



Петти симпозиум на ДГМ

Специјализирана конференција на ISRM

Втора конференција на регионалните геотехнички друштва

Инженерски проблеми во меки карпи

Зборник на трудови - 1. дел

Zbornik radova - 1. deo

Inženjerski problemi u mekim stenama

Druga konferencija regionalnih geotehničkih društava

Specijalizovana konferencija ISRM-a

Peti simpozijum DGM-a

5th Symposium of the Macedonian Association for Geotechnics
ISRM Specialized Conference
2nd Conference of regional geotechnical societies
Engineering problems in soft rocks



Петти симпозиум на ДГМ

Специјализирана конференција на ISRM

Втора конференција на регионалните геотехнички друштва

Инженерски проблеми во меки карпи

Зборник на трудови - 1. дел

Proceedings - Vol. 1

Engineering problems in soft rocks

2nd Conference of regional geotechnical societies

ISRM Specialized Conference

5th Symposium of the



Ohrid, 23-25.6.2022

СОДРЖИНА / CONTENTS / SADRŽAJ

Одбори / Boards / Odbori	ix
Предговор / Preface / Predgovor	x

VOLUME 1

ВОВЕДНО ПРЕДАВАЊЕ / INTRODUCTORY LECTURE / UVODNO PREDAVANJE

Tradition of rock mechanics in Macedonia	1
JOVANOVSKI Milorad, GAPKOVSKI Naum, PESHEVSKI Igor, PAPIĆ Jovan Br.	

КЛУЧНИ ПРЕДАВАЊА / KEYNOTE LECTURES / KLJUČNA PREDAVANJA

Geotechnical marriage of theory to practice	19
BALLOUZ Marc	
Application of the Q-system to tunnels and caverns in weak or faulted rock	26
BARTON Nick	
Retaining structures and bridges in unstable rock or soil slopes	52
BRANDL Heinz	
Standardization for rock characterization and testing, implementation issues in practice and future trends: Highlighting the ISRM Suggested Methods	69
ULUSAY Reşat	

ПОВИКАНИ ПРЕДАВАЊА / INVITED LECTURES / POZVANA PREDAVANJA

Design of rock fall and debris flow flexible barriers in the framework of EC7 principles	84
FERRERO Anna Maria., UMILI Gessica, VAGNON Federico	
Vertical interaction of grouped 3x3 piles	99
FOLIĆ Boris, FOLIĆ Radomir	
Impact of water inflow and design solutions for construction of Karavanke tunnel	115
JOVIČIĆ Vojkan, VOLK Boštjan	
Role of Geotechnical Engineering on Urban Environment and Infrastructure	126
SAGLAMER Ahmet, OZALP Hüsnü Korhan	
Some problems of swelling in geotechnical practice - influence of saturation on the behavior of argillaceous swelling rock	144
VRKLJAN Ivan, KAVUR Boris	
Geotechnical construction and testing of piles of megastructures on problematical soil ground of Kazakhstan	160
ZHUSSUPBEKOV Askar, OMAROV Abdulla, ISSAKULOV Abilkhair, NURGOZHINA Malika, MUSSAKHANOVA Saltanat	

ГЕОТЕХНИЧКИ АСПЕКТИ ВО УРБАНИ СРЕДИНИ И КАЈ ИНФРАСТРУКТУРНИ ОБЈЕКТИ / GEOTECHNICAL ASPECTS IN URBAN AREAS AND INFRASTRUCTURE / GEOTEHNIČKI ASPEKTI U URBANIM SREDINAMA I KOD INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

Čvrstoća smicanja flišnih sedimenata duž klizišta Uvač 4 ČAĐENOVIC Nikola, MARETIĆ Ivan	170
Geotehnički uslovi izgradnje višenamenskog ventilacionog okna br.3 “Trebevička” (km 5+522,505) za I liniju beogradskog metroa ČORLUKA Stevan, JANKOVIĆ Slavica, ŽIVANOVIĆ Miroljub, MILADINOVIĆ Tanja, ŽIVANOVIĆ Nikola	177
Tunnel design across the Zagros Main Fault – Iraq-Kurdistan Penjween Region DEÁK Ferenc, TÖRÖK Ákos, VÁSÁRHELYI Balázs	185
One approach for design and construction of slopes in andesitic rocks prone to deterioration JOVANOVSKA Tamara, ANGELOVA Elena, IVANOVSKI Igor, PETKOVSKI Orce, NEDELKOVSKA Natasha, ANGELOV Vanko	196
Case study and design considerations for the application of a binding marginal granular fill in a geogrid reinforced retaining structure KULJANSKI Leo	207
Remediation of a building settlement caused by wetting of a foundation loess soil MINAŽEK Krunoslav, MULABDIĆ Mensur, MATIJEVIĆ Jelena	217
Calibration Analysis Of Seepage Flow At Arch Dam Foundation – A Case Study MITOVSKI Stevcho, PETKOVSKI Ljupcho, PANOVSKA Frosina	224
Вид и обем на геотехнички истражувања: примарни фактори за соодветни геотехнички подлоги НЕДЕЛКОВСКА Наташа, ЃОШЕВСКИ Борислав, АНГЕЛОВА Елена, ЈОВАНОВСКА Тамара, АНГЕЛОВ Ванчо, ИВАНОВСКИ Игор	235
An approach for rock slope protection on an area near the city of Veles NIKOLOV Emil, JOVANOVSКИ Milorad, PESHEVSKI Igor, VELEVSKI Aco, JANEVSKI Bojan, MILANOVSKI Mome, TRAJANOVSKI Vane	241
Дефинирање на геолошко-геотехнички услови на теренот при истражување и изведба на усеци кај експресни патишта ПЕТКОВСКИ Орце, АНГЕЛОВ Ванчо, АНГЕЛОВА Елена, ИВАНОВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКА Тамара	247
Геолошко-геотехнички услови за изведба на усек на локалитет Пилав Тепе ПЕТКОВСКИ Орце, ЈОВАНОВСКА Тамара, АНГЕЛОВ Ванчо, АНГЕЛОВА Елена, ИВАНОВСКИ Игор, НЕДЕЛКОВСКА Наташа, ЃОШЕВСКИ Борислав	256
Analiza globalne stabilnosti zasjeka unutar napuštenog gradilišta: primjer sa lokacije u Bračkoj ulici u Splitu RELOTA Marija, DUHOVIĆ Ana, VLASTELICA Goran	264
Некои аспекти од фундаирањето на мостот “Михајло Апостолски” преку реката Вардар во Скопје СТРАШЕСКИ Атанас, ДОЦЕВСКА Марија, МАРКОВСКИ Горан, БОГОЕВСКИ Борис	274

Effect of surface load on the stability of shallow cavities in Budapest, Hungary SZABÓ Zsófia, ZENAH Jalal, GÖRÖG Péter	282
Application of failure mode and effect analysis for tunnel risk assessment ZAFIROVSKI Zlatko, GACEVSKI Vasko, LAZAREVSKA Marijana, NEDEVSKA Ivona, OGNJENOVIC Slobodan	290
Stability analysis of an old earth Samarkand dam in Kazakhstan under rapid drawdown conditions ZHUSSUPBEKOV Askar, MKILIMA Timoth	296
 ЛАБОРАТОРИСКИ И ТЕРЕНСКИ ГЕОТЕХНИЧКИ ИСПИТУВАЊА И ИСТРАЖУВАЊА / LABORATORY AND FIELD GEOTECHNICAL TESTING AND INVESTIGATION / LABORATORIJSKA I TERENSKA GEOTEHNIČKA ISPITIVANJA I ISTRAŽIVANJA	
Теренска и нумеричко анализа за определување носивост на кол во графитични шкрилци АБАЗИ Сеад, СУСИНОВ Бојан, ЃОРЃЕВСКИ Спасен	306
Investigation of the effects of the seismic movements during the fall of the rocks at the Hasankeyf Castle, Turkey AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	313
Gravimetric reference system, measurement of absolute and relative gravity in the Republic of North Macedonia ALEKSOVSKI Goran	319
Field and laboratory measurements of small strain dynamic shear modulus G _{max} BOJADJIEVA Julijana, SHESHOV Vlatko, EDIP Kemal, BOGDANOVIC Aleksandra, KITANOVSKI Toni, GJORGJESKA Irena, IVANOVSKI Dejan	327
Measurement and modeling of thermal conductivity of loess at the location of the Airport "Nikola Tesla" in Surčin BOŽOVIĆ Nikola, KRSTIĆ Marija, TODOROVIĆ Goran, GOSPAVIĆ Radovan, MIRKOVIĆ MARIJANOVIĆ Milica, ILIĆ Snežana, KIJANOVIĆ Aleksandar	333
Field's workflow of applied geophysics in civil engineering, a showcase CONTRERAS Juan J. Briones	339
Comparative Analysis of Bearing Capacity of Piles Tested by Dynamic Load Test (DLT) and Pressuremeter Test (PMT) ĆOSIĆ Mladen, ŠUŠIĆ Nenad	344
Applicability of the recently proposed semi-empirical failure criterion for different rock types by using triaxial test data DAVARPANA Seyed Morteza, NARIMANI Samad, BESHARATINEZHAD Ali, KHODABANDEH Mohammed Ali, TÖRÖK Ákos, VÁSÁRHELYI Balázs	355
Laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava lapora za potrebe proračuna slijeganja jednostavnog homogenog nasipa DUVNJAK Stipe, DUHOVIĆ Ana, VLASTELICA Goran	363
Combined seismic methods and GPR application for shallow subsurface investigation GJORGJESKA Irena, SHESHOV Vlatko, EDIP Kemal, BOJADJIEVA Julijana, KITANOVSKI Toni, IVANOVSKI Dejan	372

Landslide investigation without the application of exploratory drilling JUG Jasmin, STRELEC Stjepan, BEK Anja, PAŽUR Ivan	381
Some physical properties of soil used in traditional Croatian rammed earth houses KALUĐER Jelena, KRAUS Ivan, PERIĆ Ana, BRKANIĆ MIHIĆ Ivana	390
Collapse potential of loess soils contaminated by synthetic and landfill leachates KHODABANDEH Mohammed Ali, NAGY Gábor	397
Mogućnost korelacije zatezne čvrstoće i dinamičkih svojstava belog venčaćkog mermera MAJSTOROVIĆ Jelena, ĆEBAŠEK Vladimir, RUPAR Veljko, GOJKOVIĆ Nebojša	407
Comparative analysis of results of liquid limit of clays from the Niš area determined by various methods MARINKOVIĆ Nemanja, DAVIDOVIĆ Nebojša, ZLATANOVIĆ Elefterija, STANKOVIĆ Branimir, ROMIĆ Nikola, BONIĆ Zoran	416
Shear strength properties of Bor clastites MARJANOVIĆ Miloš, BERISAVLJEVIĆ Zoran, POPOVIĆ Milovan, JOVANOVIĆ Stefan	425
Uniaxial compressive strength test before and after standard fire test on rock mass MITROVIĆ Stefan, TODOROVIĆ Goran, KOSTIĆ Bojan, MIRKOVIĆ MARJANOVIĆ Milica, BOŽOVIĆ Nikola, KRSTIĆ Marija, ERIĆ Aleksandar, GOSPAVIĆ Radovan, ILIĆ Snežana, KIJANOVIĆ Aleksandar	433
Корелативни анализи на геотехнички параметри кај наоѓалишта на јаглен од различни седиментациони басени во Македонија НЕДЕЛКОВСКА Бојана, ПЕШЕВСКИ Игор, ВЕЛИНОВ Даниел, ПАПИЌ Јован	438
Compression Characteristics of Industrial Solid Waste SAS Wojciech	445
Eksperimentalna i numerička analiza nosivosti bušenih šipova u stijeni uzimajući u obzir hrapavost plašta SKEJIĆ Adis, KAPOR Mladen, BALIĆ Anis, MEDIĆ Senad	453
Correlation between the Rock Mass Quality (Q-system) method and Geological Strength Index (GSI) SOMODI Gabor, BAR Neil, VÁSÁRHELYI Balázs	461
Istražni geofizički radovi za potrebe temeljenja stupova vjetrogeneratora, primjer vjetroelektrane Bruvno STRELEC Stjepan, JUG Jasmin, GOLUB Ivan, KRANJČIĆ Nikola	469
Determining the shear parameters of weathered rock in a landslide area near the city of Sofia TOTSEV Andrey	477

Index of authors

VOLUME 2

ГЕОТЕХНИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ НА ПОЧВИ И КАРПИ / GEOTECHNICAL MODELING OF SOILS AND ROCKS / GEOTEHNIČKO MODELOVANJE TLA I STENA

Investigation of three dimensional numerical analysis and slope stability performance at open coal mining in Deniz-Soma, Turkey AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar, KUCUK Kerim	483
Pillar Design with Numerical Modeling for Underground Marble Quarries of Future AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	491
Hypersurface of Rocks to Stability Control on Constant Load AKSOY C. Okay, AKSOY G. G. Uyar	502
Analytical and numerical investigation of the critical height of vertical slope BESHARATINEZHAD Ali, KHODABANDEH Mohammad Ali, NARIMANI Samad, DAVARPANAH Seyed Morteza, TARIFARD Abolfazl, TÖRÖK Ákos, VÁSÁRHELYI Balázs	512
Monitoring Subsidence in Tuzla (BiH) by DInSAR and GNSS during 2004-2019 GRUJIĆ Bojana, PARWATA I Nyoman Sudi, SHIMIZU Norikazu, ČELIKOVIĆ Ruža, IMAMOVIĆ Edis, ZEKAN Sabid, VRKLJAN Ivan	521
Идентификување на свлечишта во Полошкиот регион преку анализа на просторни модели со висока резолуција МАЛИЈАНСКА Наташа, ЃОРЃИЕВ Ѓорѓи, ПЕШЕВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКИ Милорад, ЃОРЃИЕВ Ванчо	530
Methodology of estimation of rock material input parametars for tunnels on a highway e-80 Niš – Merdare in Serbia MARINKOVIĆ Nemanja, JOVANOVSКИ Milorad	540
Assessment of rainfall-induced landslide reactivation through hypo-plastic material model NIKOLOVSKI Done, BOJADZIEV Jordan, EDIP Kemal	549
Нумеричко моделирање на стабилност на косини при интензивни врнежи ЈОСИФОВСКИ Јосиф, СУСИНОВ Бојан	559
Importance of numerical algorithm for stress integration in the application of elastoplastic soil models for geotechnical problems VUKIĆEVIĆ Mirjana, JOCKOVIĆ Sanja	564

ПРОЦЕНА И НАМАЛУВАЊЕ НА ГЕО-ХАЗАРДИ / ASSESSMENT AND REDUCTION OF GEO-HAZARDS / PROCENA I SMANJIVANJE GEOHAZARDA

Weather Conditions and Application of Additives in Complex Geotechnical Objects ABAZI Sead, SULOODJA Bulent	575
Real time geotechnical monitoring systems for an open pit coal mine. Thresholds for the alarm systems and the increase of safety of operations BONCI Gheroghe, KLAPPSTEIN Brian	582

Proposal for remediation of the landslide "Duboka dolina" in Bunuševac (Vranje) BONIĆ Zoran, DAVIDOVIĆ Nebojša, ZLATANOVIĆ Elefterija, ROMIĆ Nikola, MARINKOVIĆ Nemanja, STANKOVIĆ Branimir	595
Structural reinforcement of geo-mat by high-tensile steel wire meshes BUDIMIR Vjekoslav, RODUNER Armin	603
Metodologija proračuna sanacije klizišta šipovima ĆORIĆ Slobodan, RAKIĆ Dragoslav, ĆORIĆ Stanko, BERISAVLJEVIĆ Dušan	612
Неколку случаи на измени во тек на градба на геотехнички конструкции ДИМИТРИЕВСКИ Теодор, БОГОЕВСКИ Борис, АТАНАСОСКИ Младен, СТРАШЕСКИ Атанас	621
Пристап за проценка и картирање на потенцијалот за развој на течишта, студија на случај за Полошки плански регион ДИМИТРОВСКА Симона, ПЕШЕВСКИ Игор, ПАПИЌ Јован Бр., ЈОВАНОВСКИ Милорад, ЃОРЃИЕВ Ѓорѓи	631
Приод кон дефинирање на сопствени периоди и форми на флексибилно спрегнат систем ЈАКИМОВСКИ Горан, МИРЧЕВСКА Виолета, НАСТЕВ Мирослав	639
Stabilization of loess with fly ash KRSTIĆ Marija, BOŽOVIĆ Nikola, ĐOKOVIĆ Ksenija	648
Application of colloidal silica in tunnelling LUKIĆ Dragan, ZLATANOVIĆ Elefterija	654
Заштита од одрони на регионалниот пат Р1202, Косоврасти СТРАШЕСКИ Атанас, ДИМИТРИЕВСКИ Теодор, АТАНАСОСКИ Младен, ТАСЕВСКА Катерина	662
Нестабилност на косини предизвикана од атмосферски влијанија СУСИНОВ Бојан, ЈОСИФОВСКИ Јосиф	669
ЕВРОКОДОВИ И РЕЛЕВАНТНА РЕГУЛАТИВА ЗА ГЕОТЕХНИКАТА / EUROCODES AND RELEVANT GEOTECHNICAL REGULATION / EVROKODOVI I RELEVANTNA GEOTEHNIČA REGULATIVA	
Landslide rehabilitation with retaining structure, JUS vs. Eurocodes JANEVSKI Bojan, SMILJANOVSKA Mila, BOZHINOVSKI Lazar	679
Втора генерација на Еврокод 7 - главни предизвици и клучни промени ЈОСИФОВСКИ Јосиф	686
Analysis of ULSD theory – Spread foundations KOUDELKA Petr	703
„Перестројка“ на еврокодovi и верификација на стабилност на косини со примена на пресметковни методи од Еврокод 7:202x АНДОНОВ САРЕВ Александар, ПАПИЌ Јован Бр.	712
Геотехниката како важна предиспозиција за здрава урбанизација СУЛООЏА Булент	719
Димензионирање на темел sameц според Еврокод 7 ТОМЕСКИ Антонио, ЃОРЃИОСКИ Марко, ЈАНЕВ Петар, АБАЗИ Сеад, ПАРТИКОВ Миле	728

ЗЕМЈОТРЕЧНО ГЕОТЕХНИЧКО ИНЖЕНЕРСТВО / EARTHQUAKE GEOTECHNICAL ENGINEERING / ZEMLJOTRESNO GEOTEHNIČKO INŽENJERSTVO

Experimental research of soil - steel frame system on shaking table BRANDIS Adriana, ĆEH Nina, JAGODNIK Vedran, KRAUS Ivan, BRANDIS Denis	737
Numerical simulation of wave propagation in multiphase soil medium EDIP Kemal, SHESHOV Vlatko, BOJADJIEVA Julijana, KITANOVSKI Toni, IVANOVSKI Dejan	744
Ефект на сеизмичко дејство во стабилноста на потпорни сидови и компарација меѓу македонска регулатива и Еврокодovi ИВАНОВСКИ Дејан, ЕДИП Кемал, БОЈАЦИЈЕВА Јулијана, ШЕШОВ Влатко, КИТАНОВСКИ Тони	748
Design considerations and earthquake analysis for embankment dams in high seismic regions KRSTIĆ PERIĆ Sanja., SMESNIK Mathias, FREUIS Anna	759
Pojednostavljeni postupak analize nosivosti vertikalnih AB šipova pod dejstvom horizontalnih seizmičkih sila u uslovima pojave likvefakcije u tlu MILADINOVIĆ Borko, ŽIVALJEVIĆ Slobodan, TOMANOVIĆ Zvonko, BUJIŠIĆ Miodrag	766
Harmonized earthquake-induced landslide hazard assessment in cross-border region – CRISIS project SHESHOV Vlatko, BOJADJIEVA Julijana, EDIP Kemal, SHALIC Radmila, STOJMANOVSKA Marta, APOSTOLSKA Roberta, FOTOPOULOU Stavroula, PITILAKIS Dimitris, SHKODRANI Neritan, BABALEKU Markel, BOZZONI Francesca, DI MEO Antonella	776

ГЕОТЕХНИКА И ДОСТИГНУВАЊА ВО ПРИЛОГ НА ОДРЖЛИВО ОПШТЕСТВО / GEOTECHNICS AND ACHIEVEMENTS IN SUPPORT OF A SUSTAINABLE SOCIETY / GEOTEHNIKA I POSTIGNUĆA U PRILOG ODRŽLJIVOG DRUŠTVA

Utilization of fly ash from power plants in geotechnics and civil engineering ANGELOVA Elena, SHESHOV Vlatko	784
Биополимерна стабилизација на косини од површинска ерозија НИКОЛОВСКА АТАНАСОВСКА Александра, ЈОСИФОВСКИ Јосиф	792
Uticaj starosti i sastava komunalnog otpada na zbijanje JANKOVIĆ PANTIĆ Jovana, RAKIĆ Dragoslav, BASARIĆ IKODINOVIĆ Irena, ĐURIĆ Tina	800
Steps towards digital-based environmental civil engineering in developing countries MICKOVSKI Slobodan B., PAPIĆ Jovan Br.	806
Determination of the apparent specific gravity of a biodried municipal solid waste by “gas pycnometry” PETROVIC Igor, KANINSKI Nikola, HRNCIC Nikola, HIP Ivan	813
Web data mining of landslide information, an experimental study for Macedonia STOJANOV Riste, PESHEVSKI Igor	821
Могућност примене приручних апарата за одређивања отпорности земљишта на ерозионе процесе шумских екосистема ЖИВАНОВИЋ Никола, РОНЧЕВИЋ Вукашин, ЧЕБАШЕК Владимир, РУПАР Вељко, ЂОРЛУКА Стеван, ПОЛОВИНА Сениша	829

СПЕЦИФИЧНИ ПРОБЛЕМИ ВО МЕКИ КАРПИ / SPECIFIC PROBLEMS IN SOFT ROCKS / SPECIFIČNI PROBLEMI U MEKIM STENAMA

Charpy impact test to sedimentary rocks LÓGÓ A. Benedict., VÁSÁRHELYI Balázs	839
Карактеристични појави и форми како резултат на суфозија во чакалесто-песокливи средини ПЕТКОВСКИ Орце, АНГЕЛОВ Ванчо, ИВАНОВСКИ Игор, ЈОВАНОВСКА Тамара, АНГЕЛОВА Елена	845
Stabilizacija useka na autoputu E-763 izvedenog u stenskoj masi sa nepovoljno orijentisanim diskontinuitetima PISAREVIĆ Miodrag, SLAVKOVIĆ Dragana, FILIPOVIĆ Vladimir	851

Index of authors

ОДБОРИ / BOARDS / ODBORI

ПОЧЕСЕН ОДБОР / HONORARY BOARD / POČASNI ODBOR

Reşat Ulusay – president of ISRM and honorary member of MAG,
Vojkan Jovičić – vice president of ISRM,
Lyesse Laloui – vice president of ISSMGE for Europe,
Ivan Vrkljan – former vice president of ISRM and honorary member of MAG,
Heinz Brandl – former vice president of ISSMGE and honorary member of MAG,
Ahmet Sağlam – honorary member of MAG,
Radomir Folić – honorary member of MAG,
Husamedin Dželadin – deserving member of MAG,
Nikola Jankulovski – Rector of University “Ss. Cyril and Methodius” – Skopje,
Milorad Jovanovski – immediate-past president of MAG,
Zlatko Srbinoski – Faculty of Civil Engineering – Skopje,
Vlatko Šešov – Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology – Skopje (IZIIS),
Andrea Serafimovski – Granit AD,
Zlatan Đurić – Strabag.

НАУЧЕН ОДБОР / SCIENTIFIC BOARD / NAUČNI ODBOR

Slobodan Ćorić, president, Serbia	Josif Josifovski, Macedonia
Jovan Br. Papić, co-president, Macedonia	Violeta Mirčevska, Macedonia
Ljulgjeta Bozo, Albania	Igor Peševski, Macedonia
Dietmar Adam, Austria	Ljupčo Petkovski, Macedonia
Wulf Schubert, Austria	Aco Veleviski, Macedonia
Azra Špago, Bosnia and Herzegovina	Slobodan Živaljević, Montenegro
Mato Uljarević, Bosnia and Herzegovina	Miško Čubrinovski, New Zealand
Sabid Zekan, Bosnia and Herzegovina	Ernest Olinic, Romania
Andrej Tocev, Bulgaria	Slobodan B. Mickovski, Scotland
Leo Matešić, Croatia	Zoran Bonić, Serbia
Krunoslav Minažek, Croatia	Dragoslav Rakić, Serbia
Predrag Mišćević, Croatia	Nenad Šušić, Serbia
Igor Sokolić, Croatia	Mirjana Vukićević, Serbia
Norikazu Shimizu, Japan	Janko Logar, Slovenia
Julijana Bojadžieva, Macedonia	Matej Maček, Slovenia
Kemal Edip, Macedonia	Mojca Ravnikar Turk, Slovenia
Spasen Gjorgjevski, Macedonia	Özer Çinicioğlu, Turkey
Zlatko Ilijovski, Macedonia	

ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР / ORGANIZING BOARD / ORGANIZACIONI ODBOR

Jovan Br. Papić, chairman	Darko Nakov	Sead Abazi
Dragan Dimitrievski, core	Elena Angelova	Stevčo Mitovski
Igor Peševski, core	Josif Josifovski	Stojanče Nikolov
Milorad Jovanovski, core	Kemal Edip	Tamara Jovanovska
Bojan Janevski	Kiril Lazarov	Toni Kitanovski
Bojan Susinov	Lazar Božinovski	Vase Vitanov
Boris Bogoevski	Mila Smiljanovska	Zlatko Zafirovski

Геолошко-геотехнички услови за изведба на усек на локалитет Пилав Тепе

Орце Петковски^a, Тамара Јовановска^b, Ванчо Ангелов^c, Елена Ангелова^d, Игор Ивановски^e
Наташа Неделковска^f, Борислав Ѓошевски^g

^{a, c, d, f, g} *Геохидроконсалтинг, Скопје, С. Македонија*
^{b, e} *Страбаг АГ, Скопје, С. Македонија*

АПСТРАКТ

При геолошко-геотехничките истражувања и испитувања за усеци се изведуваат голем број на истражни работи. Дел од нив се изведуваат по целата површина на усекот и пошироко, а истражните дупнатини се поставуваат по осовината на трасата и тоа на почетокот, на крајот или на највисокиот дел од усекот. Притоа е потребно, истражните работи да ја опфатат целата висина на усекот и да завршат под нивелетата на патот. Со изведбата на истражните работи секогаш се добиваат доста геолошко-геотехнички податоци, а во овој реферат е прикажан пример за комплексен геолошки склоп на цврсто сврзани карпи од типот на андезити, помеѓу кои има хидротермално променети меки и трошни андезити. Овде комплексниот геолошкиот склоп на теренот докажува дека во одредени ситуации применетите истражни работи не се доволни за негово дефинирање, што може да се види во фазата на изведба при целосно отварање на косините од усекот. Како резултат на ова, мерките за заштита се прилагодени на реалните услови по целосно завршување на ископот на косините.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ

Усеци; Андезити; Геолошки склоп; Заштитни мерки.

1. ВОВЕД

За потребите на геолошко-геотехничко проектирање за сите типови на објекти се изведуваат соодветен вид и обем на геолошко-геотехнички истражувања и испитувања кои се дефинирани со Програма за геотехнички истражување. Покрај предложената програма потребно е истражувачот да се базира и на следниве основни истражувачки принципи и тоа: принцип на постапност, принцип на целосност, принцип на рамномерност и принцип на рационалност (економичност). Согласно овие принципи, обемот на истражните работи бил прилагоден имајќи во предвид дека на површината на усекот постојат видливи изданоци од цврсто сврзани карпи – андезити, кои маркантно штрчат на теренот кај локалностите Пилав Тепе (проектиран усек) и Плоча (од другата страна на постоечкиот пат). Овие карпи се простираат по целата површина на теренот и се сметало дека со изведбата на повеќе мерни места на површината и земање на монолитни парчиња за лабораториски испитувања ќе се дефинираат нивните геолошко-геотехнички особини.

Наизглед посочената локација за истражување во таа фаза претставувала терен со релативно едноставна геолошка градба (еден литолошки член), а со преземаните активности се сметало дека геотехничките однесувања на овие карпи се добро дефинирани.

Во овој труд ќе се покаже пример за објект каде со површинскиот изглед на теренот е невозможно да се дефинира комплексниот геолошки склоп во длабина, иако станува збор за еден ист генетски тип на карпи.

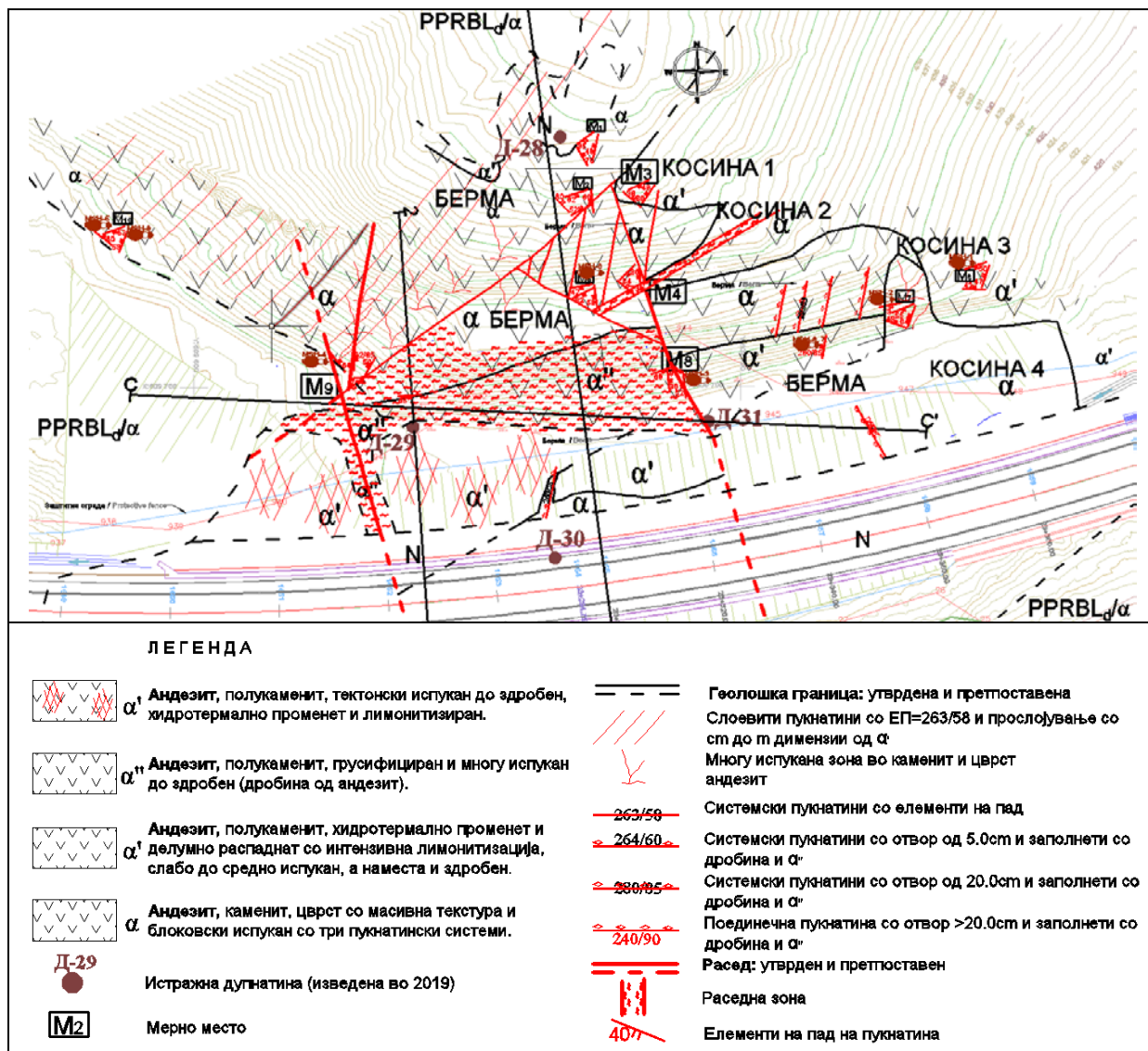
2. ГЕОЛОШКО-ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ВО ИЗВЕДБА

Со основниот проект за усекот и преземаните истражувачки активности од типот на геолошко и геотехничко истражување и испитување се осознаваат геолошките услови, како и можностите и потребите за изведба на истражни работи. На предметниот објект поради навидум едноставниот геолошки состав и присуство на еден генетски тип карпи, во оваа фаза биле изоставени “директните” истражни работи од типот на истражни дупнатини, како и лабораториски испитувања на примероци со правилна форма. Во фаза на изведба уште при самиот почеток на отварање на косините од првата етажа е наметната потребата од изведба на дополнителни истражни работи. Веднаш се забележани овие два типа андезити со различни геотехнички карактеристики и стрмните наклони на косините (4:1) дадени со проектот за неочекувани ослабени зони од андезити.

Во изведбената фаза кога комплетно е отворен усекот и се формирани косините јасно можат да се утврдат сите геолошко-геотехнички особини на карпите. Овие неочекувани појави од истражувачката до изведбената фаза се ретки и тоа само во комплексни геолошки услови на теренот, како што е теренот на проектираниот усек на локалитетот Пилав Тепе.

Овде основа се карпите од типот андезити кои се простираат од почетокот до крајот на усекот и по целата истражувана длабина, утврдено со изведба на контролните истражни дупнатини. Тие имаат порфирска структура, каде како фенокристали во основната маса се забележуваат плагиокласи (андезин), со амфибол и биотит во составот, со голема цврстина, со сива до темно сива боја. Овие андезити наместа се зафатени со хидротермални процеси кои на отворените профили од косините се манифестираат со грусификација и лимонитизација, односно хидротермално променети андезити. Оваа трошност и распаднаост на андезитот е забележана во дел од пукнатините со отвори и заполнетост од 10.0-100.0 cm ($EP_1=175/70^\circ$ и $EP_2=293/58^\circ$), а исто така и во вид на неправилни форми и потези со “m” димензии помеѓу свежи и блоковски испукани андезити на сите косини од усекот.

Хидротермално променет андезит, односно андезит со ознака α' е забележан после мерно место М3, каде што има карбонатна материја и слаба лимонитизација по пукнатината со $EP=304/80^\circ$. Кај М3 е издвоена граница помеѓу изменетите и свежите андезити, а истата оваа граница е констатирана и кај мерното место М4 (на косина 2). Оваа издвоена грусирана зона со преод во многу мека и трошна зона од андезит α'' е констатирана и на почетокот на косина 3 во близина на мерно место М9 и оди сè до централниот дел на усекот до пресекот со раседната структура кај мерно место М8. Притоа може да се констатира дека оваа издвоена зона на меки карпи има неправилна форма која на косина 3 започнува од М9 со правец на протегање по пукнатината со азимут на падна насока и паден агол со $EP=150/82^\circ$, измерена во близина на мерното место М4. Околу оваа зона карпите имаат нешто помал процент на распаднаост и се интензивно тектонски испукани до здробени и истите на инженерскогеолошката карта се означени како α' . Генерално, од изведената состојба на теренот може да се констатира дека кај сите косини се застапени свежи андезити (α) и распаднати, меки и трошни андезити (α' и α''). Свежите андезити се основни карпи помеѓу кои по раседните структури или по системските отворени пукнатини од 5-20 cm и поголеми од 20 cm се интудирале сиво бели крупнопорфирски андезити (хидротермално променети андезити). Нивните форми и димензии можат да се видат на отворените косини и исечокот од изработената инженерскогеолошка карта за усекот даден на Слика 2.



Слика 2. Исечок од инженерскогеолошката карта на усек km 23+200 - 23+400

Раседната структура во централниот дел на усекот условува појава на здробени зони и распаднати и трошни андезити, а исто така и отворени системски пукнатини во свежите андезити во близина на истата. Во фаза на изведба по целосно завршување на ископот јасно е видлива оваа зона на косина 4, која што е многу тектонски испукана, лимонитизирана и здробена во вид на крупнозрна дробина.



Слика 2. Почеток на ископ на усек Пилав Тепе (конечна косина 2)

На Слика 2 се прикажани издвоените два вариетети на андезити. Во досегашната пракса овие карпи се доста цврсти со масивно појавување. Многу е значајно што по површините на лачење овде има зони со “cm” до “m” димензии и поголеми неправилни форми (зони) кои имаат ослабени геотехнички својства. На тие потези истиот тип цврсто сврзани карпи – андезити се однесуваат како меки и трошни карпи, односно хидротермално променети андезити. Овие меки и трошни, хидротермално променети андезити во голема мера се разликуваат во однос на очекуваните свежи андезити и имаат видно ослабени геотехнички својства што пак бара посебен третман и ублажување на наклоните на косините и нивна заштита. На дотогаш изведената косина со црвена линија е обележана границата (во конечна фаза на ископ именувана како косина 2) помеѓу свежи андезити (α) и хидротермално променети андезити (α'). Како што е веќе напоменато паралелно со изведбата е наметната потреба од изведба на детално инженерскогеолошко картирање на дотогаш изведените косини (1, 2 и делумно 3), а на постоечките берми изведба на четири истражни дупнатини за утврдување на геолошкиот склоп на теренот во длабина до косина 4 (осовината на патот).

Со изведбата на овие контролни дупнатини исто така е констатирано дека андезитите се појавуваат во повеќе облици и тоа како свежи и блоковски испукани андезити (α) кои претставуваат основна и доминантна карпа, и хидротермално променети андезити (α') кои постепено преминуваат во мека и трошна зона од андезити (α''). Таквата зона е поврзана за хидротермалните процеси на андезитот и има постепен преод, а забележана е и во вид на неправилни форми и различно ориентирани отворени пукнатини во цврстите андезити. Исто така на отворените профили е видлива грусификација.

Многу е тешко да се дефинира меѓупросторот кај овој тип на карпи, каде хидротермалните промени немаат некои правила на изразеност во просторот. Токму затоа неблагодарна работа е прогнозирањето на оваа распадната и трошна зона означена како α'' и нејзиното простирање после микролокацијата кај истражната дупнатина Д-29, ако се земе во предвид дека оваа трошна зона не е констатирана во дупнатините Д-30 и Д-31. Во секој случај, според неправилната форма на оваа распадната зона на косина 3 и податоците од истражните дупнатини може да се констатира дека геолошкиот склоп на теренот е комплексен и негово дефинирање е единствено возможно при целосното отворање на косините.

2.1. Анализа на стабилност на косините

Формираните косини се изградени во карпи од типот на: свежи андезити и хидротермално променети андезити. Овие карпи имаат различни геотехнички карактеристики со неправилни форми и димензии на меки и трошни андезити во склоп на цврстите андезити, што го прави комплексен геолошко-геотехничкиот склоп на теренот.

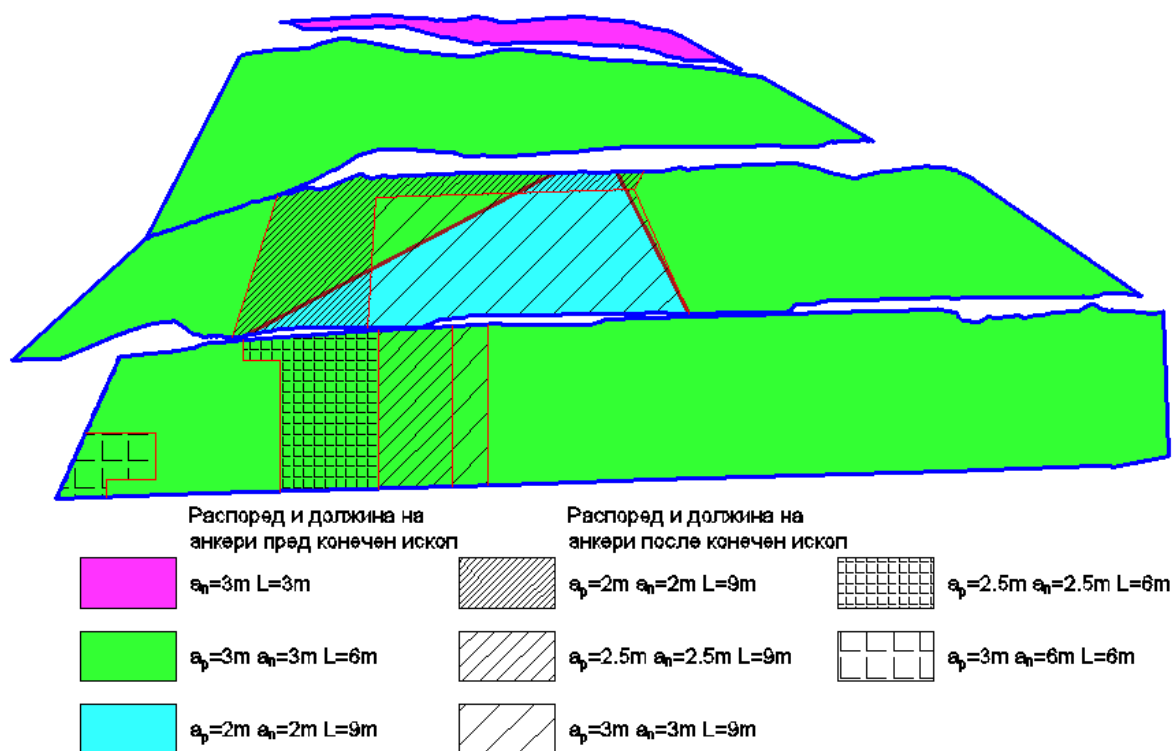
Сите применети анализи на стабилноста се направени на косините на микролокациите кај мерните места за кои е проценето дека имаат најнеповолни падови на пукнатинските системи и нивен однос со проектираната косина на усекот. Анализите на стабилност имаат покажано резултати за факторот на сигурност $F_s=0.23-1.73$. Притоа со овие применети анализи за клиновиден лом е констатирано дека има услови да дојде до отпаѓање на поголеми блокови кои од инженерскогеолошкото картирање се проценува да имаат димензии од 1.5m x 0.5m x 2.0m.

Сите овие издвоени типови на андезити тешко би се утврдиле и со изведба на повеќе истражни дупнатини за усекот, затоа што иако од површината на теренот геологијата изгледа едноставна во длабина со појавата на раседните структури и различните типови на дисконтинуитети се усложнува геолошкиот склоп на теренот. Геолошко-геотехнички особини на андезитите видени на отворените профили од косините на усекот во претходната фаза на истражување тешко би можеле да се утврдат од причина што овде има раседни структури, како доводни канали за хидротермални измени по кои видно се ослабени геолошко-геотехничките особини на андезитите. Притоа во свежите андезити се создадени зони со неправилна форма на

хидротермални измени кои можат да се видат на отворените косини, хидротермални измени по пукнатини, тектонски здробени зони и сл.

3. МЕРКИ ЗА ЗАШТИТА

Врз база на деталното инженерско-геолошко картирање на отворените косини (1, 2 и 3) и изведените дупнатини, направено е подетално издвојување на квазихомогените зони (зони со исти или слични геотехнички особини на карпите). За нив се предвидени типови на заштита со композит од три вида мрежа и анкери со различна должина и распоред на поставување. Со овие постапки се подобруваат механичките карактеристики на карпата, а со инјектирањето на анкерите се пополнуваат празнините и пукнатините во карпата. Посебна неповолност претставуваат присутните раседни структури и повеќе пукнатински системи со различни карактеристики во однос на отворот, типот на заполнител, должината и сл. Заштитните мерки на косина 1 и косина 2 не се изменети во фаза на изведба. Како резултат на дополнителен ископ на косина 3 и целосен ископ на косина 4, мерките за заштита на овие косини во фаза на изведба имаат претрпено одредени измени како резултат на локална измена на теренските услови односно поради измена на наклон на косини кај раседни структури, лизгање на мек и трошен материјал по пукнатини и сл. Ова прегледно може да се види на Слика 3.



Слика 3. Распоред и должина на анкери пред и после конечен ископ, изведени до 25.12.2020 година

Сите вградени анкери се целосно инјектирани со цементна смеса. Количината на инјектирана смеса зависи од зоната во која се наоѓа анкерот, од која зависи и должината и распоредот на анкерите. Типот на пукнатините е виден на површината на косините, но е непознат во длабина кон косината во однос на исполнетоста или отвореноста, како и должината и пресекот со други пукнатини. Сето ова го усложнува инјектирањето на анкерите, а посебно на оние кои завршуваат на пресекот на две пукнатини, раседни структури, здробени зони и сл. Од овие причини на делот каде е регистрирана слаба зона на косина 4, анкерите од 9m имаат примено 4 пати поголема количина инјекциона смеса. Количината кај анкерите од 6m е приближно иста на сите косини и двојно помала од количината примена на m' кај анкерите од 3m на косина 1.

Екстремните количини на косина 4 не беа ни приближно предвидени со проектирањето бидејќи за истата косина со расположливите податоци очекувана е подобра карпеста средина. Сепак со отворање на косината и визуелно може да се разбере оваа појава. Од финансиски аспект, ваквите неочекувани појави се непосакувани и треба да се минимизираат што е можно повеќе. Затоа за објекти од овој размер потребни се што е можно повеќе истражувања и испитувања.

На Слика 4 е претставен усекот во фаза на изведба на заштитата, каде може да се забележи состојбата на материјалот на средниот дел од усекот, каде е направена измена на заштитата.



Слика 4. Изглед на усекот на км 23+200 – 23+400 во фаза на изведба на заштитата.

Во оваа фаза по завршување на сите активности за заштита на усекот се смета дека во фаза на истражувањата од особено значење би биле и дополнителни геофизички испитувања за подетално издвојување на квазихомогените зони меѓу дупнатините, односно регистрирање на слаби зони и дисконтинуитети кои не се регистрирани со дупнатините, што би имало особено значење за попрецизно предвидување на различните видови заштита. Исто така со изведување на испитувања за водопрпусноста на карпите од различни квазихомогени зони уште во фаза на проектирање би се утврдила попрецизна количина на инјекциона смеса, особено за зоните каде количините се екстремно големи. Потребно е да се истакне дека предвидувањето на точната количина на инјекциона смеса која ќе ја примат анкерите во фазата на проектирање во секој случај е тешка задача бидејќи како што беше погоре опишано на неа влијаат голем број фактори. Без разлика колку пресметковната количина се разликува од реалната, од технички аспект е важно сите анкери да се целосно заситени, односно нивните околни пукнатини да се комплетно пополнети, што беше случај со овој усек. Со тоа е создаден компактен масив и проблемите со стабилноста се трајно решени.

На следните слики е прикажан усекот со заштита од мрежа и анкери изведена до 25.12.2020 година, на кои може да се забележи дека со заштитата е загарантирана безбедноста на патниот правец.



a



b

Слика 5. Изглед на усекот со изведена заштита од мрежа и анкери а) изглед на заштита на косини 1 и 2
b) изглед на заштита на косини 3 и 4

4. ЗАКЛУЧОК

Истражувачка дејност прецизно да ги утврди геолошко-геотехничките услови на теренот. Вообичаено засекувањето кај магматските и масивни карпи е прилично едноставно, ако кај нив нема влијание геолошката историја со присуство на раседни структури или други несакани геолошки процеси и појави. Слична едноставност првично е очекувана и кај овие магматски вулкански карпи од типот на андезити, каде површински е маркирана литолошката градба со видливи цврсти изданоци на површината. Меѓутоа во длабина неочекувано се појавуваат повеќе раседни структури и типови на дисконтинуитети кои служат како доводни канали за хидротермални раствори и депонирање на мек и трошен андезит, односно андезит од типовите α'' и α' .

Во фазата на изведба е наметната потребата за изведба на повеќе контролни дупнатини, но со нив освен потврдата за постоење на хидротермално променети андезити не се создадени можности за издвојување на зони со исти геотехнички карактеристики. Сепак со деталното инженерскогеолошко картирање и изведбата на контролните дупнатини солидно се проектирани типовите на анкери потребни за подобрување на механичките карактеристики на масивот и стабилноста на усекот. Од денешна гледна точка се проценува дека попрецизно издвојување на квазихомогените зони би можело да се направи со помош на геофизички профили помеѓу дупнатините, а теренски испитувања за водопропусноста на карпата би овозможиле подобра проценка на количините за инјектирање, за овој тип на карпи чии хидротермалните промени немаат некои правила на изразеност во просторот, без притоа да се појават неочекувано големи количини.

Во карактеристичниот пример од геолошко-геотехнички аспект е дадена врската помеѓу истражувањата и изведбата и потребната координација на Изведувачот и Проектантот вклучен во истражувањата и во изведбата, сè со цел да се изведе проектот во согласност со реалните теренски услови. Комплексниот геолошки терен во длабина понекогаш има големо влијание да се појават вакви разлики помеѓу овие две фази во градежништвото. Сепак со навремена интервенција во време на изведба и комуникација помеѓу изведувач, надзор, инвеститор и геолошко-геотехнички проектант истото претрпува одредени промени и се изведува за долготрајна употреба од многу аспекти.

ПРИЗНАНИЈА

Особена благодарност до Консултантот на проектот, Проф. Милорад Јовановски кој беше секогаш достапен за дискусии и прашања. Исто така благодарност до целиот тим составен од Изведувач, Надзор, Инвеститор, Консултант и Проектант за исцрпните дискусии и навремени решенија, во корист на квалитетот на проектот.

РЕФЕРЕНЦИ

- Петковски. О., 2020, *Фактички извештај од изведени геомеханички истражувања и испитувања, Експресен пат А4, делница: Штип – Радовиш, усек km 23+200 – 23+400*, Геохидроконсалтинг ДООЕЛ – Скопје. Архивски број: 0103-05.
- Петковски, О., Ангелов, В., 2020, *Дополна кон основен проект, Санација на лева косина од усек km 23+200 – 23+400, Експресен пат А4, делница: Штип – Радовиш*, Геохидроконсалтинг ДООЕЛ – Скопје. Архивски број: 0103-13.