



**ЗРГИМ**

**XIV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ СО  
МЕЃУНАРОДНО УЧЕСТВО**

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '23**

**06 ÷ 08. 10. 2023 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:

**Проф. д-р Ванчо Аџиски**

Печатница:

**“2–ри Август”, Штип**

Година:

**2023**

Тираж:

**150** примероци

Место на издавање:

**Кавадарци**

CIP - Каталогизација во публикација  
Национална и универзитетска библиотека "Св. Климент Охридски", Скопје

622.22/23:622.3(062)

СТРУЧНО советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'23 (14; 2023; Охрид)  
Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / XIV-  
то стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'23, 06-08.10.2023 година, Охрид;  
[главен и одговорен уредник Стојанче Мијалковски]. - Скопје:  
Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2023.-290 стр.: илустр.; 30 см

Библиографија кон трудовите  
ISBN 978-608-65530-7-4

а) Рударство -- Експлоатација -- Минерални сировини -- Собири  
COBISS.MK-ID 61746437

***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**

### **Претседател:**

Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

### **Членови на научниот одбор:**

Проф. д-р **Зоран Десподов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Зоран Панов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Дејан Мираковски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Благој Голомеов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Блажо Боев**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Ристо Дамбов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Орце Спасовски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Војо Мирчовски**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Николинка Донева**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Ѓорѓи Димов**, ФПТН, УГД, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Ванчо Аџиски**, УГД, ФПТН, Штип, Северна Македонија;

Проф. д-р **Милорад Јовановски**, Градежен факултет, УКИМ, Скопје, Северна Македонија;

Проф. д-р **Виктор Гавриловски**, Машински факултет, УКИМ, Скопје, 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:**

**Емил Јорданов**, ГД “Гранит” АД, Скопје.

### **Потпретседатели:**

Проф. д-р **Стојанче Мијалковски**, ФПТН, УГД, Штип;

м-р **Драган Димитровски**, ДИТИ, Скопје;

**Митко Крмзов**, Геомин МС, Струмица.

### **Генерален секретар:**

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

### **Членови на организациониот одбор:**

Проф. д-р **Радмила Каранакова – Стефановска**, ФПТН, УГД, Штип;

м-р **Борче Гоцевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;

м-р **Љупче Ефнушев**, Министерство за економија, Скопје;

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 **Горан Стојкоски**, ЗРГИМ, Прилеп;

**Мице Тркалески**, Мермерен комбинат, Прилеп;

**Зоран Костоски**, Мармобланко, Прилеп;

**Авдуш Јонузи**, ДИТИ Скопје;

**Ивица Карапетров**, Рудник “Боров Дол”, Радовиш;

**Тони Митевски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;

**Давор Миланов**, Рудник “САСА”, М. Каменица;

**Гоце Стоиловски**, Рудник “САСА”, М. Каменица;

**Александар Стоилков**, АД ЕСМ, Скопје;

**George Mikropoulos**, СКМ Дрил, Кавадарци;

**Миланчо Дамески**, МИСА-МГ, Скопје;

**Сашко Дамески**, МИСА-МГ, Скопје;

**Лазар Пончев**, Машинокоп, Кавадарци;

**Игор Трајанов**, Рудник “Боров Дол”, Радовиш;

**Виктор Шотаровски**, Metso Outotec, Скопје;

**Васко Саламовски**, Metso Outotec, Скопје;

**Пеги Мицев**, “Геомин МС”, Струмица;

**Илија Лозановски**, “Теиком Тим”, Битола;

**Трајче Бошевски**, “Рудпроект”, Скопје.

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

---

**6 Октомври 2023**, 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**

## **XIV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

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

# **ПОДЕКС – ПОВЕКС '23**

**Охрид  
06 ÷ 08. 10. 2023 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, 2019 и 2022 год.) учествуваа повеќе автори од 12 држави, кои презентираа 366 стручни трудови.

За ова четиринаесето советување (ПОДЕКС - ПОВЕКС '23) пријавени се 32 труд, на автори од 2 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**

**XIV EXPERT CONFERENCE THEMED:**

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

**PODEKS - POVEKS '23**

**Ohrid  
06 ÷ 08. 10. 2023.**

**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, 2019 and 2022) presenting 366 expert papers.

Thirty-two authors from 2 countries have registered their expert papers for the XIV<sup>th</sup> conference (PODEKS - POVEKS '23).

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

**XIV СТРУЧНО СОВЕТУВАЊЕ НА ТЕМА:**

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

# **ПОДЕКС – ПОВЕКС '23**

**Охрид  
06 ÷ 08. 10. 2023 год.**

## **СОДРЖИНА**

<b>КВАЛИТАТИВНИ И КВАНТИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛИНИТЕ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ЛИСКА (РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА) *</b> Орце Спасовски.....	1
<b>МИНЕРАЛОШКИ И ГЕОХЕМИСКИ СОСТАВ НА РУДИ КОИ СЕ ОБРАБОТУВААТ ВО МЕТАЛУРШКИОТ ОБЈЕКТ ВО КАВАДАРЦИ *</b> Иван Боев.....	9
<b>ГЕОЛОГИЈА НА ТЕРЕНОТ КАДЕ СЕ ПОЈАВУВА ВОДОПАДОТ НА ЈАВОРСКА РЕКА, ВО НЕПОСРЕДНА БЛИЗИНА НА НАОЃЛИШТЕТО НА ТАЛИУМ АЛШАР, СЕВЕРНА МАКЕДОНИЈА * Иван Боев, Ивица Андов.....</b>	19
<b>НАОЃАЛИШТЕ НА ТЕХНИЧКИ ГРАДЕЖЕН КАМЕН ВО КОМПЛЕКСНА ГЕОЛОШКА СРЕДИНА * Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски, Игор Пешевски, Емил Јорданов, Зоран Стојчев.....</b>	28
<b>ЕДЕН ПРИСТАП ЗА САНАЦИЈА ПРИ НЕСТАБИЛНОСТ НА КОСИНИ КАЈ УСЕК НА ЕКСПРЕСЕН ПАТ СО ПРИМЕНА НА ГЕОЛОШКИ И ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИ МЕТОДИ * Игор Ивановски, Ласте Ивановски.....</b>	39
<b>НОВИ СОЗНАНИЈА ЗА СОСТОЈБАТА НА ПОДЗЕМНИТЕ РУДАРСКИ ПРОСТОРИИ ПОД ТРАСАТА НА ЕКСПРЕСНИОТ ПАТ А2 – КОРИДОР VIII, КАЈ С. ГИНОВЦЕ, КРИВА ПАЛАНКА * Ласте Ивановски, Игор Ивановски.....</b>	51
<b>ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА СПОРЕД ПОСТАПКАТА НА SHANRIAR&amp;ВАКНТАВАР * Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Ванчо Аџиски, Николинка Донева.....</b>	63



<b>ДОПОЛНИТЕЛЕН РУДАРСКИ ПРОЕКТ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МАНГАНОВА РУДА ОД ПОВРШИНСКИОТ КОП „УЖИНИЦА“ КОНЦЕИСИЈА "СТОГОВО" ВО ОПШТИНА ДЕБАРЦА, ОПШТИНА КИЧЕВО, ОПШТИНА ДЕБАР, И ОПШТИНА СТРУГА * Кирил Демјански, Никола Чапов.....</b>	72
<b>ИЗРАБОТКА НА КАНАЛ ЗА ЦЕВКОВОД ЗА МХЕЦ * Илија Дамбов, Ристо Дамбов.....</b>	79
<b>МЕТОДИ НА МИНИРАЊЕ ЗА ИЗРАБОТКА НА ФУНДАМЕНТ ЗА ВЕТЕРНИЦА- ВЕТЕРЕН ПАК ДРЕН 1 И 2 * Пепа Мицев, Митко Крмзов, Јордан Петрески, Ристе Трајков.....</b>	88
<b>ТЕХНОЛОГИЈА НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МЕРМЕРНИ БЛОКОВИ СО ЛАНЧАНА И ДИЈАМАНТСКА ЖИЧНА ПИЛА ВО Р. БЕЛА ПОЛА * Димитар Ристески, Ристо Дамбов .....</b>	96
<b>МИНИРАЊЕ СО НЕЕКСПЛОЗИВНИ СРЕДСТВА НА КАРПИ СО ГАС - ПАТРОНИ "SPLITTER ROCK GAS" * Ристо Дамбов, Илија Дамбов, Игор Стојкоски.....</b>	104
<b>СИМУЛАЦИЈА НА ВЛИЈАНИЕТО НА СЕИЗМИЧКИТЕ БРАКОВИ ВРЗ СТАБИЛНОСТА НА АКТИВНИТЕ ЕТАЖИ ВО РУДНИК „СИБОВЦ“ * Ујмир Ука, Ристо Дамбов, Кемајл Зекири, Бурим Ферати.....</b>	114
<b>ПРОЦЕСИРАЊЕ НА СЕИЗМИЧКИ СИГНАЛИ ОД МИНИРАЊА НА ПОВРШИНСКИ КОПОВИ * Зоран Панов, Лазо Пекевски, Ристо Поповски</b>	121
<b>ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ЈАГЛЕН ОД НАОЃАЛИШТЕТО „ЖИВОЈНО“ * Александар Стоилков, Маја Јованова, Миле Арсовски, Бојан Ивановски .....</b>	131
<b>НОВИТЕ ТЕХНИЧКО – ТЕХНОЛОШКИ ДОСТИГНУВАЊА ВО РУДНИКОТ ЗА ОЛОВО И ЦИНК САСА – М. КАМЕНИЦА * Борче Гоцевски, Дејан Ивановски, Ана Димитровска, Тони Митевски, Јовица Велиновски, Чедо Ристовски, Стојанче Мијалковски .....</b>	139
<b>МЕТОДОЛОГИЈА ЗА АНАЛИЗА НА ПОВРШИНАТА И ПРОСТОРНАТА ДИСТРИБУЦИЈА НА РУДНИЦИТЕ ЗА ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА ВО Р. С. МАКЕДОНИЈА СО ПОМОШ НА ДАЛЕЧИНСКО НАБЉУДУВАЊЕ * Ванчо Ациски, Стојанче Мијалковски..</b>	152
<b>ПРИМЕНА НА БЕСПИЛОТНИТЕ ЛЕТАЛА ВО РУДАРСТВОТО СО ПОМОШ НА ВЕШТАЧКАТА ИНТЕЛЕГЕНЦИЈА * Бојан Максимов, Александар Петровски.....</b>	165
<b>ПРЕСМЕТКА НА КОЛИЧИНИ НА РУДА И ЈАЛОВИНА СО КОРИСТЕЊЕ НА СОФТВЕРСКИ РЕШЕНИЈА * Зоран Панов, Горица Каранфиловска, Радмила Каранакоска Стефановска, Ристо Поповски, Дејанчо Петров.....</b>	174

<b>ТЕХНИЧКИ ПРЕГЛЕД И ПЕРИОДИЧНО ИСПИТУВАЊЕ НА ПОМОШНА ТЕХНИЧКА ОПРЕМАТА КОЈА СЕ КОРИСТИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА МИНЕРАЛНА СУРОВИНА</b> * Игор Максимов.....	183
<b>МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ИСТРАГИ НА ИНЦИДЕНТИ НА РАБОТНИ МЕСТА</b> * Станке Тасковски, Борче Гоцевски, Марија Хаџи – Николова, Стојанче Мијалоковски.....	190
<b>ВОВЕДУВАЊЕ НА МОНИТОРИНГ НА РАБОТНИТЕ УСЛОВИ ОД АСПЕКТ НА БЕЗБЕДНОСТ И ЗДРАВЈЕ ПРИ РАБОТА</b> * Анкица Илијева Стошиќ.....	199
<b>KNAUF SAFETY GUIDANCE</b> * Xheneta Zengo.....	211
<b>AN OVERVIEW OF THE ACCIDENTS AT STANTERG MINE BASED ON STATISTICS AND EVIDENCE</b> * Kemajl Zeqiri.....	216
<b>ВЛИЈАНИЕТО НА ЕКСПЛОАТАЦИЈАТА НА АРХИТЕКТОНСКО ГРАДЕЖНИОТ КАМЕН ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА</b> * Радмила Каранакова Стефановска, Зоран Панов, Ристо Поповски.....	220
<b>ВОСПОСТАВУВАЊЕ НА ЈАГЛЕРОДЕН ОТПЕЧАТОК НА БУЧИМ ДООЕЛ РАДОВИШ СОГЛАСНО ISO 14064-1:2018</b> * Марко Ацевски, Мартина Блинкова Дончевска, Ники Петрески, Саре Сарафиловски.....	230
<b>ПРИСУСТВО НА САМОРОДЕН СУЛФУР И ГИПС ВО СЕЛО ПЛЕШЕНЦИ И НИВНО ВЛИЈАНИЕ ВРЗ ЖИВОТНАТА СРЕДИНА</b> * Марјан Георгиевски, Соња Лепиткова, Ивица Андов.....	238
<b>ГЕОМОРФОЛОШКИ ФЕНОМЕН МАРКОВИ КУЛИ - ПРИЛЕП</b> * Катерина Деспот, Васка Сандева, Владица Николовска, Екатерина Намичева Тодоровска.....	250
<b>ВЛИЈАНИЕТО НА КОМПОЗИЦИЈАТА ВО ГЕОПАРКОВИТЕ</b> * Васка Сандева, Катерина Деспот, Екатерина Намичева Тодоровска, Владица Николовска.....	258
<b>СЕИЗМИЧНОСТ НА ЕПИЦЕНТРАЛНОТО ПОДРАЧЈЕ СТРУМИЦА ЗА ПЕРИОДОТ 1901–2022</b> * Јасмина Најдовска, Катерина Дрогрешка, Ивана Молеровиќ, Љубчо Јованов, Драгана Черних, Марјан Делипетрев.....	267
<b>НЕКОИ СЕИЗМИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОХРИДСКО-ПРЕСПАНСКИОТ РЕГИОН</b> * Катерина Дрогрешка, Љубчо Јованов, Јасмина Најдовска.....	274
<b>ИЗБОР НА ЛОКАЦИЈА НА ФАБРИКА</b> * Васко Стефанов, Стојанче Мијалковски, Зоран Десподов, Иван Боев, Дејан Мираковски.....	284



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

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

**ПОДЕКС – ПОВЕКС '23**

Охрид  
06 – 08. 10. 2023 год.

## **ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА СПОРЕД ПОСТАПКАТА НА SHAHRIAR&BAKHTAVAR**

**Стојанче Мијалковски<sup>1</sup>, Зоран Десподов<sup>1</sup>,  
Ванчо Аџиски<sup>1</sup>, Николинка Донева<sup>1</sup>**

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

**Апстракт:** Финансиското работење на секој рудник во голема мерка зависи од применетата рударска откопна метода, од каде произлегува големата важност за правилен избор на рударска откопна метода. Постојат повеќе разработени описни и нумерички методологии за избор на рударска откопна метода, каде изборот се врши врз основа на рударско – геолошките фактори на карпестата маса. Изборот на рударска откопна метода врз основа на рударско – геолошките фактори, честопати се среќава под поимот рационален избор на рударска откопна метода.

Во овој труд ќе биде применета методологијата предложена од Shahriar&Bakhtavar (Sh&B) за избор на рударска откопна метода за конкретен случај. Според оваа методологија се доби дека најдобро рангирана рударска откопна метода е Методата со подетажно откопување.

**Клучни зборови:** избор на рударска откопна метода, Sh&B постапка, рударско - геолошки фактори.

## **UNDERGROUND MINING METHOD SELECTION ACCORDING TO THE SHAHRIAR&BAKHTAVAR PROCEDURE**

**Stojance Mijalkovski<sup>1</sup>, Zoran Despodov<sup>1</sup>, Vanko Adziski<sup>1</sup>, Nikolinka Doneva<sup>1</sup>**

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

**Abstract:** The financial performance of each mine largely depends on the applied method of mining excavation, hence the importance of the correct choice of mining excavation method. There are several elaborated descriptive and numerical methodologies for the selection of the mining excavation method, whereby the selection is made on the basis of the mining-geological factors of the rock mass. The choice of the mining excavation method based on mining-geological factors is often referred to as the rational choice of the mining excavation method.

In this paper, the methodology proposed by Shahriar&Bakhtavar (Sh&B) will be applied for the selection of mining excavation method for a specific case. According to this methodology, it was determined that the best ranked mining excavation method is the Sublevel Stoping Method.

**Key Words:** underground mining method selection, Sh&B procedure, mining - geological factors.

## 1. ВОВЕД

Еден од најголемите проблеми со кои се среќава секој проектант, при отворање на нов рудник или нов дел во веќе постоечки рудник за подземна експлоатација, е изборот на рударска откопна метода. Големата важност за правилен избор на рударска откопна метода, произлегува од фактот дека финансиското работење на самиот рудник директно зависи од применетата рударска откопна метода. За да се избере најсоодветната рударска откопна метода за конкретен случај, потребно е да бидат земени во предвид што повеќе влијателни фактори. Факторите кои имаат влијание при изборот на рударска откопна метода, можат да бидат поделени во три групи [1] и тоа:

- рударско – геолошки фактори,
- рударско – технички фактори
- економски фактори.

Поради големото значење за правилен избор на рударска откопна метода, многу автори ја имаат истражувано оваа проблематика и кај повеќето од нив постои заедничко мислење дека постапката за избор на рударска откопна метода може да се подели на два чекора, односно: рационален и оптимален избор на рударска откопна метода [2].

Во првиот чекор, односно при рационалниот избор на рударска откопна метода се врши рангирање на рударските откопните методи според рударско - геолошките фактори. Главна цел во овој чекор е да се намали бројот на рударски откопни методи, кои ќе бидат разгледувани во вториот чекор, односно при оптималниот избор на рударска откопна метода.

Во вториот чекор, односно при оптималниот избор на рударска откопна метода се врши селектирање на рударските откопни методи според рударско – техничките и економските фактори.

Методологиите кои се разработени за избор на рударска откопна метода (MMC) можат да бидат поделени во три групи: описни, нумерички и методи на одлучување [3]. Описните и нумеричките методи се користат при рационалниот избор на рударска откопна метода [4], додека пак методите за одлучување се користат при оптималниот избор на рударска откопна метода. Разработени се повеќе описни методи за избор на рударска откопна метода, како што се: Boshkov и Wright, Morrison, Laubscher, Hamrin, Hartman и други. Разработени се неколку нумерички методи за избор на рударска откопна метода, како што се: Nicholas, UBC, Sh&B и други.

При примена на нумеричките методи за избор на рударска откопна метода, се земаат во предвид најважните рударско – геолошки фактори, како што се [1]:

- геометрија на рудното наоѓалиште (длабочина под површината, залегнување, длабочина, дебелина на рудното тело, генерален облик),
- квалитет на карпите (подина, кровина и рудната зона, т.е. стабилност, притисок, цврстина, структура, означување на квалитетот на карпите, цврстина на смолкнување при настанување на лом, растојание при настанување на лом, цврстина на карпестата супстанца),
- променливост на рудата (распространетост, континуитет, униформност на рудата, граници на рудата),
- квалитет на ресурсите итн.

Во овој труд ќе биде применета методологијата предложена од Shahriar&Bakhtavar (Sh&B) за избор на рударска откопна метода според рударско - геолошките параметри, односно рационален избор на рударска откопна метода за експлоатација на конкретно рудно наоѓалиште.

## 2. Sh&B ПОСТАПКА ЗА ИЗБОР НА РУДАРСКА ОТКОПНА МЕТОДА

Прва нумеричка метода за избор на рударска откопна метода е постапката на Nicholas, UBC постапката претставува модификација на Nicholas, Sh&B постапката претставува нов нумерички пристап предложен од авторите Shahriar&Bakhtavar [5]. Авторите на оваа методологија се убедени дека при примена на оваа постапка за избор на рударска откопна метода за сите рудни наоѓалишта, се добива најдобар ефект во однос на претходните постапки.

Кај оваа постапка сите влезни параметри се исти како и кај UBC постапката, само е додаден "Grade Quantity". Овој параметар е додаден поради големото значење што го има при проценка на рудното наоѓалиште. Процесот за селекција кај оваа постапка е ист со постапките на Nicholas и UBC, разликата е во системот на нумерирање и распонот на влезните параметри. Sh&B постапката користи влезни параметри за да ги оцени различните рударски откопни методи и да се одбере најсоодветната рударска откопна метода.

Селектирањето на рударските откопни методи се врши според геометријата на рудното тело (табела 1) и механичките карактеристики на карпестиот масив (табела 2).

**Табела 1.** Параметри за геометријата на рудното тело

<b>ОБЛИК НА РУДНОТО ТЕЛО</b>	Изометриско рудно тело	Димензиите во сите три правци се скоро еднакви
	Плочесто рудно тело	Двете димензии се многу поголеми од моќноста и обично не изнесува повеќе од 35m
	Неправилно рудно тело	Димензиите значајно варираат на мали растојанија
<b>МОЌНОСТ НА РУДНОТО ТЕЛО</b>	Многу мала	< 3 m
	Мала	3 ÷ 10 m
	Средна	10 ÷ 30 m
	Голема	30 ÷ 100 m
	Многу голема	> 100 m
<b>АГОЛ НА ЗАЛЕГНУВАЊЕ НА РУДНОТО ТЕЛО</b>	Хоризонтално	< 15°
	Скоро хоризонтално	15 ÷ 30°
	Благо налегнато	30 ÷ 45°
	Слабо наклонето	45 ÷ 60°
	Стрмен наклон	> 60°
<b>ДЛАБОЧИНА НА ЗАЛЕГНУВАЊЕ НА РУДНОТО ТЕЛО</b>	Плитко	0 ÷ 200m
	Средно	200 ÷ 500 m
	Изразено длабоко	500 ÷ 800 m
	Длабоко	> 800 m
<b>РАСПРОСТРАНЕТОСТ НА ОРУДНУВАЊЕТО ВО РУДНОТО ТЕЛО</b>	Рамномерно	Содржината на корисната компонента во рудата, во било кој дел на рудното тело, не варира значајно од средната содржина на истата во рудното тело
	Зонарно	Можат да се забележат бројни зони во рудното тело со различна содржина на

		корисна компонента, чијашто вредност значајно не се разликува
	Нерамномерно	Содржината на корисната компонента значајно се разликува на мали растојанија, при што не може да се забележе законитоста промена
<b>ВРЕДНОСТ НА РУДНОТО НАОЃАЛИШТЕ</b>	Ниска оценка	Зависи од видот на минералот и неговата пазарна цена
	Средна	Зависи од видот на минералот и неговата пазарна цена
	Висока оценка	Зависи од видот на минералот и неговата пазарна цена

**Табела 2.** Механички карактеристики на карпестиот масив

<b>Rock Mass Rating (RMR)</b>	Многу мала	0 ÷ 20
	Мала	20 ÷ 40
	Средна	40 ÷ 60
	Голема	60 ÷ 80
	Многу голема	80 ÷ 100
<b>Rock Substance Strength (RSS)</b>	Многу мала	< 5
	Мала	5 ÷ 10
	Средна	10 ÷ 15
	Голема	> 15

Sh&B постапката за селекција на рударските откопни методи разгледува два параметри за механичките карактеристики на карпестата маса и тоа: рангирање на карпестата маса (Rock Mass Rating-RMR) и отпорност на карпестиот материјал (Rock Substance Strength-RSS).

Рангирањето на карпестата маса (Rock Mass Rating-RMR) користи пет влезни параметри кои што можат да се добијат и од истражните дупчотини, а тоа се: Параметри за едноосна цврстина на притисок (UCS) за неоштетени карпи, ознака за квалитетот на карпите (RQD), растојание на дисконтинуитетот, состојба на дисконтинуитетот на површината и состојба на подземните води се користат за класификација за оцена на карпестата маса за рудната зона, кровината и подината.

Отпорноста на карпестиот материјал (Rock Substance Strength-RSS) ги користи следниве параметри: Параметри како што се UCS, вертикален притисок различен по длабочината и однос на хоризонталните и вертикалните напрегања се применуваат за да се дефинира цврстината на карпестата супстанца (RSS). Во однос на UCS методата, RSS е параметар без димензија дефиниран како однос на UCS карпестата маса и максимално ин ситу напрегање по длабочина на ископување и во новиот пристап.

Кога имаме конкретно рудно тело, потребно е да се усвојат параметрите за геометријата на рудното тело и механичките карактеристики (руда, кровински и подински карпи) спрема поделбите кои се прикажани во табела 1 и табела 2. Врз основа на усвоените параметри за рудното тело, се врши избор на следниве рударски откопни методи:

1. Метода на откопување со блоковно зарушување;
2. Подетажна метода на откопување со отворени откопи;
3. Подетажна метода на откопување со зарушување;
4. Коморно-столбна откопна метода;

5. Магацинска метода на откопување;
6. Метода на откопување со засипување на откопаниот простор;
7. Метода на откопување со зарушување на кровинските карпи (Top slice);
8. Метода на откопување со квадратни слогови;
9. Широкочелна откопна метода;
10. Метода за површинско откопување.

Селектирањето на рударските откопни методи се врши на следниов начин: за секоја рударска откопна метода се усвојуваат посебни бодовни вредности и со нивниот збир се добива вкупна бодовна вредност, која се внесува во посебна табела. Врз основа на тие вкупни бодовни вредности се врши селектирање на рударските откопни методи. Целта на ова селектирање е да се издвојат сите поволни рударски откопни методи, кои според геометријата на рудното тело и механичките карактеристики на карпестиот масив претставуваат најефикасни рударски откопни методи. Ефикасноста на секоја рударска откопна метода се дефинирана со вкупната бодовна вредност. Рударската откопна метода која има најголема вкупна бодовна вредност, претставува најефикасна метода за откопување во дадениот случај. Врз основа на тој принцип се врши рангирање на рударските откопни методи и резултатите се прикажуваат во табела.

Доколку некоја метода за откопување има негативна вкупна бодовна вредност, тогаш таа се елиминира, односно претставува неприфатлива метода за откопување на даденото рудно тело.

Методата на откопување која има вкупна бодовна вредност еднаква на нула (0), не се исклучува, но и не е препорачливо да се примени за откопување на даденото рудно тело.

Групата од можни методи за откопување на даденото рудно тело ја сочинуваат методите на откопување со вкупни бодовни вредности поголеми од претходно наведените (условно помали од 20).

Групата од поволни методи за откопување на даденото рудно тело ја сочинуваат методите за откопување со вкупни бодовни вредности поголеми од 20 и кои значително не се разликуваат помеѓу себе.

Рударските откопни методи помеѓу себе се разликуваат според трошоците за откопување, односно некои рударски откопни методи имаат помали, а некои имаат поголеми трошоци за откопување [6]. Споредувањето на релативните трошоци за откопување на различните рударски откопни методи, се врши во случај ако секоја од рударските откопни методи се применува во услови кои што одговараат за неа. За таа цел е потребно да се земат во предвид рударско-техничките и економските фактори, односно да се направи оптимален избор на рударска откопна метода [2].

### **3. СТУДИЈА НА СЛУЧАЈ**

Во овој труд ќе разгледаме активен подземен рудник за олово и цинк, во кој се отвора нов дел и потребно е да се избере соодветна метода за откопување [2, 7, 8]. Во продолжение се дадени влезните податоци за рудното наоѓалиште.

#### **3.1. Геолошки фактори**

- Плочесто рудно тело;
- Придружни карпи: подина – шкрилец и кровина – шкрилец;

- Просечната моќност на рудното тело е 15 m (моќноста се движи од неколку метри до 30 m);
- Просечниот агол на залегнување е 37° (од 25 до 49°);
- Длабочината на залегнување од површината е 500 m;
- Распространетоста на оруднувањето во рудното тело е нерамномерна;
- Вредноста на распространетоста на оруднувањето во наоѓалиштето е средна.

### 3.2. Физичко-механички карактеристики

Во табела 3 се дадени физичко – механичките карактеристики на рудното наоѓалиште.

**Табела 3.** Физичко-механички карактеристики

Параметри	Руда	Кровина	Подината
Волуменската маса во масивот, t/m <sup>3</sup>	3,5	2,7	2,7
Просечната притисна цврстина, МПа	(46 ÷ 140) 93	(31 ÷ 125) 78	(33 ÷ 125) 79
Просечниот број на пукнатини по метар должен	(3÷5) 4	(8÷10) 9	(6÷10) 8
Просечната вредност на RQD индексот, %	(74÷80) 67	(56÷60) 58	(58÷60) 59
Просечната вредност на RMR индексот, %	74	75	76

### 3.3. Решавање на проблемот

Врз основа на дадените влезни податоци за геометријата на рудното наоѓалиште и физичко - механичките карактеристики на карпестата маса (руда, кровински и подински карпи), се врши пополнување на табела 4.

**Табела 4.** Влезни податоци за селектирање на рударските откопни методи според Sh&B постапката

Параметри за геометријата на рудното тело	
Облик на рудното тело	Плочест
Моќност на рудното тело	Средна
Агол на залегнување на рудното тело	Средно
Длабочина на залегнување на рудното тело	Ретко длабоко
Распространетост на оруднувањето во рудното тело	Нерамномерно
Вредност на распространетоста на оруднувањето во наоѓалиштето	Средна
Механички карактеристики на карпестата маса	
Руда	
Rock Mass Rating (RMR)	Големо
Rock Substance Strength (RSS)	Средна
Кровински карпи	
Rock Mass Rating (RMR)	Средна
Rock Substance Strength (RSS)	Средна



Подински карпи	
Rock Mass Rating (RMR)	Средна
Rock Substance Strength (RSS)	Средна

Во конкретниот случај станува збор за подземен рудник за олово и цинк, односно подземна експлоатација на металична минерална суровина, поради тоа Широкочелната откопна метода и Методата за површинско откопување нема да ги земеме во предвид.

Откако е извршено пресметување според оваа постапка, се добива следниов редослед на рударските откопни методи (табела 5):

**Табела 5.** Рангирање на рударските откопни методи според Sh&B постапката

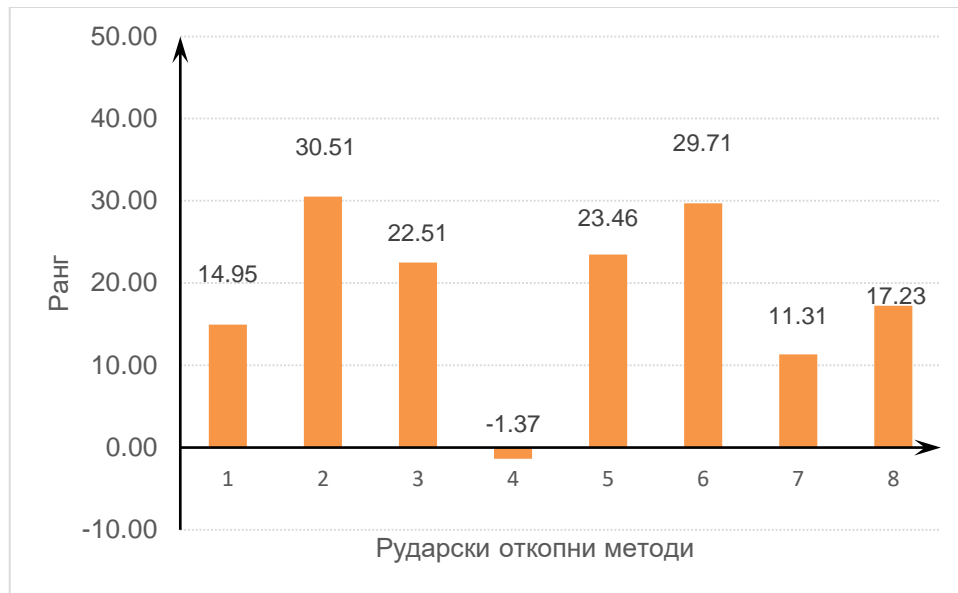
Реден број	Метода на откопување	Вкупна бодовна вредност	Ранг
1	Метода на откопување со блоковно зарушување	14,95	6
2	Подетажна метода на откопување со отворени откопи	30,51	1
3	Подетажна метода на откопување со зарушување	22,51	4
4	Коморно-столбна откопна метода	-1,37	8
5	Магацинска метода на откопување	23,46	3
6	Метода на откопување со засипување на откопаниот простор	29,71	2
7	Метода на откопување со зарушување на кровинските карпи (Top slice)	11,31	7
8	Метода на откопување со квадратни слогови	17,23	5

Од табела 5 може да се забележи дека најголема вредност има Подетажната метода на откопување со отворени откопи (слика 1), која претставува најефикасна метода за откопување во дадениот случај.

Првите четири највисоко рангирани рударски откопни методи, можеме да ги издвоиме како поволни рударски откопни методи за примена во конкретниот случај. Во групата на поволни рударски откопни методи влегуваат:

1. Подетажна метода на откопување со отворени откопи,
2. Метода на откопување со засипување на откопаниот простор,
3. Магацинска метода на откопување и
4. Подетажна метода на откопување со зарушување.

Овие рударски откопни методи можеме да ги земеме во предвид при оптималниот избор на рударска откопна метода врз основа на рударско-техничките и економските фактори, што ќе претставува предмет за истражување во наредна студија.



**Слика 1.** Рангирање на рударските откопни методи

#### 4. ЗАКЛУЧОК

Изборот на рударска откопна метода за подземна експлоатација на секој рудник, има многу големо влијание врз финансиското работење на самиот рудник, од каде произлегува големата важност и одговорност за правилен избор на рударска откопна метода. Голем број на автори ја проучувале оваа проблематика, при што заедничко мислење на поголем број автори е дека изборот на рударска откопна метода се состои од два чекора и тоа: рационален и оптимален избор.

Досега се разработени повеќе постапки за рационален избор на рударска откопна метода, односно селектирање на рударските откопни методи според рударско-геолошките параметри, како што се: постапката според Boshkov и Wright, Morrison, Nicholas, Laubscher, Hartman, UBC, Sh&B и др.

Во овој труд беше користена Sh&B постапката за рационален избор на рударска откопна метода, која претставува најнова разработена постапка за нумеричко рангирање на рударските откопни методи и издвојување на најефикасните рударски методи, односно одредување на група од поволни методи за откопување на дадено рудно тело. Во досегашното истражување беа применети постапките на Nicholas и UBC за избор на група од поволни методи за откопување на даденото рудно тело, при што беа добиени скоро исти резултати, односно постои мала промена во распоредот за рангирање на рударските откопни методи. Доколку се користат повеќе постапки за рационален избор на рударска откопна метода, ќе се изврши споредување на добиените резултати и на тој начин ќе се добие најсоодветната група од рударски откопни методи, што е од многу голема важност за решавање на ова многу сложено прашање.

Групата од четири најдобро рангирани рударски откопни методи ги издвојуваме како поволни рударски откопни методи за примена во конкретниот случај и можат да се користат во вториот чекор, односно за оптимален избор на рударска откопна метода, каде ќе бидат земени во предвид рударско-техничките и економските параметри. За оптимален избор на рударска откопна метода можат да се користат методите за повеќекритериумско одлучување.

Методите за повеќе критериумско одлучување овозможуваат избор на рударска откопна метода, со земање во предвид на голем број влијателни параметри и на тој начин се овозможува избор на најсоодветна рударска откопна метода за конкретниот случај, што претставува предмет за истражување во наредна студија.

## КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bogdanovic D., Nikolic D., Ilic I. (2012) Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 84(1), 219–233. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652012005000013>
- [2] Mijalkovski S., Peltecki D., Despodov Z., Mirakovski D., Adjiski V., Doneva, N. (2021) Methodology for underground mining method selection. *Mining science*, 28, 201-216. <https://doi.org/10.37190/MS212815>
- [3] Nourali H., Nourali S., Ataei M., Imanipour N. (2012) A hierarchical preference voting system for mining method selection problem, *Archives of mining sciences*, 57(4), 925-938.
- [4] Namin F.S., Shahriar K., Bascetin A., Ghodsypour S.H. (2009) Practical applications from decision-making techniques for selection of suitable mining method in Iran, *Mineral Resources Management*, 25(3), 57-77.
- [5] Shahriar K., Bakhtavar E., Saeedi Gh. (2007) A new numerical method and AHP for mining method selection, Conference: Aachen International Mining Symposia (AIMS), Germany, 289-305.
- [6] Balt K., Goosen R.L. (2020) MSAHP: An approach to mining method selection, *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 120(8), pp. 451-460.
- [7] Mijalkovski, S., Zeqiri, K., Despodov, Z. and Adjiski, V. (2022a) Underground mining method selection according to Nicholas methodology, *Natural Resources and Technology*, Vol. 16, No 1, pp. 5-11.
- [8] Mijalkovski, S., Despodov, Z., Mirakovski, D., Adjiski, V. and Doneva, N. (2022b) Application of UBC methodology for underground mining method selection, *Underground mining engineering*, Vol. 40, No 1, pp. 15-26.