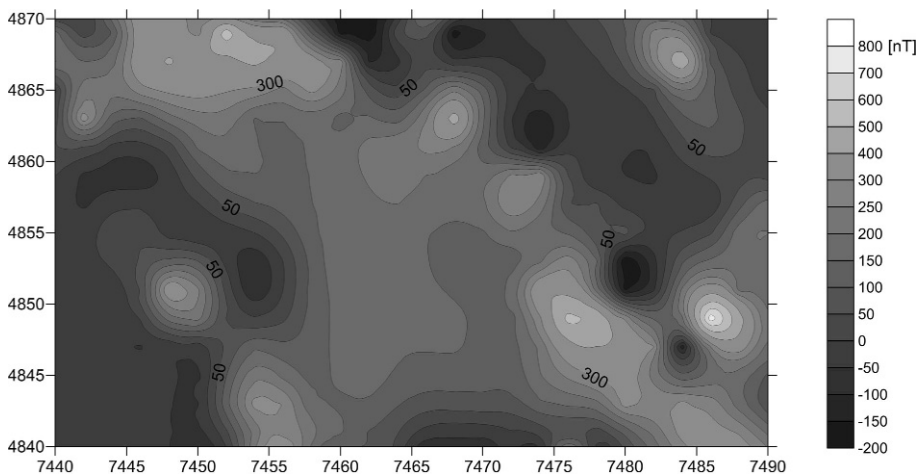
Геомангнетска база података за истраживано подручје добијена је, такође, на Департману за геофизику Рударско-геолошког факултета у Београду. На основу података мерења на 1660 тачака, израђена је карта вертикалне компоненте геомангнетског поља Земље. Подаци геомангнетског мерења филтрирани су продужењем поља навише, са кораком 2, како би се отклонили блископовршински утицаји.

## Резултати и дискусија

Анализа и интерпретација гравиметријских и геомангнетских података била је усмерена првенствено на западни део обода чачанско-краљевачког басена. Извршена је, такође, и анализа и интерпретација података за делове истражног простора, за који су примећена непоклапања са очекиваним геофизичким одзивом геолошких јединица који те делове изграђују. Руптурни склоп одређен анализом сателитског снимка такође је укључен у интерпретацију, као допуна тектонским подацима са Основне геолошке карте.



Сл. 3. Карта Бугеових аномалија  
Fig. 3. Map of Bouguer anomalies



Сл. 4. Карта аномалије вертикалне компоненте Земљиног магнетског поља  
Fig. 4. Map of anomalies of vertical component of the Earth's magnetic field

Гравиметријске карактеристике истраживаног подручја посматране су на карти Бугеових аномалија, приказаној на слици 3. Геомагнетске карактеристике приказане су на слици 4.

У централном делу терена уочава се нагли прелаз из области са негативним вредностима Бугеових аномалија (најнижа вредност је  $-35 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ) у област са позитивним вредностима (највећа вредност је  $+30 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ ). Овај нагли прелаз може се интерпретирати као вертикални расед, који раздваја стене са великом разликом густина. На геомагнетској карти овај прелаз није толико изражен, па се претпоставља да се узрочници аномалије налазе на великој дубини (јер геомагнетски утицај много брже опада од гравитационог).

У подручју око града Краљева је јавља се најнижа вредност Бугеове аномалије, на основу чега се изводи закључак да су квартарни седименти нај-

дебљи око Краљева и да се њихова дебелина смањује идући према северозападу.

Међутим, доста је било дискутабилније порекло позитивне Бугеове аномалије која се јавља на западном ободу терцијарног басена. На простору где је ова аномалија регистрована, налазе се седименти терцијарне и квартарне старости, који нису узрочник позитивне Бугеове аномалије. Према интерпретацији из литературе (СТАРЧЕВИЋ 1991), узрочник ове аномалије је ултрабазично магматско тело, које се налази на дубини од 800 метара. Али, када би то био случај, тада би на месту где се налази узрочник аномалије, јавила позитивна аномалија Земљиног магнетског поља, што није случај.

У циљу решавања порекла ове позитивне Бугеове аномалије извршена су три поступка – издвајање регионала и резидуала; интерпретација карте вертикалних градијентна гравитационог убрзања и њена корелација са интерпретацијом сателитског снимка; и корелација гравиметријских података са геомагнетским подацима.

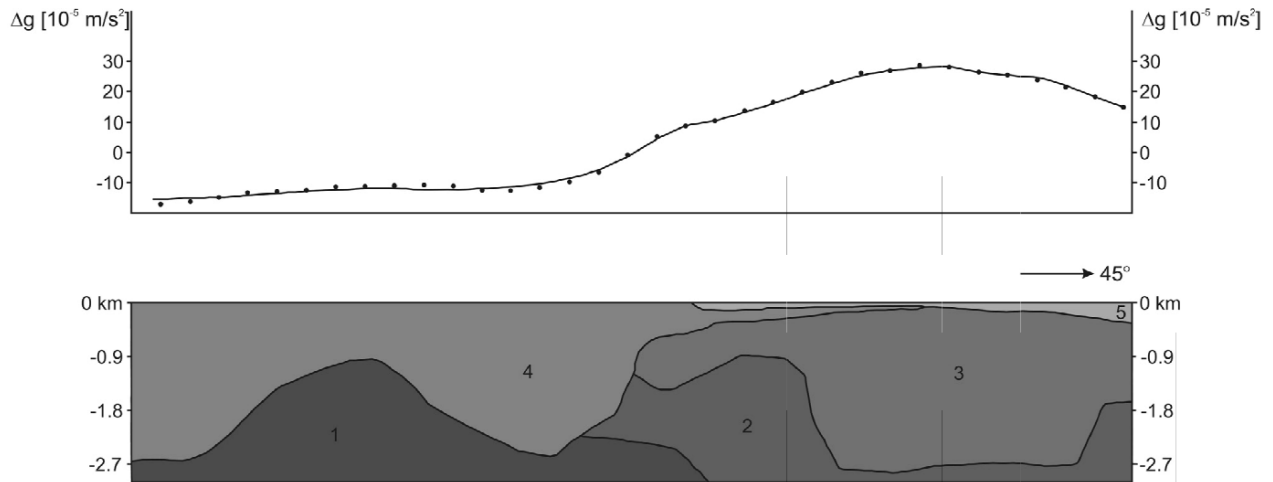
Циљ израде карте вертикалног градијента гравитационог убрзања био је утврђивање распореда руптурних елемената склопа, и покушај праћења пада раседних површи корелацијом ових података са подацима о руптурном склопу добијеним анализом сателитског снимка. Примећени су регионални раседи дуж којих је спуштен чачанско-краљевачки басен, са том разликом што су руптуре на карти вертикалног градијента гравитационог убрзања померене у односу на руптуре са сателитског снимка. Из тог разлога, ове руптуре се могу интерпретирати као гравитациони раседи просечног пада око  $60-70^\circ$ .

Да би се дошло до решења о пореклу позитивне Бугеове аномалије, одлучено је да се изради геофизички модел, и на тај начин квантификују димензије и гравиметријске и геомагнетске карактеристике узрочника. На почетку су постављена три могућа модела: (1) испод квартарних седимената се, на малој дубини, налази нека стена



велике густине, а слабих магнетских својстава; (2) ултрабазично тело се налази на доста великој дубини, па је његов магнетски утицај на површи терена слаб; и (3) ултрабазично тело је поремећено интензивним тектонским дешавањима.

руптуре које местимично ограничавају ово тело. Издвојена је и још једна фамилија раседа, пружања СЗ–ЈИ, дуж којих је спуштен чачанско-краљевачки басен. Квантитативна интерпретација извршена је моделирањем геофизичких и тектонских података.



Сл. 5. Геофизички модел дела басена. Легенда: 1 – палеозојски метаморфити; 2 – серпентинити и серпентинисани перидотити; 3 – офиолитски меланж; 4 – флиш; 5 – терцијарни и квартарни седименти.

Fig. 5. Geophysical model of part of the basin. Legend: 1 – metamorphic rocks from Paleozoic; 2 – serpentinite and serpentinized peridotite; 3 – ophiolitic mélangé; 4 – flysh; 5 – Tertiary and Quaternary sediments.

На основу геофизичког моделирања и формираног модела (сл. 5) и детаљног разматрања геолошке грађе предложено је да је узрочник позитивне аномалије јурски офиолитски меланж. С обзиром на природу меланжа, претпоставља се да је он зонарне грађе, са изразитим променама у магнетичности зона, чиме се објашњава слаба негативна магнетска аномалија коју изазивају стене велике густине.

## Закључак

Израдом, анализом и интерпретацијом карата Бугевих аномалија и вертикалне компоненте Земљиног магнетског поља, као и анализом и интерпретацијом сателитског снимка, одређене су геофизичке и геолошке карактеристике истраживаног подручја. Геофизичке аномалије условљене су геолошким грађом терена. У великом делу терена, аномалије су се поклапале са очекиваним вредностима.

У алувиону Западне Мораве констатована је позитивна вредност Бугеве аномалије чији се узрочник налази испод квартарних и терцијарних седимената. На основу карте регионала утврђено је да је овај узрочник тело великих димензија, али да се његовом утицају додају и утицаји локалних структура. Анализом карте вертикалног градијента гравитационог убрзања и сателитског снимка издвојени су линеamenti, који представљају

Да би се са сигурношћу утврдиле димензије и састав тела потребно је извршити детаљнија гравиметријска и геомагнетска истраживања, са већим бројем тачака мерења, као и бушење, којим би се утврдио састав узрочника ове позитивне Бугеве аномалије.

## Захвалност

Захваљујем се проф. Владици Цветковићу на корисним саветима и сугестијама везаним за истраживање, и колегиницама Милицы Пешић и Драгани Петровић, на пруженој помоћи и подршци у току израде овог рада.

## Литература

- Новковић, М. и Терзин, В. 1957. Геолошки приказ западноморавског терцијарног басена. Фонд стручне литературе Завода за геолошка и геофизичка истраживања, 28–30, Београд.
- SCHMID, S., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaride orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 139–183.
- СТАРЧЕВИЋ, М. 1991. Гравиметријске методе истраживања. Наука, 222–223, Београд,



## Квантификација инжењерскогеолошких чинилаца за избор најповољније трасе саобраћајнице применом ГИС технологије

### Quantification of Engineering Geological Factors for the Purpose of Optimal Road Route Selection

УРОШ ЂУРИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У овом раду инжењерско геолошки фактори који утичу на услове градње путева, анализирани су коришћењем ГИС технологије, засноване на методологији више-критеријумске анализе која је развијена од стране стручњака из Института за путеве из Београда. Испитани су и анализирани следећи фактори: геолошка структура, стабилност терена, рељефа (нагиб површине терена), стишљивост терена, услови земних радова, хидролошке и хидрогеолошке карактеристике стенске масе у испитиваним областима. Вишекритеријумска анализа је урађена у ГИС окружењу и састоји се пре свега од математичких операција са растером. Јединичним пољем растерских докумената који се користе у анализи смањена је величина пиксела на 10×10 m. Као резултат анализе, направљена је карта изолинија утицаја ових фактора, на основу које се врши процена и избор најбољег пута путу у долини реке Лим, јужно од Пријеполја између Велика Жупа и Лучица.

**Кључне речи:** Инжењерска геологија, ГИС-а, вишекритеријумске анализе.

**Abstract.** In this paper the engineering geological factors, affecting the conditions of construction of roads, were analyzed using GIS technology, based on the methodology of multi-criteria analysis which was developed by experts of the Highway Institute, Belgrade. In particular, the following factors were examined and analyzed: geological structure, stability of terrain, relief (slope of the terrain surface), compressibility of terrain, conditions of performance ground works, hydrological and hydrogeological characteristics of the cliffs mass in investigated area. Multi-criteria analysis was performed in a GIS programming environment and primarily comprised of mathematical operations with rasters. Unit field of raster documents used in the analysis reduced the pixel size of 10×10 m. As a result of the analysis, individual and total isoline-map of influence these factors were made, based on which the assessment is made and the selection of the best road route in the valley of the Lim River, south of the Prijepolje between the Velika Župa and the Lučica.

**Key words:** Engineering Geology, GIS, Multicriteria Analysis.

## Увод

„Информациони бум“ је, између осталих, захва-тио и геолошке науке. Он се догодио као последица великог броја информација које није могуће мануелно довољно брзо, прецизно и поуздано обрађивати. Услед тога, и пред геолозима се појавио проблем у виду прикупљања, чувања, предаје и обраде информација и усвајање квалитетних решења са великом вероватноћом и што мањом могућности грешке. Да би научник-истраживач био у могућности да брзо и ефикасно обради велику количину прикупљених података и на основу њих направи циљане анализе, наметнула са потреба за увођењем

географских информационих система (ГИС). ГИС је према општој дефиницији *скупи информационо-рачунарска алатија и корисничке програмске подршке у сврху прикупљања, организовања, руковања, анализе, моделовања и приказа података са циљем решавања сложених проблема пројектовања и планирања* DAVIS (1973). Треба имати у виду, да компјутерска обрада геолошких информација не „заменује“ геолога, већ само припрема информације за усвајање решења, при чему су информације после обраде на компјутеру поједностављене.

У овом раду су приказане могућности коришћења ГИС-а да анализира инжењерскогеолошке чиниоце који су меродавни приликом одабира

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: djuric@rgf.bg.ac.rs

најповољније варијанте трасе саобраћајнице. Саобраћајнице представљају линијске објекте који повезују насеља. Поред тога оне су и мерило економског развоја неког места, регије и државе. Објекти на саобраћајницама заузимају велику површину терена, па је зато приликом њиховог пројектовања неопходно обратити пажњу да оне буду функционалне у сваком погледу: да приликом њихове изградње природна околина буде нарушена у што мањем опсегу, да буду безбедне али и да буду изграђене што економичније. Сходно томе, инжењерскогеолошки услови изградње саобраћајница представљају основне чиниоце који утичу на одабир најповољније трасе саобраћајнице. Инжењерскогеолошка истраживања се врше у првим фазама и као таква су веома важна за одабир економичног и функционалног решења. У пракси, резултати добијени током инжењерскогеолошких истраживања се најчешће приказују специјалистичким, инжењерскогеолошким картама које чине основну подлогу при пројектовању саобраћајнице.

Оправданост приступа анализи инжењерскогеолошких података применом ГИС технологије је вишеструка. За кратко време могу се обавити вишеструке анализе према различитим критеријумима, док је омогућено и стручњацима који нису геолошке струке да користе добијене податке и да овај проблем сагледају из различитих углова. Подаци добијени оваквим приступом имају висок степен компатибилности са подацима из других струка (нпр. са урбанистичким плановима и сл.).

## Истраживано подручје

За пилот-подручје одабрана је долина реке Лим у Србији, јужно од Пријепоља на потезу између Велике Жупе и Лучица. Подручје је интересантно за анализу из више разлога: терен обилује различитим морфолошким облицима на малом растојању, променама нагиба површине терена, разноликошћу геолошке грађе и заступљености различитих творевина савремених геодинамичких процеса (клизишта, одрона, сипара, тецишта итд.) Управо ови чиниоци имају највећи утицај на подобност терена за изградњу саобраћајница. Осим наведеног, подручје истраживања је интересантно јер је приликом изградње пруге Београд-Бар, на овом месту дошло до недоумица којом трасом би било најповољније премостити реку. То је био још један разлог одабира ове деонице за пилот подручје примене ГИС технологије у анализи инжењерскогеолошких чиниоца за одабир најповољније трасе саобраћајнице. У оптицају је било више траса, на жалост одабрано решење које је изведено није се показало оправданим, јер је убрзо по експлоатацији пруге дошло до деформација мостовских стубова и њиховог померања. Због неповољних инжењерскогеолошких

услова ЈЕВРЕМОВИЋ *и др.* (1984) и чињенице да је један стуб фундиран у клизној зони, а други стуб је фундиран у речном циновском лонцу (што доводи до његовог померања услед струјања реке) коришћење пруге на овој деоници је знатно ограничено и небезбедно. Било је неколико покушаја санације моста, међутим резултати су изостали па је у оптицају измештање трасе пруге у овом делу, јер су железничке композиције принуђене на кретање ограниченом брзином преко моста од само 15 km/h. У раду је између осталих варијанти траса анализирана и постојећа траса железничке пруге као и траса постојећег пута па је могућност упоређивања резултата допринела квалитету анализе добијених резултата.

## Примењена методологија

Моделски приступ у овом раду обухвата моделовање базирано на: анализи, синтези и генерализацији података. Њиховом комбинаториком, добија се крајњи резултат – карта подобности терена за изградњу саобраћајница. Карта је послужила као основа за додатну линеарну анализу (преклапањем са векторским објектима - трасама саобраћајница), у циљу добијања параметра подобности за изградњу пројектоване трасе. Да би се добила квалитетна решења пожељно је да модел не буде поједностављен, како добијени резултати не би били сувише генерализовани, а са друге стране ни превише сложен, чиме би се довела у питање његова практична примена VOŽENÍLEK (2000).

Израда модела подобности терена за изградњу саобраћајница је процес који се састоји од неколико сукцесивних фаза:

- анализа и избор инжењерскогеолошких чинилаца меродавних за услове грађења и експлоатације саобраћајница,
- вредновање одабраних чинилаца,
- класификација изабраних чинилаца,
- припрема података за рад у програмском окружењу,
- израда модела на основу одабраних чинилаца,
- анализа модела и прорачун коефицијента подобности пројектованих траса,
- визуелизација модела.

## Избор и анализа инжењерскогеолошких чинилаца

Инжењерскогеолошки услови знатно утичу на извођење грађевинских радова. Искусствено је показано да изразито неповољни инжењерскогеолошки услови у односу на изразито повољне могу да повећају трошкове изградње и до 10 пута, па је оправданост овакве вишепараметарске анализе за

утврђивање оптималне трасе саобраћајнице од великог значаја.

Анализирани чиниоци у овом раду су усвојени од стране стручњака Института за путеве на основу искуства и изведеног анкетирања стручњака из области инжењерске геологије и нискоградње. Иако се у циљу побољшања модела чиниоци могу мењати у складу са литературом, консултацијама са стручњацима и инвеститором, у овом раду су третирани само усвојени меродавни чиниоци како би се формирао најподобнији могући модел за анализу.

Усвојени инжењерскогеолошки чиниоци који утичу на услове грађења саобраћајница су: 1) стабилност терена, 2) рељеф терена, 3) стишљивост терена, 4) хидролошки и хидрогеолошки услови и 5) услови извођења земљаних радова. **Стабилност терена** је изабрана као меродаван чинилац, јер нестабилни терени задају велике тешкоће приликом грађења, као и што свака деформација терена изазива у одређеној мери, оштећења на саобраћајницама. Терени са развијеним геодинамичким процесима (клизиштима, сипарима, бујицама и сл.) захтевају израду скувих санационих или заштитних објеката (потпорних зидова, дренаже и сл), а не ретко и градњу посебних објеката у случају немогућности санације терена (мостове, вијадукте и сл). **Рељеф терена** (нагиб) је други битан чинилац јер се са повећањем нагиба и разуђености рељефа, повећава и обим земљаних радова (усека и насипа), али и објеката које треба изградити: пропуста, тунела, мостова, заштитних конструкција, берми, што значајно утиче на трошкове градње саобраћајница. **Стишљивост терена** је такође битан чинилац, јер слабо носива тла представљају велику природну препреку приликом градње. Да би се постигао задовољавајући квалитет коловозне конструкције на стишљивој подлози, неопходно је повећање њених димензија, али и побољшања квалитета материјала у постелици што може захтевати употребу геосинтетика или експропријацију већих делова терена, а самим тим и повећање трошкова градње. **Хидролошки и хидрогеолошки** чиниоци су одабрани јер присуство воде на самој површини терена или у непосредној близини утиче на изградњу саобраћајница на више начина. Неповољност се огледа у потреби извођења додатних грађевинских радова, како би се одстранио утицај воде на конструкцију и то најчешће у виду извођења каптаже извора, пиптевина, дренаже, одводних канала и сл. Овај чинилац није значајан у мери у којој су претходна три јер извођење ових објеката изискује мање материјалне трошкове. **Услови извођења земљаних радова** су релевантни јер савремена технологија грађења захтева потпуно коришћење механизације при извођењу земљаних радова, зато присуство тврдых, чврстих или жилавих стена у терену приликом градње саобраћајница поскупљује и успорава радове због промене начина и технологије грађења.

## Вредновање одабраних чинилаца

Да би се израдио модел подобности терена за изградњу, сваки одабрани чинилац је неопходно изразити процентуалним уделом његовог изразито неповољног утицаја на трошкове грађења саобраћајнице. На основу искуства и спроведене анкете учешће сваког анализираниог чиниоца се може изразити следећим процентуалним учешћем:

1. стабилност терена – 35%
2. рељеф терена – 30%
3. стишљивост терена – 25%
4. хидрогеолошке карактеристике терена – 5%
5. услови извођења земљаних радова – 5%

Треба узети у обзир да ће у различитим геолошким срединама владати различити процентуални односи ових параметара, па ће тако у равничарским пределима стишљивост и хидрогеолошке карактеристике терена имати већи удео у односу на стабилност и обрнуто. Управо зато у оквиру комплексног али и савременог приступа какав је ГИС није једноставно одлучити се за аналитички поступак и избор репрезентативног модела. Међутим, једноставност употребе растерских модела, намеће управо такав приступ, првенствено због улоге која им је намењена у овом раду, а то је могућност комбиновања различитих сетова података које истраживач доводи у корелацију, проценом њиховог утицаја на одређени феномен МАРЈАНОВИЋ (2008) – у овом раду конкретно на подобност терена за услове изградње саобраћајница. Такође је битно напоменути да се у литератури и у стручној јавности могу срести различита мишљења о томе колики је процентуални удео сваког од поменутих чинилаца на трошкове грађења саобраћајница. Коришћењем ГИС технологије могућа је брза анализа различитих параметара по дефинисаном моделу и према различитим критеријумима за исти модел, што омогућава упоредну анализу добијених резултата.

## Класификација изабраних чинилаца

Како би се добио репрезентативан модел терена, било је неопходно класификовати индивидуалне чиниоце. У овом раду, класификација је извршена визуелним анализирањем инжењерскогеолошке карте истражног подручја БАЛИЋ (1971). Сваки издвојени чинилац је подељен на пет категорија које дефинишу услове градње. (табела 1). На основу поделе из табеле 1, извршена је дигитализација појединачних чиниоца, чиме су добијене четири тематске карте које су трансформисане у растерски облик како би са њима могле да се врше математичке операције. Пета карта, карта нагиба терена, је добијена на основу дигиталног елевационог модела (ДЕМ) над којим је у ArcGIS програму извршена операција *SLOPE*. На тај начин добијена је

карта нагиба површине терена изражена у степенима. Над таквом картом је извршена рекласификација тако да су степени нагиба сведени на пет категорија које су приказане у табели 1 (ред *нагиб терена*). ДЕМ је израђен на основу векторизованих изохиси које су исцртане са топографске основе и над којима је у програму извршена интерполација Кригинг методом.

уделом сваког чиниоца и на крају су сабрани чиме је добијена финална карта укупног утицаја инжењерскогеолошких чинилаца за изградњу саобраћајнице. Финална карта теоретски може да има вредности пиксела у распону од 100 (што представља најповољније услове за изградњу саобраћајнице до 500 (најнеповољнији услови), док су раду добијене вредности пиксела у опсегу од 110 до 405, што пока-

Табела 1. Категоризација инжењерскогеолошких чинилаца према условима градње

МЕРОДАВНИ ЧИНИЛАЦ	КАТЕГОРИЗАЦИЈА ИГ ЧИНИЛАЦА ПРЕМА УСЛОВИМА ГРАДЊЕ				
	1	2	3	4	5
Стабилност терена	изразито стабилан	стабилан	лабилан	умерено нестабилан	изразито нестабилан
Нагиб терена	равничарски (0–5°)	брежуљкасти (5°–10°)	Брдовит (10°–25°)	Нископланински (25°–45°)	Високопланински (>45°)
Хидрогеолошка својства терена	врло дубок н.п.в. (>10 m)	дубок н.п.в. (5–10 m)	умерено дубок н.п.в. (3–5 m)	плитак н.п.в. (1–3 m)	врло плитак н.п.в. (0–1 m)
Стишљивост терена	практично нестишљив $M_c > 40$ Мра	умерено стишљив $M_c: 5–40$ Мра	веома стишљив 0-5 МРа дљбине стиш, наслага до 3 m	веома стишљив 0-5 МРа дљбине стиш, наслага: 3-10 m	веома стишљив 0-5 МРа дљбине стиш, наслага > 10 m
Услови извођења земљаних радова	поптуно механизовано	риповањем и повременим минирањем	минирањем у меком камену	минирањем у тврдом камену	минирањем у врло тврдом камену

### Припрема података за рад у програмском окружењу

За сваки чинилац појединачно (осим за карту нагиба), на основу анализе инжењерскогеолошке карте у ArcGIS-у исцртана је карта утицаја на услове изградње саобраћајнице са вредностима пиксела у распону до 1–5 тако да вредност сваког пиксела одговара категоризацији из табеле 1. Све карте су извезене (експортиране) у растерски (TIFF) формат како би се омогућила опција сабирања растера коришћењем алата *RASTER CALCULATOR*. Предложене трасе саобраћајнице су представљене линијама па су као такве дигитализоване у посебним векторком формату. На овај начин је добијен сет од пет растерских карата и један линијски векторки (\*.shp) фајл.

### Израда модела на основу одабраних чинилаца

Карта скупног утицаја наведених параметара је добијена сабирањем растерских карата (слика 1) у алату *RASTER CALCULATOR* према следећој једначини:

$$35b(1)+30x(2)+25x(3)+5x(4) + 5x(5) = (6).$$

Вредности пиксела (који су у распону од 1–5) сваке карте су помножени са процентуалним

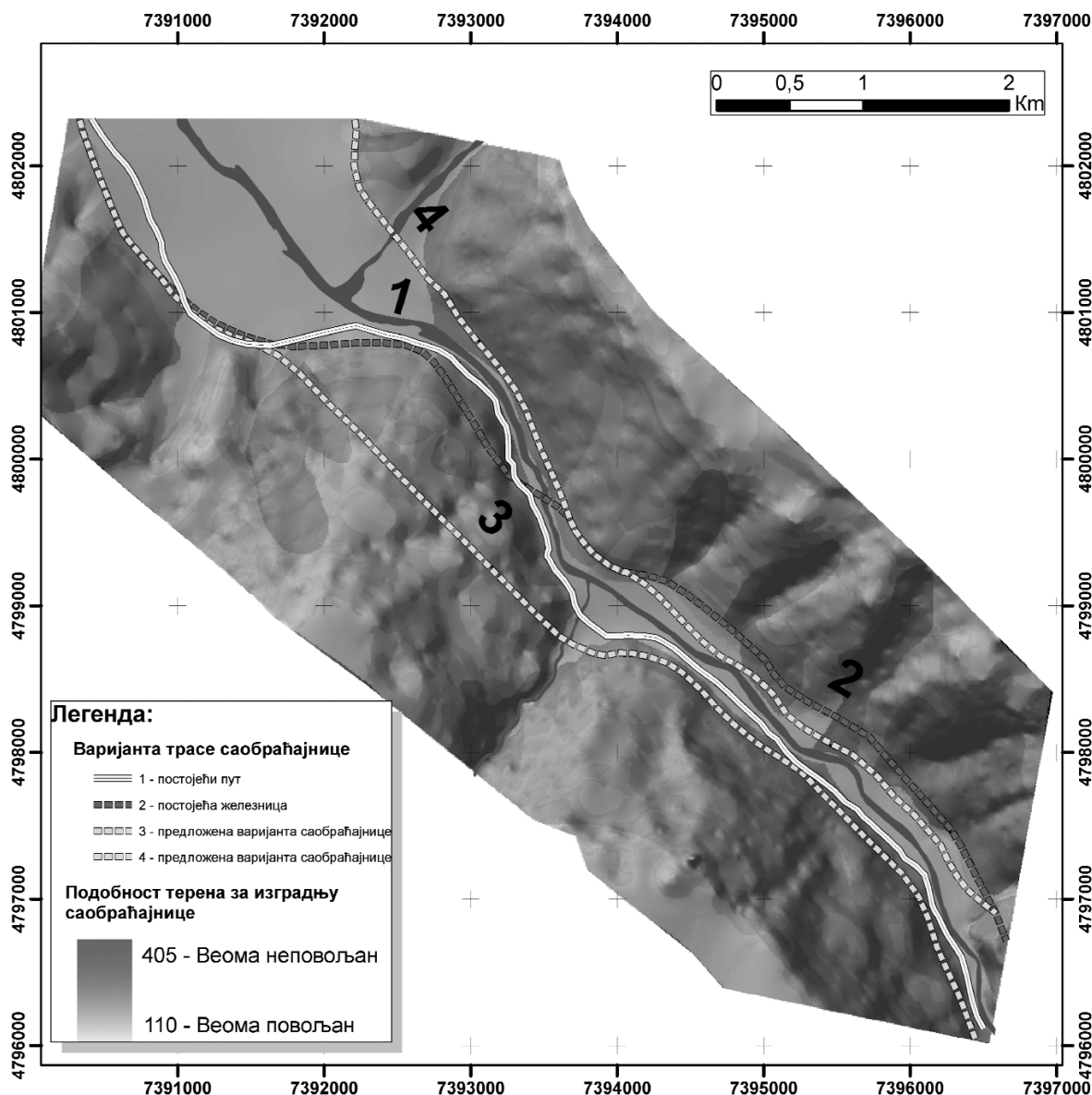
зује да у терену владају умерено повољни до неповољни услови изградње саобраћајнице.



Сл. 1. Шематски приказ растерског сабирања карата  
Fig. 1. Raster calculation diagram

### Анализа модела и прорачун коефицијента подобности пројектованих траса

Добијена финална карта скупног утицаја послужила је као подлога за прорачун коефицијента подобности пројектованих траса саобраћајнице. Коефицијент представља збир свих пиксела по



Сл. 2. Карта скупног утицаја инжењерскогеолошких чинилаца за изградњу саобраћајница  
 Fig. 2. Isoline-map of engineering-geological influence factors on building roads

траси саобраћајнице подељен са дужином трасе. Коefицијент је добијен коришћењем додатног алата за ГИС - *LINE RASTER INTERSECTON STATISTICS*. Овај алат омогућава да се траса саобраћајнице (представљена векторски) анализира у односу на растер, тј. омогућава сабирање вредности свих пиксела преко којих прелази линија и рачуна средњу вредност свих пиксела по траси према једначини (**Length weighted mean**):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \times v}{L}$$

где је:  $l$  – дужина сегмента трасе,  $v$  – вредност пиксела и  $L$  – укупна дужина трасе

На овај начин се добија коефицијент подобности пројектоване трасе и он се читава из табеле атрибута векторског документа у ком су исцртане трасе саобраћајница.

У раду су анализиране четири различите трасе, од којих су две постојеће (изграђене) и две предложене. Добијени резултати су приказани у табели бр. 2

Најповољнији коефицијент има траса 1, тј. постојећи пут, док најнеповољнији има траса број 3. Овакви резултати су оправдани јер постојећи пут “пролази” великим делом долином реке, док би за реализацију трасе три морали бити изграђени тунели, препусти и мостови због конфигурације терена преко којег прелази али би морала и да се врши санација клизишта и нестабилних косина који су такође на тој траси. Железничка пруга има доста

Табела 2. Резултати анализе

бр. трасе	дужина L	коэффициент $\bar{x}$	напомена
1	9,6 km	188	постојећи пут
2	9,06 km	234	постојећа пруга
3	9,104 km	243	предложена траса
4	7,198 km	209	предложена траса

неповољан коефицијент у односу на постојећи пут и трасу број 3, што је такође оправдан резултат ако се у обзир узму потешкоће које су се јавиле приликом градње и експлоатације железничке пруге на овој деоници.

### Визуелизација Модела

Предност коришћења ГИС програма, поред коришћења алата за анализу је и веома брза, једноставна и квалитетна визуелизација модела са пратећим садржајем. У овом раду је финални модел приказан као карта скупног утицаја инжењерско-геолошких чинилаца за изградњу саобраћајница. Да би се добио инструктивнији тј. реалистичнији изглед карте, у програму ArcGIS је на основу ДЕМ-а урађена рељефна карта којој је претходно повећана транспарентност, чиме је карта добила псеудо тродимензионални изглед. На карти су приказани и положаји постојећих и предложених саобраћајница као и легенда (слика 2).

### Закључак

У путоградњи је од велике важности пажљиво анализирање варијанти траса саобраћајница и одабране најпогодније са инжењерскогеолошког ас-

пекта. На тај начин се неповољне варијанте одмах на почетку, одбацују што доприноси рационалном пројектовању. Обзиром на велики број различитих информација, класичан приступ при њиховој обради захтева дуготрајан рад. Применом ГИС технологије тај недостатак је отклоњен. Осим тога, ГИС омогућује чување информација и њихово касније коришћење у било којој фази истраживања. Циљ овог рада је управо био да покаже предност ГИС-а у односу на класичан приступ вишекритеријумске анализе инжењерскогеолошких чинилаца при одабирању најпогодније варијанте саобраћајнице.

### Литература

- БАЛИЋ, Д., ГОЛГИЋ, Д. 1971. Утицај инжењерскогеолошких истраживања на избор трасе пруге Београд-Бар на делу од Пријепоља до Гостуна. *Симпозијум о изградњи њруће Београд-Бар*, Златибор.
- VOŽENÍLEK, V. 2000. Landslide modeling for natural risk/hazard assessment with GIS. *Geographica, Acta Universitatis Carolinae*, 145–155.
- ЈЕВРЕМОВИЋ, Д. 2009. Методе инжењерскогеолошких истраживања. Материјали за полагање испита.
- ЈЕВРЕМОВИЋ, Д., СУНАРИЋ, Д., ЂОРИЋ, С. 1984. Приказ резултата новијих истраживања клизишта код моста Лим-2 у близини пријепоља. *Зборник реферата VIII Југословенског симпозијума о хидрогеологији и инжењерској геологији*, Будва.
- ЈОВАНОВИЋ, В., ВЛАХОВИЋ, М., ВУЛАНИЋ, В., ПРАХ, Л. 1977. Израда синтетских инжењерско-геолошких карата за избор најповољније варијанте ауто-путева. *Часопис института за њушеве*, Београд, 5–13.
- МАРЈАНОВИЋ, М. 2008. Моделовање утицаја својстава геолошке средине на стабилност северо-западних падина Фрушке Горе. Дипломски рад.
- FERHATBEGOVIĆ, E., KIKANOVIĆ, N., AVDIĆ, A. 2007. Valorizacija zemljišta u GIS-u u svrhu odabira optimalne trase. *Zbornik radova međunarodnog naučnog skupa "Uticaj prometa na regionalni razvoj Bosne i Hercegovine i susjednih zemalja"*.



## Study of Morphology of Calcium Carbonate Precipitates and Determination of Phases

Studija morfologije sintetičkog kalcijum karbonata i kvantifikovanje faza

STEFAN MARKOVIĆ<sup>1</sup>

**Abstract.** This paper presents a methodology for quantitative determination of calcium carbonate using XRD and its application in combination with SEM imaging in a test study of transformation and recrystallization of calcium carbonate phases.

X-ray diffractometer was calibrated using binary mixtures with known concentration of calcite/vaterite and calcite/aragonite. Calibration graphs were constructed using the 104 reflection of calcite, the 221 reflection of aragonite and the 110 reflection of vaterite. The relative errors for the weight % determination in the binary mixtures of calcite and vaterite were 1–5% for vaterite and 1–7% for calcite. In ternary mixture (35% aragonite, 33% calcite, 32% vaterite) relative errors were 11%, 14% and 3% for aragonite, calcite and vaterite respectively.

Synthetic calcium carbonate was precipitated from supersaturated aqueous solutions of calcium chloride and sodium carbonate. Molar ratio of Ca:CO<sub>3</sub> was constantly 1:1 and time of reaction was varied from 0 (immediate filtering) to 4h.

Phases of each precipitate and their morphologies were examined by the SEM secondary electron imaging. Observed vaterite crystals had bubble-like spherical morphologies. Calcite crystals morphologies were characterized by complex twinning patterns and complex aggregates. Crystals with complex shapes related to transformation of vaterite were also observed.

**Key words:** calcite, vaterite, aragonite, XRD calibration, SEM, crystal morphology.

**Apstrakt.** Ovaj rad predstavlja metodologiju za kvantitativno određivanje kalcijum karbonata pomoću XRD metode i njenu aplikaciju u kombinaciji sa SEM metodom u test studiji transformacije i rekristalizacije kalcijum karbonata.

Rendgenski difraktometar je kalibrisan pomoću dvojnih mešavina sa poznatim koncentracijama kalcita/vaterita i kalcita/aragonita. Kalibracione krive su dobijene koristeći intenzitete za 104 refleksiju za kalcit, 221 refleksiju za aragonit i 110 refleksiju za aragonit. Relativne greške u težinskim procentima za smešu kalcit/vaterit su bile 1–5% za vaterit i 1–7% za kalcit. U trojnoj smeši (35% aragonit, 33% kalcit, 32% vaterit) relativne greške su bile 11%, 14% i 3% za aragonit, kalcit i vaterit respektivno.

Sintetički kalcijum karbonat je taložen iz prezasićenih vodenih rastvora kalcijum hlorida i natrijum karbonata. Molar- ni odnos Ca:CO<sub>3</sub> je konstantno bio 1:1 dok je vreme reakcije varirano od 0 (neposredno filtriranje) do 4h.

Morfologija kristalnih faza je ispitivana na skenirajućem elektronskom mikroskopu (SEM). Kristali vaterita se karakterišu sfernim formama. Karakteristično za kalcit su kompleksni oblici bližnjenja i kompleksni agregati. Složeni oblici koji potiču od transformacije vaterita u kalcit su takođe uočeni.

**Ključne reči:** kalcit, aragonit, vaterit, rentgen-strukturna analiza, kalibracija, SEM, morfologija kristala.

### Introduction

Three water-free phases of calcium carbonate are present in nature: vaterite, aragonite and calcite. Vaterite and aragonite are precursor phases for calcite which is the most stable phase. However, the initial phase to crystalize is amor-

phous calcium carbonate (ACC). Transition times from ACC to vaterite or calcite are short and it is difficult to preserve (KOGA *et al.* 1998; NEBEL *et al.* 2008).

At temperatures between 0 and 25° C all three crystalline phases may precipitate ALBRIGHT (1971) and relative amount of each is dependent on the supersaturation state,

<sup>1</sup> 5th year student of the Faculty of Mining and Geology, The University of Belgrade; research was done at the Institute of Geosciences, The University of Oslo. E-mail: stefan.markovitch@hotmail.com

time of reaction and presence of impurities and additives (SHENG HAN *et al.* 2006; SPANOS & KOUTSOUKOS 1998; TENG *et al.* 2000).

Scanning electron microscopy (SEM) secondary electron imaging and X – ray diffraction (XRD) analysis are compatible methods for characterization of precipitates. SEM allows morphological and qualitative analysis of material. It is best used for qualitative analysis of carbonate mixtures. Additionally, this method provides estimates of the amount of each phase. However, transformation, which is often not accompanied by complete change of shape, makes SEM studies unreliable for determination and quantification. In order to obtain quantitative results X-ray diffraction technique can be used KONTROYANIS & VAGENAS (2000).

Here is described a methodology for quantitative determination of calcium carbonate using XRD. In addition, a test study of transformation and recrystallization of calcium carbonate phases combining XRD quantification and SEM imaging is presented.

## Methods and Materials

Reacting solutions were made using pro analysis grade  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  and  $\text{CaCl}_2$  dissolved in triple distilled water (triple distilled). Mixing was done in glass beaker at low temperature in the ice filled bath. Temperature was kept constant (although slight variations 0.5–1.2° C were still present) and changed only briefly during filtration. Upon designated reaction time mother solutions were filtered through millipore filters (pore size 0.22 micron). Filtrates were washed with ethanol and dried for 2h at 65° C.

SEM secondary electron imaging was done on JEOL JSM 6460LV with LINK INCA EDS - (Energy Dispersive X-ray System) at the University of Oslo.

Samples for XRD analysis were prepared by smearing small amount of material (10–50 mg) on glue covered quartz plate. XRD analysis was done on Philips X'Pert MPD diffractometer. The scanning speed was 2s per 1°; 2 theta ranges were 2–65°.

## XRD standards and calibration methodology

Vaterite standards were prepared according to the method described in BAITALLOW *et al.* (1998). XRD patterns of the standard precipitates didn't show any peaks of calcite, but presence of small amount of calcite cannot be excluded. This was confirmed when several rhombohedral calcite crystals were detected by SEM. However, repeated XRD analyses showed no calcite peaks.

Synthetic calcite was produced by method described in KONTROYANIS & VAGENAS (1999). Vaterite peaks were not detected in its XRD spectrum.

Aragonite standard was made by crushing natural aragonite crystal provided by mineral collection of the Natural History Museum at the University of Oslo. Crystal was

crushed in steel mortar and then pulverized in steel mill. Corresponding XRD spectra of the powder showed no peaks of calcite.

A series on binary mixtures were made in ethanol in order to achieve the highest possible homogeneity. Mixtures were dried at room temperature for 3–4 h. If we assume that the specimen is a homogeneous mixture of two components (i.e. extinction and absorption effects can be neglected):

$$\frac{I_a}{I_b} = L \times \frac{X_a}{X_b} \quad (1)$$

where  $L$  is a proportionality constant, which depends on the mineral species and the mass absorption coefficient of the species present.  $I_a/I_b$  represents the ratio of the intensities of two selected XRD peaks in a mixture and  $X_a/X_b$  is the mass fraction ratio of the two substances. Peak intensities are determined using X'pert software package.

## Results and discussion

### XRD Calibration

For the calcite–aragonite mixture the calibration equation was defined by linear regression using the reflection peaks at 104 (29.5° 2q) for calcite and 221 (45.9° 2q) for aragonite

$$\frac{I_{104}}{I_{221}} = 6.187 \times \frac{X_c}{X_a} \quad (2)$$

The correlation coefficient,  $R^2$  was 0.945. (Fig. 1 B)

The calibration graph of the mixture calcite–vaterite was constructed by choosing the reflection peaks at 104 for calcite and 110 (25.0° 2q) for vaterite. The calibration line can be described by the following relationship:

$$\frac{I_{104}}{I_{110}} = 16.56 \times \frac{X_c}{X_v} \quad (3)$$

The correlation coefficient,  $R^2$ , was 0.993. (Fig. 1 A)

If we assume that  $X_c + X_a + X_v = 1$ , from (2) and (3), in ternary mixtures, molar fraction of each phase can be described as:

$$X_a = \frac{6.187 \times I_{221}}{I_{104} + 6.187 \times I_{221} + 16.56 \times I_{110}}$$

$$X_c = \frac{I_{104} \times X_a}{6.187 \times I_{221}}$$

$$X_v = 1 - X_c - X_a$$

The validity of calibration was tested on XRD spectra of several mixtures (Table 1). The relative errors for the w% determination in the binary mixtures of calcite and vaterite

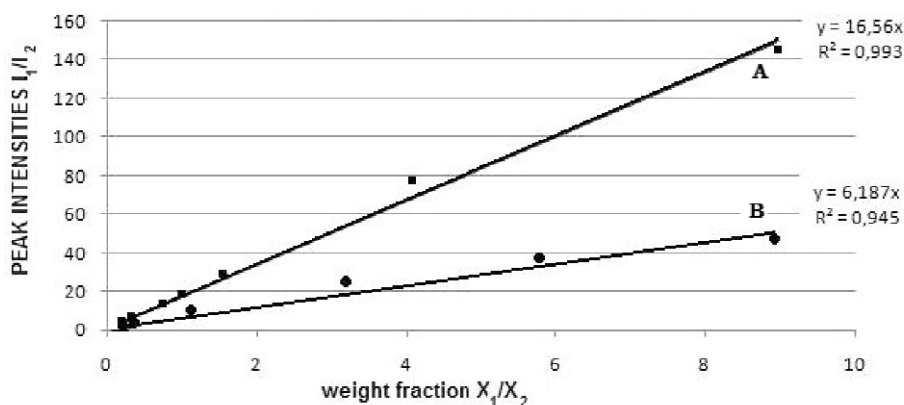


Fig. 1. Calibration curve based on integrated peak intensity analysis for mixtures of calcite and vaterite (A) and calcite and aragonite (B)

Sl. 1. Kalibraciona kriva za smeše kalcita i vaterita (A) i kalcita i aragonita (B)

were 1–5% for vaterite and 1–7% for calcite. In ternary mixture (35% aragonite, 33% calcite, 32% vaterite) relative errors were 11%, 14% and 3% for aragonite, calcite and vaterite respectively.

(10 mM) increases from 4% (immediate filtration) to 47 % (after 4h reaction).

When we have lower supersaturation (5 mM solutions) less nuclei form initially, which is a condition favoring cal-

Table 1. Calibration equation check (r-error: relative error in %).

Tabela 1. Provera kalibracione jednačine (r-error: relativna greška u %)

sample	calculated w% of vaterite	calculated w% of calcite	calculated % of aragonite	real w% vat	real w% arag	real w%calc	R-error vaterite	R-error calcite	R-error aragonite
1	19.01	80.99		20.1		79.9	5.73	1.36	
2	51.63	48.37		50		50	3.16	3.26	
3	89.18	10.82		89.9		10.1	0.81	7.13	
4	31.21	37.65	31.14	32.06	34.86	33.08	2.72	13.81	10.67

## Crystalization and transformation at varying conditions

In this study the composition of precipitating solution and time of reaction were varied. Two types of mixtures were prepared: mixing equal amounts of 10 mM  $\text{CaCl}_2$  and  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  or 5 mM solutions, therefore keeping  $\text{Ca}:\text{CO}_3$  constantly at 1:1. Temperature was kept low in order to inhibit transformation of unstable forms to calcite, i.e., by slowing down processes which are instants at room temperature conditions. Time of reaction was varied from 0 (immediate filtering) to 4 h.

At higher supersaturation (10 mM solutions), many nuclei form and quickly agglomerate (framboidal or spherical particles of vaterite-in Figure 2: a-). This is to fulfill the lowest possible energy requirement (SHENG HAN *et al.* 2006). However, these agglomerates are very unstable and over time dissipate. Mechanism of this transformation is described in SPANOS & KOUTSOUKOS (1998) and NEHRKE *et al.* (2006). In addition to agglomerations some vaterite crystals manage to grow into solid spherical particles NEHRKE *et al.* (2006). Those are likely to remain stable for a longer time and this is best observed in precipitates formed at lower supersaturation (5 mM solutions). Transformation to calcite is presented in Figure 2 C where several large

cite crystallization (Fig. 2 D–E). The equilibrium is reached fast and early formed vaterite spheres (up to 20 microns in diameter) are stable and remain unchanged over time (Fig. 2 D–E). As a result, calcite content remains virtually the same over time with values between 84–90%.

## Conclusion

Here is described a methodology for quantitative determination of calcium carbonate phases using XRD analysis and its application in combination with SEM in a test study of calcium carbonate precipitates formed at controlled conditions. The method presented provides reliable quantitative data – relative errors in ternary mixture (35% aragonite, 33% calcite, 32% vaterite) were 11%, 14% and 3% for aragonite, calcite and vaterite respectively. Important advantage of XRD quantification is the very small amount of precipitate (10–50 mg) that can be analyzed, which is also recoverable.

## Acknowledgements

The author wishes to express his most sincere gratitude to Berit Løken Berg and Mufak Naoroz for their help about

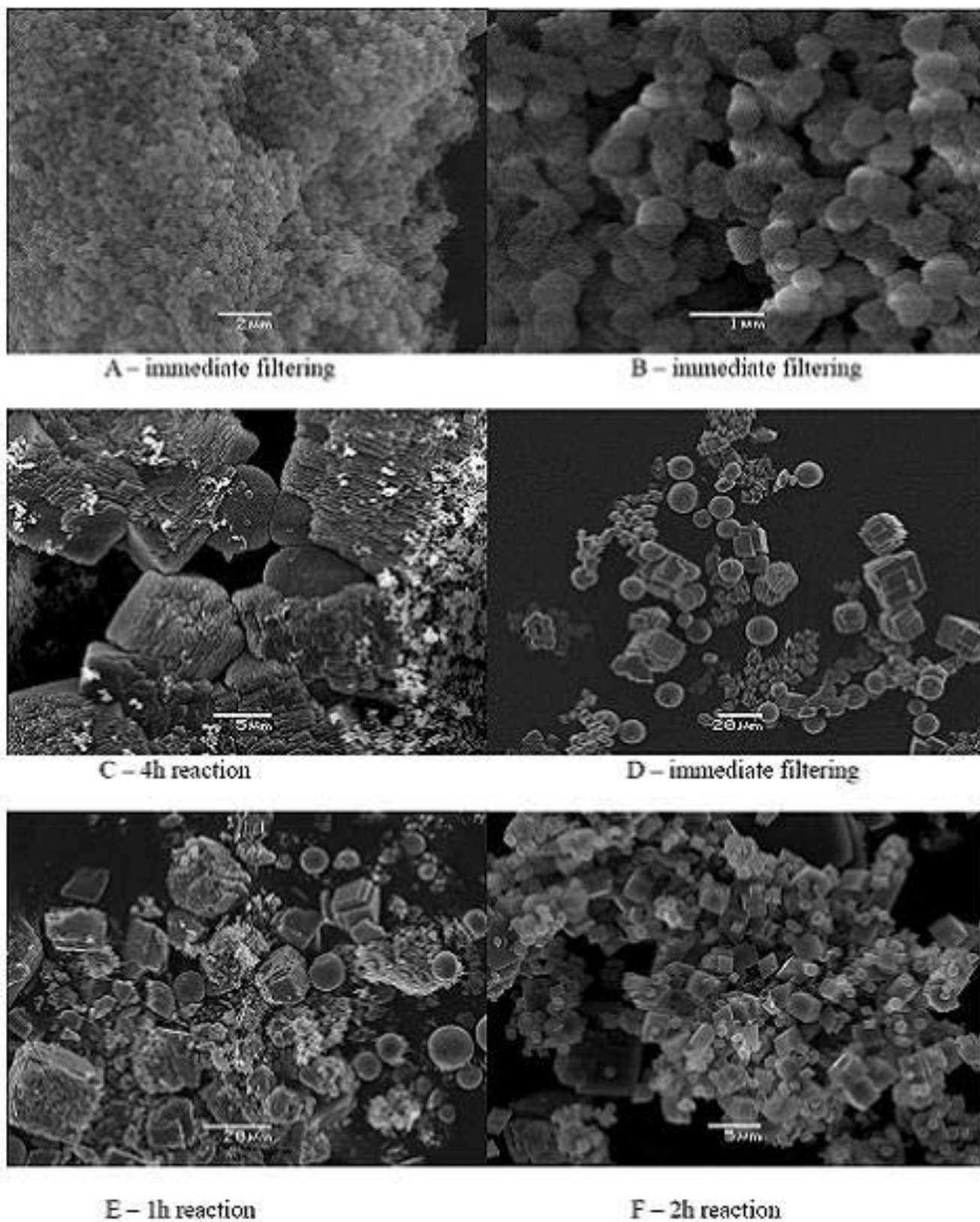


Fig. 2. Selected SEM SE images. A–C: 10 mM  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  + 10 mM  $\text{CaCl}_2$ ; D–F: 5 mM  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  + 5 mM  $\text{CaCl}_2$   
 Sl. 2. SEM slike A–C: 10 mM  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  + 10 mM  $\text{CaCl}_2$ ; D–F: 5 mM  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ +5 mM  $\text{CaCl}_2$

lab work and sample preparation and analysis and Per Aagaard, Helge Hellevang, Ewa Sokolska and Julien Declerq for discussion, recommendations and useful guides.

## References

- ALBRIGHT, J.N. 1971. Vaterite stability. *The American Mineralogist*, volume 56.
- BAITALOW, F., WOLF, G. & SCHMIDT, H.G. 1998. Thermochemical Investigations of Calcium Carbonate Phase Transitions I. Thermal activated vaterite—calcite transition, Akadémiai Kiadó – Springer Science., formerly Kluwer Academic Publishers, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, volume 52.
- DICKINSON, S. & GRATH, M. 2001. Quantitative determination of binary and tertiary calcium carbonate mixtures using powder X-ray diffraction, *Analyst*, 126, 1118–1121.
- KONTOYANIS, C.G. & VAGENAS V., 2000. Calcium carbonate phase analysis using XRD and FT-Raman. *Analyst*, 125, 251–255.
- KOGA, N., NAKAGOE, Y. & TANAKA, H. 1998. Crystallization of amorphous calcium carbonate. *Thermochimica Acta*, 318 (1–2), 239–244.
- NEHRKE, G., VAN CAPPELLEN, P. & VAN DER WEIJDEN, C.H. 2006. Framboidal vaterite aggregates and their transformation into calcite: A morphological study. *J. Crystal Growth*, 287, 528–530.
- NEBEL, H., NEUMANN, M., MAYER, C. & EPPLE, M., 2008. On the Structure of Amorphous Calcium Carbonate—A Detailed Study by Solid-State NMR Spectroscopy. *Inorganic chemistry*, 47, 7874–7879.
- NISSENBAUM, J., STIPP S.L.S. & JOHNSON, A. 2008. Transformation of calcium carbonate polymorphs; preliminary results (in *Geochemistry of the Earth's surface*, Hodson.). *Mineralogical Magazine*, 72 (1), 473–476.
- SHENG HAN, Y., HADIKO, G., FUJI, M. & TAKAHASHI, M. 2006. Crystallization and transformation of vaterite at controlled pH. *Journal of Crystal Growth*, 289 (1), 269–274.
- SPANOS, N. & KOUTSOUKOS, P.G. 1998. The transformation of vaterite to calcite: effect of the conditions of the solutions in contact with the mineral phase. *Journal of Crystal Growth*, 191 (4), 783–790.
- TENG, H.H., DOVE, P.M. & DEYOREO, J.J. 2000. Kinetics of calcite growth: Analysis of surface processes and relationships to macroscopic rate laws. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 64, 2255–2266.



## Геологија терена у околини Лазаревог кањона код Злота (Источна Србија)

### Geology of the Lazar's Canyon Vicinity of Zlot - Eastern Serbia

ИВАНКА МИТРОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Околина Лазаревог кањона је карактеристична по литолошкој и стратиграфској разноврсности стена. Изражен рељеф указује на интензивну тектонску активност. У карбонатним творевинама, које изграђују централни и највећи део истраживаног терена, по руптурним елементима долази и до развоја значајних, карстних и карстно-флувијалних геоморфолошких облика. Геолошки диверзитет даје посебну особеност овом подручју.

**Кључне речи:** стратиграфија, тектоника, геоморфологија, источна Србија.

**Abstract.** The area around Lazar's Canyon (E. Serbia) has different lithological and stratigraphical rock characteristic. Relief indicate about intensive tectonic activity. In carbonates, which construct the central part of research area, existing ruptures become underground water runoff trends, forming different geomorphological karst shapes. Geological diversity gives particularity to this area.

**Key words:** stratigraphy, tectonics, geomorphology, eastern Serbia.

### Увод

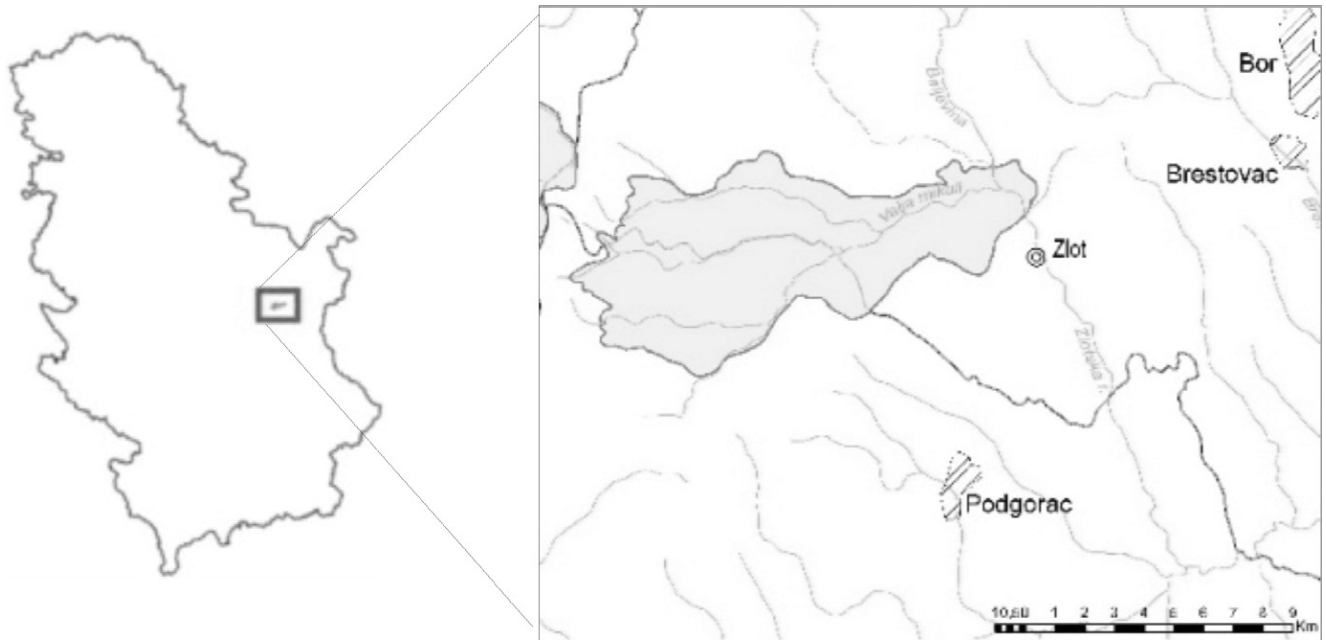
У раду су представљени резултати истраживања околине Лазаревог кањона. Спроведено геолошко истраживање околине је подразумевало обједињење литературних података са новим подацима, добијеним теренским и лабораторијским радом. Микропалеонтолошка анализа је вршена у циљу бољег познавања биостратиграфије доње креде. Узорци стена су узети дуж пешачке стазе на левој кањонској страни. Израда палеонтолошких препарата и њихово фотографисање, извршено је на Рударско-геолошком факултету, Департман за Геологију, док су микропалеонтолошке анализе обављене у лабораторији Факултета за Екологију и Заштиту животне средине, Универзитета Унион. Кабинетским радом су обрађене карте и теренски подаци и урађени структурни дијаграми.

Лазарев кањон се налази на источним обронцима Кучајских планина, у атару села Злот, југоисточно од града Бор (сл. 1). Северна граница истражног терена се може повући потоком Удубашница, западна је састав трију река Микуља, Веја и Деми-

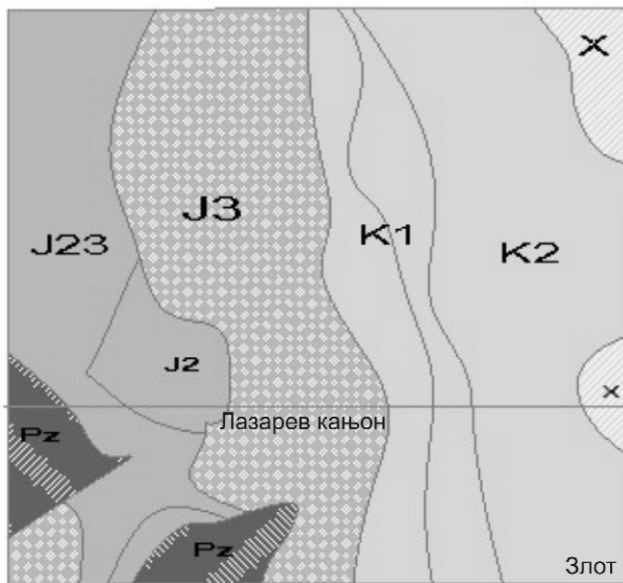
жлока, јужну чине северне падине Великог Малиника, а на истоку је Злотска река.

Прва геолошка истраживања вршена су у циљу добијања рударско-металуршки корисних података. Крајем деветнаестог и почетком двадесетог века почињу геолошка истраживања са ЦВИЛИЋЕМ (1889) који испитује крш Источне Србије, и ЖУЛОВИЋЕМ (1889) који даје рејонизацију геолошко-географских целина. ПЕТКОВИЋ (1930) даје прву тектонску реонизацију терена, описујући, између осталих, и навлаку Ртња и Кучаја. У периоду од 1950/70. врше се различита геолошка истраживања у циљу израде Основне геолошке карте, као што су палеогеографија јуре (АНТОНИЈЕВИЋ и МИЛОШАКОВИЋ, 1960) и старијег палеозоица централног Кучаја (КРСТИЋ 1960). ЈАНКИЧЕВИЋ (1978) дефинише појам “ургон” Карпато-балканида и фације унутар тог комплекса. Палеоеколошке карактеристике јуре дубље анализирају АНЂЕЛКОВИЋ и МИТРОВИЋ-ПЕТРОВИЋ (1990). SUDAR *et al.* (2008) биостратиграфски анализирају фораминифере и ехиниде ради раздвајања барема и апта.

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, 11000 Београд. E-mail: ivanka.mitrovic@gmail.com



Сл. 1. Географски положај подручја истраживања  
Fig. 1. Geographical position of the investigated area



Сл. 2. Геолошка грађа терена, Легенда: Pz – палеозоик, J2 – средња јура, J23 – средња и горња јура, J3 – горња јура, K1 – доња креда, K2 – горња креда, X – интрузиви.  
Fig. 2. Geological characteristics of the investigated area, Legend: Pz – Paleozoic, J2 – Middle Jurassic, J23 – Middle and Upper Jurassic, J3 – Upper Jurassic, K1 – Lower Cretaceous, K2 – Upper Cretaceous, X – Intrusive rocks.

Подручје истраживања чине две структурно-фацијалне јединице: Кучајска и Тимочка, које су делови Гетског пакета навалака (сл. 2). Кучајска зона има дуг геолошки развој, те су откривене тво-

ривине од прекамбријума до креде, са прекидима у седиментацији. Тимочка зона, карактеристична по вулcano-седиментном саставу, свој развој започиње тек крајем доње креде.

Стене протерозојске и доњокамбријумске старости су откривене у јужном делу терена, у виду метаморфисаних вулканогено-седиментних творевина. Ордовицијум је откривен у западном делу терена, теригеног је састава, накнадно метаморфисан. Јурски седименти обухватају централни део подручја истраживања. Догер је теригено-карбонатног састава. Малм је представљен фацијом кречњака са рожнацима, на коју се наставља фација масивних, спрудних и субспрудних кречњака, богатих фауном (РАБРЕНОВИЋ и ЈАНКИЧЕВИЋ 1993)

Доња креда представља наставак јурског оплићавања, а чине је спрудне и спрудне творевине које указују на ширу зону плиме и осеке (АНЂЕЛКОВИЋ 1975). Крајем апта долази до регресије, а нов циклус седиментације обележавају глауконитски пешчари и почетак вулканске активности на подручју Тимочке зоне. У све три фазе вулканизма доминира андезитски састав вулканита, који се смењује са плитководним седиментима.

Палеогене творевине су представљене вулкани-тима ларамидске фазе.

Квартар је представљен алувијалним, делувијалним и пролувијалним творевинама, међутим, највећи значај имају пећински седименти.

Кучајска и Тимочка зона представљају два структурно хомогена блока који се налазе у тектонском контакту, који чини Злотска дислокација, односно Злотски расед (сл. 3). Кучајска зона је најмар-





Сл. 3. Поглед са Дубашнице на излазни део Лазаревог кањона и северни део села Злот, тј. западни део Тимочке зоне  
Fig. 3. view from Dubašnica to the opening of Lazar Canyon and Northern part of the Zlot Village, ie. Western part of the Timok Zone

кантнија зона Карпато-балканида источне Србије, пружа се правцем север-југ. Тимочка зона је млада вулканогено-седиментна зона у централном делу Карпато-балканског лука, правца ССЗ–ЈИ. Наставља се у средњогорску зону Бугарске, па се даље преко Турске и Ирана наставља као део планетарног опасача југа Азије. Истовремено представља и део бакроносног светског појаса (ЂОРЂЕВИЋ и БАЊЕШЕВИЋ 1997).

## Дискусија

У микропалеонтолошким препаратима је констатована фораминиферска асоцијација, која нема значај за раширљивање доње креде, због великог стратиграфског распрострањења. Изузетак је препарат број 6. (сл. 4), изграђен од биолитокластичних кречњака (wackstone/packstone), са фораминиферима, микрогастроподима и њиховим фрагментима. Одређене су: *Earlandia? conradi* ARNAUD-VANNEAU & THIEULOY, *Mayncina bulgarica* LAUG, *Neotrocholina aff aptiensis* IOSEVA, *Orbitolinopsis buccifer* ARNAUD-VANNEAU & THIEULOY, *Orbitolinopsis* sp., *Nezzazata* sp, *Neotrocholina* sp., као и бројни ситни милиолиди и текстулариформни фораминифери. Значајан је налазак орбитолинске врсте *Orbitolinopsis buccifer*, који је познат из барема и доњег апта француских и шпанских Пиринеја, а у источној Србији до сада је нађена у доњем барему околине Ниша (ПОЛАВДЕР 2005) и горњем барему-доњем апту околине Бољевца. SUDAR *et al.*, (2008) су покушали да реше проблем повлачења границе између барема и апта, у околини Бољевца, издвајајући три фораминиферске асоцијације:

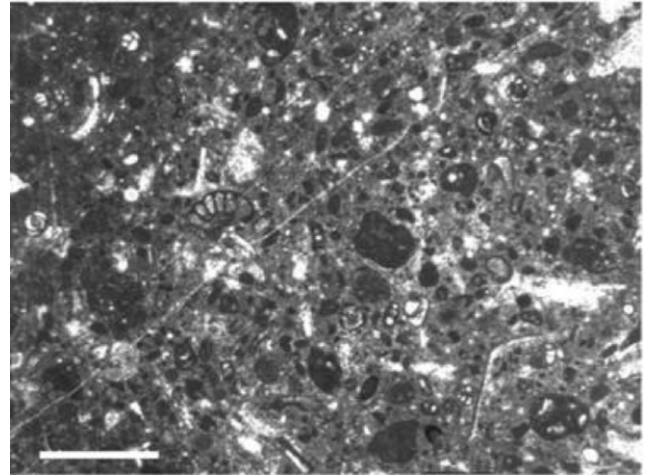
1. барем: *Charentia curvillieri*, *Praereticulinella curvillieri*, *Neotrocholina cf. friburgensis*;

2. барем-апт: *Melathrokerion valserinensis*, *Choffatella decipiens*, *Sabaudia minuta*, *Orbitolinopsis buccifer*; *O. gr. curvillieri kiliani*, *Neotrocholina cf. aptiensis*, *Palorbitolina lenticularis*;

3. апт: *Mayncina bulgarica*, *Sabaudia cf. briacensis*, *S. capitata*.

Међутим, како се неки таксони из различитих асоцијација појављују заједно, није било услова за повлачење границе барем–апт.

*O. buccifer* је у препарату број 6. нађен у асоцијацији са фораминиферима: *Mayncina bulgarica* и



Сл. 4. Микропалеонтолошки препарат број 6. (размерник 1 mm)

Fig. 4. Micropaleontological section No 6. Scale bar 1 mm.

*Earlandia? conradi*. Како је стратиграфско распрострањење врсте *M. bulgarica* валендин–алб, а врсте *E. conradi* горњи барем и апт (SUDAR *et al.* 2008), закључује се да је старост кречњака у примерку 6. горњи барем–доњи апт. Може се рећи да, иако су SUDAR *et al.* (2008) раздвојили *O. buccifer* и *M. bulgarica* у две различите фораминиферске асоцијације, њихова заједничка појава на истраживаном подручју, упућује на сличне услове седиментације ова два локалитета.

Анализом структурних података, терен је подељен на два хомогена блока – Кучајски и Тимочки, а у оквиру Кучајског блока, раздвојени су доњи и горњи структурни спрат. Доњи, протерозојске и палеозојске старости, и горњи, мезозојске старости. Подручје истраживања се налази на источном крилу кучајско-бељаничке периклинале. У доњем структурном спрату, уочени су фолијација и шкриљавост. Поред малог броја података, на дијаграму се запазио δ-појас, који указује на â-осу склопа, по правцу СИ–ЈЗ. Два слабо изражена максимума у СЗ квадранту, указују на преврнуте наборе високог индекса набирања са СЗ вергенцом. За горњи структурни спрат, рађена је статистичка обрада елемената пада слојних површи, која указује на

аксијалну симетрију склопа, што је очекивано за крило периклинале. На основу контурног дијаграма, 1s-типа, може се закључити да слојеви падају ка истоку, под благим углом. Тимочки структурни блок, налази се у крајњем источном делу карте, представља тектонски ров, у којем се током горње креде одвијао вулканизам. На контурном дијаграму статистичких положаја слојних површи седимената, закључено је да је дијаграм 1s-типа и да слојеви генерално тону ка североистоку. Слично се простиру и слојеви горњег структурног спрата кучајске јединице, што указује на могућа заједничка кретања ова два блока, након завршетка вулканске фазе.

### Закључак

Подручје истраживања се налази у источној Србији, у атару села Злот. Изграђено је од стена различите старости и састава. Биостратиграфска истраживања препарата из седимената доње креде потврдила су доњокредну старост стена и представила су микрофосиле који претходно нису констатовани на тим локалностима (фораминифере), али су била недовољна за детаљнија биостратиграфска рашчлањивања. Урађени су структурни дијаграми слојних површи и раседних структура истражног подручја, чиме је потврђено да су генерани правци неотектонских раседања СИ–ЈЗ и СЗ–ЈИ.

Збиром теренских, лабораторијских и кабинетских истраживања, потврђена су нека претходна истраживања и добијени су нови подаци, који отварају следећа испитивања:

- детаљнија анализа микрофосилних асоцијација мезозојских седимената
- нова биостратиграфска испитивања палеозојских творевина
- нова палеонтолошка испитивања у пећинским седиментима
- израда фотогеолошких карата и анализа сателитских снимака

### Захвалности

Аутор се захваљује свима који су помогли у истраживању, посебно Светлани Полавдер око лабораторијских анализа.

### Литература

- АНЂЕЛКОВИЋ, М. 1975. Доња креда, *Геологија Србије, Стирајинџграфија, Мезозоик*. Завод за регионалну геологију и палеонтологију Рударско-геолошког факултета, Београд.
- АНЂЕЛКОВИЋ, М. и МИТРОВИЋ-ПЕТРОВИЋ, Ј. 1990. Палеогеографски развој Карпато-балканске области у току горње јуре. *Геолошки анали Балканскога полуострва*, 54: 53–59.
- АНТОНИЈЕВИЋ, И. и МИЛОШАКОВИЋ, Р. 1960. Геолошки стуб Кучаја. *Весник завода за геолошка и геофизичка истраживања*, геологија, 18 (А): 93–102.
- БОРЂЕВИЋ, М. и БАЊЕШЕВИЋ, М. 1997. *Геологија јужног дела Тимочке ерујинивне области*. Савезно министарство за привреду, Београд.
- ЖУЛОВИЋ, Ј. 1889. Основи за геологију краљевине Србије. *Геолошки анали Балканскога полуострва*, 1.
- ЈАНКИЧЕВИЋ, Ј. 1978. Баремски и аптски кат у средњим деловима Карпато-балканида источне Србије са посебним освртом на ургонско развиће. *Геолошки анали Балканскога полуострва*, 42: 103–194.
- КРСТИЋ, Б. 1960. Старопалеозојске творевине централног Кучаја. *Весник завода за геолошка и геофизичка истраживања*, Геологија, 18 (А): 53–62, Београд.
- ПЕТКОВИЋ, В. 1930. О тектонском склопу Источне Србије. *Гласник Српске краљевске академије*, 67: 149–188, Београд.
- ПОЛАВДЕР, С. и РАДУЛОВИЋ, Б. 2005. Микрофосили и брахиоподи из доњег барема Преконога. *Геолошки анали Балканскога полуострва*, 66: 55–61.
- РАБРЕНОВИЋ, Д. и ЈАНКИЧЕВИЋ, Ј. 1993. Граница јура–креда у Карпато-балканидима Србије. *Геолошки анали Балканскога полуострва*, 57 (1): 59–70.
- SUDAR, M., JOVANOVIĆ, D., MARAN, A. & POLAVDER S., 2008. Late Barremian – Early Aptian Urgonian limestones from the south-eastern Kučaj Mountains. *Geološki anali Balkanskoга poluostrva*, 69: 13–30.
- ЦВИЛИЋ, Ј. 1889. *Ка познавању криша Источне Србије*. Просветни гласник, Београд.

## Хидрогеолошки услови формирања подземних вода у сливу Петничког врела

ДЕЈАН НЕШКОВИЋ<sup>1</sup>

Истраживање слива Петничког врела је изведено са задатком утврђивања хидрогеолошких структура и карактеристика истраживаног терена, а у циљу одређивања услова у којима се формирају и начина на који се врши миграција подземних вода на истраживаном терену. У раду су сагледане квалитативне и квантитативне карактеристике подземних и површинских вода на овом подручју као и филтрационе карактеристике водоносне средине.

Геолошка грађа, као подлога за детаљнија хидрогеолошка истраживања је преузета из ранијих истраживања изведених на овом подручју, Мојсиловић *и др.* (1975). Оцена биланса подземних вода је извршена на основу стандардних хидролошких метода, мерењем протицаја и издашности на изворима, водотоковима и истражно – експлоатационим бунарима, прикупљањем података о падавинама, као и употребом емпиријских једначина, Крешић (1991). Такође је вршена интерпретација резултата опита црпења са постојећих истражно – експлоатационих бунара ИЕВРt-2 у власништву СО Ваљево, те Рt-3 и Рt-4, у власништву пунионице воде „Вујић“. Интерпретација је вршена у циљу разумевања праваца кретања подземних вода, хидрауличке повезаности и међусобног утицаја постојећих водозахватватних објеката као и оцене резерви. Извршене су хемијске и микробиолошке анализе узорака површинских и подземних вода на истражном подручју на основу којих је одређен њихов квалитет, као и хидрауличка повезаност површинских вода и вода из карстне издани.

По погледу геолошке грађе, терен је изграђен од кречњака тријаске старости који су на северном делу истражног подручја прекривени језерским седиментима неогене старости, представљеним глинама, ситнозрним песковима и лапорцима. На њиховом контакту се налази Петничко врело. Геоелектрична испитивања указују на постојање стрмог раседа дуж контакта кречњака и миоценских седимената као и на мањи број разлома унутар самих миоценских творевина, Коматина (2001).

Са хидрогеолошког аспекта, издвајамо издани у неогеним седиментима и карстни тип издани. Неогени комплекс карактерише сложени тип издани условљен сменом глина као изолатора и пескова као хидрогеолошког колектора. Подаци о издашности ових слојева не постоје због тога што нема објеката који дренирају овај комплекс. Карстни тип издани је формиран у кречњацима тријаске старости који су тектонски општењени, карстификовани и са високим степеном водопропусности. Све хидрогеолошке појаве и објекти обухваћени овим истраживањем дренирају поменути карстну издан.

Испитивањем хемисјког састава утврђено је да су воде на истражном подручју хидрокарбонатно-калцијумске, средње минерализације и повећане тврдоће. У узорцима узетих са површинских токова су присутне повећане концентрације нитратних, нитритних и амонијум-јона, што представља потврду ранијих хидрохемијских истраживања, Папић *и др.* (1991, 1998). У узорцима воде са истражно-експлоатационих бунара нема повишених концентрација поменутих јона што се може објаснити слојем неогених седимената велике дебљине које у овом случају представљају природну заштитну баријеру.

На основу осматраних билансних параметара, уочено је да су количине вода које на на рачун падавина и путем инфилтрације улазе у карстни систем, значајно веће од количина које се дренирају преко Петничког врела и реке Бање, као и експлоатацијом преко истражно-експлоатационих бунара. Претпоставља се да део вода подземно отиче у алувиални нанос реке Колубаре. Међутим, да би се то могло потврдити, неопходно је израдити комплексан хидрогеолошки модел струјања подземних вода.

Позната је чињеница да се на релативно малој раздаљини у оквиру карстне издани дренирају ниско-температурне воде (Петничко врело, Рt-3 и Рt-4), али и воде повишене температуре. (ИЕВРt-2, Рt-1) Ову

<sup>1</sup> Ђејан Нешкович, београдски бр. 90, 16000 Ђејан Нешкович, Ђејан Нешкович. Е-mail: dpesnik48@gmail.com

разлику у температури није могуће у потпуности објаснити геотермским градијентом, односно, разликом у дубини са које се дренира карстна издан, већ је за потпуно разумевање ове појаве неопходно израдити комплексан хидрогеотермални модел истраживаног подручја.

Овај рад представља скромни допринос познавању хидрогеолошких карактеристика карстних терена Западне Србије који се карактеришу великом капацитивношћу квалитетних подземних вода које нису у пуној мери искоришћене. Тренутна експлоатација од стране фабрике за флаширање воде „Вујић“ и СО Ваљево, која у максимуму износи 35 l/s, не превазилази експлоатационе резерве акумулиране у овој издани. Како воде са овог подручја у потпуности задовољавају најстроже критеријуме по питању хемијског и бактериолошког састава за воду за пиће, предлажем даља детаљна хидрогеолошка истраживања која би била неопходна за израду идејног пројекта за формирање подземне акумулације чијим би се пуштањем у рад осигурале додатне количине квалитетне питке воде за град Ваљево и околину.

**Кључне речи:** Западна Србија, карстна издан, подземне воде, биланс, резерве.

## Regression Analyses of Engineering Properties of Latites (Mt. Fruška Gora, Serbia)

MAŠA RADIVOJEVIĆ<sup>1</sup> & VESNA MATOVIĆ<sup>1</sup>

Engineering properties of rock are controlled strongly by their internal structures (fabric, mineral composition and postdepositional processes). The rock mechanical property of greatest interest are strength under uniaxial compression (USC) and abrasive resistance. They are crucial parameters and widely used in designing civil and mining structures. The testing procedure of USC is relatively simple (method has been standardized by SRPS EN 1926:2005) but it is time consuming and expensive and requires well-prepared rock sample. On the contrary, physical properties are defined by tests which are very easy to carry out, simpler, faster and more economical. They necessitate less or no sample preparation and the testing equipment is less sophisticated. For this reasons, the authors proposed predictive models developed to quantify the influence of physical properties on mechanical properties, applicable to volcanic rocks.

This paper presents study concerning relationships between technical properties of latites sampled in quarries Kisnjeva Glava and Srebro (Mt. Fruška Gora). These latites are the most important raw-material used in the production of the aggregate in Vojvodina because of deficiency of volcanic rocks, requirements and trends increased use of eruptives stones for roadbeds and railway track ballast. The examined latites are mostly altered, rarely fresh, holochrySTALLINE porphyritic in texture and comprise sanidine, plagioclase, clinopyroxene and hornblende as main constituents. According to engineering properties they are heavy, with low porosity and very low water absorption, hard and with high values of compressive strength.

In this paper the authors propose a general relationships developed to define the UCS of latites a function of density, water absorption and abrasive resistance. The relationships are defined by tools of powerful modelling technique - regression analyses. In order to compare all reasonable regression models (developed by bivariate and multivariate methods), a backward elimination procedure was used as the screening procedure. For this purpose, the results of the UCS on 106 sample of the Fruška Gora latite were correlated with the results of physical properties. The equation of the best-fit line (method of least-squares) and the correlation coefficient were determined for each regression model. The determination coefficients of models were verified by the t-test and F-test and the result are compared with a tabulated values using null hypothesis. To check the estimate capability of the derived equations, the UCS estimated values were plotted against the actual values for each equations.

The results indicate that linear function gave the highest correlation coefficient, and that the UCS, among all rock properties, is the best correlated with the abrasive resistance values. However, it is also emphasized that the water absorption and density are also dominant rock properties affecting UCS of latite. Prediction performances of constructed models, the „variance account for“ and the „root mean square error“ reveal that the prediction capacity of the equation is extremely high. Cross-checks between estimated versus observed UCS production (the data compared with 1:1 line) represent perfect estimation.

It was concluded that the UCS of latite can reliably be estimated by using of developed models. The models which include density and water absorption have practical and economical advantages for the stone industry.

**Key words:** latite, correlation, regression, backward, uniaxial strength, density.

---

<sup>1</sup> Faculty of Mining and Geology, Džusina 7, Belgrade. E-mail: masa9us@yahoo.com



## Утицај руских емиграната на развој геологије у Србији Влияние русских иммигрантов в развитие геологии в Сербии

НЕНАД БАЊАЦ<sup>1</sup> и ИВАН ДУЛИЋ<sup>2</sup>

**Апстракт.** У периоду од 1919 до 1921 године, после грађанског рата у Русији, велики број високо образованих стручњака избегао је у Краљевину СХС. Ови стручњаци су дали велики допринос изградњи и модернизацији тадашње државе. Рад обрађује улогу руских емиграната у развоју геологије у Србији.

**Кључне речи:** Руска емиграција, Геологија, Србија,

**Abstract.** In the period from 1919 to the 1921, after the civil war in Russia, a large number of highly educated professionals fled the Kingdom of SHS. These experts have given a great contribution to the construction and modernization of the former state. This paper deals with the role of Russian emigrants in the development of geology in Serbia.

**Key words:** Russian emigration, Geology, Serbia.

**Резюме.** После окончания гражданской войны в России, в период с 1919. по 1921. года, большое количество высокообразованных специалистов прибыли в Королевство СХС. Эти эксперты внесли большой вклад в строительстве и модернизации бывшего государства. Данная статья посвящается роли русской эмиграции в развитии геологии в Сербии.

**Ключевые слова:** Русская эмиграция, Геология, Сербия.

### Увод

У периоду од 1919 до 1921. године после бурних догађања у својој отаџбини, велики број Руса био је принуђен да напусти земљу. Са друге стране Србија је, опустошена Балканским и Првим светским ратом, изгубила већину својих образованих људи и стручњака. Тадашњи ректор Универзитета у Београду, Јован Цвијић, свестан наведених чињеница, објавио је проглас којим позива “стручњаке из братске земље” да дођу у Србију. Око 45.000 руских емиграната приспело је у тадашњу Краљевину СХС, а велики број њих је и остао у тој земљи сматрајући је својом другом домовином и представљајући највећу скупину у дијаспори уопште. Процене историчара говоре да је тада у нашу земљу стигло преко хиљаду и две стотине инжењера, или око 40 процената свих руских инжењера у емиграцији. Поред њих стигао је и велики број природњака који су оставили значајан траг у нашој науци. Срби су их

срдечно дочекали, а Руси су се са своје стране одужили на најбољи могући начин – изузетним доприносом у развоју и изградњи новонастале државе. Овде ће бити поменути неки од њих у једном скромном покушају да се обележи њихов допринос развоју геологије у Србији.

### Истраживачи

**Владимир Димитријевић Ласкарев** (1868–1954) је свакако најзначајнији од свих геолога који су избегли после грађанског рата. Рођен је у Бирјучу, Вороњешка губернија, факултет је завршио 1891. године у Одеси, а после више објављених радова 1916. године одбранио је титулу доктора дисертацијом под насловом “Геолошка истраживања у југозападној Русији”. Током своје каријере обишао је велики број геолошких профила и изданака у Европи, и између осталог неке локалитете у околи-

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Каменичка 6, Београд. Email: banjac@afrodita.rcub.bg.ac.rs

<sup>2</sup> НИС-Нафтагас, Народног фронта 12, Нови Сад. Email: ivan.dulic@nis.rs

ни Београда, као што су Мокролушки поток, Калемегдан, Доњи Град и друга места, упознавши тада Јована Цвијића и Петра Павловића. Сачувао је успомене на ова пријатељства и непосредно по напуштању Русије он без много премишљања долази у Београд, одазивајући се на позиве српске владе стручњацима који би требало да замене српске стручњаке нестале у првом светском рату.

Ласкарев је стигао у Србију 1920. године, а већ 1921. изабран је за хонорарног “контрактуалног” професора. Геологија се тада изучавала на Геолошком заводу Филозофског факултета Универзитета у Београду, где је са пуним радним временом био запослен само један члан, Светолик Радовановић. Одмах по доласку Ласкарев почиње да држи предавања из историјске геологије и стратиграфије кенозоика, али помаже и у предавањима из других области, пре свега палеонтологије. Завод је претрпео разарања током другог светског рата и највећи део опреме је разнесен или уништен. Својим искуством Ласкарев је битно утицао на обнављање Завода и реорганизацију наставе геологије, уређење потребних збирки и библиотеке, која и данас представља једну од највећих геолошких библиотека на Балкану. Захваљујући томе геолошка школа наслеђена од Жујовића, знатно је модернизована, осавремењена а настава је подигнута на европски ниво. Набављена су учила, збирке, опремљене лабораторије, а стручне екскурзије су постале обавезан део наставе. Студенти су кроз праксу све више припремани за самосталан геолошки рад.

Својим научним радом избија у сам врх Српске геологије и уско сарађује са Светоликом Радовановићем и Владимиром Петковићем. Остао је упамћен као њихов тихи и неуморни сарадник (Грубић и Пантић 2000). На жалост, после болести и преране смрти ових стручњака, Светолик Радовановић преминуо 1928, а Владимир Петковић 1935, Ласкарев је остао практично једини старији и искусни професор и најзначајнији стручњак Геолошког завода. Неуморан какав је био, Ласкарев се не предаје, већ уз помоћ својих ученика, Косте Петковића (од 1927) и Бранислава Миловановића (од 1932) покушава да одржи континуитет у настави и научном раду. Тежак положај Геолошког института био је разлог да 1926. године не прихвати позив Другог свесавезног конгреса геолога СССР да се врати у своју домовину, иако је, по сопственим речима, тај телеграм са позивом “чувао стално као орден на грудима”.

Геолошки Институт Краљевине Југославије основан је 1930. године. У сарадњи са Српском Краљевском академијом и овим Институтом Ласкарев је учествовао у бројним експедицијама за време којих су картирани делови Србије чија геолошка грађа још увек није била истражена, превасходно Санџак и Златибор.

Његов интензиван научни рад условио је да већ 1932. године буде изабран за дописног члана СКА,

а 1947 за редовног члана САНУ. По завршетку другог светског рата позиван је у Совјетски савез, али је и даље остао у Београду не желећи да напусти своју околину, чиме је учинио велику част својим српским колегама. Преминуо је 1954 године у 86. години живота, оставивши за собом неизбрисив траг у нашој геологији.

Нучни рад В.Д. Ласкарева био је врло обиман и везан за различите аспекте геолошких истраживања. Већ 1921. године на састанцима и зборовима Српског геолошког друштва и Спског географског друштва, Ласкарев објављује своје прве резултате проучавања леса у околини Београда. Наставља са истраживањем квартара и први описује слојеве са *Corbicula fluminalis*. У периоду од 1921. до 1925. године истраживајући еквиваленте руског сармата и меота даје несагледив допринос стратиграфији конгеријских слојева. Та истраживања воде га до нових и оригиналних палеогеографских закључака, тако да 1924. године први пут помиње термин “Паратетис” називајући тако море које се пружало паралелно са Тетисом од Ронског басена преко Швајцарске, Бечког и Панонског басена, Трансилваније, јужне Русије и даље ка Касписком мору, чиме званично уводи овај назив у савремену геологију.

Као изузетно добар познавалац кенозојских периода, током ових истраживања постао је највећи стручњак за неоген у околини Београда и у тим творевинама дефинисао је велики број структура, раседа, антиклинала, проучио је тектонски ров Белог Потока и друге структуре. Поред структура у кенозојским седиментима, писао је и бројне прилоге из тектонике старијих творевина, проучавајући Цвијићеве “Прелазне планине”, затим тектонску грађу Букуље, Црног Врха, Фрушке горе и пожешке Котлине у Славонији.

Као истакнути палеонтолог дао је велики допринос упознавању фауне фосилних сисара нађених у Србији, Македонији и Босни. Посебно је значајан његов рад “О новим налазима фосилних сисара код Деспотовца са кратким прегледом терцијарних фауна сисара нађених у Србији”. Иако већ у дубокој старости, 1949. године, неуморан какав је био, сачинио је синтезну схему сукцесија неогених и плеистоценских сисарских фауна Србије. Тада је миоценску фауну означио као “Штајерску” фауну, желећи да нагласи сличност са одговарајућом фауном средње Европе.

За свој рад добио је бројна признања. 1950. године добио је посебну награду владе Србије, а више родова и врста фосилних мекушаца названо је његовим именом. Посебна свеска Записника Српског геолошког друштва, 8. књига зборника Радова Геолошког института „Јован Жујовић“, као и 23. књига Геолошких анала Балканског полуострва, била је посвећена успомени на професора Владимира Димитријевића Ласкарева, изузетно заслужног за геологију наше земље.



**Павле Ивановић Черњавски** (1892–1969) рођен је у Ростову на Дону. Студирао је на Универзитету у Харкову, али је завршио филозофски факултет у Београду где је и наставио да се бави научним радом. Целог живота изучавао је рецентну и фосилну флору. Неко време радио је као асистент и руководилац хербаријума у ботаничкој башти Филозофског факултета у Београду, а 1938. године постављен је за кустоса - ботаничара у Музеју српске земље. 1936. године одбранио је докторску дисертацију под називом “Pollenanalytische Untersuchungen der Sedimente des Vlasinamoeres in Serbian”. Ментор му је био истакнути палеонтолог, такође руског порекла, Владимир Димитријевић Ласкарев. Највећи део своје каријере у Србији провео је на Шумарском и Пољопривредном факултету где је био биран за професора. 1950. године напустио је Југославију, и провео неколико година у Бугарској, а затим и у Русији, где је остао све до своје смрти 1969. године.

Павле Черњавски се највише бавио питањима еволуције биљака, историје вегетације, систематике и таксономије (Јанковић и Татић 2000). Нарочито су значајна његова истраживања вегетације на примеру палеопалинолошких истраживања Власинске тресаве, али је исто тако био велики познавалац шумских биљака Балканског полуострва, бора, храста, јеле, букве, и др. врста. Велики део свога времена посветио је заштити природе предлажући још пре 70 година посебна заштићена подручја, резервате како би се сачувале најугроженије врсте.

Поред испитивања рецентне флоре оставио је велики траг у истраживању фосилних биљака. Проучавао је терцијарну флору Блага, Крагујевца, Срема, Метохије, Неготина, Глоговца, а такође и лијаску флору источне Србије. Бавио се палеоботаничким проблемима и први је радио анализе полена чиме је започео палеопалинолошка испитивања у нашој земљи.

**Григорије Гагарин** (1912–1950) је потомак чувене руске аристократске породице, праунук кнеза Григорија Гагарина (1810–1893), који је захваљујући свом племићком пореклу школован у Француској и Италији. Прадеда Григориј је био дипломата али је током своје каријере пасионирано сакупио минерале, створивши богату збирку која се и данас чува у музеју „Вернадски“ у Москви (MININA & STARODUBTSEVA 1995). Љубав према минералима пренео је на своје потомке, тако да се цела фамилија у четири наредне генерације бавила минералогijом или геологijом.

Последњи потомак ове кнежевске породице, Григорије Гагарин, дошао је у Београд као дечак од десетак година. У Београду је завршио основну школу и гимназију, и у складу са породичном традицијом уписао студије геологије. По дипломирању 1934. године, постављен је за асистента Минералогско-петрографског завода Филозофског факултета. Испитивао је хемијски састав и генезу неких

минерала из Трепче, затим је истраживао глаукофанске стене у кристаластим шкриљцима Шар планине и Фрушке горе. Заједно са петрологом проф. Јованом Томићем, обрађивао је минерале и стене Брскова, Бјеласице, Вујана, Јешевца и др. локалитета. Написао је више радова и извештаја у којима је описао резултате испитивања карбоната, калцита из Зајаче, Брезовца, арагонита из Илиће, цинкмангано-калцита и родохрозита из Трепче. Поред тога писао је и о сијениту Ражане и кварцпорфиру Готовуше – Сијеринић. Покушавао је да утврди време настанка еруптивних стена јужних Карпата. Припремао је докторску дисертацију. Земљу је напустио пре доласка нове комунистичке власти. Преминуо је у Канади 1950. године.

Поред наведених стручњака бројни научници руског порекла бавили су се другим областима науке, али су један део своје каријере посветили геолошким проблемима или су се бавили областима блиским геологији.

**Алексеј Шчербаков** (1858–1944), врхунски стручњак за медицинску климатологију и балнеологију, посебно се бавио истраживањем наших лековитих бања, термалних и термоминералних вода. Своја истраживања објавио је у неколико радова од којих су неки врло блиски геолошким и хидрогеолошким темама. Овде спадају “Минералне воде Југославије”, објављен 1921. године и “Лековите воде и климатска места у Краљевини Срба, Хрвата и Словенаца” који је припремио заједно са другим ауторима, а објављен је 1921. године. Важно је напоменути да је уз овај рад припремљена и једна од наших првих балнеолошких карата.

**Александар Ивановић Стебут** (1877–1952) је био професор Пољопривредног факултета у Београду. Дипломирао је на Физичко-математичком факултету природних наука у Москви. Дошао је као емигрант 1920. године, а већ 1921. изабран за професора на новоформираном Пољопривредном факултету. У Русији се бавио истраживањем биљака и њиховим оплемењивањем, развојем нових сорти и захваљујући томе основао станицу за оплемењивање културних биљака при Пољопривредном факултету у Земуну. У Србији и ондашњој Југославији бавио се знатно више педолошким истраживањима. Припремио је више уџбеника из педологије на српском, руском и немачком језику. Установио је генезу земљишта, типове педолошких процеса, и типове земљишта насталих тим процесима (БОГДАНОВИЋ 2000). Направио је више педолошких карата појединих региона, а 1928. на збору Српског геолошког друштва поднео реферат о потреби израде педолошке карте Југославије и неопходности постојања специјалног института који би радио такву карту. Припремљен је предлог Министарству пољопривреде, али на жалост није усвојен.

**Константин Вороњец** (1902–1974). Рођен је у Кијеву, у породици научних радника. Отац му је био професор механике на Универзитету у Кијеву. По доласку у Београд завршио је студије математике и физике. 1930. године одбранио је докторску дисертацију под насловом “Котрљање чврстог тела по еластичној подлози” пред комисијом коју су чинили светски познати научници Михајло Петровић и Милутин Миланковић, а ментор му је био такође руски емигрант и угледни математичар, академик Антон Билимович. Врло брзо потом упутио се у Француску где је одбранио још један докторат из области механике флуида (Саљников и Ђорђевић 2000). После усавршавања у Француској вратио се у Београд где је остао до краја живота.

1947. године постављен је за наставника на машинском одсеку Техничког факултета, а тринаест година касније изабран је за професора на Машинском факултету, где је остао до пензионисања, бавећи се проблемима хидраулике, стишљивих и нестишљивих флуида и хидротехнике и објавивши више радова и уџбеника. 1958. године постао је члан САНУ.

За нас је од посебног значаја чињеница да је на Рударско-геолошком факултету држао предавања из предмета хидродинамика по чему су га упамтиле генерације студената.

**Владимир Базиљевић**, рођен је 1904. у Кијеву, а дипломирао 1933. године у Београду. Од 1947. године је на Рударско-геолошком факултету Техничке велике школе, а од 1955. редовни професор за предмет Отпорност материјала. Овде је остао све до пензионисања 1972. године. Објавио је велики број научних радова и два уџбеника из области отпорности материјала. Био је члан математичког института САНУ.

Поред поменутих научника, у различитим геолошким дисциплинама у већој или мањој мери радили су и потомци руских иселјеника. Овде ћемо поменути неке од њих.

**Петар Анагности**, изузетан стручњак и професор Грађевинског факултета, повремено је био ангажован на Рударско-геолошком факултету за предмет Геотехничке мелиорације. Био је секретар 1981., а потом и председник Југословенског друштва за механику тла и финансирање од 1986. године. Велики број радова из геотехнике обезбедио му је угледно место у нашој геологији.

**Милијада Милосављевић Корницер**, била је службеник Сеизмолошког завода и асистент за па-

леонтологију у Геолошком заводу Филозофског факултета. То што је била млађи асистент у Геолошком заводу није јој сметало да предано обавља дужности у сеизмолошкој станици Универзитета у Београду. Проучавала је и описала неколико сеизмогенних блокова на територији Југославије, дајући нагласак на учесталости потреса на сваком од њих. У првим послератним годинама била је главни ослонац Владимиру Ласкареву, Кости Петковићу и Петру Стевановићу у обнови Геолошког Завода.

**Борис Тимофејев**. Почео је каријеру у Војно-географском институту у Београду. Геодета и картограф, радио је у почетку као хонорарни сарадник, а касније као стални стручни картограф Геолошког завода Филозофског факултета. У Заводу је провео скоро три деценије радећи скице, профиле, припремајући уџбенике, геолошке карте, стручне радове, а остао је упамћен као један од најсавеснијих и најбољих стручњака за те послове.

## Закључак

Према историјским подацима после грађанског рата у Русији у нашу земљу стигло је преко хиљаду и две стотине инжењера, или око 40 процената свих руских инжењера у емиграцији. Поред њих стигао је и велики број природњака који су оставили значајан траг у нашој науци. Њихов допринос развоју геологије у Србији био је изузетно велики, нарочито ако се има у виду чињеница да у Србији није било довољно домаћих геолога и истраживача.

## Литература

- ГРУБИЋ, А. и ПАНТИЋ, Н. 2000. Владимир Димитријевић Ласкарев (1868–1954). Живот и дело српских научника, 6: 1–41, Београд.
- ЈАНКОВИЋ, М. и ТАТИЋ, Б. 2000. Павле Ивановић Черњавски (1892–1969). Живот и дело српских научника, 7: 411–445, Београд.
- БОГДАНОВИЋ, М. 2000. Александар Ивановић Стебут (1877–1952). Живот и дело српских научника, књ 7: 73–112, Београд.
- САЉНИКОВ, В. и ЂОРЂЕВИЋ, В. 2000. Константин Петровић Вороњец (1902–1974). Живот и дело српских научника, 7: 261–286, Београд.
- MININA, E.L. & STARODUBTSEVA, I.A., 1995. The collection of the Princes Gagarin in the Vernadsky State Geological Museum. World of Stones, 6: 20–23.

## Geoscience Education at Primary, Low and High Secondary Schools in Slovakia

### Образовање наставника геонаука у основним и средњим школама

L'UBICA LUKIANENKO<sup>1</sup> & TURANOVÁ LÍDIA<sup>1</sup>

**Abstract.** The paper records the current status of geoscience education at primary, secondary and 4-years grammar schools in Slovakia. It points out at the reforms changes that were introduced by the New School Act after it had been put into effect on the 1<sup>st</sup> September 2008. It compares the percentage representation of scientific subjects in curriculum before reform's changes and at the present time. At the same time it analyzes the representation of geoscience subject matters in terms of scientific subjects.

**Key words:** Slovakia, geoscience education, geology, primary education, secondary, education, reform changes.

**Абстракт.** Рад обрађује тренутно стање геонаука у образовању у основним и средњим школама у Словачкој Републици. Оно је актуелизовано реформама које су уведене новим актима од 1. септембра 2008. У раду се пореди заступљеност научних субјеката у курикулума пре реформе и садашње стање. Поред тога анализира се заступљеност области гео-наука у условима свеукупног научног образовања.

**Кључне речи:** Словачка, образовање у геонаукама, основно образовање, средње образовање, реформе образовања.

### Geoscience Education

Geoscience knowledge gives possibilities to understand many problems which students can see in everyday life. Geoscience with philosophy, mathematics and astronomy belong among the first sciences investigate human relation to the nature. These sciences have been already cultivated by prehistoric nations, e.g. Hittites, Assyrians and Egyptians. Nowadays geoscience is understood as a system, which contain knowledge from astronomy, through physics of atmosphere, meteorology, hydrology, oceanography, geomorphology, physics of solid Earth to classic geology desintegrated into many branches (BIZUBOVÁ, 2007).

Slovak students get in contact with geoscience knowledge since the second grade of primary education within natural history education. In the low secondary education (grades 5, 6, 7, 8 and 9) and at four-years-grammar schools (high secondary education), is geoscience integrated into subjects geography, natural history (biology), chemistry and partly to physics. Geology, as a branch of geoscience, is an object of natural history (biology) taught in the eight grade of low secondary education.

In curriculum of four-year-grammar school is geology presented just as an elective subject, which is not taught because lack of interest. The biggest problem of geology is missed of required subject. Geology is a part of several subjects and lacks the continuity of education as it remains in other subjects.

Two years ago, 1. 9. 2008, Slovakia joined countries reforming their educational system. The reform changes that were introduced by the New School Act after it had been put into the effect, are changing the whole educational system at primary and secondary schools in Slovakia. The reform represents the two-level educational model which means, that the contents of the curriculum in all types of education is divided into two parts: the State and school educational program. The State educational program is, in compliance with the New School Act, the highest hierarchically program-targeted educational project, which includes a frame model of a graduate, a frame curriculum of a school level and its frame curriculum. The school educational program is created by a school itself on the basis of its profile and concepts, at which use hours from available time subsidy for increasing time subsidy of the selected subjects.

<sup>1</sup> Comenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Institute of Geology, Mlynská dolina, 84215 Bratislava, Slovakia. E-mail:slukianenk @fns.uniba.sk; turanova@fns.uniba.sk

Individual subjects are covered by educational areas in a State Educational Program.

Natural phenomena in primary education is covered with a education area Nature and society, which resents one of the seven education areas in this level of education. At low and high secondary education, the natural history education is covered with the educational areas Man and nature (natural history (biology), chemistry and physics) and Man and society, where geography is filed.

School reform runs for the second year and concerns to the 1st and 2nd grade at primary education, the 5th and 6th grade at low secondary and the 1st and 2nd grade at high secondary education. Other students run according the Old School Act (Tab. 1)

ety at primary education. At low secondary education is the difference in educational field Man and nature equal (Fig. 2). At four-years-grammar schools (high secondary education) the decreasing of week time subsidy for educational field Man and nature is the most marked and shows till 6.4%, what is the most curtail from all over the educational fields (Fig. 3).

Schools themselves can extend the week time subsidy in its school educational programs for amount fixed in State Educational Program in given grade (e.g. **six hours for the eighth grade of low secondary education**). It means, that each school might dotates the educational field, which is focus on (sport, languages, mathematics, nature sciences). This is the reason, why we can expect the lower represen-

Table 1. Distribution of particular grades according ISCED grade on behalf running educational model.

ISCED level	Level of education	New School Act	Old School Act
ISCED 1	Primary	1, 2	3, 4
ISCED 2	Low Secondary Education	5, 6	7, 8, 9
ISCED 3	High Secondary Education	1, 2	3, 4

In the article we focus on the changes that effect the geology as a part of subject Nature history (Biology) at the low secondary education.

Reform changes affect also natural sciences, which have recorded marked decreasing of time subsidy to compare with old educational model (but still valid). These changes are documented by followed graphs (Figs. 1, 2, 3).

tation of scientific field in education in school educational programs in general.

Except it, very significant change will put into effect in the school year 2011/2012. Today's students of 5th and 6th grades at lower secondary education will absolve subject biology instead of subject natural history. Subject biology will contain curtailed geological information together with

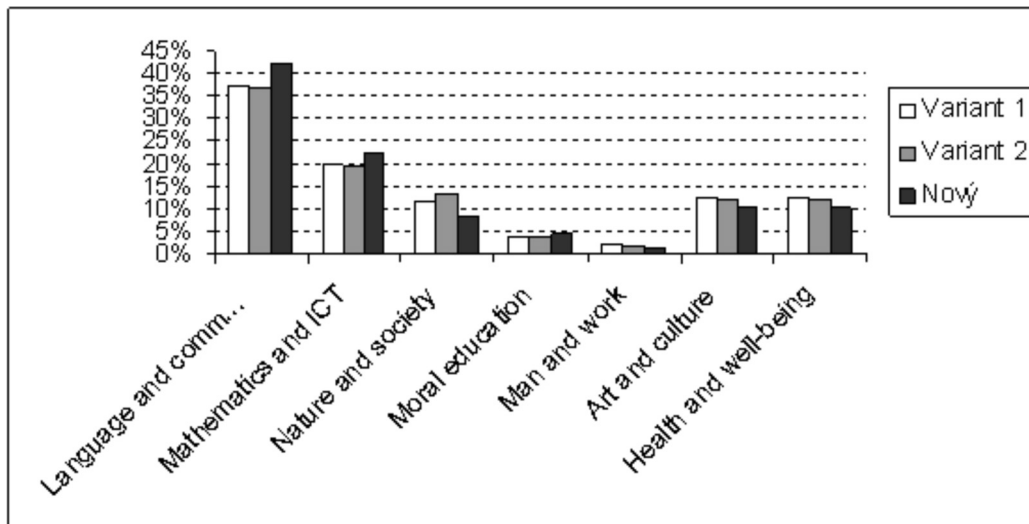


Fig. 1. Percentage distribution of partikular educational fields at primary education in Slovakia. Comparison of the „old“ curriculum (Variant 1 – general, Variant 2 – scientific) with State Educational Programme’s curriculum. Source: Primary and low secondary curriculum – grades 1–9, available on: [http://www2.statpedu.sk/buxus/generate\\_page.php\\_page\\_id=391.html](http://www2.statpedu.sk/buxus/generate_page.php_page_id=391.html) and State Educational Program available on <http://www.statpedu.sk/sk>

Values seen in the Figure 1 shows 2.9–4.7 % decreasing of week time subsidy for educational field Nature and soci-

ecosystems. The time subsidy of biology in 8th grade of low secondary education will be 33 hours a year (one hour

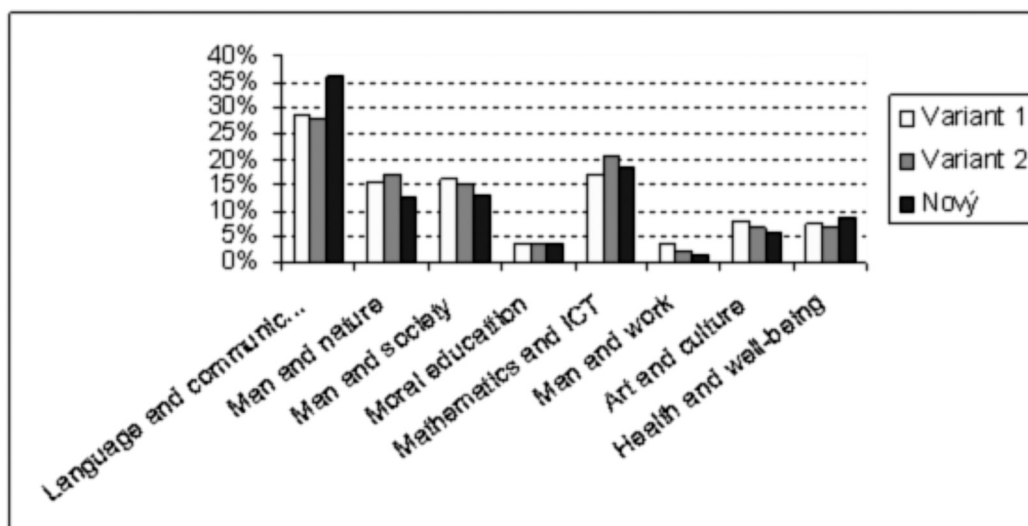


Fig. 2. Percentage distribution of particular educational fields at low secondary education in Slovakia. Comparison of the „old“ curriculum (Variant 1 – general, Variant 2 – scientific) with State Educational Programme’s curriculum. Source: Primary and low secondary curriculum – grades 1–9, available on: [http://www2.statpedu.sk/buxus/generate\\_page.php\\_page\\_id=391.html](http://www2.statpedu.sk/buxus/generate_page.php_page_id=391.html) and State Educational Program for the low secondary education available on <http://www.statpedu.sk/sk>

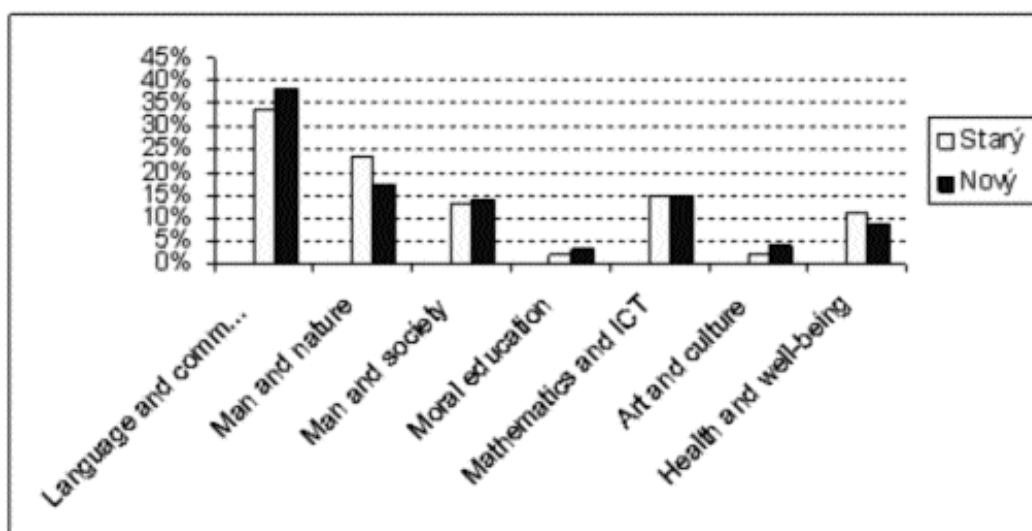


Fig. 3. Percentage distribution of particular educational fields at high secondary education in Slovakia. Comparison of the „old“ curriculum with State Educational Programme’s curriculum. Source: High secondary curriculum available on: [http://www2statpedu.sk/buxus/generate\\_page.php\\_page\\_id=617.html](http://www2statpedu.sk/buxus/generate_page.php_page_id=617.html) and State Educational Program for the high secondary education available on <http://www.statpedu.sk/sk>

a week) with compare to today’s 66 hours (two hours a week). It means that if a principal of the school decides not to devote one hour also to teaching biology from the disposable number of teaching hours in 8<sup>th</sup> grade, students acquire quite little information about abiotic nature in comparison with today’s students at the same school year.

There are some possibilities how to relieve the negative situation in teaching of geoscience (especially geology) at secondary education. Teachers are given more possibilities in decisions and liberty action in the new education model. Therefore the education should be more flexible and using

modern educational methods and forms. We can see possibilities in using the block teaching or a project teaching, that force students spend more time on the given problem. Very important will be using of intersubject relations in education, due to students can see more relations that help to make a subject matter more interesting. Except the given proposal, we offer to compose outputs from the subject Geology into the State educational program for four years grammar schools alike the Czech educational model. More abiotic subject mater would be integrated to natural education by this change. Another possibility given by New

Table 2. Comparison of year (week) time subsidy and subject contain of natural history (biology) in Old and New educational models.

Old Educational Model			New Educational Model		
Subject	Contain	Time subsidy	Subject	Contain	Time subsidy
Natural history	Geology	66 hours a year 2 hours a week	Biology	Geology Ecosystems	66 hours a year 1 hours a week

School Act is creating new subjects itself by school. One of it would be the environmental management, the subject which is part of Cambridge educational program curriculum and it integrates geoscience and environmental knowledge about particular spheres (lithosphere, atmosphere, pedosphere and biosphere).

## Conclusion

Reform changes in the year 1984 dissolved double-subject Biology-Geology at four-years-grammar schools, behalf on geology lost it position in the curriculum. Contemporary reform changes significantly cut down the geoscience education (especially geology) at low secondary education. At the present time, when interest about difficult natural education globally decreases and many countries provide motivation programs to attract more young people to this field of study, Slovakia plays different. For example Confederation of British Industry – CBI tries to increase the amount of secondary students, who will sit for school-leav-

ing examination from scientific subjects. CBI wants to offer scholarship in amount 1000€ to graduates of nature sciences and technical field who decide to proceed in the selected field of study. How Geological Institute of Comenius University support the geoscience education for teachers and which projects run on present time is described in our next proposal Continuing Education of teachers of geoscience of primary and secondary schools.

## References

- BIZUBOVÁ, M. 2007: Geologické učivo na školách v kontexte nového poslania geovied. *Aktuálne trendy vo vyučovaní prírodovedných predmetov*, Bratislava : UK, 127-130, ISBN 978-80-88707-90-5  
<http://www.statpedu.sk/sk>  
[http://www2.statpedu.sk/buxus/generate\\_page.php\\_page\\_id=391.html](http://www2.statpedu.sk/buxus/generate_page.php_page_id=391.html)  
[http://www2statpedu.sk/buxus/generate\\_page.php\\_page\\_id=617.html](http://www2statpedu.sk/buxus/generate_page.php_page_id=617.html)

## Further Education of Teachers of Geoscience of Primary and Secondary Schools

LÍDIA TURANOVÁ<sup>1</sup> & L'UBICA LUKIANENKO<sup>1</sup>

**Abstract.** One of main focus areas is to prepare teachers at different levels/types of schools to become more competent to deliver quality education, increase their flexibility and capabilities to innovate and to use modern technologies. The new legislative act in Slovak Republic regarding pedagogical employees became effective in November 2009. This law build up on law about upbringing and education valid already since September 1st 2008. These laws introduce significant changes into further educations of teachers. Further education of teachers as a part of life-long development is very much in the focus of our society. This is the way for teachers to become more professional and helps to increase the quality and effectiveness of educational systems. Education described in this paper also train teachers to resolve problematic tasks from real life, aims to develop teacher's personality and suggests activities also for his personal life. There are examples of further development for teachers of geo-science described in this article.

**Key words:** education, teachers of primary and secondary schools, projects for them.

**Апстракт.** Један од главних циљева је да припреми наставнике на различитим нивоима / типовима школа да постану компетентни за виши квалитет образовања, повећају своју флексибилност и могућност за иновације и коришћење савремених технологија. Нови правилник у Словачкој Републици који се односи на педагошке раднике ступио је на снагу у новембру 2009. Овај правилник заснива се на закону о васпитању и образовању који важи још од 1. септембра 2008. Овим актима уводе се значајне промене у даље образовање наставника. Стручно усавршавање наставника, као део дугорочног развоја је у жижи интересовања нашег друштва. То је начин да наставници постигну виши професионални ниво и да се повећа квалитет и ефикасност наставе. Образовни процес описан у овом раду, такође увежбава наставнике за савладавање свакодневних проблема, а има за циљ и развој личности наставника и предлаже активности и за његов лични живот. У чланку су описани примери даљег развоја наставника за област гео-наука.

**Кључне речи:** образовање, наставници основних и средњих школа, пројекти образовања.

### Introduction

Legislative act about upbringing & education and legislation about pedagogical employees came into effect in Slovakia in 2008 & 2009. The changes which afterwards took place significantly decreased education in subjects of geosciences at the primary schools (LUKIANENKO & TURANOVÁ, in press). However, at the same time it opened new possibilities for further education of teachers, which was something previously missing in Slovakia, moreover the general concept of further teacher's education was non-existing. Previously, it was up to every university whether they developed (or not!) their own system of further education for their teachers.

The main focus of this article is to inform about possibilities for further education of teachers of geosciences and about project activities which we rolled out over the past 10 years. Our main concern is to help teachers to strengthen the knowledge in the subjects of geosciences, didactics of geology and develop key competencies, particularly in application of innovative methods in geosciences education. Below are the examples of rolled-out projects and activities.

This article was realized thanks to projects of Geosciences for Everybody (LPP-0130-09) and Multimedia Support of Education of Geosciences on Primary and Secondary Schools (Kega).

---

<sup>1</sup> Comenius University in Bratislava, Faculty of Natural Sciences, Institute of Geology, Mlynská dolina, 84215 Bratislava, Slovakia.  
E-mails: turanova@fns.uniba.sk; lukianenko@fns.uniba.sk

## Further education of teachers

Further education enables enlarge and strengthen the educational background, even change the professional qualification and satisfy the interest in further development (PORUBSKA & DURDIK 2005). It is considered to be an effective method not only to contribute to the professionalism of teachers but also to increase quality and effectiveness of educational systems.

As stated in the Act about universities (no. 131/2002) the graduates, who obtained the title of "major", can pursue further education by passing state exam (exam to obtain title PaedDr) or in PhD studies.

Graduates of pedagogical programs can further pass the state exam and habilitation of thesis to obtain title PaedDr. in the study subject – pedagogy of general-educational subjects – geology. By passing state exam and habilitation and after self-preparation and study can applicant prove his/her deeper knowledge in studied subject. Furthermore he can prove his capability of independently learn new scientific information and skills and further apply it in a creative manner in practice (Act no. 131/2002). Habilitations (PaedDr State exam) in geoscience education in the field of pedagogy of general-educational subjects take place since 2005.

PhD. studies in didactics of geology in the field of pedagogy and pedagogical science aims to gather the newest theories, knowledge, the newest scientific discoveries which were developed thanks to scientific research and independent creative scientific activities in the field of didactics of geology. PhD. studies in didactics of geology are the highest form of further scientific education. Graduates of the 3rd level of higher – education types are according to the article 27, chapter no. 6 of legislative act no. 317/2009 considered to be pedagogues with second level of attestation degree.

To graduates of non-pedagogical branch of geology, we are offering supplementary pedagogical education. The graduates will gain pedagogical competencies to teach subjects – natural sciences or biology at 8th class of primary schools or 4th class in high-schools. The aim of the studies is to master the knowledge in pedagogy, psychology and didactics of geology and acquire skills on how to lead the education process.

Important part of further education used to be State Exams according to the legislative Act no. 41/1996 which used to take place until the acceptance of new legislative act. By passing this exam teachers could increase their professional and pedagogical capability. This exam was focused on solving of scientific and methodological tasks in educational process and on innovative methods in education of geosciences. The oral exam consisted of subjects - didactics of geology, application of innovative methods, educational tools and approaches in pedagogical practice and their impact on level of knowledge of students. The importance of this exam increased after the new legislation (article 60, chapter no. 7, 8 of legislative act no. 217/2009) where 2 categories of pedagogical employees – first or second State attestation - were defined.

## Further development of teachers in project activities

First of the initiatives which took place was project named – Specialized innovative studies. In the time when it was rolled out it was the only option for further education. This project was not only beneficial for the "geological" audience because of improved preparation of teachers, but also for teachers who received confirmation of the first State attestation (according to the legislative Act no. 41/1996). This program was intended for the teachers of natural sciences on primary and secondary schools who wished to increase their qualification in geosciences. The new findings in geology, environmental geology and didactics of geology were presented to the teachers as part of lecturing program. In the practical exercises and on excursions we were teaching how to interpret geological knowledge in field, working with map as well as different teaching methods of geological education in field, museums, in city center walks, etc.

Other project aimed at the same target group of teachers was project Geological excursions in Slovakia. The goal of this project was to verify the status of each site and prepare theoretical material as a tool for class excursions in every region of Slovakia. As a roll out of this projects participants took part in several excursions for which they obtained didactical handouts (information list to every site). This material can be viewed online on: <http://didgeo.geovzdelavanie.sk> (Fig. 1)

Other project which outcome can be used for teachers in educational process is catalogue of educational paths of Slovakia – educational handbook for primary and secondary schools. The goal of the project was to create a complex information system of educational paths in Slovakia, the verification of current status and creating of a catalogue. Some of the paths we walked together with teachers. The catalogue is accessible on web page: <http://www.naucnechodniky.sk/> (Fig. 2.)

The initial project which was effectuated with financial support of EU was Innovation of education and key competencies of teachers of geosciences. The objective of the project was to bring theoretical knowledge into practice, teach new professional and didactical findings and competencies in the area of geosciences and preparation of textbooks and didactical scripts. In the project of 16 scientific workshops we presented teachers lectures and exercises where were discussed new findings in geology, didactics of geology. Special emphasis was put on individual contribution, creativity of students and capabilities on how to apply gained knowledge when solving tasks in practice.


Thanks to the complexity of excursion, teachers learned new skills and competencies. With regard to the geological composition we discussed ale other features of the environment such as geographical, environmental and ecological aspects, nature-preserved territories, educational paths as well as historic and cultural sites.

Within this project we were able to publish following textbooks:

Current problems in Geology – Innovation of competencies in geosciences



**Lokalita: Berátovce**  
**Základná informácia o lokalite**  
 Oblasť: Prešov  
 Geomorfologická jednotka: Šarišská vrchovina  
 Geologická jednotka: jednotky budovné starobohemými horninami  
 Prístup: Berátovce sú nachádzajú 13 km Z od Prešova a 13 km J od Sabinova na ľavej ceste E 50 medzi obcami PríCoce a Chvástková Nová Ves




**Charakteristika a lokalita**

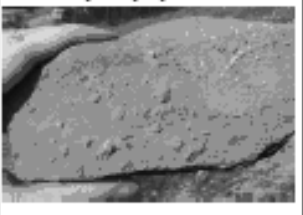
Odkryv sa nachádza v obci Berátovce medzi niekoľko metrovou zvrstvenou vrstvou piesku, na pravej strane (SV) v smere na Hranisko. Horniny v odkryve sú pieskovce s ilovitými bridlicami. Horniny predstavujú súdržnú typického flyša, ktorý je charakteristický strednými ilovcov a pieskovcov v pomere 1:2 až 2:1. Horniny sú súčasťou zberového sústavy, ktorá obsahuje horniny vďaka pieskovinám – vrstvy eocén až oligocén. Hlavný cieľ je zvrstvenosť.

Na odkryve možno pozorovať tzv. selektívne (výševné) zvrstvenie. Ľavšie pieskovcov výrazne vystupujú zo zvrstvenia ako ilovce a ilovité bridlice. Tento jav je spôsobený tým, že pieskovce sú odolnejšie voči zvrstveniu ako ilovce a ilovité bridlice. Ilovce sú ilovité bridlice podliehajú zvrstveniu veľmi intenzívne a rozpadajú sa na drobné úlomky až k ilovčine časti. Pieskovce zvrstvenúť tieš, avšak ich zvrstvenie až výškou vytvárajú plochy ilovčiny.

Na vlnených plochách sa nachádzajú nerovnosti – hieroglyfy – najmä bioglyfy v podobe súp po ľavici.



Odkryv vo flyšových horninách



Hieroglyfy na vlnených plochách pieskovcov

**Práca s literatúrou**

Berátovce – porovnanie Velej a Mátej Sviniky od roku 1862 patrilo pod panstvo Svinia, šľachtického podľa Mierke. Postupne sa tento veľký komplex delil na menšie samostatné panstvá na základe darovacích a dohôdových listín. Vo Sabinove 1520 sa v Spišskej Kapitule konali konvent v dohôd kon konaní panstva a Svinia. Vtedy Mierkemu patrilo 22 usudostí a samostat. Jedna časť majetku pripadla pri dedení Petrovi Tošovi. Mierke a medzi týmito posadkami boli aj dedina Berátovce. V tejto lokalite sa zistilo osudník – kopa, odlišný nápis, ktorý dojednotil vzťahy podľa zakúpeného práva medzi zemepánom a poddanými sedlákmi. Prvý osudník sa stal osudným listom – Bešti ošl (Berátov). V obci vtedy vznikla vlna Berátov.

**K valcovitým panstvom obce patrilo niekoľko tisícov konaní z roku 1863 navrhovaný sv. Marškov – biskupovi. Zaujímavý je jeho interier a zvlášť drevený oblož, pochádzajúci zo staršieho dreveného gotického kostola. Pri kostole sú náhrobné pomníky významných občanov obce a dva pomníky šľachtickej rodiny Berátovcovov.**  
**V obci stále výrobca prevádzka Spoločnosti EKODERM PELLETS, aktivity ktorej sú zamerané na výrobu drevených pelet z odpadov pri pilárskej výrobe, spracovaní dreva a šedých odpadových produktov, prípadne odpadov z poľnohospodárskej výroby a obchodovanie s ekologickými palivami (odpad pri spracovaní drevenej hmoty a biomasu z poľnohospodárskej výroby), obchod so zariadeniami súvisiacimi s výrobou, distribúciou, a spotrebou energií a praxou v oblasti obnoviteľných zdrojov.**

**Využitie pre edukačné účely**  
 Využitie v učebných látkach: Horniny, Zvrstvenie, Geologická starba Slovenska, Príroda nášho okolia.

**Príklady otázok pre študentov**  
 1) Spoločný koeficient zvrstvenia sedimentárnych podlažiek (podľa z nástupov) prezentuje odkryv.  
 2) Nájsť nerovnosti na vlnených plochách a podľa sa určiť potenciálny zdroj týchto nerovností na základe ich tvaru.

**Literatúra**  
 GLOBE, P. ET AL. *Alpa a rymenštyl Jypranštyl ľavice. Horninový ľavice. Levčových vrstiev. Šarišsko-Berátovce sedláctva. Sabinova a Šarišskej vrchoviny, 1998.*  
 KOHLAR, D., LACHA, J., BRZDNOVÁ, M., PODOLÁK, P. *Slovensko. Jazykovo geografický slovník. DAJAMA Bratislava 2003, 97–112.*  
 MIELKOVIC, R., KAMRÁČOVÁ, V., MICHALI, E. *Práca zo zberovania Slovenska. ATA – Akadémia študentských študentov. Prešov 1998, 300 s.*  
<http://www.beratovce.sk/film/beratovce/beratovce.htm> (august 2007)

Fig. 1. example of information list as on web site, (excursion part)

Current problems in didactics of geology – Innovation of didactic competencies

Geological excursions in Slovakia – Innovation of didactic competencies

At present, we are carrying out the project Geosciences for everyone, participants of which are also teachers at 8 year secondary schools. In the scope of this project will be not only lectures, but for the teachers are their students also didactical tools and handouts will be provided.

Second project we are running is Utilization of Multimedia tools for education of geosciences at primary and secondary schools. The aim of this project is utilization of different media to support education of subjects of geosciences like – natural sciences, homeland sciences, geography and biology at primary schools and on secondary schools it is biology and geology as a voluntary subject. Teachers will have access to different animations, tests, didactic games, worksheets, previews, etc. for different topics of education of geosciences.

## Other forms of informal further education for teachers

Club of teachers of geosciences – offer platform to continue in activities of European Social Fund. The aim of this as of any previously mentioned projects is to improve and

enhance education of geology at primary and secondary schools. We are organizing lectures and excursion, providing consultations and guiding school trips in museums at the mineral, rock and fossil collections, preparing didactical tools for teachers at primary and secondary schools. The activities were voluntary and free of charge. We as well consider valuable the participation in these activities, as we received direct feedback on status and issues in education of geology.

Cooperation with Methodical pedagogical center in Bratislava at carrying out lectures, as well as excursions in different parts of Slovakia.

Worth mentioning is also cooperation State pedagogical institute, thanks to which current information about geological education is provided to the people working on methodology of education of the natural sciences.

The subject of geosciences became also part of innovative e-learning courses of Cultural heritage organized by NGO – Strom života. The audience of this project are teachers from all around Slovakia, students of the last year of pedagogical universities, members of this NGO and greater public interested in the topics of cultural heritage.

The effort to bring interest in geology to the greater public lead carrying out many lectures, excursion for students of primary and secondary schools mainly with cooperation with Centers of free time in Bratislava or directly with cooperation with individual teachers.

Úvod Novinky Linky Podpora



# Náučné chodníky SLOVENSKA

Úvod

O chodníkoch

Zoznam chodníkov

Hľadaj chodník

Mapa

Fotogaléria

Kontakt

## Náučné chodníky Slovenska

Vitajte na stránke [www.naucnechodniky.sk](http://www.naucnechodniky.sk), ktorá sa snaží o zdokumentovanie všetkých náučných chodníkov a lokalít na Slovensku. Neustále pridávame nové materiály, mapy a chodníky, takže prosím ospravedlíte prípadné nedokonalosti alebo obmedzenia vo fungovaní stránky.

Projekt mapovania náučných chodníkov na území Slovenska vznikol z dôvodu nedostatočnej informovanosti širokej či odbornej verejnosti o existencii mnohých náučných chodníkov a náučných lokalít, ktoré vznikajú v poslednom čase veľmi spontánne a bez akéhokoľvek dohľadu.

Táto stránka si kladie za cieľ poskytnúť široké a komplexné informácie o náučných chodníkoch, predovšetkým pre pedagogickú verejnosť v rámci realizácie prírodovedného a humanitného vzdelávania v teréne a

### Náučný chodník Baba



Prírodná rezervácia



Fig. 2. web page about educational paths in Slovakia

## Conclusion

The carried out activities interlock with concept of improvement and development of further education of teachers, support of creativity at schools and development of key competencies of teachers.

We expect that teachers and participants of these projects will enhance their knowledge in the subjects and competencies in pedagogy and didactics. The projects were also aimed to bring innovation in didactics and implement new findings into the educational process.

As a result this can improve the quality of education of geosciences and bring interest of students to study natural sciences.

The importance of further or life-long education of teacher significantly increased when new legislative act about pedagogical employees became effective. According

to this new law, career progression and financial evaluation of the teachers is directly conditioned by their further professional development.

## References

- LUKIANENKO, ¼ & TURANOVÁ, L. (in press). Geovedné vzdelávanie na základných školách a štvorročných gymnáziách na Slovensku.
- PORUBSKÁ, G. & Ľ URDIÁK, ¼ 2005. Manažment vzdelávania dospelých. Nitra, Slovidac, ISBN 80-969303-0-3, 215 s.  
<http://www.fns.uniba.sk/index.php?id=119> (20.1.2009)  
<http://www.mctba.sk/> (20.1.2009)  
[http://www.statpedu.sk/buxus/docs/EuropaSkole/list\\_dvu2008.pdf](http://www.statpedu.sk/buxus/docs/EuropaSkole/list_dvu2008.pdf) (20.1.2009)  
<http://www.stromzivota.sk/> (20.1.2009)

## Geoparks: European Experience and Perspectives Геопаркови: европска искуства и перспективе

ALEKSANDRA MARAN<sup>1</sup>

**Abstract.** As a result of obvious disparity between biodiversity and geodiversity research and conservation, the awareness of leading geoscientists is greatly focused on geodiversity protection. One of the most important international initiatives on geodiversity conservation is the establishment of Geoparks - the Global Network of National Geological Parks and the European Geoparks Network. The main goals of geopark are promotion and conservation of selected geodiversity (geoheritage), recognition of cultural-historical inheritance, economic progress and improvement of environment conservation in certain area through geotourism development.

**Key words:** Geopark, promotion and conservation of geodiversity, geoheritage, geotourism

**Апстракт.** Због раскорака у динамици проучавања и заштити био и геодиверзитета, пажња водећих експерта из домена геонаука све више је усмерена на заштиту и очување геодиверзитета. Једна од најважнијих међународних иницијатива за заштиту геодиверзитета је оснивање Геопаркова: Глобалне мреже националних геолошких паркова широм света и Европске мреже геопаркова. Циљ формирања геопарка је промоција и заштита изабраних објеката геодиверзитета (објекти геонаслеђа), упознавање културно-историјске баштине, побољшање социо-економског статуса локалне заједнице и унапређење заштите животне средине на одређеном подручју кроз развој геотуризма.

**Кључне речи:** геопарк, промоција и заштита геодиверзитета, геонаследј, геотуризам

### Introduction

Europe has a rich geological heritage. The scientific principles that founded the science of geology were developed in Europe where the varied geology and geomorphology provided an inspiration for original thought. Protecting this heritage is the objective of a new scientific discipline - geoconservation. Geoconservation relates to all branches of geology and all aspects of geomorphology, an activity that parallels and works with the protection of biodiversity and landscapes. Geodiversity is defined as the variety within entire abiotic world. It encompasses the natural range (diversity) of geological (bedrock), geomorphological (landform) and soil features, assemblages, systems and processes (Dixon 1995). Moreover, geodiversity includes evidence for the history of the earth - the evidence of past life, ecosystems and environments and the range of biological, hydrological and atmospheric processes, currently acting on rocks, landforms and soils. The term geodiversity has been used to describe the nature of diverse heritage we are seeking to protect and enhance through this work.

Although not as well developed in practice as biodiversity conservation, and not as well known to the public, geoconservation is being actively promoted in Europe through a number of programmes and the activities. The programmes that promote geoconservation call to identify areas of geological and geomorphological interest, to educate the public on their value and develop management strategies and plans that will not only protect but also enhance their value.

Successful geodiversity conservation and management is dependent not only on specialists and legislation. Conservation of any natural heritage requires public engagement which in turn is dependent on scientists communicating their ideas, and the values they recognise, to a wide audience - the public in general. “*A first step to achieve the integration of geoconservation into nature preservation would be an evaluation of the Geological Heritage in already protected areas, followed by the promotion of interpretative initiatives, in order to increase social awareness of Geoconservation*” (part of the Madrid Declaration 1999, in BRILHA & DIAS 2004).

<sup>1</sup> Natural History Museum, Njegoševa 51, 11000 Belgrade, Serbia. E-mail: amaran@nhmbeo.rs



Fig. 1. Geoheritage object within the tourist guide - Lysefjord, Norway

Сл. 1. Објекат геонаслеђа у оквиру водича за туристе - Lysefjord, Норвешка

Geotourism, or tourism related to geological sites and features, is a relatively new tourism concept with considerable growth potential. The term passed into general usage in the early 1990s, although its antecedents date back to the seventeenth century (HOSE 2008). Geotourism is focused on the place as a whole. People going to visit a particular place to look at and to learn about one or more aspects of geology. Other components of the geological scenery that interest tourists are those of cultural value, including folklore or geom mythology, archaeology, history, spiritual value, and sense of place (GRAY 2004). All these attributes are incorporated within the Geopark concept.

### Geoparks

Geopark is designated as an area by clearly defined boundaries, centered on sustainable rural development, with world quality and scenic geoheritage combining ecological, archeological, historical and cultural values. Geopark offers enhanced employment opportunities for the people who live there bringing sustainable and real economic benefit, primarily through the development of geotourism. Definition of geopark was created after long peri-

od of discussions and meetings, relating to appropriate characteristics, structure and function of such foundation (ZOUROS & MARTINI 2003).

Six principles are specified for recognizing Geoparks, involving their size, composition, socio-economic objectives, education and research objectives, conservation objectives and legal status. A further six criteria are provided for site nomination relating to composition (number of geosites), promotion of socio-economic development, conservation of geodiversity, education and research role, management planning, and management authority and cooperation (WEIGHELL 1999).

Geopark has to comprise a certain number of geosites of particular importance in terms of their scientific and educational values, rarity or aesthetic appeal. It is obliged to defend the values of geoheritage conservation and no destruction or sale of geological objects from geopark may be tolerated. A geopark has to be managed by a clearly defined structure, organized according to the national legislation of each country, able to enforce the protection, enhancement and sustainable development policies within its territory. In the framework of a Geopark, geoheritage and geological knowledge is shared with the broad public and linked with broader aspects of the natural and cultural environment (ZOUROS & MC KEEVER 2008).



Fig. 2. One of the first established Geoparks in Europe - Lesvos Petrified Forest Geopark, Greece

Сл. 2. Један од првих геопаркова у Европи - Геопарк окамењене шуме на Лезбосу, Грчка



Fig. 3. Geoconservation *in situ*: fossil trunks - symbol of the Lesvos Petrified Forest Geopark  
 Сл. 3. *In situ* геозаштита: фосилизована стабала - символ Геопарка окамењене шуме на Лезбосу

Since the UN Conference on Environment and Development (UNCED, Rio de Janeiro, 1992), scientists, decision makers and the public alike have acknowledged that the protection and management of the environment become top priority. Responding to various international and national initiatives for the recognition of terrains and sites of special earth science interest, the UNESCO's Division of Earth Sciences and the Council of Europe recommended the establishment of a Global Network of National Geological Parks (Geoparks). This concept combines aspects of safeguarding and sustainable management and introduces the three goals: conservation of a healthy environment, education in earth sciences at large scale, and local economical development. Protecting and developing geoh heritage through Geopark initiatives contributes to the objectives of Agenda of Science for Environment and Development into the twenty-first century (Agenda 21) due to the fact that it is an excellent tool for educating the broad public towards sustainable development and earth science matters. Geology and geomorphology have profoundly influenced society, civilization, and the cultural diversity. In this sense, the Geoparks initiative adds a new dimension by highlighting the potential for interaction between socio-economic and cultural development and conservation of the natural environment.

The Global Network of National Geoparks provides a platform of active cooperation, linking experts and practitioners in geological heritage. Important national geological sites achieve worldwide recognition and profit through the exchange of knowledge, expertise, experience and per-

sonnel among the global network partners. Potential applicants for designation as national Geopark are requested to submit the following information: 1) identification of the Geopark' zone; 2) scientific significance of the Geopark (brief description of the Geopark); 3) overall economic situation of potential Geopark; 4) plan for sustainable development of the Geopark region and 5) official application for nomination, signed by competent authority. In the application, it has to be shown that the geopark is in public interest and does not violate any laws. The application has to include explanations (e.g., from governmental agencies and institutions) to this effect. The scientific quality of the geopark must be assessed by the respective State Geological Survey before the application is submitted.

The Global Geoparks Network operates in synergy with the UNESCO's Centres and Programs: the World Heritage Centre, Man and the Biosphere Programme (MAB) and World Network of Biosphere Reserves. Currently, there are 64 Geoparks in 19 countries and regions as members of the UNESCO Global Geoparks Network (UNESCO source: Global Network of National Geoparks).

### The European Geoparks Network (EGN)

The European Geoparks Network (EGN) intends to protect geodiversity and geological heritage and to support sustainable economic development of territories across Europe. Established in 2000, the EGN was originally consisted of four territories (France, Germany, Spain and Greece) with similar natural and socio-economic characteristics. However, the network has been recently expanded to include 35 territories across 13 European countries (source: European Geoparks Network).

The European Geopark is designated area, incorporating a particular geoh heritage and territorial economic strategy supported by a European program in order to promote development. There is a variety of actions that can be considered typical of a geopark as geotourism, promotional socio-economic or educational-based activities, schools programmes, guided walks and museum exhibitions. Geopark tourism supposes the tourism emphasizing the features of geopark of a tourist site. Besides geoh heritage, the features of geopark contain the human, historical and cultural factors of local community.

The EGN structure comprises an Advisory Committee (12 members including representatives of UNESCO, IUGS and IUCN) and a Coordination Committee (two representatives from each associate territory). Decisions concerning the network are only made by the Coordination Committee; it also coordinates contacts with other international bodies (Council of Europe, UNESCO, IUGS, IUCN, etc.) and prepares the agenda of the meetings. The network operates primarily by continuous coordination meetings, annual conferences and the establishment of common projects.

The European Geoparks Network has signed formal agreements with the UNESCO's Division of Earth Sciences which giving it the responsibility for regulating membership of the Global Network of Geoparks in Europe. In this respect, Geoparks are considered to be in harmony with the objectives of the Biosphere Reserves and World Heritage List, providing an appropriate mechanism for recognizing internationally important sites, identified from both national and international geological inventories. The EGN initiatives are primarily financed through local and national efforts and supported by regional development funds of the European Union. Membership of the EGN is for a period of four years after which membership is reviewed and assessed. In past ten years, the European Geoparks Network has made great advances in achieving its aims and in increasing attention from communities across Europe and the wider geological community, as well.

## Conclusion

One of the most important international initiatives in geoconservation domain was the establishment of Geoparks - the Global Network of National Geological Parks and the European Geoparks Network. Protection of the European geoheritage in all its forms requires consistent and persistent effort by government and non-government organizations and wide public engagement on a pan-European level. The main goals for all geoparks are to improve and enlarge the recognition, protection, conservation and promotion of geoheritage phenomena (particular geological, geomorphological and pedological features) contained in them. To achieve these targets, a geopark has to develop continuously, to test and enhance methods for geoheritage preservation as well as to support the development of scientific research in various braches of earth sci-

ences. As a crucial fact, geopark has to have direct impact on the economic development of region, influencing its inhabitants' living conditions and environment. Finally, the most significant conservation strategy promoted through Geopark is the sustainable approach to the management of geoconservation in order to ensure that the resource available now should be available in the future.

## References

- BRILHA, J. & DIAS, G. 2004. Rising public awareness of geological heritage: A set of initiatives. *In: PARKES M. A. (Ed.), Natural and Cultural Landscapes. The Geological Foundation, 235–238, Royal Irish Academy, Dublin.*
- DIXON, G. 1995. *Aspects of geoconservation in Tasmania: a preliminary review of significant earth features.* Parks and Wildlife Service, Hobart.
- GRAY, M. 2004. *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature.* John Wiley & Sons, Ltd, 434 pp, Chichester, UK.
- HOSE, A.T. 2008. Towards a history of geotourism: definitions, antecedents and the future. *Geological Society of London, Special Publications, 300: 37–60, London.*
- WEIGHELL, A.J. 1999. Earth heritage conservation in the United Kingdom, the World Heritage List and UNESCO Geoparks. *In: BARETTINO, D., VALLEJO, M. & GALLEGU, E. (Eds.), Towards the Balanced Management and Conservation of the Geological Heritage in the New Millennium. Sociedad Geologica de Espania, 24–27, Madrid.*
- ZOUROS, N. & MARTINI, G. 2003. Introduction to the European Geoparks Network. *In: ZOUROS, N., MARTINI, G. & FREY, M.L. (Eds.), Proceedings of the International Symposium on Geological Heritage Protection and Local Development. 2nd European Geoparks Network Meeting, 17–21, Lesvos Island.*
- ZOUROS, N. & MC KEEVER, P. 2008. European Geoparks: Earth heritage protection, Geotourism and Sustainable local development. 33rd International Geological Congress, IES-04 Geoparks and geotourism, Abstracts, Oslo.

### Useful links:

- UNESCO Global Network of National Geoparks  
[http://portal.unesco.org/science/en/ev.php-URL\\_ID=6400&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://portal.unesco.org/science/en/ev.php-URL_ID=6400&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)
- European Geoparks Network  
<http://www.europeangeoparks.org/isisite/geopark/>

## Геолошки објекти и појаве као интегрални део природне и културне баштине града Београда

Geological objects and phenomena as an integral part of the natural and cultural heritage of the city of Belgrade

ЉУПКО РУНДИЋ<sup>1</sup>, СЛОБОДАН КНЕЖЕВИЋ<sup>1</sup> НЕНАД БАЊАЦ<sup>1</sup>, МЕРИ ГАНИЋ<sup>1</sup>, ДРАГАН МИЛОВАНОВИЋ<sup>1</sup> и ДРАГОМАН РАБРЕНОВИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** Рад представља истраживање геодиверзитета на подручју града Београда. Формирана је прелиминарна база података која представља интегрални део геолошког информационог система. Издвојено је укупно 47 геолошких објеката и појава различитих категорија. Од тог броја, највише је геолошко-стратиграфских и палеонтолошких објеката а знатно мање минералогско-петролошких и тектонских. Европски и светски ниво има 4 објекта, балкански ниво има 1 објекат, национални ниво има 7 објеката, регионални ниво има 17 а најнижи, локални ниво има 18 објеката.

**Кључне речи:** геодиверзитет, природна и културна баштина, Београд.

**Abstract.** The attempt was made to investigate Geodiversity within Belgrade city area. As integral part of the geological information system preliminary data base was formed. A total of 47 objects and phenomena of different categories were Allocated. Of that number, majority are Geology-stratigraphical and palaeontological facilities, while much lesser number of Mineralogical-petrologic and tectonic objects was investigated. European and world level of significance has 4 facilities, a Balkan level has 1 facility, the national level has 7 sites, regional level has 17, and the lowest, local level has 18 objects.

**Key words:** Geodiversity, Natural and Cultural Heritage, Belgrade

### Увод

Основни циљ истраживања је квантитативно-квалитативна анализа стања геолошких објеката и појава као елемената геодиверзитета на простору града Београда те свеобухватна оцена стања и евалуација појединих њихових атрибута (типског развића, стратотипског профила, карактеристичног фосила, структурно-тектонских карактеристика, вулканског излива и сл.). Учињен је и покушај процене степена угрожености и предлог мера заштите објеката и појава а посебно оних који представљају најбоље репрезенте геодиверзитета (директан неповољни утицај на терену, грађевински захвати и радови на инфраструктури, деградација под утицајем егзогенних агенаса, остали антропогени утицаји и сл.)

У Србији је током протеклих неколико година, донет читав низ Закона и прописа који дефинишу

одрживо управљање и заштиту природних вредности, и промовишу усклађивање људских активности са одрживим коришћењем природних ресурса. Тако се у Закону о заштити природе („Сл. Гласник РС“, 36/09) каже да „природа представља јединство геосфере и биосфере, изложене атмосферским променама и различитим утицајима и обухвата природна добра и природне вредности које се исказују биолошком, геолошком и предеоном разноврсношћу“. Слично томе у Закону о заштити животне средине („Сл. гласник РС“, бр.135/04) се каже да је геодиверзитет „присуство или дисперзија различитих елемената и карактеристика геолошке грађе, геолошке структуре и процеса, геохронолошких јединица, стена и минерала различитог састава и генезе настанка и различитих палеоекосистема који су доживели промене у космосу под утицајем унутрашњих и спољашњих геодинамичких компонента током развоја геологије“.

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, Београд. E-mail: rundic@rgf.bg.ac.rs



Геодиверзитет чине геолошки, геоморфолошки и педолошки објекти и вредности, као три основне категорије. Несумњиво је да прва категорија има најважнију улогу јер представља основу за друге две категорије. Биодиверзитет представља напредну геодиверзитет - геолошке разноврсности и дубоко је у интеракцији с њим (СТЕВАНОВИЋ 1950). Геодиверзитет се данас препознаје у различитим областима људских делатности и због тога је нашао своје место у Стратегији одрживог коришћења природних ресурса и добара Републике Србије као и у Националном програму заштите животне средине Републике Србије (2008).

Прикупљени материјал и резултати рада на овом пројекту, представљају део акције обележавања “Међународне године планете Земља” (IYPE 2007-2009), коју је подржао и Национални комитет Планета Земља 2009. године, као и својервну промоцију природних феномена и геолошких појава који чине интегрални део нашег културног и историјског наслеђа (Рундић и др. 2008).



Сл. 1. Планина Авала – омиљено излетиште Београђана. Књаз Милош је још 1859. г. наредио да се огради и заштити, а 1936.г. је проглашена националним парком. Данас је то предео изузетних одлика (III категорија заштите). (Фото Љ. Рундић: 26. 07. 2009.)

Fig. 1. Avala Mt. – the popular sightseeing stop. In the 1859, the Avala Mt. was enclosed and protected by Prince Milos order. Later, in 1936 it was proclaimed to the National Park. Today, it is landscape with particular features (Photo by Lj. Rundic)

## Методe изучавања објеката геодиверзитетa

Геолошка и геоеколошка истраживања на простору града Београда, обухватала су неколико хронолошки и технолошки сукцесивних фаза рада, које су изведене следећом динамиком:

а) Припремни кабинетски радови током којих је прикупљена релевантна документација (геодетски

планови, аероснимци, радне мапе). Имајући у виду да је такав материјал релативно великог обима, анализирани су само они подаци за које се сматрало да ће дати највише потребних информација. Пре свега, то су подаци добијени ранијим детаљним геолошким истраживањима и подаци из елабората и извештаја приватних компанија и државних институција. И поред великог броја података, може се закључити да само неки од њих третирају геоеколошки аспект на поменутом простору.

б) Тимско рекогносцирање терена са циљем идентификације основних природних појава и геолошких вредности и њиховог поређења са резултатима ранијих истраживања и евентуално откривање нових.

г) Појединачно систематско узорковање материјала на терену у циљу идентификације основних геолошких и геоеколошких параметара. Код прикупљања података, коришћени су различити приступи (ГПС позиционирање, праћење граница, профилирање, обилажење изданака уочених догледањем на терену и изданака препознатих на сателитским снимцима). Теренска истраживања су поткрепљена одговарајућом писаном, графичком, дигиталном и материјалном документацијом (УЗОРЦИ), која је послужила као база за кабинетску обраду, лабораторијска истраживања и израду регистра и базе података у јединственом геолошком информационом систему.

д) Снимање занимљивих локалних геолошких стубова кроз издвојене формације и јединице на одабраним профилима.

ђ) Кабинетска и лабораторијска обрада података и узорака и израда радне верзије регистра геолошких појава и природних вредности као и ажурирање базе података.

е) Финална анализа стања и предлози за категоризацију, санацију и конзервацију геолошких појава и гео-објеката, могућност одрживог коришћења за потребе едукације односно геотуризма.

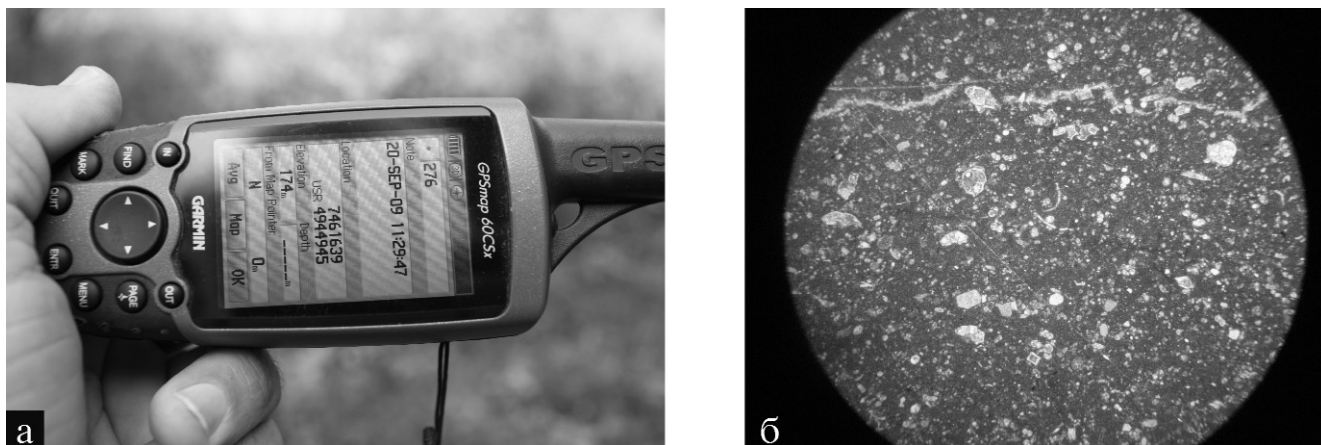
## Најважнији резултати

Основни критеријуми за систематизацију и вредновање геолошких објеката, препоручени су и усвојени од стране Националног савета за геонаслеђе (2004). Полазећи од њих, издвојено је **6 хијерархијски различитих нивоа вредности**, од најмање важних – локалних, па све до европски и светски значајних локалитета (сл. 3).

Да би реално и крајње објективно били сагледани укупни потенцијали сваке појединачне појаве и геолошког локалитета на територији града Београда, детерминисани су атрибути које треба да има сваки појединачни објекат (Рундић и Кнежевић 2005):

- Да има светски препознату вредност и значај као јединствена појава – не само као гео-објекат





Сл. 2. а-б. Неке од фаза истраживања на сваком појединачном локалитету (од ГПС позиционирања до микроскопских препарата)

Fig. 2. Various procedures of the investigation at the individual locality (from the GPS sampling to the rock thin sections)

већ и по другим критеријумима (нпр. јединствен естетски и визуелни доживљај, врхунска туристичка дестинација и сл.)

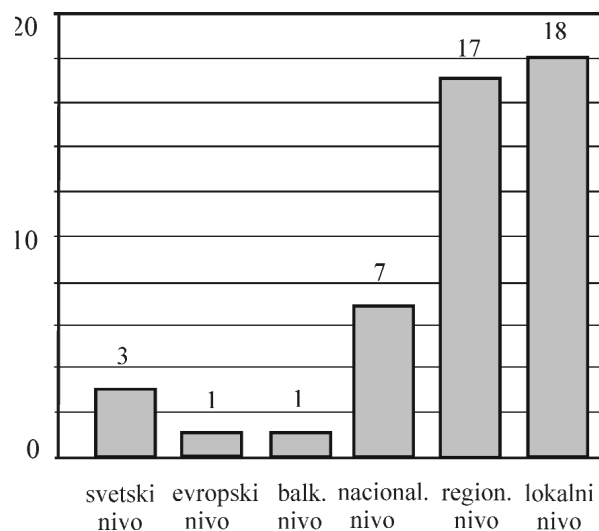
- Да представља интегрални део светске природне баштине
- Да има врхунски геолошко-палеонтолошко-петролошки значај
- Да поред наведеног, поседује највише историјске, културне, туристичке, образовне и социолошке карактеристике
- Да има јасно дефинисану позицију – посебно ако се налази ван урбаног дела насеља или центра града и сл. те је лако доступан посетиоцима

Полазећи од овако дефинисаних критеријума, издвојено је само неколико који испуњавају поменуте норме. Сходно томе, сви остали су имали нижу категорију и у зависности од специфичних карактеристика (важни за читаво балканско поднебље или су прави репрезенти националне геолошке баштине) били су категорисани у нивое нижег реда.

- Након опсежних истраживања, дошли смо до следећих закључака:

- Укупно је, прелиминарно регистровано 47 геолошких објеката
- Од тога броја, европски и светски ниво има 4 објекта
- Балкански ниво има 1 објекат
- Национални ниво има 7 објеката
- Регионски (не регионални!) ниво има 17 објеката
- Локални ниво има 18 објеката

Усвојеним начином рада и предвиђеном методологијом, првенствено су обрађени они објекти и појаве који су и од раније били познати широј јавности али и потпуно нови локалитети и појаве (према датим подацима, може се констатовати да највиши ранг инвентарисаних локалитета има само



Сл. 3. Укупан број инвентарисаних геолошких објеката према нивоу вредности (категирији)

Fig. 3. Total number of the registered geo-sites according to their evaluation

**4 објекта** или око **8,5%** свих инвентарисаних геолошких појава).

Природни геолошки споменици који су и од раније заштићени али им се не придаје довољно пажње су: кредне творевине “Машин мајдан” код Летње позорнице у Топчидеру и миоценски морски спрудови на Ташмајдану и испод споменика “Победник” на Калемегдану. Ти локалитети се налазе на листи заштићених природних споменика о којима се град Београд стара већ читавих 40 година (ГРУБАЧЕВИЋ *и др.* 2009).

Локалитет Машин мајдан је изузетан пример не-свакидашње природне и амбијенталне целине која је већ дуго низ година изложена небризи друштва и

државе. Апсурдно је да један од првих локалитета препознат од стране државе, града Београда и Општине Савски Венац као изузетан природни споменик и још 1969.г. стављен под заштиту, изгледа толико запуштено и заборављено. Локалитет је и поред положаја у близини уређеног Топчидерског парка са једне и елитног насеља са друге стране, претворен у малу депонију смећа којој се не може се проћи од растиња и корова, најлонских кеса и заборављених и излупаних флаша (сл. 4б). Немогуће је наћи чак ни некадашњу таблу са објашњењем да је то законом заштићени објекат!



Сл. 4а-б. „Машин мајдан“ – тужно лице давно заштићеног природног споменика (од 1969.г.) у срцу Топчидера. (Фото Н. Бањац; 15.09.2009)

Fig. 4a-b. “Masin majdan” in the heart of the Topcider Park, depressing view of the protected natural monument (from 1969). Photo by N. Banjac

Први корак ка санацији овог објекта било би детаљно чишћење читаве локације. Након тога, неопходно је активирати и уредити јединствен сценски простор. За то је несумњиво потребно много труда и воље, али је објекат таква да то без дилеме заслужује. У неком будућем туристичком водичу кроз Београд, једна од дестинација би могла бити Топчидерски парк и посета Летњој позорници јер то и јесте једна природна, амбијентална целина.

Друга природна целина је комплекс некадашњих морских спрудова у самом срцу града на локацији Ташмајдан (сл. 5.) препознат од стране града Београда као објекат вредан заштите још 1968. године. Ташмајдански спруд има изванредну локацију у самом срцу града, има дугу традицију и културно-историјско наслеђе, те је у много бољој позицији од Летње позорнице. Међутим и овај објекат је запуштен и неправедно запостављен (RUNDIĆ *et al.* 2005). За разлику од претходно описане локације у Топчидеру, овде није потребно много улагања да се врати на геотуристичку мапу града.

Неопходно чишћење и информативна табла била би довољна за активирање овог објекта. Тим пре што су околни објекти (отворено пливалиште,

рекреативни центар, парк) више пута реновиран и представљају део туристичке понуде града.

Трећи у низу раније заштићених природних геолошких споменика (1969.г.) јесте морски спруд из доба миоцена који је најбоље експониран испод статуе „Победника“ на Калемегдану. За разлику од претходних, ово је место где се традиционално и свакодневно окупља највише грађана и посетилаца Београда. То је културно-историјски и геотуристички комплекс врхунског значаја и као такав препознат од стране града и државе и проглашен за културно добро (сл. 6). Радна група за Неоген која

је учествовала у формирању инвентара објеката геонаслеђа (2004) је и званично промовисала Калемегдан у највишу категорију – европски важан геолошки споменик (2003). Овде критеријум нису били само јединствени геолошки атрибути него целокупан културно-историјски, социолошки, образовни и туристички аспект. Ипак, иако те чињенице довољно говоре о значају читавог комплекса тврђаве, мора се признати да је геолошки аспект запостављен и да је неопходно учинити напор да се и он правилно презентује и вреднује.

## Дискусија и закључак

У ширем контексту посматрано, заштита геодиверзитета представља интегрални део одрживог управљања природним системима. Добро разумевање „везе“ између геодиверзитета и биодиверзитета је суштинско за менаџмент и заштиту природе (Миловић 2002). Ако се има на уму да скоро 50% становништва на планети Земљи живи у градовима и да ти градови чине свега око 1% укупне површине Земље, онда је нарочито важно истаћи потребу да



Сл. 5. Ташмајдански спруд – запустени локалитет националног значаја (Фото М. Ганић: 01.11.2009)  
Fig. 5. Ruined geosite of the national value - The Tasmajdan reef (Photo by M. Ganic)

се „заштити“ интеракција самог човека и његове природне, геолошке средине. То подразумева тзв. урбани концепт који означава баланс између свих улазно-излазних података (компоненти) и начин њиховог управљања (DOYLE 2005; GORDON 2005). На тој основи заснива се и концепт одрживог развоја геодиверзитета – открити природну вредност, адекватно је вредновати и учинити доступном генерацијама које живе али и сачувати је за генерације које ће тек доћи. Све ово се мора имати на уму при доношењу државне стратегије и програма заштите природе и геодиверзитета Србије.

Предложени прелиминарни инвентар објеката и појава геодиверзитета и геонаслеђа града Београда, показује велики потенцијал у смислу одрживог коришћења. Постоји велики број гео-објеката различитог ранга и категорије који, сваки на свој начин, могу наћи своје место на одговарајућој листи геосајтова. Локалности које се налазе у урбаним деловима и насељима, великим градским оазама и парковима, пешачким зонама и видиковцима, имају сјајне предиспозиције да се и њихово „исконско“, геолошко порекло стави на увид јавности. Постоји читав низ примера за то (Калемегдан, Топчидер, Летња позорница, Кошутњак, Авала, Винча и др.). Већ постојећа инфраструктура, омогућује овим геосајтовима да се на лак и јефтин начин прикључе научној, културној и историјској промоцији и популаризацији града. У већ постојеће туристичке водиче потребно је додати и гео-податке и таква места означити на свим инфопунктовима, билборд мапама, и практичним, џепним мапама. А на сваком локалитету, потребно је поставити прикладну информативну таблу на којој ће бити дате најважније чињенице о објекту. Искуства других су показала да је то сасвим могуће и да није потребно



Сл. 6. Радови на реконструкцији и санацији спољнег зида тврђаве (Фото Љ. Рундић: 04.09.2009.)  
Fig. 6. Kalemegdan fortress under reconstruction (Photo by Lj.Rundic)

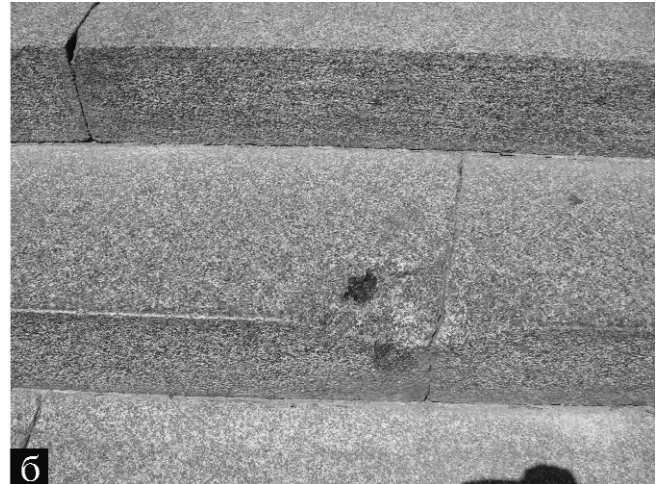
много улагања (ADAMOVIĆ *et al.* 2006; БАЊАЦ и Рундић 2006).

Летња позорница или „Машин мајдан“ је изванредан потенцијални геосајт, који би био практично само надоградња на већ постојеће објекте Топчидерског парка, Конака кнеза Милоша, платана старог 175 година и сл.. Природни геолошки амфитеатар, спрудне кредне насlage, лесни седименти из периода последњег леденог доба, егзотични кредни мекушци, тектонски контакт и раседна зона која одваја старију и млађу Креду, отворена „петролошка радионица“ (на сценском зиду око 10 врста различитог камена – сл. 7). Све су то интегрални елементи овог објекта.



Сл. 7. Летња позорница – "отворена петролошка радионица" (Фото Д. Миловановић: 21.09.2009.)  
Fig. 7. Summer Stage – open petrologic workshop (Photo by D. Milovanovic)

Слично томе, Авала и околина имају ванредно леп потенцијал да се цео тај крај промовише у геоту-



Сл. 8а-б. Авала – споменик Незнаком јунаку (а) и приступне степенице (б) урађени од тамног, јабланичког габра. (Фото Љ. Рундић: 22.10.2009.)

Fig. 8a-b. Avala Mt. – a) the Monument of the Unknown Hero and, b) staircase from the dark gabra from Jablanica area (Bosnia and Herzegovina). Photo by Lj. Runic.

ристички сајт града Београда. Поред надалеко познатог ТВ торња који је сада поново изграђен и споменика Незнаком јунаку, постоји читав низ геолошких појава и објеката који могу бит „увезани“ у једну целину. Некадашњи вулкан, остаци Панонског мора и стратотипска локалност за горњи панон у Карагачи, карактеристично развиће доњег понта у Белом потоку, остаци старих рударских радова, школски рудник Шуљпа стијена, мало познате минералне врсте, тектонски белопоточки ров и још пуно тога. Могуће је „скројити“ неколико геостаза које ће ићи око Авале и на којима ће бити постављени одговарајући панони и инфотабле са приказом најважнијих геолошких карактеристика и значајем који оне имају у свакодневном животу. Адекватна промоција таквих објеката геодиверзитета и геонаслеђа ће сигурно подићи опште образовни али и стручно-научни интерес код свих посетиоца и грађана (КНЕЖЕВИЋ & RADULOVIĆ 1996). Посебно је важно истаћи и указати на опште познате ствари које су сада некако „далеко“ од очију обичног грађанина. Нпр. многим је познато да је споменик Незнаком јунаку урађен од тзв. јабланичког габра (сл. 8). Ипак, мало је оних који су могли то негде да прочитају или виде. Једноставна инфо-табла или мали пано на ту тему би трајно подсетио све посетиоце нпр. какав је то тип стене, каквог је порекла и који су још објекти у нашем граду изграђени од тог типа габра. Постоји још доста сличних траса и пројекција које се врло лако могу увезати у краћу или дужу маршруту које би се могле обилазити на будућој геотуристичкој карти града Београда. Посебно су занимљиви периферни делови града, где би практично могле постојати и сасвим мале, отворене радионице где би нарочито најмлађи могли исказати своју љубав према природи али и научити како се она штити

(нпр. лесни платои Земуна и Батајнице – КНЕЖЕВИЋ и др. 2004; ЈОВАНОВИЋ и ЗВИЗДИЋ 2009)

## Литература

- ADAMOVIĆ, J., MIKULAŠ, R. & CILEK, V. 2006. Sandstones Districts of the Bohemian Paradise: Emergence of a Romantic Landscape. *GeoLines*, 21, 1–99.
- БАЊАЦ, Н. и РУНДИЋ, Љ., 2006. Геотуризам – нови вид туристичке понуде на Тари. У: МИСАИЛОВИЋ, И. и ЈОВИЋ, В. (Ед), Зборник туристичка валоризација планине Таре. *Географски Инстџитут „Јован Цвијић“*, 379–390.
- БЕЛИЈ, С. 2007. Геодиверзитет и геонаслеђе – савремени тренд развоја геоморфологије у свету и код нас. *Географски инстџ. „Јован Цвијић“*, САНУ, 57, 65–70.
- DOYLE, P. 2005. Environmental geology. In: SELLEY, R.C., COCKS, L.R.M. & PLIMER, I.R. (Eds.): *Encyclopedia of Geology*, vol. I, 25–32.
- GORDON, J.E. 2005. Geological conservation. In: SELLEY R.C., COCKS L.R.M. & PLIMER I.R. (Eds.), *Encyclopedia of Geology*, vol. II, 29–35.
- ГРУБАЧЕВИЋ, М., МИЛИЋ, Р., ГЛАМОЧИЋ, Б., БОЖОВИЋ, Б., ТАНАСКОВИЋ, М. и ПОПОВИЋ, А. (Уред.), 2009. Квалитет животне средине града Београда у 2008. години. Секретаријат за заштиту животне средине града Београда, градски завод за јавно здравље и Регионални центар за животну средину за централну и југоисточну Европу, 1–332.
- ЈОВАНОВИЋ, М. и ЗВИЗДИЋ, О. 2009. *Геонаслеђе лесних њрофила у Војводини*. Друштво младих истраживача Инст. За географију “Бранислав Букурор”, 104 стр.
- КНЕЖЕВИЋ, S. & RADULOVIĆ, V. 1996. Geological localities in Belgrade area, conservation of geological heritages. *I Subreg. Meeting of SE Europe*, BAN, Sofia, 34–38.
- КНЕЖЕВИЋ, С., НЕНАДИЋ, Д. и БОГИЋЕВИЋ, К., 2004. Профили лесних наслага у околини Београда као

- објекти геолошког наслеђа Србије. II Интерн. научни скуп о геонаслеђу Србије. *Пос. изд. Завода за заштити-иу њрироде*, 20, 29–33.
- МИЛОВИЋ, Д. 2002. Менаџмент објеката гео-наслеђа у Србији – пут ка геотуризму. *Заштити-иа њрироде*, 53/2, 135–142.
- МИЛОВИЋ, Д., РУНДИЋ, Љ. и МИЛОВАНОВИЋ, Д. 2005. Заштита геонаслеђа у Србији и правци развоја. II Интерн. научни скуп о геонаслеђу Србије. *Пос. изд. Завода за заштити-иу њрироде.*, 20, 17–21.
- RUNDIĆ, L. & KNEŽEVIĆ, S. & GANIĆ, M. 2005. Karst occurrences in the Miocene of Belgrade area. In: STEVANOVIĆ, Z. & MILANOVIĆ, P. (eds): *Water Resources and Environmental Problems in Karst*. Proc. Intern. Confer., 731–735.
- РУНДИЋ, Љ., ГАНИЋ, М. и КНЕЖЕВИЋ, С. 2008. Међународна година планете Земље и промоција геодиверзитета у Србији. *И симпозијум о заштити-иу њрироде Србије*, Нови Сад, абстракт, 179–180.
- РУНДИЋ, Љ. и КНЕЖЕВИЋ, С. 2005, Стратиграфско-палеонтолошки објекти као интегрални део геонаслеђа Србије. II *Интерн. Скуп о геонаслеђу Србије*, Пос. изд. Зав. Заш. Прир., 20, 109-114.
- СТЕВАНОВИЋ, П., 1950. Заштита геолошко-палеонтолошких и минералošких објеката. *Заштити-иа њрироде*, 1, 11-26.
- ЗАКОНИ, ПРОПИСИ, КАРТЕ:**
- Закон о националним парковима (1993)
- Закон о шумама (1996)
- Карта геонаслеђа Србије и Црне Горе. Геокарта (2003)
- Закон о заштити животне средине (2004)
- Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину (2004)
- Закон о процени утицаја на животну средину (2004)
- Устав Републике Србије (2006)
- Стратегији одрживог коришћења природних ресурса и добара Републике Србије (2007 – радна верзија)
- Националном програм заштите животне средине Републике Србије (2008).
- Закон о заштити природе (2009)



## Како су великани популаризовали науку Милутин Миланковић

КАТАРИНА БОГИЋЕВИЋ<sup>1</sup> и ДРАЖЕНКО НЕНАДИЋ<sup>1</sup>

Милутин Миланковић је широм света добро познат по своме „Канону осунчавања“, астрономској теорији о климатским променама. Оно што је познато мањем броју људи је да се Миланковић активно бавио популаризацијом науке, те да је написао неколико одличних научно-популарних књига и дела о историји науке. То су „Кроз царство наука“, „Кроз васиону и векове“, „Историја астрономске науке“, „Техника у току давних векова“, „Наука и техника током векова“. На примеру прве две књиге биће истакнута важност коришћења историје науке приликом популаризације природних наука, па и геологије.

**Кључне речи:** Милутин Миланковић, популаризација науке.

---

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, Бушина 7, Београд.





## Стање и перспективе основних геолошких истраживања у Србији

МИОДРАГ БАЊЕШЕВИЋ<sup>1</sup>

### 1. Тренутно законодавно, организационо и стручно стање геологије у Србији

Тренутно стање геологије и основних геолошких истраживања у Србији је незадовољавајуће јер се геологији у Србији не придаје адекватна пажња. Овакав закључак се може образложити следећим подацима:

1.1 Србија је једна од ретких земаља у Европи која нема буџетску, стручну и научно-истраживачку установу која се бави фундаменталном геологијом од интереса за државу.

1.2 Видан је недостатак законске и стручне регулативе:

- Закон о геологији је једини закон који је предвиђен Акционим планом Владе Републике Србије за 2006. годину, а није донешен, нити је постојећи закон унапређен и прилагођен новим условима у друштву,
- не постоји стратегија развоја и дугорочни план основних геолошких истраживања,
- не постоје одговарајућа упутства, водичи, правилници којима би се нормирала, олакшала и унапредила основна геолошка истраживања.

1.3 Постојећа државна геолошка институција “Геолошки институт Србије д.о.о.” организована као привредни субјект, не може да задовољи потребе државе за остваривањем потпуне одговорности и надлежности над геолошким ресурсима.

1.4 Основна геолошка истраживања, као недовољно профитабилни, се неминовно запостављају, што даље води ка:

- организационом и стручном паду квалитета истраживања,
- заостајању у методолошким и технолошким поступцима истраживања,

- осипању најквалитетнијег стручног и научног кадра,
- нестајању појединих стручних дисциплина,
- губитку међународних веза и сарадње, а самим тим и удаљавању од европских стандарда, препорука и захтева.

Последице оваквог стања само на изглед нису велики али не би требало заборавити да се урушавањем основних истраживања, као и занемаривањем научно-истраживачке делатности, временом урушавају и нестају и све примењене дисциплине (којих има јако много), а које посредно или непосредно користе геолошке податке.

### 2. Предлог мера за адекватно решење стања и статуса геологије у Србији

Да би решење статуса геологије било у интересу Републике Србије, развоја основних геолошких истраживања и геолога, потребно је следеће:

2.1 Оснивање или формирање геолошке институције као органа државне управе, према Закону о државној управи (нпр. као Посебна организација – Завод), ради успостављања одговорности и надлежности над геолошким ресурсима и реализације геолошких истраживања од интереса за државу.

- реализација геолошких истраживања од интереса за државу би у потпуности била покривена директним уговарањем и финансирањем из буџета,
- делатност институције би била формулисана Законом,
- приоритети и стручни модалитети делатности били би усклађени са Стратегијом развоја и дугорочним планом основних геолошких истраживања.

<sup>1</sup> СЕЕ д.о.о., Пожешка 83А, 11000 Београд, Србија. Е-mail: miodrag.ba@sbb.rs

2.2 Доношење новог Закона о геолошким истраживањима или модификовањем постојећег Закона о геолошким истраживањима, којим би се дефинисао и ускладио законски оквир геолошке делатности, финансирање и адекватно институционализовање основних геолошких истраживања и прилагодили сви законски и стручни фактори новонасталим друштвеним условима, потребама и европским захтевима и нормама.

2.3 Формирање стручне комисије која би:

- израдила стратешки документ у коме би се дефинисали интереси државе у основним геолошким истраживањима и израдила комплексна стратегија развоја,
- израдила дугорочни план основних геолошких истраживања,
- израдила подзаконски акт којим би се дефинисала надлежност, делатност, обавезе и права комисија за геолошку карту и друге комисије за контролу геолошких истраживања.

Ово би требали да буду неопходни услови за правилан статус и развој геологије у Србији и континуиран и адекватан рад на основним геолошким истраживањима од интереса за државу. Свако даље одлагање адекватног реорганизовања геолошких истраживања и финансирања доноси даљи губитак времена, неадекватно трошење буџетских средстава и заостајање за европским стандардима и нормама у сваком погледу.

### **Захвалност**

Захваљујем се колегама Душану Јелићу, Браниславу Благојевићу, др Петру Стелићу, мр Родољубу Галићу, мр Славици Ђалић и другима који су кроз дискусије, коментаре, предлоге итд., учествовали у изради овог, али и неких претходних текстова, предлога и докумената.

## Global megatrends and the role of geology in modern society Глобални мегатрендови и улога геологије у савременом друштву

MARKO KOMAC<sup>1</sup>

**Abstract.** Societal and environmental developments in the past decade and serious problems related to them, have indicated that the adopted traditional approach towards the Earth, its resources, habitats and to the geo-system as a whole lacks the component of sustainability. Megatrends that will shape our society in the forthcoming years and decades enlighten possible challenges, with which humanity will be confronted and to which geological sciences can find solutions. Geology as one of the basic sciences when the question revolves around environmental issues nowadays has even bigger responsibility to answer to a society's call to find solutions for the sustainable supply with mineral resources, drinking water and energy, solutions for sustainable and safe use of land and to find solutions to battle climate changes. Paradoxally, at the same time there's a huge lack of acknowledgment of geological sciences among decision and policy makers, politicians and wider public. Although geologists are often confronted with misunderstanding that questions the relevance of geological data and knowledge based on it, the role of geological sciences in the future society is clear – without its strong incorporation in the relation and interaction between human and nature there's little possibility of sustainable development of our society.

**Key words:** geology, megatrends, role, contemporary, society.

**Апстракт.** Друштвени развој и однос према животној средини у протеклој деценији и озбиљни проблеми у вези са тиме, показали су да је постојећи традиционални приступ ка Земљи, њеним ресурсима, стаништима и гео-системима у целини без компоненте одрживости. Мегатрендови који ће да обликују наше друштво у наредним годинама и деценијама показује могуће изазове, са којима ће човечанство бити суочено и којима геолошке науке могу наћи решења. Геологија као једна од основних наука у оквиру питања заштите животне средине данас има чак већу обавезу да одговори на проблем друштва да пронађе решења за одрживо снабдевање минералним сировинама, питком водом и енергијом, затим решења за одрживим и безбедним коришћењем земљишта, као и решења за климатске промене. Парадоксално, у исто време постоји велики недостатак схватања значаја геолошких наука од стране креатора важних одлука, политичара и шире јавности. Иако су геолози често суочени са неспоразумима који доводе у питање релевантност геолошких података и знања која се заснивају на њима, улогу геолошких наука у будућем друштву је јасна - без јаког инкорпорирања у односе и интеракцију између човека и природе има мало могућности одрживог развоја нашег друштва.

**Кључне речи:** Геологија, мегатрендови, улога, савремено, друштво.

### Introduction

Societal and environmental developments in the past decade and serious environmental, raw resources, geohazard, and ground water related problems have indicated that the adopted traditional approach towards the Earth, its resources, habitats and to the geosystem as a whole substantially lacks the component of sustainability. Since global megatrends are the momentum that will dictate the most probable course of our common future it is inevitable to analyse the presence of geology related issues within these global

megatrends and solutions that geological sciences can offer. Geology is one of the basic sciences when the question revolves around solving contemporary environmental issues and hence has a huge responsibility to answer to the society's call to find a solution for the sustainable supply with mineral resources, drinking water and energy, a solution for sustainable and safe use of land and to find solutions for adaptation to climate changes.

Past trends in natural resources consumption (here the term consumption covers areas of production, consumption and usage of natural resources) show constant growth. In

<sup>1</sup> Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ul. 14, SI – 1000 Ljubljana, Slovenia. E-mail: marko.komac@geo-zs.si

the period from 1960 to 2007 the total agricultural area has grown from 44.6 million km<sup>2</sup> to 49.3 million km<sup>2</sup>, which is a 10.6 percent increase while the area covered by forests has decreased by 3.5 percent from 40.8 million km<sup>2</sup> to 39.4 million km<sup>2</sup> in the same period (FAOSTAT 2010). According to World Water Assessment Programme (WWAP 2006) water withdrawals are predicted to increase by 50 percent by 2025 in developing countries, and 18 percent in developed countries with relation to year 2000 withdrawals. Analyses compiled by OECD/IEA (2009) show that the total energy production has risen from 5 700 Mtoe in 1971 to 12 000 Mtoe in 2007, where the majority of the energy production rise was covered with nuclear, gas and coal/peat sources. In the same period the consumption of oil products has grown from 2.3 to 4 billion tonnes. The increase of total material requirement has increased from 25 in 1945 to 210 million tonnes per year in 2004 (HALADA 2007). The trends represented above show obvious rise in areas of consumption, demand and production or extraction of natural resources in the past decades and no current activities or short term trends indicate that these trends are to change in the future. All of the presented figures are related to global statistics.

### Geology within global megatrends

Megatrends are predominant individual and combined or interacted drivers in contemporary societal developments that will very likely affect the future in all areas the following 10–15 years (LARSEN 2006). LARSEN (2006) defines ten megatrends toward 2020. These trends are (1) ageing, (2) globalisation, (3) technological development, (4) prosperity, (5) individualisation, (6) commercialisation, (7) health and environment (in relation to humans), (8) acceleration, (9) network organising, and (10) urbanisation. While much of the emphasis author puts on societal part, very little is said about environmental issues. In parts of sections “globalisation”, “technology development”, “health and environment”, and “urbanisation” these megatrends rely heavily on raw materials, clean drinking water, sustainable use of land, and securing water for irrigation issues.

DAHEIM (2009) partitions contemporary trends into six megatrends, (1) climate change and energy and resource reversal, (2) demographic changes, (3) new patterns of mobility and urbanisation, (4) globalisation 2.0, (5) technology convergence, and (6) knowledge-based economy and business-ecosystems. Here environmental and geology related issues are debated more directly within megatrends 1 and 3 and indirectly within megatrend 5.

According to UN (UN 2009) today there are five megatrends – (1) population growth, (2) urbanization, (3) climate change, (4) migration and (5) food, water and energy insecurity – that influence heavily on contemporary forms of displacement (related to refugees, returnees and displaced persons) making them increasingly complex. UN megatrends are focused in the area of refugee problems, and the megatrends related to them clearly indicate the important direct role of geology related issues in megatrends 2, 3 and 5.

BOSCH (2009) performed a comparison study between the importance of contemporary megatrends and their analogues fifteen years ago (Table 1). While demographic change was ranked as the most important a decade and a half ago, today it ranks fifth while the environment and climate protection ranked exactly the opposite. Today's second most important megatrend is globalisation, the third scarcity of natural resources and the fourth lack of qualified staff. The additional megatrend not being ranked among top five and, which directly overlaps with the geological sciences, is urbanisation, while migration and ethnic conflicts are indirectly connected to scarcity of water and seldom other natural resources. The Bosh analysis ranks geology related issues, directly expressed in with megatrends 1, 3 and 9, among the most important ones and indirectly expressed with megatrend 6 (see Tab. 1).

The analysis ERNST & YOUNG (2009) have made on global megatrends in 2009 has also been primarily oriented towards their impact to the marketplace. Despite the relatively narrow scope of the analysis, the importance of energy and commodities (megatrend 4) is on the rise among other financial and economic megatrends, while indirectly geology related issues are expressed in megatrends 5 and 6 (see Tab. 1).

Regardless the approach of defining the relative megatrends and their importance, one can easily draw the following conclusions. Environmental issues, adaption measures to climate changes, tackling of serious shortage of natural resources can only be managed with active involvement of geological sciences and the knowledge and products these sciences can deliver. Undirectly knowledge and products of geological sciences can be of great help when tackling the problems of population growth (food production, water supply for drinking and irrigation), technological development (raw material supply), prosperity (clean and safe living environment, quality drinking water etc.).

### Future challenges for geological sciences

Nowadays majority of geological research are financed through the public research funds where the knowledge and understanding of processes are constantly upgrading either through more detail results or more complex and synoptic approach. Public sector that deals with public goods finances the public service, the progress of which is driven by the societal demands for higher living standards, cleaner and safer environment and sustainable exploitation of natural resources. Public service activities rely heavily on the research results. The third driving mechanism of geological investigations is market, where demands are oriented towards competitive and dynamical society based on knowledge that enables the economical growth. Fig. 1 shows the interaction of the three drivers that govern the geological research or work.

Future societal developments bring new challenges to several research areas among, which geological sciences play a significant role. Problems that will arise with socie-

Table 1. Overview of megatrends according to different sources. Numbers in brackets represent the ranking / importance of each megatrend according to individual source. The direct relation between geological sciences and megatrends are marked with one asterix, while the indirect relation is marked with two asterixes.

LARSEN (2006)	CORNELIA DAHEIM (2006)	UN (2009)	BOSCH (2009)	ERNST & YOUNG (2009)
ageing (1)	demographic change (2)	population growth (1)	demographic change (5)	the accelerating shift of power from west to east (1)
globalization (2)	globalization 2.0 (4)		accelerated globalisation (2)	overhaul and globalisation of the regulatory environment (3)
technological development (2) **	technology convergence (5)**		technological progress (6)**	the next wave of technological innovation (6)**
prosperity (4)**				responsibility firmly on the corporate agenda (5)**
individualization (5)				
commercialization (6)	knowledge-based economy and business-ecosystems (6)	growing influence of capital markets (7)	the changing financial landscape (2)	
health and environment (7)**	climate change (1)*	climate change (3)*	environment and climate protection (1)*	
acceleration (8)			constant structural change (12)	
network organizing (9)	new patterns of mobility (3)	migration (4)	migration and ethnic conflicts (10)	
urbanisation (10)*	urbanisation (3)*	urbanisation (2)*	increasing urbanisation (9)*	
	energy and resource reversal (1)*	food, water and energy insecurity (5)*	scarcity of natural resources (3)*	the rising economic importance of energy and commodities (4)*
			shift in political power blocks (8)	
			lack of qualified staff (4)	the increasing challenges of managing and developing talent (7)
			polarisation of societies (11)	



Fig. 1. Intersection between the three drivers represents the field of geological research

tal developments in conjunction with natural processes will have strong collective momentum and while some problems will have to be tackled within the public good domain (water supply, geohazard prevention and mitigation, sustainable land use, climate change adaptation measures), others will have to be tackled with the support of market (raw materials supply, energy supply). Failing to find satisfactory and sustainable solutions will most probably result in the scarcity of natural resources and low(er) level of living standard, which might lead to (armed) conflicts (Fig. 2).

Future geological challenges don't differ much from contemporary tasks geological sciences are involved in. These challenges can be grouped around the already existed tasks of geology – search for and understanding of new aquifers, ore bodies, and geothermal energy sources, geohazard mitigation, sustainable land use, pollution prevention and mitigation, and climate change adaptation measures such as SSC, use of geothermal sources etc. Nevertheless the boundaries of the research and explorations will shift dramatically into micro and nano scales, into the Earth's depths, to the ocean floor, maybe shift to other planets their satellites or meteorites, but most of all they will become even more interdisciplinary as they are today.

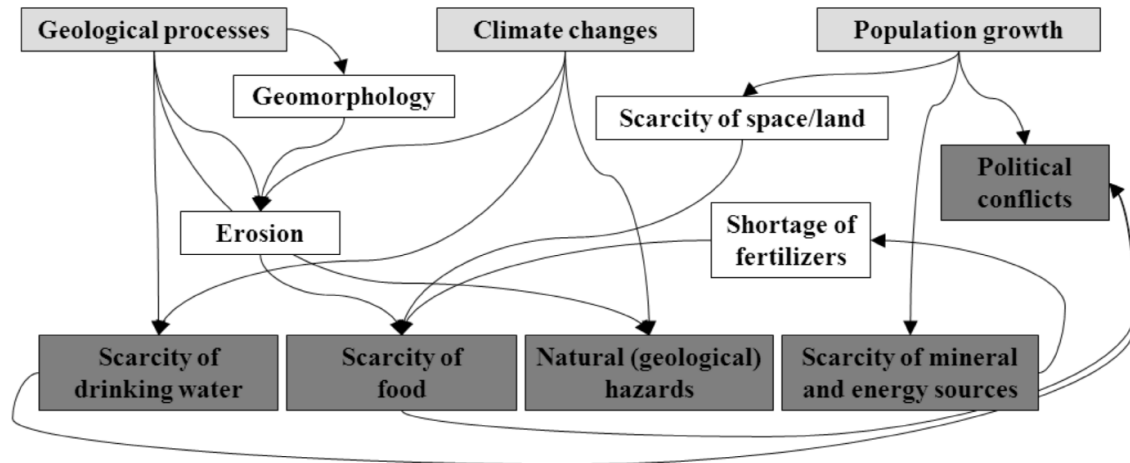


Fig. 2. Driving forces of global changes

## Conclusion

In our everyday lives we, humans need, beside the air that we breathe and food that we eat, drinking water, energy, materials, and space/land. Geology with its vivid spectre of research fields offers answers to sustainable supply of all of the daily necessities through the field data collection, sample and data analyses, spatial and temporal interpretation of rocks' or fossils' genesis, construction of 3D or 4D models (and their simplification in lesser dimensions). It is needles to emphasise that all segments in the chain, described above are essential for the production of high quality geological answers to the questions and needs of contemporary society. Geosciences are responsibility to the future. Although the 3D or 4D geological model is constantly evolving and upgrading it represents up-to-date knowledge of given heterogeneous area in space and sometimes even in time.

Despite the fact that importance of geology and Earth sciences in the process of tackling contemporary problems is growing, the real recognition among policy and decision makers, wider public, and often even among other scientists still needs to be achieved. Only then our civilisation is one step closer to sustainable development in the future.

## Acknowledgments

Author would like to thank all geologists and Earth scientists around the globe that with their daily work prove the importance of their fields for a well being of our society.

## References

- BOSCH, 2009. Global megatrends. Bosch. [http://csr.bosch.com/content/language2/html/2552\\_ENU\\_XH](http://csr.bosch.com/content/language2/html/2552_ENU_XH)
- TML.aspx. (Accessed 15 January 2010)
- DAHEIM, C. 2009. Six Key Trends Shaping Future Society. TIP Workshop on Future Orientations for STI Policy, 14th Dec. 2009, Paris, The Foresight Company OECD.
- ERNST & YOUNG, 2009. Global megatrends 2009. EYG no. DK0018, Ernst & Young, pp. 18.
- FAOSTAT, 2006. FAO Statistics Database. <http://faostat.fao.org> (last accessed 15 January 2010)
- HALADA, K. 2007. Global material recycling: The case of metals. UNEP International Workshop on Resource Efficiency and the Environment: Identifying Key Resource Flows, 25 September 2007, Tokyo, Japan, UNEP. [http://www.unep.fr/scp/rpanel/pdf/Tokyo\\_UNEPWS\\_Halada.pdf](http://www.unep.fr/scp/rpanel/pdf/Tokyo_UNEPWS_Halada.pdf) (Accessed 15 January 2010).
- LARSEN, G. 2006. Why megatrends matter? – FO/futureorientation, Copenhagen Institute for Futures Studies (CIFS), p. 8-13. <http://www.cifs.dk/scripts/artikel.asp?id=1469>. (Accessed 15 January 2010)
- OECD/IEA, 2009. IEA Statistics & Balances. <http://www.iea.org/stats/index.asp> (Accessed 10 January 2010).
- UN, 2009. Five 'mega-trends' - including population growth, urbanization, climate change – make contemporary displacement increasingly complex, Third Committee told (GA/SHC/3964). United Nations General Assembly, Sixty-fourth General Assembly, Third Committee, 38th & 39th Meetings (AM & PM). [www.un.org/News/Press/docs/2009/gashc3964.doc.htm](http://www.un.org/News/Press/docs/2009/gashc3964.doc.htm) (Accessed 10 January 2010)
- UNEP/GRID- Arendal Maps and Graphics Library, 2010. <http://maps.grida.no/go/graphic/the-richer-we-get-the-more-we-discard-human-consumption-waste-and-living-standards> (Accessed 4 February 2010)
- WAAP, 2006. The State of the Resource, World Water Development Report 2, Chapter 4. World Water Assessment Programme, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. [http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2\\_ch\\_4.pdf](http://www.unesco.org/water/wwap/wwdr2/pdf/wwdr2_ch_4.pdf) (Accessed 15 January 2010)

## Геолошка истраживања и законска регулатива Geological exploration and legislation

ВЛАДИМИР СИМИЋ<sup>1</sup>

**Апстракт.** У раду је приказано садашње стање законске регулативе везане за геолошка истраживања чврстих минералних сировина, и то из области геологије, рударства и заштите животне средине. Указано је на застарелост многих докумената који се и данас примењују у пракси. То се нарочито односи на Правилник о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима, који је у многим одредбама везаним за поједине минералне сировине, али и у неким суштинским, одавно превазиђен, што је приказано на примеру каолина и глина. У раду су такође разматрани и проблеми корелације система класификације резерви по нашим прописима и према JORC класификацији. Указано је на потребу редефинисања законске регулативе из области геолошких истраживања и предложена нека решења.

**Abstract.** Actual status of legislation in the field of geological exploration of solid mineral resources, mining and environmental protection has been presented. It is pointed out that many documents, which are still used in practice, are quite old and out of date. This is, in particular, the problem with the Instruction on the Classification and Categorisation of Solid Mineral Resources, which is in many articles obsolete regarding certain mineral resources, which was shown on clay and kaolin examples. The correlation between Serbian and JORC classifications has been also discussed, based on personal experience. It is recommended that the legislative should be redefined regarding geological exploration, and some solutions were suggested.

### Увод

Последњих двадесет година подручје целе Источне и Југоисточне Европе захватиле су велике промене на политичком, друштвено-економском и привредном плану. Нажалост, наша земља се током најтежег десетогодишњег прелазног периода налазила углавном у изолацији од најважнијих светских центара када је у питању геолошка наука и струка, а последице тога су и данас веома приметне. Наиме, како то наводе Илић *и др.* (2009), у Србији се промене нису битније одразиле на област истраживања и оцене минералних ресурса/резерви и њиховог класификовања. Нормално је да је таква изолованост и заостајање за светским трендовима развоја веома штетна за геологију у Србији уопште, а нарочито за сектор минералне индустрије. Заостајање у промени застареле законске регулативе нарочито је нез-

годно јер узрочно доводи до заостајања целе струке. Због тога је потребно што пре извршити неопходне промене и прихватити светске стандарде и терминологију у области геолошких истраживања. То заостајање се види и по веома малом броју радова последњих десетак година који третирају ову проблематику, о којој су, поред већ цитираног, писали ВУКАС (2009), ДИМИТРОВСКИ и НИКОЛИЋ (2001), док су о проблематици примене закона у пракси свој допринос дали ПЕТРОВИЋ и МАКСИМОВИЋ (2005) и ПОПАДИЋ и ТОДОРОВИЋ (2005).

### Преглед законске регулативе

На почетку треба истаћи да аутор овог рада под законском регулативом схвата како законе из области геолошких истраживања, тако и из области

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Бушина 7, Београд. E-mail: simicv@rgf.bg.ac.rs

рударства, јер то јесте, и треба да буде, једна неодвојива целина, у којој ће поједини закони и правилници да се ослањају једни на друге без непотребних преклапања, преопширности и супротних или недовољно јасних одредби. Нормално је да уз њих, у складу са нашим заједничким опредељењем за форсирање одрживог развоја, иду и закони и правилници из области заштите животне средине.

Тренутно у Србији важе следећи закони и важнији правилници:

- Закон о геолошким истраживањима, Службени гласник Републике Србије број 44/1995.
- Закон о утврђивању и разврставању резерви минералних сировина и приказивању података геолошких истраживања, Службени лист СР Југославије број 12/1998.
- Правилник о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима, Службени лист СФР Југославије број 53/1979
- Правилник о садржини пројеката геолошких истраживања и резултатима геолошких истраживања, Службени гласник Републике Србије број 51/1996
- Закон о рударству, Службени гласник Републике Србије број 44/1995 (са изменама и допунама 85/2005, 101/2005, 34/2006 и 104/2009)
- Закон о заштити животне средине, Службени гласник Републике Србије број 135/04
- Закон о стратешкој процени утицаја на животну средину, Службени гласник Републике Србије број 135/04
- Закон о процени утицаја на животну средину, Службени гласник Републике Србије број 135/04
- Закон о интегрисаном спречавању и контроли загађивања животне средине, Службени гласник Републике Србије број 135/04
- Закон о изменама и допунама закона о заштити животне средине, Службени гласник Републике Србије број 36/09
- Закон о изменама и допунама закона о процени утицаја на животну средину, Службени гласник Републике Србије број 36/09
- Закон о заштити ваздуха, Службени гласник Републике Србије број 36/09
- Закон о заштити природе, Службени гласник Републике Србије број 36/09
- Закон о националним парковима, Службени гласник Републике Србије број: 39/93, 44/93, 53/93, 67/93, 48/94
- Правилник о садржини рударских пројеката, Службени гласник Републике Србије број 27/1997
- Правилник о садржини студије изводљивости експлоатације лежишта минералних сировина, Службени гласник Републике Србије број 108/2006.

Из овог хронолошког прегледа закона види се да је најстарији документ из области геолошких истраживања који је и данас у употреби Правилник о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима из 1979. године (у даљем тексту Правилник), а најновији документ датира из 1998. године. Из тога видимо да је целокупна законска регулатива из области геолошких истраживања у потпуности наслеђена из периода социјализма. Највећи стручни проблем представља управо најстарији документ – Правилник, који је веома застарео када су у питању одређене минералне сировине. Последња свега тога је да таква законска регулатива одражава потребе централизованог државног социјалистичког система, у коме Држава све дефинише, али и даје средства за геолошка истраживања. То је у потпуној супротности са концептом тржишне економије, коме смо у последњих двадесет година посветили пуно декларативне подршке у Геологији, па је то чак био и мото (слоган) последњег југословенског геолошког конгреса одржаног далеке 1990. године у Охриду.

Законска регулатива из области рударства почиња пре свега на Закону о рударству (1995), али са веома важним изменама и допунама из 2005. и 2006. године. Од новије регулативе из те области треба поменути и Правилник о садржини студије изводљивости експлоатације лежишта минералних сировина (2006). Веома важна ствар је што је изменама и допунама Закона о рударству из 2005. године омогућена експлоатација билансних резерви, а не само билансних резерви А и Б категорије. Законска регулатива из области рударства такође је већим делом наслеђена из периода социјализма, али са значајним предузетим корацима ка усаглашавању са светским трендовима. Лични став аутора је да наша законска регулатива из области рударства није лоша, чак у многим сегментима и боља од одговарајуће у неким европским земљама.

Законска регулатива из области Заштите животне средине комплетно је иновирана последњих година, и са неколико основних закона и њихових измена и допуна у последњих 5 година може се рећи да је на европском нивоу, то јест скоро потпуно у сагласности са ЕУ нормама. Оно што представља одређени проблем приликом подношења захтева за одобрење за истраживање су недефинисани износи појединих такси који су неки пут неоправдано високи, па понекад и прелазе уобичајену вредност пројекта геолошких истраживања.

Велики проблем законске регулативе везано за минералну индустрију је недостатак модерног Закона о концесијама са посебним освртом на минералне сировине као необновљиве ресурсе. Мислим да би ту морала да се под хитно сагледају искуства развијенијих земаља са дугом традицијом у рударству, али и суседних земаља, као што су



Црна Гора, Босна и Херцеговина и Хрватска. Проблем непостојања концесија за геолошка истраживања (или занемарљив број издатих у последњих десетак година) представља значајан губитак прихода за државу.

Засебан проблем представљају “мала лежишта”, односно “мали рудници”, каквих је у сектору опкарске индустрије код нас велики број. Наиме, према постојећој законској регулативи важе иста правила за истраживање и оверу резерви код великих лежишта, као и код веома малих (са експлоатацијом реда величина од неколико хиљада кубних метара годишње). Са економског гледишта то је крајње нерационалан начин истраживања. Овој проблематици био је посвећен Округли сто још 1993. године (ВАКАЊАЦ и СИМИЋ 1993).

Такође треба нагласити да је за минералну индустрију веома повољна законска регулатива у којој постоји “One Stop Shop”, то јест завршавање свих административних послова на једном надлежном месту/министарству. То би такође требало размотрити код даљих промена и измена различитих закона код нас.

### Одређивање растојања између истражних радова, броја и дужине проба и категорија резерви

Правилник из 1979. године је вероватно најчешће помињан правни документ из области геолошких истраживања током последњих десетак година. Детаљан приказ делова који се односе на категоризацију и класификацију резерви приказали су Илић и др. (2009), а овде ће на примеру глиновитих стена

(clay rocks, глинисте породу) бити приказани очигледни стручни недостаци Правилника и овакве праксе у истраживању глина. Терминологија везана за глиновите стене приказана је у раду СИМИЋА (2004).

Концепт Правилника заснива се на класификацији резерви минералних сировина бившег Совјетског Савеза из шездесетих година прошлог века, али са нама толико својственим допунама и специфичностима. У свим наведеним класификацијама основ за категоризацију резерви представљају максимална растојања између истражних радова и тачно дефинисан број узетих проба и максимални интервал опробавања. У наредним табелама приказана су препоручена растојања из основне класификације резерви глиновитих стена СССР из 1961. године (која је остала неизмењена и у класификацији Руске Федерације из 2007. године), и максимална растојања свих наших примера из Правилника.

Шта је важно напоменути за све наведене примере, изузимајући лежишта халојзита која *de facto* немамо?

1. Препоручена растојања између истражних радова за лежишта глина (табела 1) представљају за своје време али и дан данас најрационалнију основну концепцију истраживања лежишта глиновитих стена без обзира на области примене.

2. Код нашег Правилника сва растојања између истражних радова су прописана, то јест не могу се пред неким комисијама прекорачити чак ни позивањем на члан 7 истог правилника о нерационалном трошењу средстава.

3. Код нашег Правилника о истраживању лежишта каолина (табела 2) стоје за групе 1 и 2 растојања за А, Б и Ц<sub>1</sub> категорију која су врло чудна и није

Табела 1. Препоручена растојања између истражних радова за лежишта глина (Инструкција по примени класификације запасов к месторождениям глинистых пород, 1961, СССР и Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, Глинистые породы, Российска Федерация, 2007)

Група лежишта	Тип лежишта	Растојања између истражних радова (у м) за категорију резерви		
		А	Б	Ц <sub>1</sub>
1	Велика лежишта, слојевита и сочиваста, уједначене грађе, дебљине и квалитета минералне сировине	100–150	150–200	300–400
	Лежишта средње величине, слојевита и сочиваста, уједначене грађе, дебљине и квалитета минералне сировине	50–100	100–200	200–300
2	Велика лежишта, слојевита и сочиваста, неуједначене грађе, дебљине и квалитета минералне сировине	–	50–100	100–200
	Лежишта средње величине, слојевита и сочиваста, неуједначене грађе, дебљине и квалитета минералне сировине	–	25–50	50–150
3	Лежишта са веома променљивом грађом, дебљином и квалитетом минералне сировине	–	–	25–50

Табела 2. Прописана максимална растојања између истражних радова за лежишта каолина (Правилник, 1979, СФРЈ, Србија)

Група лежишта	Тип лежишта	Растојања између истражних радова (у m) за категорију резерви		
		А	Б	Ц <sub>1</sub>
1	Слојевита, сочиваста или жична, постојане дебљине и уједначеног минералног састава	50	90	200
2	Слојевита, сочиваста или жична, променљиве дебљине и неуједначеног минералног састава	40	70	150
3	Сочиваста и жична, променљиве дебљине и неуједначеног минералног састава, која су пострудном тектоником подељена на мање блокове	25	50	100

Табела 3. Прописана максимална растојања између истражних радова за лежишта керамичких и ватросталних глина (Правилник, 1979, СФРЈ, Србија)

Група лежишта	Тип лежишта	Растојања између истражних радова (у m) за категорију резерви		
		А	Б	Ц <sub>1</sub>
1	Слојевита и сочиваста, постојане дебљине и уједначеног састава, која пострудном тектоником нису подељена на мање блокове и са резервама већим од 1.500.000 тона	100	200	400
2	Слојевита и сочиваста, постојане дебљине и уједначеног састава, са резервама већим од 1.500.000 тона која су пострудном тектоником подељена на блокове	50	100	200
	Слојевита и сочиваста, променљиве дебљине и неуједначеног састава, са резервама већим од 1.500.000 тона			
3	Слојевита и сочиваста, са резервама од 500.000 до 1.500.000 тона	25	50	100
	Слојевита и сочиваста, са резервама до 500.000 тона			

јасно на основу чега су дефинисана, а износе 50–90–200 и 40–70–150 m респективно. Било би геолошки логично да одговарајућа растојања буду 100–200–400 и 50–100–200, респективно. Такође би било логично да, ако се иде на такво детаљисање, буду раздвојена лежишта каолина коре распадања покровног типа од хидротермалних и лежишта коре распадања линијског типа, јер се зна да су њихова морфологија и квалитет потпуно другачији.

4. Код ватросталних и керамичких глина (табела 3) дата растојања су у складу са Совјетским извором, и могу се препоручити као оптимална за наше услове.

5. Код лежишта опекарских глина (табела 4) дата растојања су идентична са онима која су прописана за ватросталне и керамичке глинe. Ово је стручно потпуно неутемељено ако се зна да ке-

рамичке и ватросталне глинe свуда у свету представљају далеко вреднију сировину од опекарских глина. Растојања за опекарске глинe би требало да су бар за 50 % већа у односу на постојеће. Код опекарских глина би, научно и стручно посматрано, требало раздвојити глинe за производњу црепа и фасадне опеке, глинe за производњу шупљих грађевинских елемената и глинe за производњу пуне опеке. Наиме, постоји значајна разлика у захтевима за квалитетом сировина за производњу тих асортимана грађевинске керамике, што је морало да се одрази и у Правилнику.

6. Код лежишта бентонитских глина јавља се веома интересантна ситуација да неко ко планира истраживање лежишта бентонита у нашим седиментним басенима, где се бентонит генерално налази на приличној дубини (Симић 2001), треба да

Табела 4. Прописана максимална растојања између истражних радова за лежишта опекарских глина (Правилник, 1979, СФРЈ, Србија)

Група лежишта	Тип лежишта	Растојања између истражних радова (у m) за категорију резерви		
		А	Б	Ц <sub>1</sub>
1	Слојевита и сочиваста, постојане дебљине и уједначеног састава, са резервама већим од 5.000.000 тона, која пострудном тектоником нису подељена на блокове	100	200	400
2	Слојевита и сочиваста, постојане дебљине и уједначеног састава, са резервама од 2.000.000 до 5.000.000 тона, која су пострудном тектоником подељена на блокове што битно утиче на услове експлоатације,	50	100	200
3	Слојевита и сочиваста, са резервама мањим од 2.000.000 тона	25	50	100
	Слојевита и сочиваста, са резервама већим од 2.000.000 тона, чији састав и квалитет варирају по вертикали и хоризонтали и са израженом пострудном тектоником која битно утиче на услове експлоатације			

Табела 5. Прописана максимална растојања између истражних радова за лежишта бентонита (Правилник, 1979, СФРЈ, Србија)

Група лежишта	Тип лежишта	Растојања између истражних радова (у m) за категорију резерви		
		А	Б	Ц <sub>1</sub>
1	Слојевита и сочиваста, постојане дебљине и уједначеног састава, која пострудном тектоником нису подељена на мање блокове и са резервама већим од 600.000 тона	40	80	160
2	Слојевита и сочиваста, постојане дебљине и уједначеног састава, са резервама већим од 600.000 тона која су пострудном тектоником подељена на мање блокове, чије су појединачне резерве мање од 50.000 тона	20	40	80
	Слојевита, сочиваста и неправилног облика, променљиве дебљине и неуједначеног састава, са резервама већим од 600.000 тона			
3	Слојевита и сочиваста, са резервама већим од 600.000 тона, која су пострудном тектоником подељена на мање блокове, чије су појединачне резерве мање од 10.000 тона	-	20	40
	Слојевита, сочиваста и неправилног облика, променљиве дебљине и неуједначеног састава, са резервама од 300.000 до 600.000 тона			
	Слојевита, сочиваста и неправилног облика, променљиве дебљине и неуједначеног састава, са резервама до 300.000 тона			

Табела 6. Прописана максимална растојања између истражних радова за лежишта халојзита (Правилник, 1979, СФРЈ, Србија)

Група лежишта	Тип лежишта	Растојања између истражних радова (у m) за категорију резерви		
		А	Б	Ц <sub>1</sub>
1	Сочиваста и жична, код којих су геолошки услови појављивања једноставни и која су уједначеног састава	30	60	90
2	Сочиваста и жична, код којих су геолошки услови појављивања сложени и која су неуједначеног састава	20	40	80

претпостави да ли ће део басена који истражује да има мање или више од 600.000 тона резерви, и да ли ће појединачни блокови у случају раседања да имају резерве мање од 50.000 t или чак мање од 10.000 тона!

Као илустрација приступа истраживању каолинитских глина у Сједињеним Америчким Државама, приказана су уобичајена растојања истражних радова по појединим фазама истраживања (табела 7).

(сировина), када се дешава да 80 % резултата има ознаку “исто”!

### Класификација и категоризација резерви/ресурса

Као што је већ речено, Илић *и др.* (2009) су детаљно размотрили ову проблематику, тако да нема

Табела 7: Уобичајена растојања између истражних радова за седиментна лежишта каолинитских глина (PICKERING &amp; MURRAY 1994, југоисточне САД).

Стадијум истраживања	Kaolin quality control	Mine planning & development (Mineable reserves)	Assured reserves (Proven reserves)	Property exploration (Indicated resources)
	Експлоатациона	Експлоатациона	А+Б	Ц <sub>1</sub>
Растојања између истражних радова (у m) за категорију резерви	15	30	60	120
Начин бушења	Ударно-ваздушно	Језгровање са дуплом сржном, са водом, скоро 100 % језгра		

Када разматрамо проблем одређивања оптималне мреже опробавања и дужину појединачних интервала проба, опет се сусрећемо са формализмом у Правилнику, који потпуно неселективно (у зависности од морфогенетског облика лежишта и квалитета сировине) дефинише скоро униформно методичку опробавања, не остављајући одговорном пројектанту могућност да примени своје знање и искуство на конкретном лежишту, врсти сировине или чак одређеном квалитету сировине.

Многи од приручника и радова на руском језику (КАТОРГИН и ВАСИЉЕВА 1990; МЕРАБИШВИЛИ 1980) третирају проблематику опробавања лежишта глина и наглашавају потребу прилагођавања методике опробавања и анализа конкретне врсте сировине и лежишта. Индикативан пример нерационалног трошења средстава представљају често поједина испитивања на појединачним пробама опекарских глина

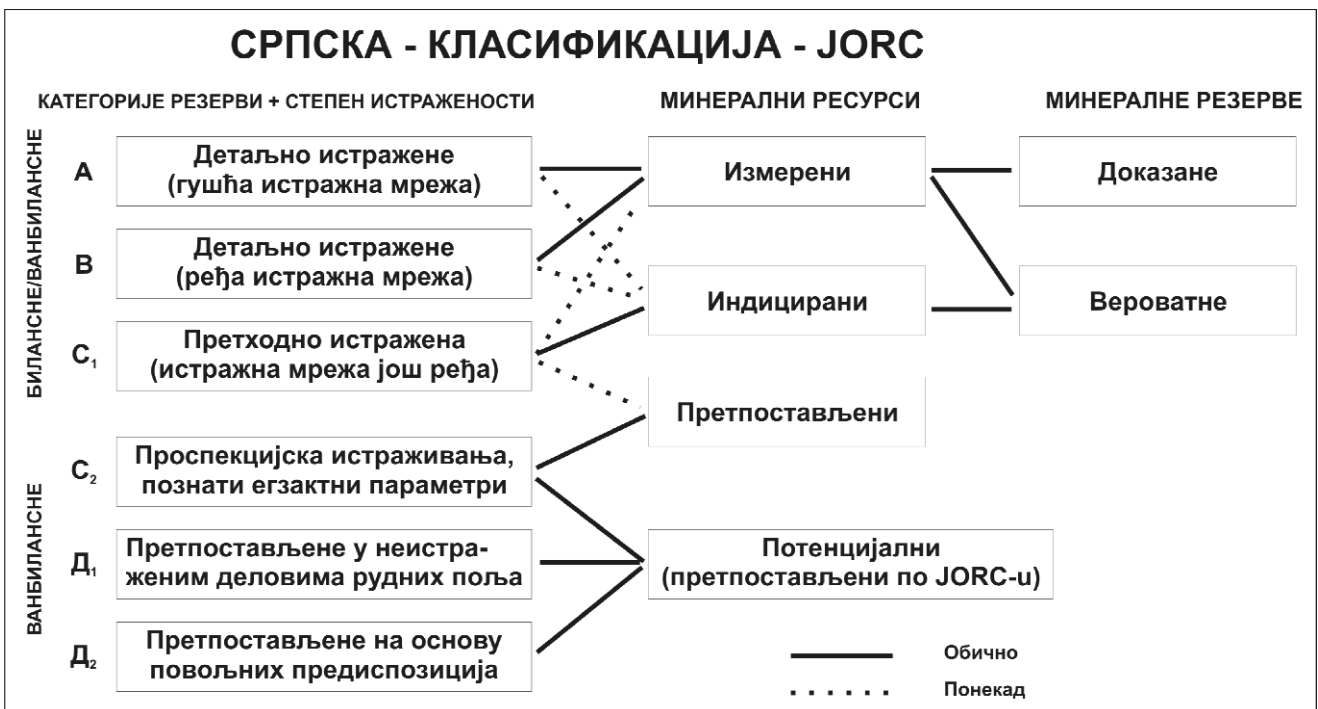
потребе понављати основне принципе и дефиниције. Овде ће бити приказана разлика у приступу проблему класификације и категоризације резерви/ресурса и степена њихове истражености, као и однос у пракси између наших категорија резерви и категорија по JORC класификацији.

У нашој земљи категоризација резерви врши се према степену истражености лежишта и степену познавања квалитета сировина, као и познавања рударских, технолошких, економских и других фактора. Код нас се то у основи своди на максимално дозвољено растојање између истражних радова и тачно дефинисан минимални број проба или максимални интервал опробавања. Оваквим приступом геолошким истраживањима омогућено је свим квалификованим дипломираним инжењерима геологије одговарајућег усмерења, уз положен стручни испит, пројектовање геолошких ис-

траживања свих постојећих минералних сировина без обзира на то да ли су раније икада учествовали у истраживању одређене минералне сировине. На овакав начин не подстиче се креативан интелектуални рад и развој струке.

Према JORC класификацији категорије ресурса или резерви такође се дефинишу према степену геолошке истражености лежишта и познавања рударских, технолошких, економских и других фактора. Међутим, према препорукама JORC класификације растојања између истражних радова нису прописана, као ни аналитички методи, нити минимални број потребних проба. То је намерно учињено, јер се тако

дашњег личног искуства (класификација резерви/ресурса по JORC за лежиште угља Станари, Република Српска, Босна и Херцеговина, лежиште бакра Борска Река, као и одређена лежишта кречњака, које су прихваћене од међународних стручњака), мислим да еквиваленција резерви мора да се ради од лежишта до лежишта, нарочито за она значајнија, са компликованом геолошком грађом, тектоником и строгим технолошким захтевима за одређеним квалитетима сировине. Код једноставних лежишта ТКК и опекарских сировина (осим можда сировина за производњу црепа) еквиваленција може да се ради и аутоматски по моделу пред-



Сл. 1. Корелација српске и JORC класификације резерви/ресурса

Fig. 1. Correlation between Serbian and JORC classification of reserves/resources

подстиче интелектуални рад и развој у домену геолошких истраживања, рударства и геостатистике. У JORC класификацији такође је веома истакнут значај и искуство “Компетентне особе”, која је једино овлашћена да потписује геолошки извештај који може јавно да се публикује, и који мора да потврди такође независна компетентна особа.

Илић и др. (2009) су приказали предлог корелације наше класификације резерви са класификацијом РФ, УН, JORC и CRIRSCO, која је у основи врло коректна и применљива. Мислим да само ресурси морају да буду раздвојени на C<sub>2</sub> категорију са једне стране, и ресурсе D категорије са друге стране, с обзиром на велику разлику у степену поузданости полазних података.

Међутим, ситуација код еквиваленције резерви у пракси је често веома променљива. На основу доса-

ложеном од стране наведених аутора. На слици 1 приказане су уобичајене, али и могуће комбинације приликом корелације наше класификације и категоријације резерви/ресурса и JORC класификације.

## Дискусија

Када упоредимо све препоруке, прописе и уобичајена растојања између истражних радова на примеру глиновитих стена, у нашој, руској и америчкој пракси, можемо закључити следеће:

- Руска школа даје још пре 50 година једноставну класификацију лежишта по групама, без непотребних детаљисања. По мишљењу аутора овог рада, апсолутно преимућство првог извора (Инструкцију по применић класификацији запасов

- к месторожденијум глинистѝх пород, 1961, СССР) су **препоручена**, а не прописана растојања! Наиме, у оригиналном тексту изричито стоји да “приказана растојања између истражних радова нису обавезујућа и не смеју ни на који начин да ограничавају иницијативу геолога при избору најрационалније истражне мреже”. Руска школа је методолошки убедљиво без премца, јер увек уважава научне резултате и потенцира процедуру.
- Интересантно је напоменути да је пример Инструкција из 1961. године у суштини филозофија JORC и NI 43-101 (СМ, 2005), то јест систем истраживања заснован на научним претпоставкама и апсолутно подређен конкретном лежишту/сировини.
  - Класификације група лежишта и тачно прописана растојања између истражних радова код нашег Правилника не уважавају научне и стручне критеријуме који су и у то доба били довољно разрађени и морали су бити узети у обзир. Тренутно овај Правилник представља највећу кочницу развоја економске геологије у Србији.
  - Уобичајена растојања између истражних радова приликом истраживања седиментних лежишта каолинитских глина на југоистоку САД показала су се као далеко најгушћа, што је последица оптималног приступа истраживању, експлоатацији и валоризацији сировине, а у складу са потребама приватних инвеститора. Ово на најбољи начин демантује неоправдан страх да либерализација законске регулативе води смањењу истраживања. Амерички приступ је као и обично врло рационалан и примењен.
  - Ограничења по питању законске регулативе у Србији требало би, као прво, што пре решавати. Као позитиван пример могу се навести измене и допуне Закона о рударству, као и Уредба о висини накнаде за коришћење неметаличних сировина за добијање грађевинског материјала за 2010. годину, којом је омогућена лакша наплата накнаде.
  - Као велики допринос развоју система основних геолошких истраживања треба навести и пројекат Геолошки информациони систем Србије (ГеолИСС) Министарства животне средине и просторног планирања, који представља основу за чување геолошких података у дигиталном облику, једноставније руковање подацима и лакши преглед постојећих података.
  - Веома значајан допринос променама и модернизацији је и WEB-GIS Министарства за рударство и енергетику, на коме могу да се врло брзо добију одређени подаци од интереса за инвеститоре и извођаче геолошких истраживања.
  - Процедuru добијања сагласности на Пројекат геолошких истраживања од стране Завода за заштиту природе и Завода за заштиту споменика културе треба институционализовати, што значи да таксе за издавање тих сагласности мора да дефинише држава као и све остале таксе, а исто тако би требало да кроз одговарајуће документе буде једнозначно дефинисано шта се од компаније која се бави истраживањима може тражити.
  - Насупрот томе, још увек не постоји електронска база података са које може да се дође до тачних података о локацијама заштићених подручја Србије, што би требало што пре да се нађе на одговарајућој веб-страници.
  - Правилник о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима, Службени лист СФР Југославије број 15/1979, одиграо је у време када је усвојен, значајну улогу у развоју економске геологије, нарочито истраживања лежишта минералних сировина. У доба када је држава финансирала на разне начине сва геолошка истраживања то је био једини начин да се контролише трошење средстава и проверавају постигнути резултати. Међутим, већ више од десет година држава финансира само основна геолошка истраживања, у обиму који је у стању да финансира. Сада се поставља питање шта са тим правилником који некако надживљава све друштвено-економске промене у Србији и опстаје као најважнији документ. Евидентно је да је исти превазиђен када су у питању многе сировине, јер су у међувремену напредовале све струке: геологија, рударство, а нарочито технологија и електроника. Могућа су два решења: укидање обавезујућег значаја чланова правилника и прелазак на препоручене одредбе (као што је показано на примеру глиновитих стена, СССР 1961), или модернизација и задржавање обавезног правилника до даљег.
  - Први предлог, задржавање правилника уз модернизацију као препорученог документа који би служио геолозима као полазна основа за даља усавршавања метода истраживања, био би далеко бољи, јер би допринео напретку економске геологије, натерао домаће геологе да се перманентно усавршавају (што је предиспозиција напретка привреде), али и смањио утицај административних мера у истраживању. Наиме, држава треба и мора да дефинише “правила игре” у сектору минералне индустрије, што је код нас углавном доста добро решено, али не би требало да преко правилника одређује на којим растојањима приватни инвеститор мора да има истражне радове, колики број проба мора да се узме и које све анализе тих проба морају да се изврше. То је посао одговарајућих стручњака из области геологије, а државни органи морају да контролишу спровођење законских процедура.
  - Други предлог, задржавање правилника уз модернизацију као обавезног документа могао би стручно да се прихвати само као краткорочно решење, до момента усклађивања наше законске

регулативе са регулативом ЕУ. Ту се поставља питање има ли времена за тако нешто, ко би радио модернизацију правилника (Рударско-геолошки факултет?), ко би вршио ревизију правилника итд.

- Још једна важна ствар везана за законску регулативу је коначан став какав ће бити нови закон који ће третирати проблематику геолошких истраживања, то јест да ли ће бити један нови Закон о рударству у коме ће као у већини земаља у свету бити обухваћена целокупна активност на проналажењу, истраживању и експлоатацији лежишта минералних сировина, вода и инжењерско-геолошких истраживања, или ће то бити као до сада два одвојена закона. Ово питање треба што пре решити.
- Још једна важна ствар која недостаје у нашој регулативи су лиценце, које се неће добијати доживотно као до сада полагањем стручног испита, већ ће бити временски ограничене и продужаваће се у складу са оствареним резултатима у одговарајућем временском периоду. Лиценце морају да буду двоструке, за компаније и личне лиценце. Такође треба омогућити рад са личним лиценцама по уговору (послу). На тај начин ћемо и ми полако припремати Компетентне (Квалификоване) особе у смислу дефиниције JORC и NI 43-101, које ће радити по целом свету.
- На крају, може се рећи да тешка економска времена и транзиција траже много више рада свих нас, више дијалога, разговора и међусобног разумевања, како би се што пре превазишли различити проблеми. Не смемо да заборавимо да смо у ствари сви ми који радимо у сектору минералне индустрије на истој страни.

## Закључак

У нашој законској регулативи мало се шта мењало у последњих 30 година. На сву срећу, то што је промењено донело је одређена побољшања. Да би се наставило са развојем минерално-сировинске базе и њеном даљом експлоатацијом, треба применити сва позитивна светска искуства. Најважније у том правцу би било:

1. Донети нови Закон о рударству (са укљученим геолошким истраживањима у најширем смислу) или два одвојена закона;
2. Укинути обавезујући значај Правилника о класификацији и категоризацији резерви чврстих минералних сировина и вођењу евиденције о њима, Службени лист СФР Југославије број 53/1979, модернизовати га и задржати као препоручени документ (типа руских Инструкција или Рекомендација);
3. Усвојити JORC (или NI 43-101) класификацију резерви/ресурса, које немају суштинских међусоб-

них разлика, јер престављају основни кодекс јавног приказивања резерви/ресурса у скоро целом свету, што брже у потпуности прихватају;

4. Увести лиценце у законску регулативу;
5. Донети закон о концесијама у минералном сектору (или применити постојећи ако је могуће);
6. Модернизовати по потреби сву законску регулативу по препорукама ЕУ.

## Литература

- AUSTRALASIAN CODE FOR REPORTING OF EXPLORATION RESULTS, MINERAL RESOURCES AND ORE RESERVES, 2004. The JORC Code.
- ВАКАЊАЦ, Б. и СИМИЋ, В. 1993. Истраживање и коришћење малих лежишта НМС. Зборник радова са научно-стручног скупа Истраживање и коришћење малих лежишта минералних сировина и концесије, Београд, 5 с.
- ВУКАС, Р. 2009. Приближавање података о резервама чврстих минералних сировина Републике Србије међународним стандардима. Техника, Савез инжењера и техничара Србије, Књига 5.
- ДИМИТРОВСКИ, Х. и НИКОЛИЋ, В. 2001. Практична примена система класификације резерви/ресурса Уједињених Нација у Југославији. Зборник радова II Међународне изложбе и саветовања КАМЕН 2001, Аранђеловац, 42-51.
- ИЛИЋ, М., ПАВЛОВИЋ, В., ВУКАС, Р. и БЕЉИЋ, Ч. 2009. Упоредна анализа наше и светских класификација минералних резерви и ресурса и предлози за иновирање и усклађивање наше класификације. VIII међународна конференција НЕМЕТАЛИ 2009, Бања Врујци, 14-17. октобар 2009, 56-66.
- КАТОРГИН, Г.М. и ВАСИЉЕВА, В.А. 1990. Рациональная методика исследований и оценки качества огнеупорных глин и каолинов при геологоразведочных работах. У: Генезис и ресурсы каолинов и огнеупорных глин, Наука, Москва, 236-241.
- МЕРАБИШВИЛИ, М.С. 1980. Исследование и технологическая оценка бентонитов. Бентониты, Москва, 155-161.
- МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, 2006. Классификация запасов и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.
- ПЕТРОВИЋ, Г. и МАКСИМОВИЋ, М. 2005. Процедура добијања дозвола за законски рад рудника. Зборник радова VI Међународне изложбе и саветовања КАМЕН 2005, Аранђеловац, 191-203.
- PICKERING, S.M., JR. & MURRAY, H.H. 1994. Kaolin. In: Carr D.D., ed. Industrial Minerals and Rocks, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc., Littleton, Colorado, 255-277.
- ПОПАДИЋ, В. и ТОДОРОВИЋ, Н. 2005. Експлоатација минералних сировина – шта нам доноси нови закони о заштити животне средине. Зборник радова VI Међународне изложбе и саветовања КАМЕН 2005, Аранђеловац, 203-209.

Симић, В. 2001. Бентонити и бентонитске глине Србије – стање и перспектива. Зборник радова III међународног саветовања о површинској експлоатацији глина, Рума, 186–191.

Симић, В. 2004. Прилог геолошкој терминологији опекарских сировина. IV међународно саветовање о површинској експлоатацији и преради глина, Аранђеловац, 340–343.

UNITED NATIONS INTERNATIONAL CLASSIFICATION FOR RESERVES/RESOURCES: SOLID FUELS AND MINERAL COMMODITIES: versions 1996, 2004 and 2009.

CIM DEFINITION STANDARDS, 2005: [www.cim.org](http://www.cim.org).

COMMITTEE FOR MINERAL RESERVES INTERNATIONAL REPORTING STANDARDS (CRIRSCO), 2006. International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves.



## ГЕНЕРАЛНИ СПОНЗОР



НАФТНА ИНДУСТРИЈА СРБИЈЕ

## Златни спонзор



SAOBRAĆAJNI INSTITUT

**CIP**

## Спонзори и донатори



Institute for the Development of Water Resources "Jaroslav Černi"

**ENERGOPROJEKT**  
HIDROINŽENJERING a.d.



ПРИВРЕДНО ДРУШТВО  
ТЕРМОЕЛЕКТРАНЕ И КОПОВИ  
**КОСТОЛАЦ** д.о.о.



**GEOSONDA-KONSOLIDACIJA AD**

## Покровитељ и домаћин



ПРИВРЕДНА  
КОМОРА  
СРБИЈЕ

**Институције и организације  
Републике Србије  
које су помогле Конгрес**



РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
МИНИСТАРСТВО  
ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ И  
ПРОСТОРНОГ ПЛАНИРАЊА

REPUBLIC OF SERBIA  
MINISTRY OF ENVIRONMENT  
AND SPATIAL PLANNING



**Београд**

[www.beograd.org.yu](http://www.beograd.org.yu)

ГРАД БЕОГРАД

ГРАДСКА УПРАВА ГРАДА БЕОГРАДА

Секретаријат за заштиту животне средине



**Министарство за науку и  
технолошки развој  
Републике Србије**



РЕПУБЛИКА СРБИЈА  
ФОНД ЗА ЗАШТИТУ  
ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ



НАФТНА ИНДУСТРИЈА СРБИЈЕ

## **НИС А.Д.: ГЕОЛОГИЈА – НАУКА У СЛУЖБИ БИЗНИСА**

Геологија је кроз историју прошла дугачак пут - од открића до којих су велики мислиоци долазили простим описивањем процеса у природи који нас окружују, до савремених геофизичких, геохемијских, хидрогеолошких и других метода, које нам данас омогућују да са великом прецизношћу доносимо закључке о геолошким појавама на више хиљада метара дубине. Геологија је сазрела паралелно са развојем других научних и техничких области које јој данас помажу да буде врло примењена и врло продуктивна наука. Савремена примена геологије је јако широка, а њена сазнања данас пружају највећи допринос у рударству, енергетици и грађевинарству.

Можда најпродуктивнију примену, геологија данас има управо у нафтној индустрији. Овакав след околности је и логичан, јер је нафтна индустрија и обезбеђивала највећа улагања у ову област. Савремена експлоатација нафте, због све веће потребе за овим енергентом и његове цене, захтевала је прецизнију дефиницију геологије подповршине у све дубљим басенима. Било је потребно, на првом месту, што боље дефинисати и измоделовати постојећа лежишта нафте и гаса, да би се што већа количина ових енергената извукла из подповршине, а са друге стране неопходно је стално откривати нова налазишта и очувати континуитет производње ових сировина. Илустрације ради, прва нафтна лежишта у Србији су откривена захваљујући само гравиметријској методи (мерење промене гравитационог поља на површини терена), а данас тај посао радимо најсавременијом апаратуром за 3D сеизмичка истраживања. Некада су наше колеге представу о изгледу пронађених лежишта стицале само на основу истражног бушења и основних бушотинских мерења и оцена дотока нафте и воде из тих бушотина. Данас поседујемо такве методе и алате за тродимензионално моделовање, да смо у стању да врло прецизно изолујемо и опишемо најневероватније појаве и облике у лежиштима нафте и гаса.

Примена утемељених геолошких метода, у комбинацији са савременим рачунарским технологијама, поставља модерну геологију на место које она свакако заслужује. Геологија у будућности не само да ће допринети развоју енергетике, рударства и грађевинарства, већ и заштите животне средине. Она би управо могла бити та област која ће нам помоћи да више живимо у складу са природом и да од природе више и добијемо.

## НИС на Конгресу

На 15. Конгресу геолога Србије значајно учешће имаће и спонзор Конгреса, НИС а.д., који ће се представити на високом стручном нивоу. НИС ће, кроз 22 рада својих експерата, представити будућу стратегију развоја истраживања и обнове ресурсне базе, а самим тим и развој српске геологије. Научно-технички центар НИС-Нафтагаса (НТЦ), као НИС-ов носилац свих активности везаних за 15. Конгрес геолога Србије, представиће преко својих висококвалификованих и искусних стручњака потенцијале за даља истраживања нафте и гаса у Војводини и у Србији јужно од Саве и Дунава, начине за што боље искоришћење већ откривених лежишта као и могућности примене нових технологија како у истраживању тако и у производњи нафте и гаса. Уз НИС-ове стручњаке, значајно учешће на Конгресу имаће и стратешки партнер НИС-а, Гаспром њефт, са 14 радова својих експерата, који ће, између осталог, представити и геолошке потенцијале источног и западног Сибира, Кавказа, црноморског региона као и коришћење нових технологија у нафтном бизнису.

## Истраживање и експлоатација нафте и гаса

НИС је једина компанија у Србији која се бави истраживањем и експлоатацијом нафте и гаса, као и производњом геотермалне енергије. Истраживањем и експлоатацијом угљоводоника управља огранак компаније НИС Нафтагас, Блок за истраживање и производњу. Компанија поседује сву неопходну опрему за обављање комплексних радова – од геофизичких истраживања, отварања и испитивања бушотина, до изградње, управљања и експлоатације нафтних и гасних налазишта.

Геолошка истраживања нафте и гаса на одређеном истражном простору изводе се, у складу са Законом о геолошким истраживањима, на основу Одобрења за истраживање које издаје Министарство рударства и енергетике или Покрајински секретаријат за енергетику и минералне сировине према својим надлежностима за подручје Војводине. За истражно подручје Војводине, НИС Нафтагас поседује шест одобрења за истраживање нафте и гаса, добијених 2004. године, на основу урађених Пројеката геолошких истраживања угљоводоника за истражне просторе северног, средњег и јужног Баната, северне и јужне Бачке и Срема. Наведена одобрења за геолошка истраживања важе до 31.12.2015. године и представљају законску основу за извођење геолошких истражних радова на простору Војводине. На истражном



простору Србије, јужно од Саве и Дунава, НИС поседује одобрење за геолошка истраживања нафте и гаса до 31.12.2019. године.

Прва истраживања нафте и гаса у југоисточном делу Панонског басена изведена су 1942. године. Овим нафтно-геолошким истраживањима, изведена су гравиметријска испитивања на простору Баната и Бачке у циљу извођења истражног бушења. Истраживања су настављена 1947. године бушењем плитких истражних бушотина, односно 1948. године, детаљним гравиметријским испитивањима. Оснивањем предузећа Нафтагас, са седиштем у Зрењанину 1949. године, и бушењем прве истражне бушотине ВГ-1 (Велика Греда) на гравиметријском максимуму, почиње нова етапа у истраживању нафте и гаса у југоисточном делу Панонског басена. Већ другом бушотином исте године откривено је лежиште гаса Велика Греда, прво у Војводини и источном делу тадашње Југославије уопште. Наставком истраживања откривено је 1952. године и прво нафтно лежиште бушењем истражне бушотине Је-1 (Јерменовци).



Обим експлоатације НИС-а данас износи око милион тона нафтног еквивалента годишње, а већина нафтних налазишта НИС-а налази се на територији Војводине. Од тренутка оснивања па до краја 2009. године произведено је око 45 милиона тона нафте и више од 30 милијарди кубних метара природног гаса на територији Србије, као и око 4 милиона тона нафте на концесионим налазиштима Анголе.

У складу са стратегијом развоја НИС Нафтагаса до 2020. године, основни задатак геолошке службе се састоји у обезбеђивању резерви угљоводоника неопходних за остварење планираног раста производње нафте и гаса. Решење овог проблема је могуће само уз примену адекватних стратешких приступа геолошком истраживању ресурса на територији Србије и суседних региона у циљу проналаaska нових, као и завршетка истраживања постојећих налазишта. Конкретна реализација ове стратегије у виду детаљног програма истражних радова зависи, како од геолошке грађе овог региона, тако и од, што је исто тако важно, економских фактора и историје досадашњих истраживања у претходном периоду.





#### DELATNOST

saobraćajne studije, tehnološki projekti, proračuni kapaciteta, prognoze obima saobraćaja, studije saobraćajnih mreža, studije saobraćajnih koridora, prethodni radovi investicionih projekata, generalni, idejni i glavni projekti: železničkih pruga, čvorova i stanica, drumskih saobraćajnica, gradskih saobraćajnica, saobraćajne signalizacije i opreme; studije opravdanosti investicija, zaštita životne sredine, geodetska snimanja i kartiranja, tuneli, potpome i zaštitne konstrukcije, mostovi i vijadukti svih raspona, nadvožnjaci i podvožnjaci, ispitivanje konstrukcija, prostorni planovi, urbanistički planovi, objekti arhitekture, sportski objekti, hortikultura, regulacije i korekcije reka, snabdevanje vodom, kanalisanje atmosferskih i otpadnih voda, prečišćavanje pitkih i otpadnih voda, geološka i geotehnička istraživanja, geotehnička dokumentacija, elektroenergetska mreža, postrojenja i instalacije, elektrovučna mreža i postrojenja, signalno-sigurnosna postrojenja telekomunikacione mreže i sistemi, sistemi nadzora i upravljanja, elektrotehnička merenja i atesti, železničko mašinstvo, termotehnika, procesna i gasna tehnika, industrijski inženjering, stručni nadzor, tehnička kontrola, tehnički pregled objekata, inženjering i konsalting.



## Institut za puteve a.d.

Beograd, Kumodraška 257  
Tel: 011/3976-374, Faks: 011/2466-866  
e-mail: [instput@highway.rs](mailto:instput@highway.rs)

[www.highway.rs](http://www.highway.rs)

*Struka i nauka daju odgovor na složene zadatke planiranja, projektovanja, građenja, ekologije, istraživanja i laboratorijskih ispitivanja i tehnologije građenja puteva i gradskih saobraćajnica.*

ЗБОРНИК РАДОВА 15. КОНГРЕСА ГЕОЛОГА СРБИЈЕ  
СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

PROCEEDINGS OF THE 15TH CONGRESS OF GEOLOGISTS OF  
SERBIA WITH INTERNATIONAL PARTICIPATION

Београд / Belgrade, 26-29. 05. 2010

**Издавач / Publisher**

Српско геолошко друштво, Каменичка 6., п.фах 227, Београд  
Serbian Geological Society, Kamenicka 6, P.O.B. 227, Belgrade

**Техничка припрема / Technical preparation**

Ненад Малешевић

**Тираж / Copies**

500

**Штампа / Printed by**

JOVŠIĆ PRINTING CENTAR

ISBN 978-86-86053-08-4

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна библиотека Србије, Београд

55(082)  
624.13(082)

КОНГРЕС геолога Србије са међународним учешћем (15 ; 2010 ; Београд)  
Зборник радова 15. конгреса геолога Србије са међународним учешћем,  
Београд, [26-29 мај] 2010. = Proceedings of the 15th Congress of Geologists of  
Serbia with International Participation, Belgrade [26-29 May] 2010 /  
главни уредник, editor-in-chief Ненад Бањац ; уредници, editors Александра  
Маран [и др.] ; [организатори, organizers Српско геолошко друштво ... и др.] -  
Београд : Српско геолошко друштво = Serbian Geological Society, 2010  
(Београд : Jovšić Printing Centar). - [3], XI, 736 стр. : илустр. ; 30 cm  
Део текста упоредо на срп. и енгл. језику. - Радови на срп. и енгл. језику. -  
Тираж 500. - Напомене уз текст. - Стр. [2-3]: Предговор /уредници = Preface  
/editors. - Библиографија уз сваки рад.

ISBN 978-86-86053-08-4

1. Српско геолошко друштво (Београд)  
а) Геологија - Зборници б) Инжењерска геологија - Зборници  
COBISS.SR-ID 175362060