



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

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

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'22 (13; 2022; Струмица)
Технологија на подземна и површинска експлоатација на минерални сировини: зборник на трудови / XIII-то стручно советување со меѓународно учество ПОДЕКС-ПОВЕКС'22, 14-16.10.2022 година, Охрид; [главен и одговорен уредник Стојанче Мијалковски]. - Скопје:
Здружение на рударски и геолошки инженери на Република Македонија, 2022.-274 стр.: илустр.; 30 см

Библиографија кон трудовите
ISBN 978-608-65530-6-7

а) Рударство -- Експлоатација -- Минерални сировини -- Собири
COBISS.MK-ID 58325253

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



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 Механциски, “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

КООРГАНИЗАТОР:

УНИВЕРЗИТЕТ “ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” – ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО
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 XIIIth 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

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

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

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

ФРАГМЕНТАЦИЈА НА КАРПИ – МОДЕЛИРАЊЕ НА ПРОЦЕНКА ПРЕД И ПО МИНИРАЊЕ

**Зоран Панов¹, Лазо Пекевски², Радмила Каранакова Стефанова¹,
Ристо Поповски¹**

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

²Универзитет „Св. Кирил и Методиј“, Природно-Математички Факултет,
Сеизмолошка Опсерваторија, Скопје, Р. Северна Македонија

Апстракт: Овој труд има за цел да направи пристап кон дефинирање на методологија за проценка на фрагментација на карпи пред и по минирање. Пред да се изврши минирањето, мерењето на сеизмичките брзини во просторот каде се планира да се изведе минирањето, дава податоци за структурно – тектонските карактеристики на опфатените карпи, нивната компактност и сл. По минирањето, визуелниот мониторинг преку изработка на модели на одминирани маси со користење на софтвери за проценка на гранулометрискиот состав дава конкретна проценка на фрагментацијата од минирањето. Токму овие две мерења и анализа можат да бидат предмет за истражувања поврзани со моделирање на фрагментации, односно можност за добивање на оптимална гранулација на одминирани карпи.

Клучни зборови: Фрагментација, минирање, површински копови, карпи, оптимизација, сеизмика.

ROCK FRAGMENTATION – MODELING OF ASSESSMENT BEFORE AND AFTER BLASTING

**Zoran Panov¹, Lazo Pekevski², Radmila Karanakova Stefanova¹,
Risto Popovski¹**

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

²Ss. Cyril and Methodius University, Faculty of Natural Sciences and Mathematics,
Seismological Observatory, Skopje, R. of North Macedonia

Abstract: This paper aims to approach the definition of a methodology for rock fragmentation assessment before and after blasting. Before the blasting is carried out, the measurement of seismic velocities in the space where the blasting is planned to be carried out, provides data on the structural - tectonic characteristics of the covered rocks, their compactness, etc. After blasting, visual monitoring through the creation of models of demined masses using software for the estimation of granulometric composition gives an estimate of fragmentation from blasting. These two measurements and analysis can be the subject of research related to modeling fragmentation, that ispossibility of obtaining optimal granulation of mined rocks.

Keywords: Fragmentation, blasting, open pit mines, rocks, optimizations, seismic.

1. ВОВЕД

Изработката на модел за предвидување на фрагментација на карпите е од суштинско значење за процесот на дупчење и минирање во рударство. Дупчењето и посебно минирањето влијае на сите последователни операции, и тоа пред се на товарењето, транспортот, дробењето и подготовката на минералните сировини. Моделирањето на процесот на минирање со цел на добивање на „планирана“ фрагментација на одминераните карпи е императив за оптимална експлоатација на минерални сировини. Се поставува главното прашање која е оптималната фрагментација? Ако станува збор за оптимизација тогаш неопходно е да се дефинира една или повеќе критериумски функции и да се изврши оптимизација на дефинираниот модел за фрагментација на карпи при минирање со цел исполнување на условите за минимизација односно максимизација на одредента критериумска функција или функции, ако станува збор за повеќекритериумска оптимизација.

Во основа со фрагментацијата на карпите треба да се добие издробена маса чии димензии треба да ги задоволат следните услови:

- товарење со лопата на багер или лодер чија големина во целост може да ги натовари најголемите габарити од одминераните карпи добиени со минирањето;
- непречен транспорт (без застои) со гранулација оптимална за негово изведување. Ова особено се однесува при транспортирање со транспортни ленти, за која гранулација е потребно дополнително дробење;
- минимизирање на трошоците за дробење (примарно, секундарно и терцијарно) и
- минимизирање на трошоците на мелење.

На пример, според искусвени податоци, потребната енергија за рударските операции (од минирање до фино мелење) е следната:

Табела 1. Потребна електрична енергија за рударски операции

Работна операција	Потребна енергија	Единица	Цена на ЕЕ		Трошок (МАХ)	
Дупчење	0.3 – 0.5	MWh/1000 t	500	EUR/MWh	250	EUR/1000 t
Примарно дробење	0.2 - 0.5	MWh/1000 t	500	EUR/MWh	250	EUR/1000 t
Секундарно дробење	1 - 2	MWh/1000 t	500	EUR/MWh	1000	EUR/1000 t
Терцијално дробење	1 – 2	MWh/1000 t	500	EUR/MWh	1000	EUR/1000 t
Мелење	7 - 17	MWh/1000 t	500	EUR/MWh	8500	EUR/1000 t
Вкупно	9.5 - 22	MWh/1000 t	500	EUR/MWh	11000	EUR/1000 t

Имајќи го во предвид трендот за зголемување на цената на електричната енергија, односно најавите за продлабочување на енергетската криза, потребите за намалување на трошоците за електрична енергија стануваат се понеопходни. На пример еден рудник на метали, со годишно производство на руда од 4,000,000 тони, и цена на електрична енергија од 500 EUR/MWh, според табела

1, годишно би трошел околу 44 милиони евра за електрична енергија. Секое намалување на трошокот за електрична енергија би значело не само поекономично, туку во последно време и економски оправдано постоење и функционирање на рудникот. Со ова ќе се подобри и фрагментирањето на карпите од минирањето како една од главните елементи кои влијаат на трошокот за понатамошно процесирање на рудата.

2. ПРОЦЕНКА НА ФРАГМЕНТАЦИЈА

Проценката на фрагментацијата на карпите со минирањето се врши во основа следните начини:

- теоретски за време на проектирањето или планирање со примена на моделите на

- Куз – Рам модел [1] и [2] со примена на:

- Кузнецов - ова равенка [2];

- Росин – Рамер – ова равенка [6] и

- Индекс на униформност [4]

- практично по минирање или дробење [5] со:

- визуелна проценка на фрагментација на одминираниот маса

- фотографирање;

- дигитализација на битмапирани слики;

- споредба на слики и нивно постпроцесирање [5] и

- софтверска проценка на фрагментација.

- ефикасност на остварено товарање;

- броење и/или проценка на „негабаритни“ блокови по минирање.

Освен ова, како можен пристап кон проценката на фрагментација на карпите со минирањето би можела да се размислува и со изведување на анализа на записите од сеизмичките потреси регистрирани пред и по изведеното минирање. Во продолжение е даден краток осврт на дел од од начините на проценка на фрагментацијата на карпите при миирањето.

2.1. Куз – Рам модел

Куз - Рам моделот [2] е најкористениот теоретски образец за проценка на фрагментацијата на карпите при минирање. Овој модел содржи повеќе релеватни влезни параметри.

Формулата за овој модел е креирана од Кузнецов а потоа е подетално развиена од Канингам [1]:

$$X_{gr} = A \left(\frac{V}{Q} \right)^{0.8} Q^{0.17} \left(\frac{E}{115} \right)^{-0.6} \quad [1]$$

Каде е:

Q - количина на експлозив по дупчотина, kg

a - растојание помеѓу дупчотини, m, (Табела 1 и 2)

b - растојание помеѓу редови, m, (Табела 2)

H - висина на етажа, m, (Табела 2)

V - волумен на блок за минирање, подготвен од 4 дупчотини, m³, (Табела 2)

q - специфична потрошувачка на експлозив, g/m³

A - коефициент зависен од видот на карпите (тврдина, распуканост, жилавост, 1 за меки до 13 за најтврди карпи),

E - релативна потисна снага на експлозивот (E = 100 за ANFO, E=105 за SLURRY, E=107 за TREMEX 70/DETOLIT, E = 115 за TNT итн.).

X_{sr} - прогнозна средна големина на фрагментите во одминираниот маса, (cm)

Формулата за Росин - Рамлеровата – овата равенка е:

$$Y_x = e^{-0.693\left(\frac{x}{x_m}\right)^n} \quad [2]$$

Каде е:

Y_x – маса на фракцијата што останува на ситото (со отвор „x“),

n – индекс на униформност

Вредноста на индексот на униформност зависи од дупчечко – минерските параметри и тоа: мрежата на дупчење, отстапувањето на минската дупчотина, должината на експлозивното полнење и сл. Вредноста на индексот на униформност се движи од 0.8 – 1.5. Помалите вредности од 0.8 – 1.2 укажуваат на повисок удел на ситни фракции, а поголемите вредности од 1.3 – 1.8 укажуваат на униформна распределба на фракциите по минирањето.

Во продолжение е даден примера на проценка на гранулација од минирање со користење на Kuz – Ram моделот со примена на Кузнецовата – овата равенка.

Табела 2. Пример на прогнозна фрагментација според KUZ-RAM модел

Ред. Бр.	Тип на експлозив	Пречник на дупчење	Q	a	b	H	L	α	V
		mm	[kg]	[m]	[m]	[m]	[m]	°deg	[m ³]
1	ANFO	Ø127	132	4.00	4.00	15	16.40	77	960
2	Класа (TREMEX 70/DETOLIT)	Ø127	160	5.00	5.00	15	16.40	77	1500

Табела 3. Пример на прогнозна фрагментација според KUZ-RAM модел

Ред. Бр.	Тип на експлозив	Ld	q		A	E	X _{sr}	
		m ³ /m ³	[g/m ³]	[g/t]			[cm]	[mm]
1	ANFO	0.068	550	212	6	100	73.19	732
2	Класа (TREMEX 70/DETOLIT)	0.044	427	164	6	107	88.96	890

Примерот е изработен врз основа на прогнозно минирање во материјал андезит. Според примерот, се добива прогнозна средна големина на фрагментите од минирањето од околу 890 mm. Тоа значи дека истите би можеле да бидат натоварани со багер или товарна лопата со минимална должина на отворот на лопатата од 1000 mm, односно се препорачува 30 – 50 % поголема, односно од 1300 – 1500 mm. Ова би значело и за отворот односно, максималните димензии што може да ги прими примарната дробилка (влезна решетка) со отвор од околу 1000 mm. Поголемите парчиња од 1000 mm се класифицираат како вонгабарити.

Истите ќе треба дополнително да се раздробат (пикхамери, разбивање со челични кугли и сл.). Не се препорачува секундарно минирање, особено со налепни мини. Идејата на современото минирање е да секундарното минирање се сведе на нула.

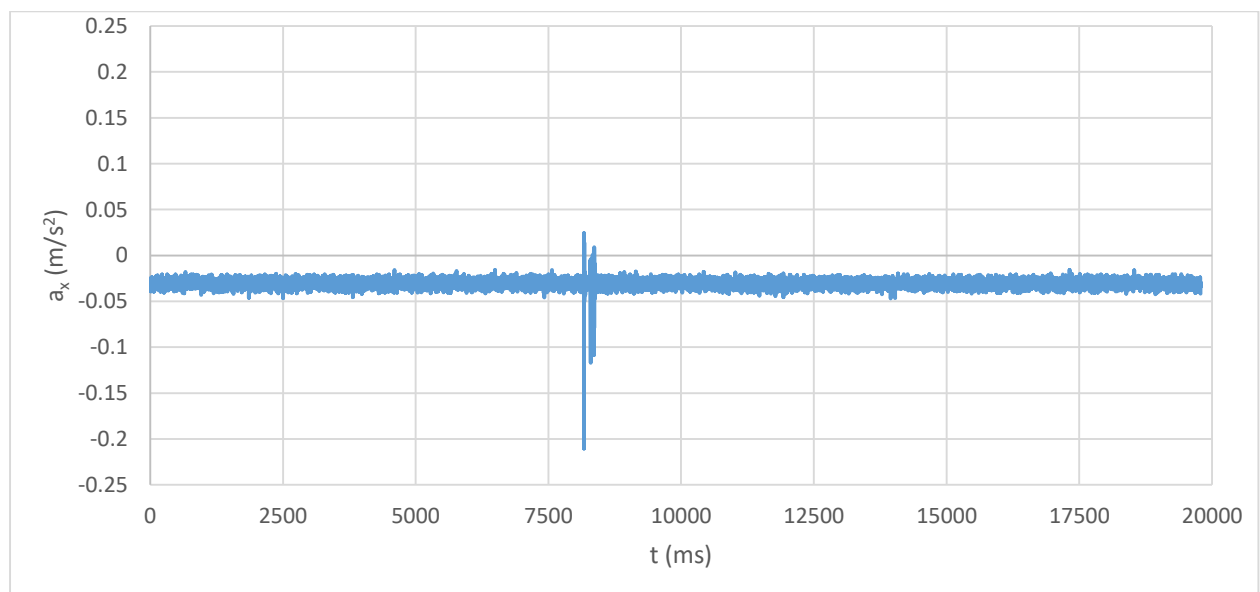
2.2. Пристап кон проценка на фрагментација на карпи со анализа на записите од регистрираните сеизмички потреси пред и по минирањето

За ова е направена анализа од регистрираните записи од изведени масовни минирања во рудници со површинска експлоатација. Користен е дигитален триканалаен 24 битен регистратор на забрзувањето на тлото. За фреквенција на семплирањето е земена вредноста од 100Hz, што значи дека 100 пати во секундата се добиени вредности на забрзувањето. Од акцелерограмот (слика 1, 2 и 3) се издвоени два дела од по 6200 семпла од регистрацијата:

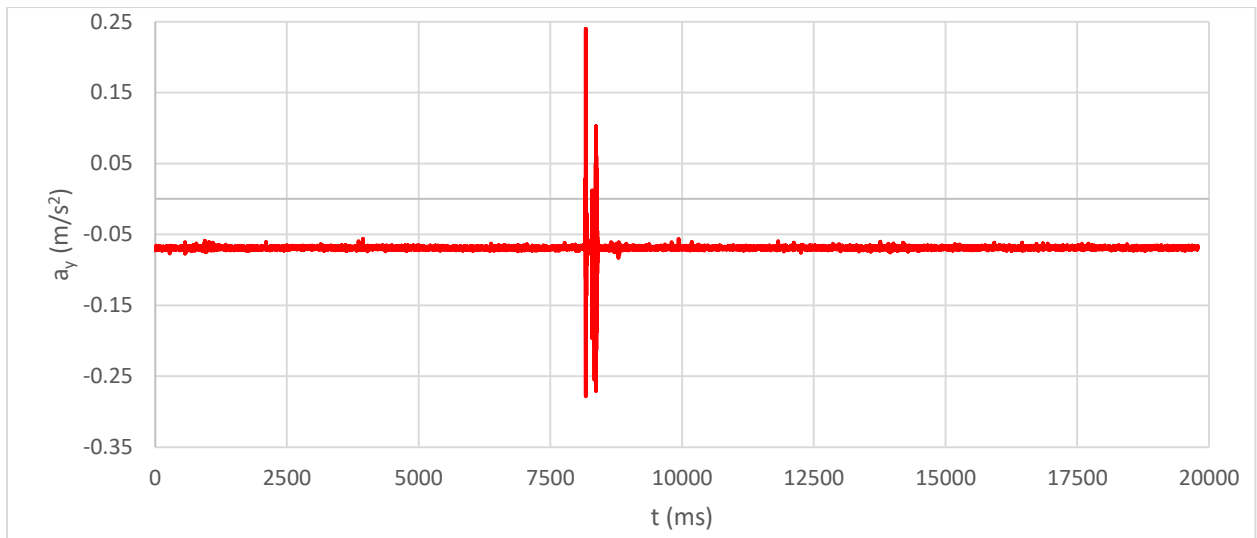
- времето додека се изврши минирањето,
- времето после (условно) завршување на траењето на движењето на тлото поради минирањето.

Сметаме дека во првиот временски сегмент, регистрираната акцелерација одговара на нормалните карактеристики на сеизмичкиот шум на самата локација каде е поставен инструментот и непосредната околина. Со минирањето е настаната соодветна промена на геомеханичките карактеристики на тлото, кои би требало да биде регистрирана во брановата форма на вториот временски сегмент, регистриран непосредно по смирување на тлото од минирањето.

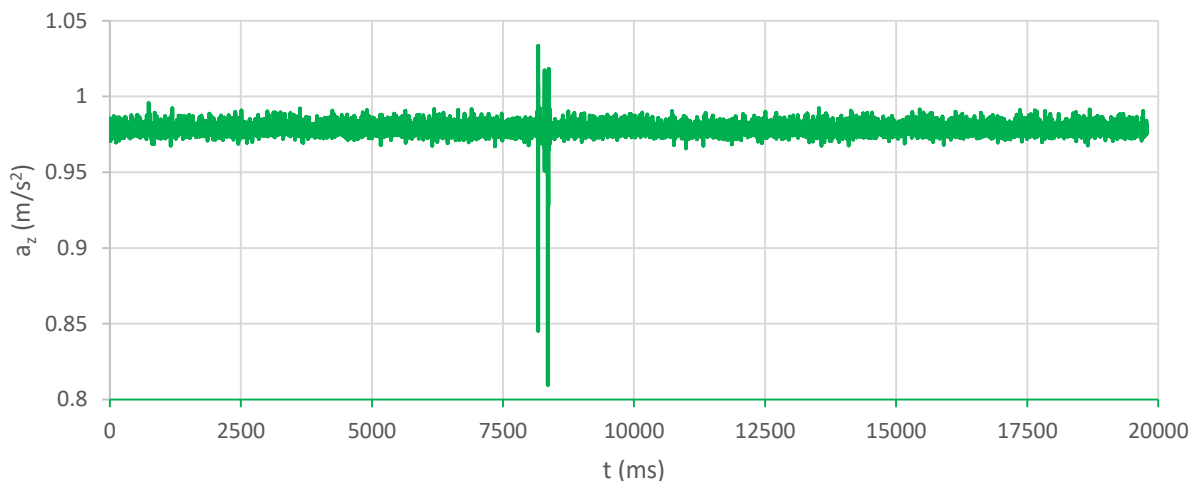
Извршена е спектрална анализа на избраните два сегмента од избраната регистрација на сеизмичките бранови генерирани при минирањето. Целта беше да се определат можните разлики во спектралните карактеристики на сеизмичкиот шум на локацијата каде е извршено мерењето, токму во двата издвоени временски сегмента



Слика 1. Регистрација на забрзувања a_x пред и по минирање



Слика 2. Регистрација на забрзувања a_y пред и по минирање

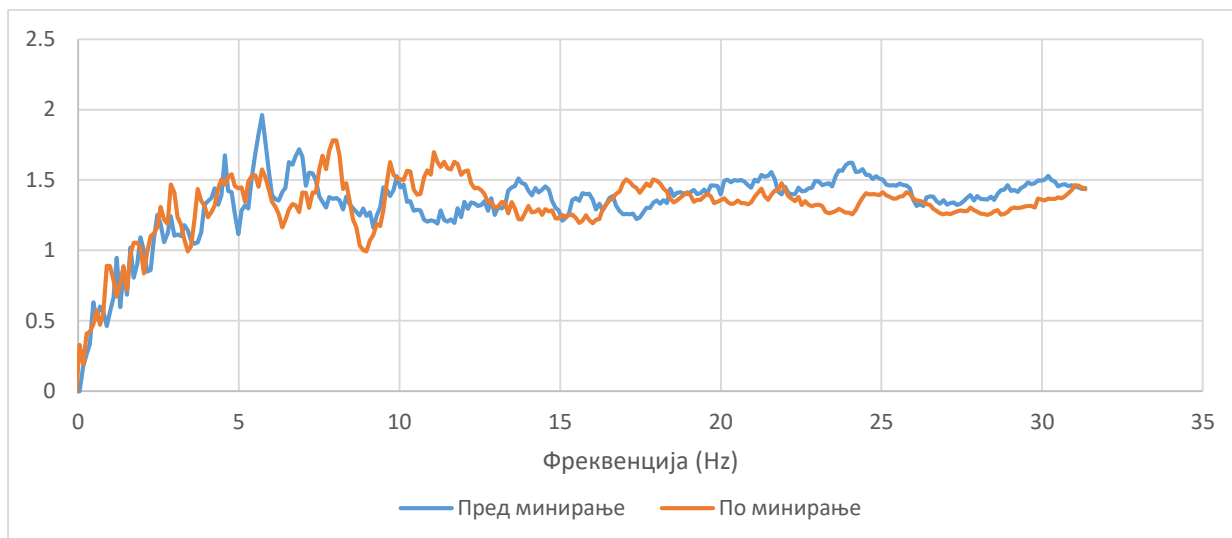


Слика 3. Регистрација на забрзувања a_z пред и по минирање

За таа цел направена е спектрална анализа на двата издвоени временски сегменти. Во првиот чекор е извршена FFT Фуриева анализа, но на прв поглед на добиените амплитудни спектри тешко може да се забележат некои значајни динамички разлики помеѓу нив.

Со цел да се изврши уште попрецизна спектрална анализа, определени се одделно за нив т.н. Накамура спектрите. Тоа е техника која ја дава проценката на фреквенцијата на резонанца, каде настанува засилување на движењата на тлото. Постапката се засновува на определувањето на соодносот на модулот на амплитудните спектри на акцелерацијата на хоризонталните компоненти H , со спектарот на вертикалната компонента на акцелерацијата на тлото V . Двата Накамура спектри (H/V), се добиени при чекор на пресметките 0.1 Hz , во интервалот од 0 до 30 Hz . Јасно се воочува разликата на Накамура спектарот пред минирањето, со оној добиен за делот од регистрациите издвоени по минирањето (Слика 4).

Од интерес е со примената на ваквата анализа да се даде придонес кон определувањето на квалитативна, но и во квантитативната разлика на поедини избрани параметри на геомеханичките карактеристики тлото, пред и по минирањето.

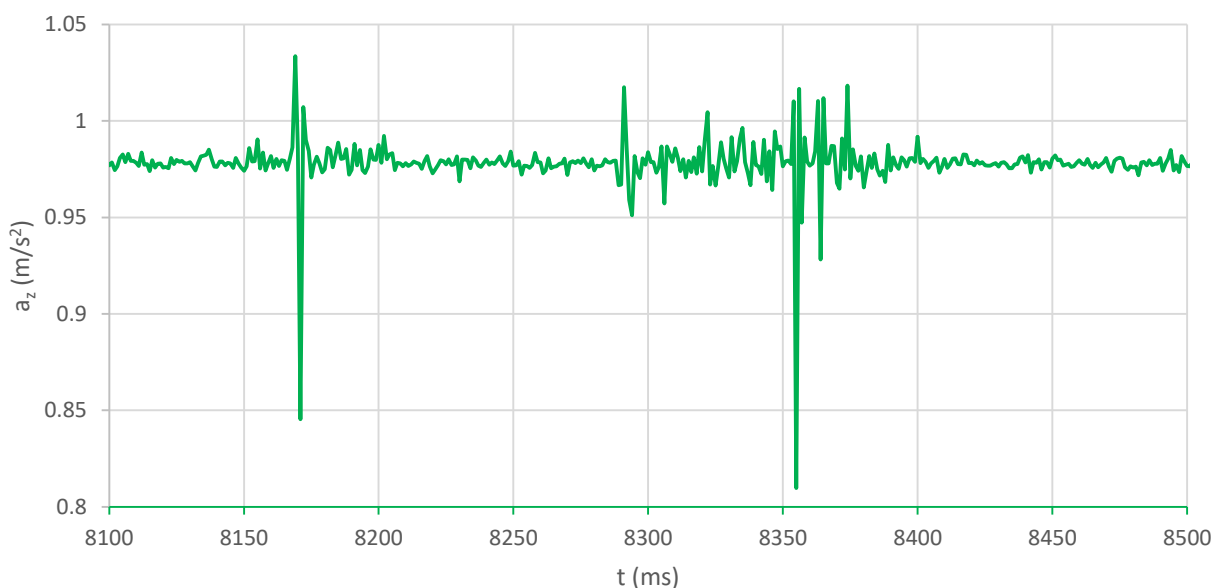


Слика 4. Спектрална анализа со Накамура метода

3. ДИСКУСИЈА

Потребата за „добро“ фрагментирање на карпите, значи не само намалување на трошоците за енергија туку и целосно оптимизирање на технологијата на експлоатација и обработка на минералните сировини. Проценката на фрагментацијата со Куз – Рам моделот дава можност за добивање на квалитетни информации пред да се изведе самото минирање. Тоа значи можност за дополнително „корегирање“ и адаптирање на одредени дупчечко – минерски параметри за идните минирања. Колку ова ќе биде реализирано, показател ќе би биде постапката која практично ја изведуваме со визулено набљудување, фотографија, дигитализирање и компјутерско анализирање на добиените фрагментирани карпи.

Но, се поставува прашањето дали може да се направат и дополнителни анализи кои би биле засновани на процесот на изведување на минирањето, односно пред и по самото минирање. За ова е направен обид за анализа на регистрираните записи на 3 – компонентни забрзувања (a_x , a_y и a_z) при масовно минирање во површински коп. Записот е направен во должина од околу 20 секунди. Самото минирање е регистрирано во период од околу 300 ms (слика 5).



Слика 5. Секвенца од регистрација на забрзување a_z при минирање (временски интервал од 300 ms, од 8.15 до 8.45 секунда)

Врз основа на спектралната анализа со Накамура методата, е направена проценка каде настанува засилување на движењето на тлото и тоа анализирајќи паралелно два периода, пред и по самото минирање (слика 4). Спектралната анализа покажува промени на интензитетот на истата средина пред и по минирањето. Ова секако укажува на фактот дека е настаната геомеханичка деформација и промена на заислувањата на движењата на тлото, во конкретниот случај според дијаграмот по направеното минирање, (слика 4, линија со црвена боја) во поголем дел се гледа намалување на опсегот на движењата на тлото.

Секако, ова е само првично размислување и констатација. За да истата би била потврдена е потребно многу поголем број на снимања при разни минирања. Потоа врз основа на направените практични набљудувања, проценки и мерења, да се направи обид за дефинирање на можна корелација помеѓу добиената фрагментација и спектралната анализа.

Како главна придобивка, според наше размислување е дека со овој пристап, може во иднина да се направат многу подетални истражувања и анализи а да при тоа една од главните предности е користење на два записа во континуитет при едно исто минирање. Значи, анализата покажува дека целокупниот настан се изведува за релативно краток период (време пред и по минирање) до 0.5 секунди. Кон ова треба да се размислува и можноста за вклучување и на амбиеталните вибрации односно тремори како друга можна опција.

4. ЗАКЛУЧОК

Со овој труд е направен обид кон започнување на истражување поврзано со можност за проценка на фрагментација на карпи од минирање. Интересно за оваа идеја е да истата е базирана на 3 компонентни регистрации на забрзувања на тлото при минирање. При тоа анализата во текот на едно минирање е поделена на два дела: пред и по минирање. Ова е краток временски интервал,

кој со регистриран со осетливи акцелерометри или геофони, дигитализиран и запишан со 24 или уште подобро 32 битни AD конвертори, како и анализиран со соодветни софтверски пакети, би можел да создаде квалитетни информации со кои би можело да се добијат интересни заклучоци поврзани со можната фрагментација по минирањето.

Секако, со ова размислување не би можело така едноставно да се развие методологија за проценка на фрагментацијата на карпите од минирањето, но се надеваме дека би дала поттик за понатамошни размислувања и развој. Во таа насока предлагаме, да на веќе регистрирани потреси од минирања, особено онаму каде има и конкретни снимања (проценки) за фрагментирани маси, да се направат вакви анализи. Ова е сепак во доменот на математичкото моделирање, за кое не се потребни големи финансиски трошоци ниту пак самото анализирање не бара посебни услови.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Cunningham, C.V.B. 1983. The Kuz–Ram model for prediction of fragmentation from blasting. In R. Holmberg & A Rustan (eds), Proceedings of First International Symposium on Rock fragmentation by Blasting, Luleå, 439–454.
- [2] Kuznetsov, V.M., 1973. The Mean Diameter of the Fragments formed by Blasting Rock, J. Sov. Min. Sci., vol. 9, pp. 144–148.
- [3] Nakamura, Y. 2014. A modified estimation method for amplification factor of ground structures using the H/V spectral ratio, Proc. of the 2nd Workshop on Dynamic Interaction of Soil and Structure '12, L'Aquila, Italy, 29–30 March 2012, 273–284.
- [4] Onederra, I. and Riihioja, K., 2006. An Alternative Approach to Determine the Uniformity Index of Rosin Rammler Based on Fragmentation Models, Proc. 8th Int. Symp. on Rock Frag. by Blast, pp. 193–199.
- [5] Panov, Z., Adjiski, V., Zlatkov, G., Karanakovska Stefanovska, R., & Popovski, R. 2021. A NEW APPROACH FOR INTRODUCTION OF DIGITAL GRANULOMETRIC ANALYSIS OF CRUSHED MATERIAL. Natural Resources and Technology, 15(1), 13-25.
- [6] Rosin, P. and Rammler, E., 1933. The Laws Governing the Fineness of Powdered Coal, J. Inst. Fuel, Vol.7., No. 31, pp.29-36.