



**Здружение на рударски и геолошки инженери  
на Република Македонија**

**XIII-то СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ  
СО МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

# **ПОДЕКС - ПОВЕКС '22**

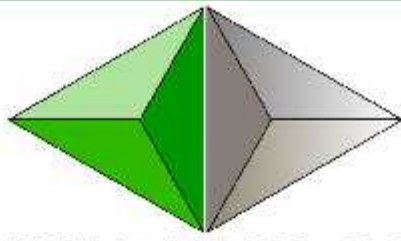
**14-16. Октомври. 2022 год.  
Охрид**

## **ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**



**ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА  
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**





# САСА

рудник за олово и цинк



Рудник САСА ДООЕЛ  
Рударска 28, МК-2304  
Македонска Каменица  
Република С. Македонија

Тел. +389 (0) 33 279 200  
Тел. +389 (0) 33 279 201  
contact@sasa.com.mk  
<http://www.sasa.com.mk>



**ЗРГИМ**

**XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО  
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '22**

**14 ÷ 16. 10. 2022 година  
Охрид**

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА  
ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

**ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ**

Зборник на трудови:

**ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ**

Издавач:

**Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија**  
[www.zrgim.org.mk](http://www.zrgim.org.mk)

Главен и одговорен уредник:

**Проф. д-р Стојанче Мијалковски**

За издавачот:

**м-р Горан Сарафимов, дипл.руд.инж.**

Техничка подготовка:

**Проф. д-р Стојанче Мијалковски**

Изработка на насловна страна:

**Доц. д-р Ванчо Аџиски**

Печатница:

**“2-ри Август”, Штип**

Година:

**2022**

Тираж:

**200** примероци

*Сите права и одговорности за одпечатените трудови ги задржуваат авторите. Не е дозволено ниту еден дел од оваа книга да биде репродуциран, снимен или фотографран без дозвола на авторите и издавачот.*





## ОРГАНИЗАТОР:

**ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ  
ИНЖЕНЕРИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА**

[www.zrgim.org.mk](http://www.zrgim.org.mk)



## КООРГАНИЗАТОР:

**УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО**

## НАУЧЕН ОДБОР:

Проф. д-р **Зоран Десподов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Зоран Панов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Дејан Миравовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Благој Голомеов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Блажо Боев**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Ристо Дамбов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Орце Спасовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Војо Мирчовски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Николинка Донева**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Доц. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Милорад Јовановски**, УКИМ, Градежен факултет, Скопје, Р. Северна Македонија;  
Проф. д-р **Ивица Ристовиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Раде Токалиќ**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Војин Чокорило**, РГФ, Белград, Р. Србија;  
Проф. д-р **Радоје Пантовиќ**, Технички факултет во Бор, Р. Србија;  
Проф. д-р **Јоже Кортник**, Факултет за природни науки и инженерство, Љубљана, Словенија;  
Проф. д-р **Верослав Молнар**, БЕРГ Факултет, Технички Универзитет во Кошице, Р. Словачка;  
Проф. д-р **Иваило Копрев**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
Проф. д-р **Димитар Анастасов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
Проф. д-р **Павел Павлов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
Проф. д-р **Венцислав Иванов**, Мино-геолошки Универзитет, Софија, Р. Бугарија;  
Проф. д-р **Кемал Зекири**, Факултет за геонауки, Митровица, Косово;  
д-р **Кремена Дедељанова**, Научно – технички сојуз за рударство, геологија и металургија, Софија, Р. Бугарија;

## **ОРГАНИЗАЦИОНЕН ОДБОР:**

### **Претседател:**

Проф. д-р **Ѓорги Димов**, УГД, ФПТН, Штип, Р. Северна Македонија.

### **Потпретседатели:**

Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, УГД, ФПТН, Штип;  
м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;  
**Митко Крмзов**, Геомин, Струмица.

### **Генерален секретар:**

м-р **Горан Сарафимов**, Рудник “Боров Дол”, Радовиш.

## **ЧЛЕНОВИ НА ОРГАНИЗАЦИОНИОТ ОДБОР:**

Проф. д-р **Радмила Каранакова – Стефановска**, УГД, ФПТН, Штип;  
м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;  
м-р **Кирчо Минов**, Рудник “Бучим”, Радовиш;  
м-р **Драги Пелтечки**, “Рудплан” ДООЕЛ, Струмица;  
м-р **Благоја Георгиевски**, АД ЕЛЕМ, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;  
м-р **Сашо Јовчевски**, Dekra Arbeit, РЕК Битола, ПЕ Рудници, Битола;  
м-р **Андреј Кепевски**, Цементарница “Усје”, Скопје;  
м-р **Дејан Ивановски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
м-р **Лазе Атанасов**, ДИТИ, Скопје;  
м-р **Дејан Петров**, Геотехника, Штип;  
м-р **Горан Стојкоски**, ЗРГИМ, Прилеп;  
**Триантафилос Триантафилиу**, Мермерен комбинат, Прилеп;  
**Мице Тркалески**, Мермерен комбинат, Прилеп;  
**Зоран Костоски**, Мармобанко, Прилеп;  
**Шериф Алиу**, ЗРГИМ, Кавадарци;  
**Антонио Антовски**, “Булмак” - Рудник “Тораница”, К. Паланка;  
**Ангелчо Заковски**, “Булмак” - Рудник “Злетово”, Пробиштип;  
**Тони Митевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;  
**Емил Јорданов**, ГД “Гранит” АД, Скопје;  
**Александар Стоилков**, АД ЕЛЕМ,  
**Миланчо Дамески**, МИСА-МГ, Скопје;  
**Сашко Дамески**, МИСА-МГ, Скопје;  
**Лазар Пончев**, Машинокоп, Кавадарци;  
**Игор Трајанов**, Рудник “Боров Дол”, Радовиш;  
**Виктор Шотаровски**, Метсо минералс, Скопје;  
**Никола Механџиски**, “Кнауф”, Дебар;  
**Пепи Мицев**, “Геомин”, Струмица;  
**Мартин Здравкин**, “ТЕТА - КОП”, Велес;  
**Илија Лозановски**, “Теиком Тим”, Битола.

**XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:  
“ТЕХНОЛОГИЈА НА ПОДЗЕМНА И ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА  
НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ”  
- со меѓународно учество –**

---

**14 Октомври 2022, Охрид**  
Република Северна Македонија

**ОРГАНИЗАТОР:**

ЗДРУЖЕНИЕ НА РУДАРСКИТЕ И ГЕОЛОШКИТЕ ИНЖЕНЕРИ  
НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА  
[www.zrgim.org.mk](http://www.zrgim.org.mk)

**КООРГАНИЗАТОР:**

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП  
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
[www.ugd.edu.mk](http://www.ugd.edu.mk)



**ЗРГИМ**

### **XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

**“Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини”**

## **ПОДЕКС – ПОВЕКС '22**

**Охрид**

**14 ÷ 16. 10. 2022 год.**

### **ПРЕДГОВОР**

Меѓународното стручно советување за подземната експлоатација на минералните сировини (ПОДЕКС), за првпат се одржа на 06.12.2007 год. во Пробиштип во организација на Сојузот на Рударските и Геолошките Инженери на Македонија (СРГИМ).

Од 2012 година советувањето е проширено со трудови од површинската експлоатација на минерални сировини и е именувано како ПОДЕКС-ПОВЕКС.

Стручното советување, на тема: технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини, традиционално се одржуваше секоја година во месец ноември. По пауза од три години, поради пандемијата од COVID-19, од оваа година започнува со одржување во октомври. На ова советување земаат учество голем број на стручни лица од: рударската индустрија, универзитетите, научно - истражувачките и проектантските организации, производителите на опрема и др.

На досегашните дванаесет советувања (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 и 2019 год.) учествуваа повеќе автори од 12 држави, кои презентираа 337 стручни трудови.

За ова тринаесетто советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '22) пријавени се 29 труда, на автори од 3 држави.

Големиот број на трудови од домашните автори произлезе како резултат на научно-истражувачката работа реализирана на високообразовните институции во Р. С. Македонија. Меѓутоа, посебно не радува учеството на автори од непосредното рударско производство, кои што презентираат постигнати резултати во рударската пракса.

Се надеваме дека традицијата за собирање на сите специјалисти од областа на подземната и површинската експлоатација на минералните сировини, ќе продолжи и дека во идниот период ова советување ќе прерасне во меѓународен симпозиум.

Уредници





**AMGEM**

### **XIII EXPERT CONFERENCE THEMED:**

**“Technology of underground and surface mining of mineral raw materials”**

# **PODEKS - POVEKS '22**

**Ohrid  
14 ÷ 16. 10. 2022.**

## **FOREWORD**

The International expert conference on underground mining of mineral raw materials (PODEKS), organized by the Association of Mining and Geology Engineers of Macedonia (AMGEM), was first held on 06.12.2007 in Probishtip.

Since 2012, in this counseling, surface exploitation of mineral resources is included too, and it is called PODEKS-POVEKS.

This expert conference called: Technology of underground and surface mining of mineral raw materials, traditionally, was been organized annually during November. After a three-year hiatus, due to the COVID-19 pandemic, this year it starts taking place in October. A number of experts from the mining industry, universities, research institutions, planning companies, and equipment manufacturing companies participate in this conference.

Many authors from 12 countries participated in the previous twelve conferences (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018 and 2019) presenting 337 expert papers.

Twenty-nine authors from 3 countries have registered their expert papers for the XIII<sup>th</sup> conference (PODEKS - POVEKS '22).

The large number of expert papers from the domestic authors has emerged as a result of the research work carried out at the higher education institutions in the Republic of North Macedonia. We are particularly delighted by the participation of the authors involved in the immediate mining production who will be presenting the achieved results in the mining practice.

We hope that the tradition of gathering of all specialists from the field of underground and surface mining of mineral raw materials will continue and that this conference will grow up to an international conference in the future.

The Editors



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Македонија

**XIII СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

**Технологија на подземна и површинска експлоатација  
на минерални сировини**

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '22**

**Охрид  
14 ÷ 16. 10. 2022 год.**

## **СОДРЖИНА**

<b>HOVERMAP &amp; SIROVISION – USE OF NOVEL TECHNOLOGIES FOR REMOTE AND AUTONOMY MAPPING AND ANALYSIS * Lyudmila Moskovska.....</b>	<b>1</b>
<b>МОРФОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА АЛУВИЈАЛНО ЗЛАТО КАКО КРИТЕРИУМ ЗА ОДРЕДУВАЊЕ НА НЕГОВОТО ПРИМАРНО ПОТЕКЛОТО * Виолета Стефанова, Виолета Стојанова, Гоше Петров.....</b>	<b>11</b>
<b>ПРИМЕНЕТИ МЕТОДИ ПРИ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА ТЕХНИЧКИ ГРАДЕЖЕН КАМЕН * Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски.....</b>	<b>17</b>
<b>КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МЕРМЕРИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ЦРКОВНИ РИД (ВАРДАРСКА ЗОНА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА) КАКО ОСНОВА ЗА НИВНА УПОТРЕБА КАКО ГРАДЕЖЕН КАМЕН * Орце Спасовски, Благица Донева.....</b>	<b>27</b>
<b>МОЖНОСТИ ЗА ДОИСТРАЖУВАЊЕ НА ЈАГЛЕНОВО НАОЃАЛИШТЕ ЖИВОЈНО * Бојан Ивановски, Александар Стоилков, Благојче Митревски, Симона Ивановски, Ласте Ивановски.....</b>	<b>35</b>
<b>НАОЃАЛИШТА НА БЕНТОНИТСКИ ГЛИНИ, ЕКСПЛОАТАЦИЈА И НИВНА ПРИМЕНА ВО ИСТРАЖНОТО ДУПЧЕЊЕ * Ласте Ивановски, Ванчо Ангелов, Орце Петковски, Бојан Ивановски.....</b>	<b>42</b>
<b>ХИДРОГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГНОЗЕН МОДЕЛ НА ГЕОТЕРМАЛНИОТ СИСТЕМ ЗДРАВЕВЦИ, КРАТОВСКО * Орце Спасовски, Благица Донева.....</b>	<b>51</b>
<b>ГЕОЛОГИЈАТА НА МАРС * Иван Боев, Елида Лецај .....</b>	<b>60</b>

<b>ПРИМЕНА НА ГЕОФИЗИЧКИТЕ МЕТОДИ ВО РУДАРСТВОТО</b> * Благица Донева, Марјан Делипетрев, Ѓорги Димов, Ристо Поповски.....	75
<b>ПРИМЕНА НА МЕТОДИ ЗА ПОВЕЌЕКРИТЕРИУМСКО ОДЛУЧУВАЊЕ ПРИ ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА ЗА ПОДЗЕМНА ЕКСПЛОАТАЦИЈА</b> * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Дејан Мираковски, Ванчо Аџиски, Николинка Донева, Ванчо Гоцевски.....	82
<b>ЗАПОЧНУВАЊЕ СО ИЗРАБОТКА НА ГЛАВЕН ТРАНСПОРТЕН И СЕРВИСЕН НИСКОП ОД ПОВРШИНАТА ДО ХОРИЗОНТ 750 ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК “САСА”</b> * Дејан Ивановски, Борче Гоцевски, Стојанче Мијалковски, Чедо Ристовски, Тони Митевски, Цеце Стојчев, Сашко Цветковски.....	89
<b>МОДИФИЦИРАНА ПОДГРАДНА МЕТОДА СО ЗАШТИТЕН ЧАДОР, СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ: ГЛАВЕН НИСКОП, РУДНИК „САСА“</b> * Николинка Донева, Зоран Десподов, Стојанче Мијалковски, Дејан Ивановски, Афродита Зенделска, Марија Хаџи-Николова.....	98
<b>ПРИМЕНА НА МЕТОДИТЕ ЗА ОТКОПУВАЊЕ СО ЗАПОЛНУВАЊЕ НА ОТКОПАНИТЕ ПРОСТОРИ ВО ПОДЗЕМНИТЕ РУДНИЦИ ЗА МЕТАЛИ ВО МАКЕДОНИЈА</b> * Зоран Десподов, Сојанче Мијалковски.....	106
<b>ПРЕДВИДУВАЊЕ НА ЕФЕКТИТЕ ОД МИНИРАЊЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА СОФТВЕРСКИ ПРОГРАМИ</b> * Илија Дамбов.....	118
<b>ФРАГМЕНТАЦИЈА НА КАРПИ – МОДЕЛИРАЊЕ НА ПРОЦЕНКА ПРЕД И ПО МИНИРАЊЕ</b> * Зоран Панов, Лазо Пекевски, Радмила Каранакова Стефанова, Ристо Поповски.....	129
<b>АНАЛИЗА НА ЕФЕКТИТЕ ОД МИНИРАЊЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА СОФТВЕРСКИ ПРОГРАМИ</b> * Ристо Дамбов, Илија Дамбов, Јован Лотески.....	138
<b>ТЕХНОЛОГИЈА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ТРАВЕРТИНСКИ БЛОКОВИ ВО РУДНИКОТ ГОЛУБОВА ПЕШТЕРА С. БЕШИШТЕ – ПРИЛЕП</b> * Ристо Дамбов, Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Костоски, Илија Дамбов, Магдалена Костоска.....	150
<b>СЕИЗМИЧКИ ЕФЕКТИ ПРИ МИНИРАЊЕ НА ПК „ТРОЈАЦИ“, ПЛЕТВАР, ПРИЛЕП</b> * Јован Лотески, Ристо Дамбов, Илија Дамбов.....	161
<b>ИЗРАБОТКА НА КОНТУРНИ МИНСКИ ДУПНАТИНИ НА ЕКСПРЕСНИОТ ПАТ ГРАДСКО - ПРИЛЕП, ПОДДЕЛНИЦА ДРЕНОВО - ФАРИШ</b> * Миле Стефанов, Зоран Ужевски, Пепи Мицев.....	173
<b>A STOCHASTIC APPROACH FOR DETERMINING A SUSTAINABLE CUTTING PATTERN FOR IRREGULARLY SHAPED STONE BLOCKS</b> * Dimitar Kaykov, Ljupcho Dimitrov.....	183



<b>AN INTRODUCTION ON ASSESSMENT OF THE LIGNITE PRICE- CASE STUDY KOSOVO'S LIGNITE</b> * Kemajl Zeqiri, Naser Peci.....	194
<b>НЕКОНВЕНЦИОНАЛНИ МЕТОДИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕНИ</b> * Александар Стоилков, Пеце Муртановски, Маја Јованова, Сашо Цветковски, Миле Арсовски.....	200
<b>РАБОТНИ УСЛОВИ ПРИ ПРОЦЕСОТ НА ПОДЗЕМНА ГАСИФИКАЦИЈА НА ЈАГЛЕН</b> * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски.....	207
<b>ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД НА ОПРЕМАТА КОЈА СЕ КОРИСТИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНА СУРОВИНА</b> * Игор Максимов.....	219
<b>ИДЕЈНО РЕШЕНИЕ ЗА ХИДРОТРАНСПОРТ И ОДЛАГАЊЕ НА ЈАЛОВИНАТА НА ЈАЛОВИШТЕ 2 – ТОРАНИЦА</b> * Благој Голомеов, Мирјана Голомеова, Афродита Зенделска, Стојанче Мијалковски.....	226
<b>МОНИТОРИНГ НА РЕКУЛТИВАЦИЈА НА ХИДРОЈАЛОВИШТЕ СО КОРИСТЕЊЕ НА МУЛТИСПЕКТРАЛНО ДАЛЕЧИНСКО НАБЉУДУВАЊЕ</b> * Ванчо Аџиски, Стојанче Мијалковски.....	235
<b>ОТСТРАНУВАЊЕ НА ТЕШКИ МЕТАЛИ ОД КИСЕЛА РУНИЧКА ДРЕНАЖА СО НЕУТРАЛИЗАЦИЈА</b> * Афродита Зенделска, Адријана Трајанова, Мирјана Голомеова, Благој Голомеов, Дејан Мираковски, Николинка Донева, Марија Хаџи-Николова.....	247
<b>ВКЛУЧУВАЊЕТО И УЧЕСТВОТО НА ВРАБОТЕНИТЕ КАКО ЗНАЧАЕН ФАКТОР ЗА КОНТИНУИРАНО ПОДОБРУВАЊЕ НА БЕЗБЕДНОСТА И ЗДРАВЈЕТО ПРИ РАБОТА</b> * Анкица Илијева Стошиќ.....	256
<b>СЕИЗМИЧНОСТ НА РЕГИОНОТ ШТИП-РАДОВИШ ВО ПЕРИОДОТ ОД 2000 ГОДИНА ДО 2021 ГОДИНА</b> * Јасмина Најдовска, Катерина Дрогрешка, Ивана Молеровиќ, Моника Андреевска, Марјан Делипетрев, Драгана Черних Анастасовска, Љубчо Јованов.....	267



**ЗРГИМ**  
Здружение на  
рударски и  
геолошки инженери  
на Р. Македонија

**XIII TO СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на  
минерални сировини

## **ПОДЕКС – ПОВЕКС '22**

Охрид  
14 – 16. 10. 2022 год.

### **ПРИМЕНА НА ГЕОФИЗИЧКИТЕ МЕТОДИ ВО РУДАРСТВОТО**

**Благица Донева<sup>1</sup>, Марјан Делипетрев<sup>1</sup>, Ѓорги Димов<sup>1</sup>, Ристо Поповски<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Универзитет „Гоце Делчев“, Факултет за природни и технички науки,  
Штип, Р. Северна Македонија

**Апстракт:** Со помош на геофизичките истражувања се постигнува брзо, ефикасно, економично и недеструктивно решавање на одредени проблеми од областа на геологијата, рударството, градежништвото, водостопанството, археологијата, екологијата и др. Геофизичките техники традиционално се поврзуваат со истражување на металични наоѓалишта, но тие исто така, нудат потенцијал за евалуација на геотехничките параметри поврзани со наоѓалиштата на минерали при проектирањето на рудникот. Ваквите геотехнички параметри оценуваат не само квалитетот и димензиите на наоѓалиштето, туку и да го карактеризираат квалитетот на карпестата маса, геолошката структура и режимот на подземните води.

Улогата на геофизиката во истражувањето на минералите брзо се прошири во последните децении, но нејзината важност во рударството сеуште не е доволно применета. Барьерите за поголемо прифаќање на геофизиката во рударството се повеќе „културни“ отколку технички, бидејќи рударските компании историски (иако несвесно) ефективно ги отстранувале геофизичарите од персоналот за развој и производство на рудниците.

**Клучни зборови:** геофизика, методи, рударство, геомагнетни, геоелектрични.

### **APPLICATION OF GEOPHYSICAL METHODS IN MINING**

**Blagica Doneva<sup>1</sup>, Marjan Delipetrev<sup>1</sup>, Gorgi Dimov<sup>1</sup>, Risto Popovski<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>University “Goce Delcev”, Faculty of Natural and Technical Sciences, Stip,  
R. of North Macedonia

**Abstract:** Geophysical research helps to quickly, efficiently, economically and non-destructively solve certain problems in the fields of geology, mining, construction, water economy, archeology, ecology and more.

Geophysical techniques have been traditionally associated with exploration for metalliferous deposits and they also offer potential for the evaluation of geo-technical parameters associated with mineral deposits in mine design. Such geotechnical evaluate not only deposit quality and dimensions but also to characterise rock mass quality, geological structure and groundwater regime.

The role of geophysics in mineral exploration has expanded rapidly in recent decades, but in mining its importance is only just being recognised. The barriers to greater acceptance of geophysics in mining are more ‘cultural’ than technical, insofar as mining companies have historically (albeit unconsciously) effectively quarantined geo-physicists from mine development and production personnel.

**Keywords:** geophysics, methods, mining, geomagnetic, geoelectrical.

## 1. ВОВЕД

Прмената на геофизичките методи при рударските истражувања може да се подели во две категории. Првата е нивната примена во активните рудници или во областите каде се потребни детални студии. Втората промена е во пошироките области каде се изведуваат студии на рекогносцирање за да се одредат областите од посебен интерес и во кои потоа може да се пристапи кон интензивни истражувања.

Најголема примена на геофизичките методи, за потребите на рударството, има во постојните активни рудници или на терените кои порано биле експлоатирани. При детални истражувања на вакви области, односно при истражување на рудни наоѓалишта, геофизичарот се среќава со комплексни структури и тешки теренски услови. Поради тоа, при истражување на рудните наоѓалишта, треба да се спроведат детални геофизички истражувања, а добиените резултати да се корелираат со геологијата на истражуваниот терен и историјата на локалните рудни појави.

Трошоците за изведување на геофизички истражувања не се ниски, затоа што релативно малите диманзии на рудните тела ја ограничуваат длабочината на истражување, а ги зголемуваат трошоците. Токму поради тоа, геофизичките истражувања, најчесто, се избегнуваат.

Сложените геолошки услови во рударските области и променливата природа на минералните наоѓалишта даваат пространо и плодно поле за примена на геофизичките методи. Кај најзначајните начини на појавување на рудните наоѓалишта, а особено кај металичните, доаѓа до дисконтинуитет во локалните геолошки услови, а за тие промени се врзани и промените на физичките особини меѓу карпите и рудите кои, на соодветен начин, можат, исто така, да бидат големи. На пример, електричната проводливост на пиритските жици може да биде илјадници пати поголема од проводливоста на околните карпи. Таквата голема разлика во физичките карактеристики може да го надмине неповолното влијание на сложеноста на структурата, неправилностите и малата големина на самото рудно тело.

Втората категорија на примена на геофизичките методи, односно геофизичките истражувања во пошироките области, во последно време станува сè позначајна.

## 2. ГЕОФИЗИЧКИ МЕТОДИ КОИ СЕ КОРИСТАТ ВО РУДАРСТВОТО

Изборот на геофизичките методи при истражувања на рудни појави зависи од достапните геолошки податоци, минералните појави, прецизноста на соодветните геофизички методи итн. Сите геофизички методи, како геомегнетни, геоелектрични, сеизмички, гравиметриски, термални и др., успешно се применуваат при истражување на рудни појави и наоѓалишта. Најголема примена имаат геомегнетните и геоелектричните методи поради разликите во геомегнетните и геоелектричните особини типични за одредени рудни тела и карпи.

Сложените геолошки услови ја отежнуваат, а понекогаш и оневозможуваат употребата на сеизмичките и гравиметриските методи.

При одредување на применливоста на одредена геофизичка метода, големо значење имаат обликот и големината на рудното тело, неговиот минерален состав итн.



Во табела 1 се прикажани геофизичките методи кои се користат во рударството, нивната осетливост и вообичаена примена.

**Табела 1.** Геофизички техники кои се користат во рударството

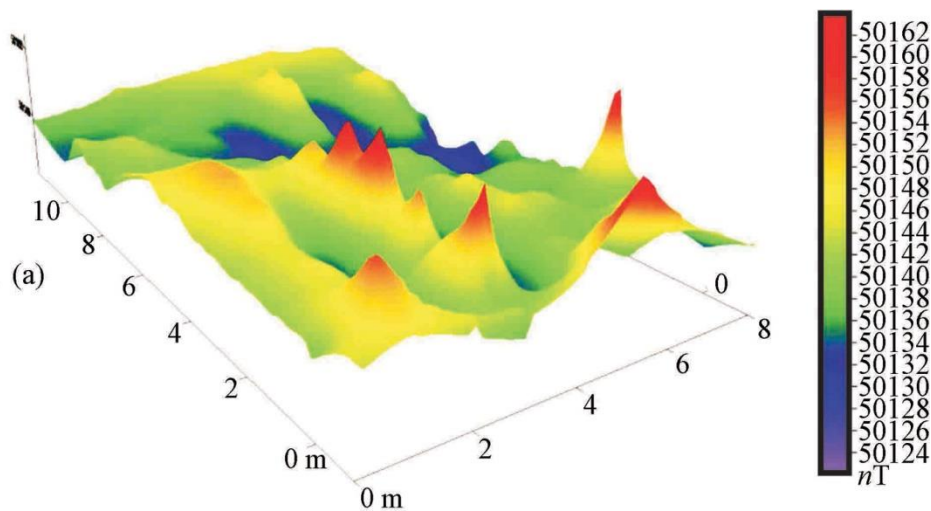
Метод	Сензитивен на...	Вообичаена примена
<b>Сеизмичка рефракција</b>	Промени во типот на слоеви (почва, распадната карпа, цврста карпа), квалитетот на карпите, еластични својства	Површина на карпите, картирање на покривката, квалитет на карпата, раседи, картирање на фрактури
<b>Електрична отпорност</b>	Варијација на содржината на влага, проводливост, водозаситеност, порозност	Сулфиди, некои оксиди, картирање на геолошки структури, подземна вода, инженерство и животна средина
<b>Индуцирана поларизација</b>	Способност за поларизација	Сулфиди, некои оксиди, особено расеани руди како порфирски бакарни наоѓалишта, подземни води и проблеми во животната средина
<b>Гравиметриски истражувања</b>	Промени во густината на материјалот	Картирање на рудни тела со значителна разлика во густината споредено со материјалот - домаќин
<b>Геомегнетни истражувања</b>	Разлики во геомегнетните својства на материјалот	Картирање на рудни тела врз основа на содржината на магнетит во нив
<b>Сеизмичка рефлексција</b>	Разлика во акустична импеданса (густина на брзини)	Детектира граници, картирање на раседи, пукнатини, зони со водени леќи, зони на смолкнување
<b>Георадар</b>	Промена во дигеоелектричните особини	Детектирање на закопани цевки и кабли со точна локација и длабочина. Исто така, се користи за проверка на бетонски структури.

### 3. ИСТРАЖУВАЊЕ НА АЛУВИЈАЛНИ НАОЃАЛИШТА

Геофизичките методи се интензивно и успешно применуваат во истражувањето на алувионите. Златоносните наноси се едни од најпознатите вакви типови на наоѓалишта и затоа ќе послужат како пример за истражување на оваа голема група на наоѓалишта. Целта и користа од примената на геофизичките методи при истражување на златоносни седименти се: индиректно пронаоѓање на концентрации на злато и одредување на длабочината и обликот на бедрокот. Не постои геофизичка метода со која директно ќе се пронајде злато во нормални концентрации, како што тоа најчесто се појавува во алувијалните неогалишта. Меѓутоа, во многу седименти, концентрацијата на т.н. црни песоци (магнетит, илменит и др.) кои се тесно поврзани со златото, па на тој начин се обезбедуваат услови за негово индиректно пронаоѓање, затоа што при поволни услови на концентрација на тие црни песоци може да се пронајдат со примена на геомегнетни методи. Но, резултатите од таквите истражувања можат да се интерпретираат само кога во дадената област преовладуваат едноставни односи. Кога бедрокот и карпите кои се наоѓаат на поголема длабочина имаат униформен или мал магнетен пермеабилитет, геомегнетните „максимуми“ добиени врз основа на геомегнетните истражувања, обично, укажуваат на постоење на главните концентрации на материјалот во наносот.

Меѓутоа, такви повочни услови не постојат. Промената на дебелината на шљунакот ќе предизвика аномалија на магнетното поле. Овие варијации можат да бидат предизвикани од неправилната топографија на теренот (која може да се забележи), како и од неправилниот облик на бедрокот (што не може да се види). Слично на тоа, непознатите варијации во пермеабилитетот на бедрокот ќе предизвика промени во аномалиите на магнетното поле. Најголем број од овие фактори не може точно да се оценат или согледаат само на основа на геолошките и геофизичките истражувања, така што се потребни поголем број дополнителни истражувања.

Геомегнетните методи можат, исто така, да се користат за истражување на други типов на алувијални наоѓалишта. Но, не можат да се применат кога алувијалните наоѓалишта се прекриени со изливи од лава. Во такви случаи, геомегнетните методи можат да се користат за роцена на дебелината и просторот на базалтните изливи, но сосема добро се применуваат за одредување на концентрациите на „црните песоци“.



**Слика 1.** Пример на карта добиена од геомегнетни истражувања на злато [8]

Геоелектричните и сеизмичките методи се применуваат за одредување на длабочините до бедрокот во алувијалните наоѓалишта. Овие методи обезбедуваат брза и сигурна постапка за одредување на дебелината на чакалот, како и обликот на бедрокот. Геоелектричните методи, исто така, ќе укажат на значајните структурни карактеристики во бедрокот, како што се раседи, дајкови, а исто така и распоредот на подземните води.

Одредувањето на длабочината на бедрокот и неговиот облик претставува значаен дел од работите при прелиминарните истражувања на наносите. Најчесто, одредувањето на длабочината се врши со помош на систем од мрежи или вдолж избрани профили. Врз база на овие истражувања може:

1. да се исцрта обликот на бедрокот, па на основа на тоа да се одреди положбата на фосилните речни корита во бедрокот,
2. да се пресмета количината на чакали, покривка и сл. во метри кубни,
3. да се одредат погодни места за рударски истражни работи за да се искористи постојниот наклон на бедрокот за одводнување.

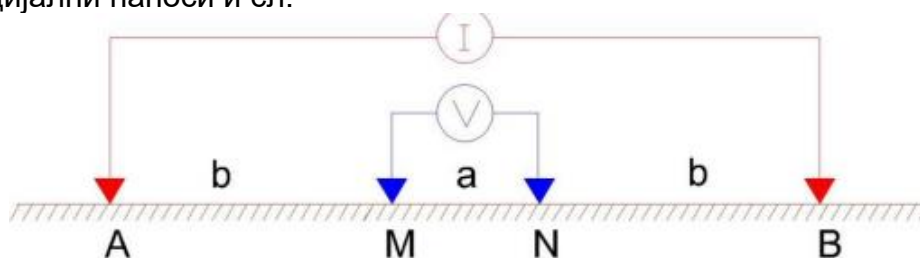
Геоелектричните методи успешно се применуваат при одредување на местата и простирањето на златоносните речни корита под изливите од лава. Два основни критериуми кои укажуваат на местата на такви корита се разликата во

електричната проводливост помеѓу чакалот и бедрокот, како и најниската точка на бедрокот на дадениот профил.

#### 4. ИСТРАЖУВАЊЕ НА РУДНИ ЖИЦИ

Геомегнетните и геоелектричните методи се користат за истражување на економски значајни рудни жици, а голем број на минерали и руди се јавува во облик на рудни жици. Најзначајни примери на вакви типови на оруднување се: сулфидни жици (обично, заеднички појави на сулфиди на бакар, железо, олово, цинк и др.), златоносни пиритски жиси и златоносни кварцни жици. Геоелектричните методи се погодни за пронаоѓање на местата на ваквите типови на наоѓалишта, но исто така, многу добро се применливи за истражување на наоѓалишта на електропроводливи сулфиди на обоени метали. Кај ваквите наоѓалишта, геоелектричните методи се користат за директно одредување на положбата на рудните жици или други концентрации во нив. Проблем кој најчесто се појавува при геоелектричните истражувања е одредувањето на можните зони во кои се јавуваат примарни сулфиди или секундарни збогатувања под железните капи.

Геоелектричните методи се особено погодни за примена за рудни жици кои немаат свој изданоци на површината на теренот во области каде во близина се јавуваат изданоци од рудни жици со познати карактеристики, како и за одредување на оние рудни жици кои се наоѓаат под покривката од алувијални или глацијални наноси и сл.



Слика 2. Геогеоелектрични методи - Шлумбергеров распоред на електродите

Примената на геоелектричните методи за истражување на златоносни жици всушност, е индиректен начин на истражување. Таквите наоѓалишта можат да се пронајдат на индиректен начин на основа на тоа што со златото, генетски, се врзани појави на пирит или други металични сулфиди. Златоносните кварцни жици, под одредени услови, можат да се пронајдат поради нивната релативно слаба електропроводливост во однос на околните карпи.

#### 5. ИСТРАЖУВАЊЕ НА РУДНИ ТЕЛА СО НЕПРАВИЛЕН ОБЛИК

Геомегнетните и геоелектричните методи често се применуваат за истражување на рудни тела со неправилен облик, како што се рудни тела во зоната на смолкнување, цевки и штокови, метасоматски и контактно - метаморфни наоѓалишта, магматски сегрегации и др.

Геоелектричниот метод на сопствен потенцијал особено се користи за истражување на вертикални цевчести сулфидни рудни тела. Во случај кога цевчестите рудни тела се депонираат во вулкански некови, можат да се применат геомегнетните методи за одредување на местата на интрузивните некови.



Метасоматските рудни тела се од различни типови и широко се распространети во многу наоѓалишта, но тие многу варираат во минералниот состав. Кај овие рудни наоѓалишта се одвиваат метасоматски процеси, а најчести метасоматски наоѓалишта се на сулфиди на обоени метали. Тие често се следени од концентрации на злато и сребро во варовниците кои настанале под дејство на растворите или при минувањето на метеорски води низ порозната средина. Облиците на таквите метасоматски рудни тела обично се многу неправилни, при што, во многу случаеви, зависат од текстурата и другите особини на карпите во кои се формирани. Во некои случаи, метасоматските процеси во варовниците кои се скоро хоризонтални, можат да се развијат латерално на големи растојанија, па се сметаат за слоевити.

За пронаоѓање на различни типови на метасоматски рудни тела, геоелектричните методи имаат голема предност во однос на другите методи, затоа што овие рудни тела имаат голема проводливост.

Контактно - метаморфните наоѓалишта често содржат магнетит и халкопирит. Геомагнетните методи се применуваат за директно одредување на местата на кои дошло до концентрација на магнетит во ваквите наоѓалишта, како и за оконтуривање на интрузивите кои го донеле оруднувањето. Геоелектричните методи можат да се користат кога електропроводливите сулфиди се главен дел од рудното наоѓалишта.

Рудните наоѓалишта кои настанале со сегрегација и сепарација на рудни минерали од магмата во текот на нејзиното ладење, се познати насекаде во светот. Главна задача на геофизичките методи при истражување на вакв тип на наоѓалишта е одредување на положбата и оконтуривање на магнетските карпи во кои можело да дојде до појава на сегрегација. Кога таквите наоѓалишта имаат голема концентрација на магнетит или други сулфидни метали, тогаш можат директно да се пронајдат со геомагнетни или геоелектрични методи.

## **6. ИСТРАЖУВАЊЕ НА РАСИПНИ НАОЃАЛИШТА**

Групата на расипни наоѓалишта опфаќа многу генетски појави. Тие, воглавно, се значајни поради распространувањата кои имаат концентрации на секундарни збогатувања кои се непосредно до примарните наоѓалишта. Значајни преставници на ваквите наоѓалишта се порфирските наоѓалишта на бакар. Кај ваквите наоѓалишта (порфирските), главната минерализација ја сочинуваат сулфидите на бакар и железо кои се широко распространети во големата маса од магматски карпи кои најчесто се од монзонитски карактер. Процесите на оксидација кои се одвиваат во горниот дел на оваа карпеста маса, со себе отстрануваат голем дел од примарната содржина на металите и, на поголеми растојанија, повторно ги депонираат во вид на секундарно оруднување. За одредување на ваквите секундарни концентрации на сулфиди, можат да се користат геоелектричните методи. Исто така, понекогаш, можат да се искористат за одредување на латералното распространување на сиромашната примарна минерализација.

## **7. ЗАКЛУЧОК**

Најголема примена на геофизичките методи, за потребите на рударството, има во постојните активни рудници или на терените кои порано биле експлоатирани.

Изборот на геофизичките методи при истражувања на рудни појави зависи од достапните геолошки податоци, минералните појави, прецизноста на соодветните геофизички методи итн.

Различните типови на наоѓалишта се истражуваат со различни геофизички методи, но најголема примена имаат геомегнетните и геоелектричните методи поради разликите во геомегнетните и геоелектричните особини типични за одредени рудни тела и карпи.

Примената на овие методи е прикажана на примерите на алувијални наоѓалишта, рудни жици, рудни тела со неправилен облик и расипни наоѓалишта.

## **КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Sefiu O. Adewuyi, Hussin A. M. Ahmed - Geophysical techniques and their applications in mining, International journal of engineering sciences & research technology (2019)
- [2] John M.Reynolds - An introduction to applied and environmental geophysics. ISBN 978-0-471-48535-3 (2011)
- [3] J.J.Jakosky - Geofizička Istraživanja. Naucna knjiga - Beograd (1960)
- [4] Donald B. Hoover, Douglas P. Klein and David C. Campbell - Geophysical Methods in exploration and mineral environmental investigations, 1995
- [5] P.A.S.ElkingtonM.J.ScobleJ.R.BrownY.V.Muftuoglu - Geophysical techniques applied to surface mine design in stratified deposits, Mining Science and Technology, Volume 1, Issue 1, (1983), Pages 3-19
- [6] Asghar Ali, Khaista Rehman, Owais Tayyab, Tahir Zaman, Mahad Jameel, Azeem Khan, Rafique Ahmad, Muhammad Irfan - Exploring Placer Gold Deposits through Integrated Geophysical and Geochemical Techniques at the Confluence of the Indus and Kabul Rivers, NW Pakistan, Acta Geologica Sinica, Bulletin of the Geological Society of China, Willey online library, 2020 <https://doi.org/10.1111/1755-6724.14584>