

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији:

КАНДИДАТ

Вељко (Драган) Лапчевић, маг. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)студент докторских студија на студијском програму Рударско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом: „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“

из научне области: Рударско инжењерствоУниверзитет је дана 11.04.2016. године својим актом под бр. 61206-1725/2-16 дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила: „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 20.02.2020. годинеодлуком факултета под бр. 1/56, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	<u>др Зоран Глигорић, ред. проф.</u>		Подземна експлоатација лежишта минералних сировина	Рударско-геолошки факултет у Београду
2.	<u>др Славко Торбица, ред. проф.</u>		Подземна експлоатација лежишта минералних сировина	Рударско-геолошки факултет у Београду
3.	<u>др Чедомир Бељић, ред. проф.</u>		Подземна експлоатација лежишта минералних сировина	Рударско-геолошки факултет у Београду
4.	<u>др Бранко Глушчевић, ван. проф</u>		Подземна експлоатација лежишта минералних сировина	Рударско-геолошки факултет у Београду
5.	<u>др Миле Бугарин, научни саветник</u>		Економска геологија	Институт за рударство и металургију Бор
Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.				

Наставно-научно веће факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 18.06.2020. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Зоран Глигорић

- Прилог:
1. Реферат комисије са предлогом
 2. Акт Наставно-начног већа факултета о усвајању реферата
 3. Примедбе дате у току стављања реферата на увид јавности, уколико је таквих примедби било
 4. Електронска верзија

На основу члана 181. став 6. Статута Универзитета у Београду и члана 175. став 6. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 19.09.2019. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Вељку Лапчевићу, маг. инж. рударства**, тема под насловом *„Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“*, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 40. Закона о високом образовању и члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 18.06.2020. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Вељка Лапчевића, маг. инж. рударства**, под насловом *„Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања”*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 11.04.2016. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Рад из научног часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - Lapčević, V.; Torbica, S. Numerical Investigation of Caved Rock Mass Friction and Fragmentation Change Influence on Gravity Flow Formation in Sublevel Caving. Minerals 2017, 7, 56. ISSN: 2075-163X, doi: 10.3390/min7040056. (IF = 1.835); M22
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Зоран Глигорић, ред. проф.; др Славко Торбица, ред. проф.; др Чедомир Бељић, ред. проф.; др Бранко Глушчевић, ванр. проф.; др Миле Бугарин, научни саветник Института за рударство и металургију Бор.
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованом
- Одељењу за студентска и наставна питања

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Вељка Лапчевића магист. инж. рударства

Одлуком Наставно научног већа, Рударско-геолошког факултета бр. 1/56 од 25.2.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације под насловом:

УТИЦАЈ ПРОМЕНЉИВОСТИ ОСОБИНА ЗАРУШЕНОГ СТЕНСКОГ МАТЕРИЈАЛА НА ГРАВИТАЦИОНИ ТОК КОД МЕТОДА ПОДЕТАЖНОГ ЗАРУШАВАЊА

кандидата Вељка Лапчевића магист. инж. рударства.

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Вељко Лапчевић, магист. инж. рударства, тему докторске дисертације је пријавио на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду 3.2.2016. године (пријава 1/33).

Одлуком Наставно-научног већа Рударско - геолошког факултета у Београду бр. 1/61 од 03.03.2016. године именована је Комисија у саставу проф. др Зоран Глигорић, дипл. инж. руд., проф. др Славко Торбица, дипл. инж. руд., проф. др Чедомир Бељић дипл. инж. руд. сви са Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и проф. др Витомир Милић дипл. инж. руд. са Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, за давање

мишљења о научној заснованости докторске дисертације под насловом „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“.

Наставно-научно веће Рударско – геолошког факултета у Београду прихвата извештај Комисије за давање мишљења о научној заснованости теме и доноси одлуку бр. 1/108 од 29.03.2016., којом се прихвата тема докторске дисертације под насловом „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“ кандидата Вељка Лапчевић, и за ментора именује др Зорана Глигорића, редовног професора.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 11.04.2016. године, донело је одлуку бр. 61206-1725/2-16 којом се даје сагласност на предложеној тему докторске дисертације.

Кандидат Вељко Лапчевић, маг. инж. рударства 10.2.2020. године поднео је молбу за именовање Комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације под насловом „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“. Катедра за подземну експлоатацију лежишта минералних сировина упутила је допис Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета број 1/35 од 10.02.2020. са предлогом Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Зоран Глигорић, ред. проф., ментор, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Славко Торбица, ред. проф., Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Чедомир Бељић, ред. проф., Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Бранко Глушчевић, ван. проф., Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет и др Миле Бугарин, научни саветник, Институт за рударство и металургију Бор.

На основу наведеног дописа Наставно-научно веће је на седници од 20.02.2020. године донело одлуку бр. 1/56 од 25.2.2020. године којом је усвојило предлог Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, чиме су стекли услови за писање овог реферата.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“ припада области техничких наука, научној области „Рударско инжењерство“ односно ужој научној области „Подземна експлоатације лежишта минералних сировина“ за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду.

За ментора ове докторске дисертације именован је др Зоран Глигорић, редовни професор Рударско-геолошког факултета. Ментор је аутор више научних радова објављених у међународним и домаћим часописима и зборницима са различитих саветовања, који су везани за проблематику подземне експлоатације, има значајно искуство у раду са привредом те се може сматрати компетентним за вођење докторанда у току израде докторске дисертације са горе наведеним насловом.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Вељко Лапчевић, мастер инжењер рударства, рођен је 8.2.1989. године у Вршцу где је завршио гимназију природно-математичког смера. Основне академске студије је завршио 2012. године на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду, смер рударско инжењерство, модул подземна експлоатација лежишта минералних сировина. На истом факултету је завршио и мастер студије на истом модулу. Добитник је награде за освојено друго место на *Mining Knowledge Tournament - World Mining Students Meeting* одржаном 2013. године у Кракову.

У звању асистента, за ужу научну област Подземна експлоатација лежишта минералних сировина, запослен је на Рударско-геолошком факултету од 2015. године. Ангажован је на припреми и одржавању вежби из предмета везаних за методе подземног откопавања.

У досадашњој каријери Вељко Лапчевић је објавио 19 научних и стручних радова у домаћим и страним часописима који се првенствено односе на проблематику метода подземног откопавања, минирање у подземној експлоатацији и управљање стенским масивом. У оквиру стручног ангажовања учествовао је на изради неколико студија и пројеката из области подземне експлоатације.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Вељка Лапчевића, маст. инж. рударства, под називом „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“ написана је на 9+66+38, укупно 113 страна формата А4, на српском језику, ћирилицом, а садржи 64 слика, 22 табеле и 107 литературних јединица.

Докторска дисертација је подељена на шест поглавља:

1. Увод
2. Метода подетажног зарушавања
3. Методологија
4. Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на формирање гравитационог тока
5. Закључак
6. Литература

Поред тога дисертација садржи Сажетак, Садржај, Биографију и стандардне изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије и коришћењу.

Поглавља 1 до 4 имају више потпоглавља.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Структура докторске дисертације је прилагођена циљевима истраживања и примењеној методологији.

Прво поглавље представља увод у проблематику уз образложење предмета и циљева истраживања.

Друго поглавље даје приказ основе методе подетажног зарушавања са посебним освртом на гравитациони ток стенског материјала као основни предмет истраживања. Наведено поглавље припада литературном прегледу и кроз исто је анализирано стање и достигнућа у оквиру моделирања и разумевања принципа гравитационог тока. Посебна пажња је посвећена методама моделирања гравитационог тока.

Треће поглавље се односи на примењену методологију за доказивање постављених хипотеза. Образложен је избор методе раздвојених елемената за моделирање гравитационог тока и дата је њена теоретска основа уз посебан осврт на конкретне специфичности имплементираних у оквиру кода Yet Another Dynamic Engine (YADE). Као додатак, поглавље даје и приказ метода за дистрибуцију раздвојених елемената у простору обзиром на њихов кључни значај. Ово поглавље, заједно са другим, чини литературни преглед.

Четврто поглавље даје приказ модела раздвојених елемената и остварених резултата. Најпре је објашњена процедура моделирања и дефиниција иницијалног и репрезентативног модела раздвојених елемената и образложени основни приступи моделирању. Приказан је утицај промене крупноће и угла трења зарушеног материјала на формирање гравитационог тока понаособ, али и услед узајамне промене. На крају овог поглавља дата је дискусија остварених резултата.

Пето поглавље представља закључак истраживања са навођењем практичног значаја остварених резултата, али и ограничења која проистичу из примењене методологије.

Шесто поглавље даје попис коришћене литературе.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертације кандидата Вељка Лапчевића, мастер инжењера рударства, под називом „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“ представља савремен приступ моделирању гравитационог тока код метода подетажног зарушавања.

У оквиру литературног прегледа објашњени су различити приступи моделирању гравитационог тока и наглашено је да се једино код методе раздвојених елемената уважава дискретност и динамичност овог процеса, што код осталих метода моделирања није случај. Сама метода раздвојених елемената представља модеран приступ нумеричког моделирања дискретних средина и њена примена се непрестано шири на остале инжењерске дисциплине. Са друге стране, примена методе подетажног зарушавања подразумева непрестану потребу за контролом осиромашења метала у равнорудној руди у циљу побољшања економских ефеката производње. Управо методом раздвојених елемената је омогућена анализа утицаја појединачних параметара на формирање гравитационог тока, а пре свега променљивости крупноће и угла трења зарушеног материјала. Обзиром на већ познате чињенице о променљивости особина зарушеног материјала код метода блоковског зарушавања применом адекватне методологије је показано да се исти феномен јавља и код метода подетажног зарушавања и неоспорно утиче на формирање гравитационог тока. Овај феномен у претходном периоду није детаљније истраживан иако су индиције о његовом значају од раније познате из сродне групе метода откопавања.

Из наведеног се може јасно закључити да је дисертацијом сагледано актуелно стање и приступи моделирању гравитационог тока са фокусом на просторну променљивост особина зарушеног материјала, и да је уз примену адекватне методологије испуњен критеријум оригиналности и савремености.

На основу „Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду“ и Извештаја из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације утврђена је количина подударности текста од 7%. Установљени степен подударности је последица цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата истраживања докторанда, који су проистекли из дисертације, што је у складу са чланом 9. наведеног Правилника. Оригиналност текста дисертације је оцењена као позитивна у Изјави ментора бр. 1/48 од 21.02.2020.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији коришћена је обимна литература, укупно 107 литературних јединица, која третира проблематику моделирања гравитационог тока код метода подетажног зарушавања и методе раздвојених елемената. Пажња је посвећена пре свега прегледу литературе у циљу анализе стања у области моделирања гравитационог тока и иста је кандидату послужила за дефинисање тезе докторске дисертације. Такође, значајна пажња је посвећена литератури која се односи на методу раздвојених елемената која је усвојена за основну методу моделирања у оквиру ове докторске дисертације.

Обзиром да се од почетка своје каријере, кандидат Вељко Лапчевић, бави применом нумеричких метода у области управљања стенским масивом и методама откопавања, може се констатовати да је био у прилици да проучи већи део релевантне литературе која покрива области формирања гравитационог тока и нумеричких метода за моделирање стенског масива.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Примењена методологија је адекватна анализираном проблему. У том смислу у дисертацији је дат детаљан преглед свих појединачних компоненти модела раздвојених елемената дефинисаног за симулацију гравитационог тока стенског материјала. Кроз референтну научну литературу дат је осврт на методе и алате за моделирање гравитационог тока и процену осиромашења метала у равнотелу руди.

Гравитациони ток стенског материјала се одликује дискретношћу и динамичношћу процеса који укључује кретање и непрестану интеракцију стенских блокова. Симулирање тока стенског материјала је извршено методом раздвојених елемената која пружа могућности за најрепрезентативнији начин моделирања оваквог проблема кроз различите сценарије. Кључна предност примењене методе се огледа кроз могућност да се врши анализа утицаја одређених параметара понаособ што је немогуће постићи *in-situ* испитивањима. На овај начин је могуће утврдити значај сваког анализираног параметра, али и утицај у интеракцији са другим параметрима. Са друге стране, метода раздвојених елемената је верификована поређењем са физичким моделима у малој и великој размери и као таква се сматра као крајње поуздана за моделирање дискретних система. анализа подразумева употребу сферичних раздвојених елемената у циљу искључивања утицаја облика стенских блокова као посебног параметра. Примењене су различите методе просторне дистрибуције раздвојених елемената у простору сходно особинама дела стенског масива који се моделира, што се првенствено односи на разлике између минираног и зарушеног дела масива. Физичко-механичке особине масива су одређене према препорукама датим у експертским базама података. За обраду резултата истраживања примењени су специјализовани алати који се користи за постпроцесирање резултата симулације раздвојених елемената чиме је омогућена просторна реконструкција зона екстракције у оквиру гравитационог тока, анализа вектора померања појединачних раздвојених елемената и визуелизација читаве симулације.

Сви добијени резултати испитивања су нумерички и графички приказани што је омогућило прегледно анализирање и поређење са постављеним хипотезама, али и упоређивање са емпиријски познатим резултатима.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације применљиви су у научном смислу, али имају и значајну практичну примену.

Недвосмислено је показано да услед промене фрагментације и угла трења зарушеног материјала, односно са напредовањем производње ка дубљим деловима рудног тела, долази до промене количине јаловог материјала који пристиже у равну руду и да се постојећи модели за процену осиромашења морају допунити просторном компонентом чији је утицај доказан у оквиру ове дисертације. Обзиром да је за анализу примењена метода раздвојених елемената и дефинисан модел који обезбеђује резултате сагласне са практично оствареним резултатима, сваки конкретни случај је могуће анализирати на аналогни начин. Приликом оваквих анализа је могуће узети у обзир и специфичности сваке локације и конкретно одредити промену осиромашења, а сходно томе прилагодити конструкцију методе откопавања како би се економски ефекти одржали у прихватљивим оквирима.

У научном и педагошком смислу развијени модел омогућава студентима подземне експлоатације на Рударско-геолошком факултету да се упознају са основом моделирања дискретних средина и гравитационог тока, обзиром да методе откопавања са зарушавањем заузимају и заузимаће огроман значај у подземној експлоатацији минералних сировина.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и да влада научним и истраживачким методама. Тема коју је обрадио, обзиром на своју комплексност, захтева изражену аналитичност у раду и систематичност у решавању проблема. Кандидат је при томе у потпуности искористио искуство које је стекао вишегодишњим бављењем нумеричким моделирањем стенског масива. Такође, кандидат је у потпуности реализовао планирано истраживање од почетне идеје до завршетка докторске дисертације. Верификација научног доприноса и рада кандидата материјализована је објављивањем рада у часопису категорије M22.

На основу укупно остварених резултата у научно истраживачком раду, закључујемо да је кандидат способан за самостални даљи научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Циљ дисертације под називом „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“, је да се научним методама, докаже да промена особина зарушеног стенског материјала код метода подетажног зарушавања има значај као и код метода блоковског и панелног зарушавања, и да се исти утицај мора узети у обзир приликом конструкције методе откопавања.

Испитивање је базирано на чињеници да се приликом кретања зарушеног материјала мењају његова крупноћа и угао трења површи стенских блокова. Промена крупноће је константна и иста опада у зависности од пређеног пута стенских блокова, а дефинисана је почетним геолошким условима у стенском масиву, тј. величином примарних блокова. Промена угла трења површи стенских блокова може бити двојака у зависности од почетних услова. Другим речима, услед кретања стенских блокова и њихове међусобне интеракције долази до углачавања површи дуж којих је дошло до кретања па се угао трења наведених површи приближава базном углу трења за одређени тип стене. Почетна вредност угла трења може бити већа или мања од базне вредности, и то, већа уколико у стенском масиву доминирају тензионе/хрпаве примарне пукотине или мања уколико је реч о пукотинама дуж којих је дошло до смицања или промене зидова пукотина, али и уколико постоји пукотинска испуна која има мању вредност угла трења од базне вредности угла трења. Променом сваког од наведених параметара понаособ и узајамно долази до промене количине јаловог материјала који притиче у равну руду. Хипотезама је уједно дефинисан след испитивања у којима је најпре доказан утицај сваког од параметара понаособ а затим и утицај њихове узајамне промене.

Симулацијом формирања гравитационог тока за различите услове доказано је да:

- опадањем угла трења површи стенских блокова долази до повећања прилива јаловог материјала у равну руду чиме се снижава садржај метала у равној руди, и супротно,
- смањивањем крупноће зарушеног материјала долази до његовог повећаног прилива у равну руду чиме се снижава садржај метала у равној руди, и супротно,
- у случају када опадају и угао трења и крупноћа материјала, осиромашење равне руде расте,
- у случају раста угла трења и пада крупноће јаловог материјала осиромашење се смањује,
- постоји неоспорна зависност између конкретних вредност угла трења и крупноће материјала.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Метода подетажног зарушавања се често користи за масовно откопавање мање богатих рудних тела веће моћности. Откопавање руде се врши из подетажних ходника минским пуњењима у лепезном распореду и употребом високо продуктивне самоходне опреме. Приликом утовара минираних руде из подетажних ходника јалове кровинске стене се зарушавају и заједно са одминираним рудом формирају гравитациони ток стенског материјала. Искуство је показало да се на самом почетку утовара чиста руда, а са напредовањем процеса прилив јаловог материјала постаје све већи. У одређеном тренутку прилив зарушеног јаловог материјала постаје толики да је даљи утовар равне руде економски неприхватљив. Преостала руда која није утоварена представља губитак, а јаловина која је утоварена за последицу има снижену концентрацију корисне минералне компоненте у равnoj руди која се, даље, третира у постројењу за припрему минералних сировина. Светска пракса је показала да се применом методе подетажног зарушавања могу постићи искоришћења од 70-80%, а да осиромашење руде варира, у зависности од услова, између 20% и 40%.

Наиме, откопавање методом подетажног зарушавања почиње на највишим подетажама и напредује ка нижим, а услови формирања гравитационог тока стенског материјала се мењају са дужином. Гравитациони ток се формира од минираних руде и зарушене јаловине, а особине сваког од ова два чиниоца су предефинисане начином њиховог настанка. Откопавање руде се врши минирањем, а гранулометријски састав одминираних руде зависи од примењене шеме минирања. Механичке особине површина фрагмената минираних руде зависе од њихове хрупавости и чврстоће. Са друге стране, јалове стене се зарушавају спонтано, под утицајем сопствене тежине, а особине попут гранулометријског састава и механичких особина површи стенских блокова јалових стена зависе од неколико фактора. Пре свега, особине зарушеног материјала зависе од примарних особина стенског масива као што су величина примарних блокова и стање пукотина које дефинишу примарне стенске блокове.

На почетним подетажама, у зарушеном стенском материјалу, се јављају стенски блокови који настају зарушавањем (ломом) примарних блокова. Крупноћа зарушеног материјала на почетним подетажама зависи првенствено од величине примарних блокова у стенском масиву. Механичке особине површина зарушених стенских блокова зависе од механичких особина зидова пукотина у масиву које дефинишу примарне стенске блокове и механички особина површина које су настале ломом примарних стенских блокова. Зарушени стенски блокови се приликом кретања у одређеној мери уситњавају што у првом реду зависи од дужине пређеног пута. На тај начин, на свакој нижој подетажи се јавља зарушени стенски материјал је ситнији и покретљивији. Кретањем се мењају механичке особине површина зарушених стенских блокова. Површине блокова које потичу од пукотина у стенском масиву могу имати мањи отпор кретању, у поређењу са основном стеном од које су настали, уколико су зидови пукотина измењени или пресвучени материјалом мање чврстоће од основне стене. Код оваквих површина временом ће доћи до промене отпора кретању обзиром да ће се угао трења приближити базном углу трења стене од које су настали

зарушени блокови, односно долази до повећања отпора кретању. Са друге стране, површине зарушених блокова које су настале ломом (на истезање) примарних блокова имаће већи отпор кретању обзиром да се ове површине одликују великом храпавошћу. Код оваквих површи отпор кретању се смањује у току кретања обзиром да се смањује њихова харпавост, а угао трења се смањује ка базном углу трења стене од које је стенски блок настао. Описане промене узрокују различиту брзину кретања зарушеног стенског материјала на нижим подетажама што се одражава на промену искоришћења и осиромашења руде.

Постојећи модели за процену ефеката истакања руде код метода подетажног зарушавања базирају на Квапиловим препорукама које су дефинисане серијом физичких модела и као такве имају ограничену примену. Код модерних алата попут PCSLC (*PC Sublevel Caving*) третира се број контактних површина између руде и јаловине на основу којег се, уз искуствено познате параметре, долази до процене осиромашења руде. Треба нагласити да ни један од постојећих модела не третира просторну променљивост параметара. У оквиру дисертације је доказано да просторном променом параметара може доћи до значајног повећања осиромашења руде, али да у зависности од почетних услова отпор кретања зарушеног материјала може да расте чиме се раст осиромашења дефинитивно успорава, а зависно од конкретних услова може се и смањивати.

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и постављене циљеве истраживања, те на основу прегледа релевантне литературе, сагледавања стања научних истраживања из области докторске дисертације, Комисија констатује да је кандидат у потпуности оправдао очекивања која су зацртана пријавом дисертације. Добијена решења су оригинална, значајна и применљива у пракси. Развијени модели и примењене методе представљају добру основу за даља истраживања у циљу још поузданије анализе услова формирања гравитационог тока код метода подетажног зарушавања.

Комисија констатује да би примена развијених модела у пракси допринела рационалнијем коришћењу минералних ресурса који се добијају предметном методом откопавања.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос верификован је радом који је објављен у међународном часопису на коме је докторанд првопотписани аутор, а који је везан за истраживање које је спроведено у докторској дисертацији.

Упоредо са израдом дисертације кандидат је резултате добијене током израде дисертације презентовао кроз више радова излаганих на саветовањима у земљи и иностранству, као и у часопису Подземни радови. Управо на овај начин кандидат је у непосредном контакту и у дискусијама са колегама који се интересују за ову област био у прилици да провери и верификује своје научне ставове, методологију и добијене резултате.

У наставку су дати наслови четири рада из области подземне експлоатације који верификују рад кандидата у области коју дисертација обухвата.

Категорија M22

Lapčević, V.; Torbica, S. Numerical Investigation of Caved Rock Mass Friction and Fragmentation Change Influence on Gravity Flow Formation in Sublevel Caving. *Minerals* 2017, 7, 56. ISSN: 2075-163X, doi: 10.3390/min7040056. (IF = 1.835)

Категорија M33

Torbica S., **Lapcevic V.** Model for estimating blasted rock fragmentation, 14th SGEM GeoConference on Science and Technologies In Geology, Exploration and Mining, www.sgem.org, SGEM2014 GeoConference Proceedings, ISBN 978-619-7105-09-4 / ISSN 1314-2704, June 19-25, 2014, Vol. 3, 379-386 pp, 2014.

Категорија M51

Lapčević, V., Torbica, S., Asadizadeh, M., Đokić, N., Duranović, M., & Petrović, M. (2018). Influence of boundary conditions in DEM models of sublevel caving on dilution and recovery. *Podzemni Radovi*, (33), 1-15. <https://doi.org/10.5937/PodRad1833001L>

Категорија M63

В. Лапчевић, С. Торбица, Примена методе раздвојених елемената у подземној експлоатацији, Зборник радова са V научно - стручног скупа „Подземна експлоатација минералних сировина 2017“, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет, pp. 37 - 42, ISBN: 978-86-7352-302-6, Beograd, 8. Дец., 2017

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“ кандидата **Вељка Лапчевића, мастер инжењера рударства**, поседује савремен, оригиналан и научно утемељен приступ анализе формирања гравитационог тока код метода подетажног зарушавања. У оквиру дисертације су доказане постављене хипотезе о утицају промене угла трења и крупноће зарушеног материјала на осиромашење метала у равнотрети руди.

На основу прегледане докторске дисертације, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације, закључује да урађена докторска дисертација кандидата **Вељка Лапчевића, мастер инжењера рударства** испуњава све законске и остале услове за јавну одбрану. Комисија закључује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима о научно-истраживачком раду као и да испуњава све услове предвиђене „Законом о високом образовању“, „Стандардима за акредитацију“, „Статутом Рударско-геолошког факултета“ и критеријумима које је прописао Универзитет у Београду. Комисија са задовољством констатује да је дисертација велике научне вредности у смислу унапређења и разумевања услова за формирање гравитационог тока код метода подетажног зарушавања.

Комисија, на основу горе наведеног, предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом „Утицај променљивости особина зарушеног стенског материјала на гравитациони ток код метода подетажног зарушавања“ кандидата **Вељка Лапчевића, мастер инжењера рударства** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Комисија:

Проф. др Зоран Глигорић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Проф. др Славко Торбица, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Проф. др Чедомир Бељић, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Проф. др Бранко Глушчевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет

Др Миле Бугарин, научни саветник
Институт за рударство и металургију Бор