

(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 Сања (Илија) Бајић, маг. инж. заштите животне средине
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму Рударско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом: „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације
лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању„

из научне области: Рударско инжењерство

Универзитет је дана 25.03.2019. године својим актом под бр. 61206-908/2-19 дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила: „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације
лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању„

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 21.05.2020. године

одлуком факултета под бр. 1/141, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
------------------------------	-------	---------------	------------------------------

- | | | | |
|----|-------------------------------------|--|---------------------------------------|
| 1. | др Бранко Глушчевић, ван. проф. | Подземна експлоатација
лежита минералних сировина | Рударско-геолошки факултет у Београду |
| 2. | др Весна Ристић Вакањац, ред. проф. | Хидрогеологија | Рударско-геолошки факултет у Београду |
| 3. | др Радоје Пантовић, ред. проф. | Рударство и геологија | Технички факултет у Бору |
| 4. | | | |

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 16.07.2020. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТАПроф. 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 93. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду – пречишћен текст, број 186/15) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, декан Факултета доноси

ОДЛУКУ

Студентима Рударско-геолошког факултета може се на лични захтев, поднет пре истека рока предвиђеног за завршетак студија (члан 93. став 1. и 2. Статута Универзитета у Београду) одобрити продужење рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно Факултета.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Др Душан Полочичић, ред. проф.

Доставити:

- Продекану за наставу
- Одељењу за студентска и наставна питања
- А/а

На основу члана 101. став 4. и члан 181. Статута Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 18.10.2018. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија **Сањи Бајић, маг. инж. заштите животне средине**, до истека рока у троструком броју школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Именованој
- Одељењу за студентска питања

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 24.10.2019. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Сањи Бајић, маг. инж. заштите животне средине**, тема под насловом *„Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“*, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- 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 16.07.2020. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Сање Бајић, маг. инж. зашт. жив. средине**, под насловом *„Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 25.03.2019. 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:
 - Bajić S., Bajić D., Gluščević B., Ristić Vakanjac V. Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to Underground Mining Method Selection. MDPI, Basel, Switzerland, Symmetry 2020., <https://doi.org/10.3390/sym12020192> (IF2019=2,645); M22.
4. Именована ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Бранко Глушчевић, ванр. проф.; др Весна Ристић Вакањац, ред. проф.; др Радоје Пантовић, ред. проф. Универзитета у Београду – Технички факултет у Бору.
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
- Именованој
- Одељењу за студентска и наставна питања

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Сање Бајић, мастер инжењера заштите животне средине

Одлуком бр. 1/141 од 27.05.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Сање Бајић, мастер инж. заштите животне средине, под насловом:

„Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“

После прегледа достављене Дисертације и консултација са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

1. У јуну 2018. год. докторанд је поднео званични предлог теме за израду докторске дисертације.
2. Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета од 24.12.2018. год. (бр. 1/310) именована је трочлана Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације у саставу: др Бранко Глушчевић, ванредни проф. (ментор, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет), др Весна Ристић Вакањац, редовни проф. (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет) и др Радоје Пантовић, редовни проф. (Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору)
3. Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.02.2019. године сходно члану 175. став 4. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је одлуку бр. 1/38 од 25.02.2019. године о усвајању извештаја Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације. Према овој одлуци, докторанду се одобрава израда докторске дисертације под насловом: „Модел за

комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“, а за ментора се именује др Бранко Глушчевић, ванредни проф. (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет)

4. На основу члана 48. став 5. тачка. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета у Београду", број 201/18) и чл. 14. – 21. Правилника о већима научних области на Универзитету у Београду ("Гласник Универзитета у Београду", број 134/07, 150/09, 158/11, 164/11 и 165/11, 180/14, 195/16 и 197/17), а на захтев Рударско геолошког факултета, број: 1/41 од 25.02.2019. године, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 25.03.2019. године, донело је одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације Сање Бајић под називом: „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“
5. Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 17.10.2019. год. у Београду донело је Одлуку бр. 1/334 од 28.10.2019. године о одобравању уписа девете године докторских студија
6. У мају 2020. године докторанд је поднео захтев бр. 1/114 од 11.05.2020. године за именовање комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета. Катедра за подземну експлоатацију лежишта минералних сировина упутила је предлог Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета број 1/131 од 18.05.2020. године.
7. На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно вече Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.05.2020. год. донело је Одлуку бр. 1/141 од 27.05.2020. године о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Сање Бајић, мастер инж. заштите животне средине, под насловом „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ у саставу: др Бранко Глушчевић, ванредни проф. (ментор, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет), др Весна Ристић Вакањац, редовни проф. (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет) и др Радоје Пантовић, редовни проф. (Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору)

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под насловом „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ припада области техничких наука. По предмету истраживања, дисертација припада научној области „рударско инжењерство“, односно ужој научној области „подземна експлоатација лежишта минералних сировина“, за коју је матичан Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет. Специјалистички сегмент који обухвата докторска дисертација је примена фази логике у рударству приликом одлучивања и избора оптималне методе откопавања у подземној експлоатацији лежишта минералних сировина. За ментора докторске дисертације именован је:

др Бранко Глушчевић, ванредни професор, ужа научна област: подземна експлоатација лежишта минералних сировина (Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет).

1.3. Биографски подаци

Сања Бајић рођена је 15. априла 1986. године у Кикинди. Средњу школу, гимназија (општи смер) “Душан Васиљев”, је завршила у Кикинди 2005. год. Полази на студије од октобра 2005. године на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, смер инжењерство заштите животне средине, а дипломирала је, 05. октобра 2009. године, са просечном оценом 8,04 (скала од 6 до 10) и стекла звање Дипломирани инжењер заштите животне средине.

Октобра 2009. године уписала је мастер студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, научна област заштита животне средине. Дипломирала је 25.02.2011 са оценом 10 (скала 6-10), са општим успехом 9.11 (скала 6-10) и стекла звање Мастер - инжењер заштите животне средине.

Октобра 2011. године уписала је докторске академске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, научна област, рударско инжењерство.

Стипендиста је Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије од марта 2012. године до марта 2016. године.

Од марта 2016. год. запослена је као истраживач-приправник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије под називом: Изучавање могућности валоризације преосталих резерви угља у циљу обезбеђења стабилности енергетског сектора Републике Србије.

На докторским академским студијама предвиђеним акредитованим програмом испунила је све обавезе, обзиром да је положила све испите (15) са просечном оценом 9.33 и остварила 155 ЕСПБ.

Учествовала је на неколико домаћих и међународних научних скупова и као аутор, односно коаутор, објавила је 21 рад од тога један у часопису категорије М22.

На основу члана 87. Закона о науци и истраживањима („Службени Гласник РС“, бр. 49/19), Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 23.01.2020. донело је одлуку о стицању звања истраживач-сарадник.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под називом „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ је написана на 8+102, укупно 110 страна и у складу је са упутством за обликовање докторске дисертације од стране Универзитета у Београду. Дисертација садржи 31 слику и 39 табела. Садржи следеће делове: насловну страну на српском и енглеском језику, страну са подацима о менторима и члановима комисије, сажетак на српском и енглеском језику са кључним речима, списак коришћене литературе, биографију докторанда и изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу.

Структуру докторске дисертације чине следеће области:

- I. Уводна разматрања
- II. Теоријски део
- III. Експериментални део и приказ резултата
- IV. Закључак

Садржај докторске дисертације је следећи:

I УВОДНА РАЗМАТРАЊА

II ТЕОРИЈСКИ ДЕО

- 1. Подземна експлоатација и методе откопавања
 - 1.1. Методе откопавања са зарушавањем руде и околних стена
 - 1.1.1. Методе подетажног зарушавања моћних лежишта стрмијег залегања
 - 1.1.2. Методе подетажног зарушавања положених лежишта
 - 1.1.3. Метода подетажног зарушавања магационирањем руде
 - 1.1.4. Методе блоковског самозарушавања
 - 1.1.5. Методе принудног блоковског зарушавања
 - 1.2. Методе откопавања са засипавањем откопаних простора и системи засипавања
 - 1.2.1. Засипни материјал и добијање засипног материјала
 - 1.3. Магазинске методе откопавања
 - 1.4. Методе отворених откопа
 - 1.4.1. Методе фронталног откопавања
 - 1.4.2. Коморно-стубне методе откопавања
 - 1.4.3. Подетажне методе откопавања
 - 1.5. VCR метода откопавања
- 2. Примена вишекритеријумске оптимизације у рударству
 - 2.1. Примена хеуристике приликом решавања комплексних проблема
 - 2.2. Преглед досадашњих истраживања
 - 2.3. Методе вишекритеријумске оптимизације за избор методе откопавања у подземној експлоатацији лежишта минералних сировина
 - 2.3.1. Вишекритеријумска оптимизација
 - 2.3.2. Метода фази аналитичко хијерархијског процеса (FАНР)
 - 2.3.3. VIKOR метода одлучивања

III ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ДЕО И ПРИКАЗ РЕЗУЛТАТА

- 1. Избор и карактеристике експерименталног подручја истраживања рудног тела Борска река
 - 1.1. Геолошке карактеристике ширег подручја лежишта „Борска река“
 - 1.2. Геолошке карактеристике и опис рудног тела
 - 1.3. Минерални састав рудног тела
 - 1.4. Генеза лежишта
 - 1.5. Хидролошке и хидрогеолошке карактеристике рудног тела
- 2. Анализа и дискусија резултата добијених применом FАНР методе и методе VIKOR
 - 2.1. Одређивање критеријума који утичу на избор методе откопавања
 - 2.2. Оцењивање критеријума, подкритеријума и алтернатива као и вектора тежинских приоритета
 - 2.3. Поступак примене агрегације
 - 2.4. Прорачун фази матрице одлуке и фази матрице перформанси
 - 2.5. Прорачун коначних вредности оцена алтернатива, дефазификација и избор оптималне методе

- 2.6. Резултати добијени прорачуном VIKOR методе вишекритеријумске оптимизације
- 2.7. Приказ одређивања оптималне методе откопавања у подземној експлоатацији лежишта бакра „Борска река“ коришћењем „Fuzzy-GWCS2“ апликације приликом примене FАHP методе
- 2.8. Приказ одређивања оптималне методе откопавања у подземној експлоатацији лежишта бакра „Борска река“ коришћењем „Fuzzy-GWCS2“ апликације приликом примене методе VIKOR

IV ЗАКЉУЧАК

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Лежиште бакра „Борска река“ представља експериментално подручје приликом израде ове докторске дисертације.

У првом поглављу приказани су: предмет и циљ истраживања докторске дисертације, полазне хипотезе у истраживању, научне методе, подручје истраживања, очекивани научни допринос и структура докторске дисертације.

Друго поглавље докторске дисертације обухвата приказ научних метода које су коришћене у докторској дисертацији: VIKOR и FАHP (фази аналитичко хијерархијски процес) методе. Поред тога, ово поглавље обухвата и теоријске основе везане за карактеристике метода које се користе приликом откопавања неслојевитих лежишта у подземној експлоатацији на конкретном примеру лежишта бакра „Борска река“. С обзиром да се код рудних лежишта процес откопавања може одвијати на разне начине, постоји велики број метода. О могућностима експлоатације руде из рудног тела „Борска Река“ разматране су високо капацитативне и високо продуктивне методе откопавања. Како рудно тело „Борска река“ спада у рудна тела са ниским садржајем бакра, као и да се налази на одређеној дубини залегања, проучавано је 5 применљивих врста метода подземног откопавања: методе откопавања са зарушавањем руде, методе откопавања са засипавањем откопаних простора, магацинске методе откопавања, методе отворених откопа и VCR метода.

Треће поглавље докторске дисертације обухвата примену научних метода на одабраном примеру лежишта бакра „Борска река“ и представљени су резултати о коначној одлуци оптималне методе откопавања у подземној експлоатацији рудника. Посебно је за те сврхе креирана је апликација „Fuzzy-GWCS2“.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ докторанда Сање Бајић, има савремен приступ проблематици истраживања у научној области рударског инжењерства и представља оригинално научно дело. Током израде ове докторске дисертације примењене су методе које се користе у рударству (методе подземне експлоатације) и методе које се користе у процесу одлучивања (фази оптимизација).

Рудно лежиште „Борска река“ представља највеће рудно тело у борском лежишту руде бакра и предмет је многобројних анализа и студија дуги низ година. Самим тим што залеже

на великој дубини и садржај бакра у руди је доста мали избор методе откопавања није тако једноставан задатак. Потребно је поред оптималног начина отварања лежишта пронаћи и оптимално решење методе откопавања, а то значи одредити што економичнију методу откопавања која би омогућила економски исплативо откопавање руде. С обзиром да је примена фази логике приликом доношења одлука у вишекритеријумској оптимизацији нарочито погодна за коришћење у случајевима када се не располаже довољним бројем информација о систему који се изучава, као и када се даје на значају искуству и знању експерта, вишекритеријумско одлучивање примењено је како би се решио проблем рангирања одређених метода откопавања у односу на скуп анализираних критеријума, као и избор оптималног решења.

На основу "Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду" и Извештаја из програма iThenticate којим се утврђује оригиналност докторске дисертације утврђена је количина подударана текста од 36%. Како је докторанд Сања Бајић објавила више научних радова везаних за тему докторске дисертације, и на тај начин верификовала своја истраживања од стране еминентних рецензената, установљен степен подударности је самим тим последица аутоцитата их поменутих научних радова. Оригиналност текста дисертације је оцењена као позитивна у Изјави ментора бр. 4/145 од 28.05.2020. год.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде докторске дисертације детаљно су прегледани и коришћени литературни извори што је резултирало списком од 75 наведених публикација. Преглед литературе студиозно је реализован и на основу њега могуће је сагледати актуелно стање у областима које су биле предмет докторске дисертације. Списак литературе садржи и научне радове у чијој изради је учествовао и сам докторанд, а који су на одређени начин верификовали примењене научне методе у дисертацији код међународне и домаће научне и стручне јавности.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Циљ примене фази приступа је доношење одлуке приликом решавања проблема где постоји више решења, при чему се анализом свих постављених фактора добија оптимално решење. Такође интуиција и искуство експерата итекако играју битну улогу приликом анализе рудног система и метода откопавања рудника у подземној експлоатацији, а коришћење фази логике у математичким прорачунима омогућује такав хеуристички приступ решавању проблема.

У оквиру примењених научних метода у изради докторске дисертације издвајају се две методе вишекритеријумског одлучивања: *ФАНР (фази аналитичко хијерархијски процес)* и *VIKOR (Вишекритеријумска Оптимизација и Компромисно Решење)*.

Код методе ФАНР, поређење алтернатива се врши тако што се формирају парови који се пореде. Критеријуми за селекцију се утврђују и пореде са подкритеријумима, а затим се за исти ниво по значају за сваки критеријум врши прорачун процеса према направљеној хијерархијској структури. У поређењу фази парова, доносиоца одлуке испитује две алтернативе разматрањем једног критеријума и указује на предност. Резултати поређења се, као бројеви из ФАНР скале, уносе у одговарајуће матрице на основу којих се рачунају локални вектори приоритета, тј. тежински коефицијенти елемената који су поређени. Како је већ наведено, поређења парова се врше коришћењем скале за поређење која додељује нумеричке вредности. Стандардна скала, тзв. скала релативне важности, која се користи за

АНР креће се од 1 до 9 и показује важност од „исте-једнаке важности“ до „екстремне важности“.

Избор метода подземне експлоатације помоћу ФАНР омогућава да се донесе ефикасна одлука и олакша решавање проблема неизвесности и неодређености у том процесу, посебно када је у питању сложени проблем са бројним неодређеностима, као што је случај са подземним лежиштем бакра “Борска Река”.

Кључну улогу код доношења одлуке о избору метода подземне експлоатације и како би се вршила одржива експлоатација руде, игра дефинисање тима стручњака и “експлоатација” њиховог знања и искуства. Овакав тимски рад доводи рудник у стање да је могуће технички, економски исплативо и пре свега безбедно вршити откопавање и експлоатацију руде бакра.

Успешан избор методе подземне експлоатације захтева велику количину знања које се односи на геологију лежишта минералних сировина. Због великог залегања рудника, битну улогу има и знање, а пре свега искуство приликом истражног бушења. За специфичности бакарних лежишта и анализу минерала и њихових физичких параметара, кључно знање преносе петролози, минераолози и геохемичари. Анализу прилива вода у рудник, односно заштитом рудника од подземних вода баве се хидрогеолози. Техничку и економску анализу оправданости експлоатације руде врше експерти из области економске геологије и менаџмента рудних лежишта. Када се на тај начин примени знање геолога, дефинишу се поменуте карактеристике рудног лежишта. С друге стране, експерти из области рударства на основу тих чињеница стичу слику о потенцијалним методама откопавања у подземној експлоатацији, односно врши се дефинисање алтернативних решења. Даље, инжењери и експерти синтетишу прикупљени обим података и информација о руднику и врше дефинисање и оцењивање критеријума који утичу на избор методе подземне експлоатације. Квалитет идентификације услова који владају у руднику, као и знање и искуство експерата директно утичу на избор оптималне методе.

Приликом оцењивања тежина критеријума и доношења одлуке о оптималном решењу вредности тежинских фактора су одређени на основу субјективног мишљења, рангирањем информација по приоритету и значају. Код оваквог приступа доносилац одлуке даје своје мишљење о значају критеријума за дати процес одлучивања у складу са својим системом преферентности.

VIKOR (вишекритеријумска оптимизација и компромисно решење) метода је развијена за потребе решавања проблема у одлучивању приликом рангирања алтернатива са конфликтним и разнородним критеријума који утичу на доношење одлуке. Метода се базира на претпоставци да је компромис прихватљив за решавање конфликта, а доносилац одлуке жели решење које је најближе идеалном, при том су алтернативе вредноване према свим постављеним критеријумима. Развијена је на таквим основама да се доносиоцу одлуке предлажу алтернативе које представљају компромис између жеља и могућности или компромис између различитих интереса учесника у одлучивању. Овде жеље представљају критеријуме, а могућности ограничења. Компромисно решење је решење које је најближе идеалном случају. Базира се на одређивању ужег скупа могућих решења која се по вредностима приближавају идеалној тачки, тј. референтној тачки у простору критеријумских функција.

У вишекритеријумском доношењу одлука VIKOR има велики значај, посебно у ситуацији у којој доносилац одлуке није у стању или не зна изразити своје тежинске коефицијенте за поједине критеријуме на почетку дизајна матрице одлучивања. Компромисно решење које

се добије је прихваћено од стране доносиоца одлуке, јер пружа максималну корисност и минимално индивидуално „жаљење“.

3.4. Применљивост остварених резултата

Успостављен алгоритам приликом решавања проблематике избора оптималне методе откопавања при подземној експлоатацији лежишта минералних сировина, осим на приказаном примеру, могуће је применити и приликом решавања сличних или истоветних проблема везаних за начин отварања или откопавања рудника. Такође креирана је посебно за те сврхе апликација „Fuzzy-GWCS2“, којом се према методи фази оптимизације прорачуни олакшавају и која се може применити и за сличне проблеме код оцењивања критеријума и прорачуна оптималног решења методе откопавања у подземној експлоатацији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат, Сања Бајић, мастер инжењер заштите животне средине, је током израде дисертације овладао методологијом научно-истраживачког рада. Способан је за самостални научни рад што је показао реализацијом планираног истраживања од почетне идеје до завршетка докторске дисертације, као и објављивањем научних радова. Поред тога, објавила је и рад у часопису категорије M22.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Приликом прорачуна за обе дате методе вишекритеријумске оптимизације за избор оптималне методе подземног откопавања лежишта бакра коришћена је квалитативна оцена, односно скала вредновања за опис поређења парова елемената критеријума, подкритеријума и алтернатива. Код изучавања комплексних система као што су лежишта руда, коришћење хеуристичког приступа односно знање експерта, интуиција и искуство су од великог значаја због геологије, физичко-механичких особина стена као и због хидрогеолошких услова лежишта.

Применом научних метода у решавању проблема описаних у претходном делу текста очекује се битан напредак и постизање систематичности научног сазнања у области рударства, с обзиром на то да је метода фази логике релативно нова и да се тек шири њена примена у свим областима. Израда докторске дисертације представља допринос у увођењу фази приступа у рударству приликом доношења одлуке о оптималној методи откопавања подземних рудника.

У докторској дисертацији показано је да је коришћење метода FАHP и VIKOR од изузетног значаја за употребу у рударству, с обзиром да су критеријуми који су коришћени у потпуности засновани на субјективним мишљењима и искуствима експерата (рудара и геолога) која представљају веома битну чињеницу приликом подземне експлоатације рудника.

Генерално гледано, један од фактора који ограничава примену класичних метода код доношења одлука у рударству приликом одабира оптималне методе за откопавање рудника је честа недовољна расположивост података. Руднике, као комплексне геолошке системе, током експлоатације карактерише стална динамичност у смислу ширења рудника у

простору – и по димензијама у плану и по дубини, односно у профилу. Због оваквих чињеница, цео процес рударских активности захтева стално прилагођавање новонасталим условима током откопавања и експлоатацији руде. Допринос метода базираних на фази логици у науци код одлучивања састоји се у способности фокусирања на превазилажењу неизвесности које се јављају приликом одабира методе за експлоатацију руде.

С друге стране, у односу на друге методе у којима је укључена примена фази приступа, метода ФАНР се посебно одликује одређеним специфичним чињеницама, које су условиле предност примене ове методе приликом одабира оптималне алтернативе за избор метода откопавања подземне експлоатације. Због велике дубине залегања лежишта минералних сировина, као и непрецизних података који су карактеристични за такве геолошке системе, а који се огледају у немогућности тачног дефинисања свих физичких, механичких и геолошких услова у том систему, цео процес откопавања и експлоатације рудника захтева константно “учење” и превазилажење проблема који се јављају током активности на руднику. Метода ФАНР се карактерише по томе да се сваки проблем решава по хијерархији, поступно, до постизања постављеног циља. С друге стране, метода ФАНР се карактерише сталним “процесом” учења, затим дискусији експерата и процењивању приоритета приликом решавања проблема.

Самим тим, применом ФАНР методе, указано је на њене видове коришћења као квалитативне технике која се заснива на просуђивању, тј. оцењивању и искуству доносилаца одлука у вредновању информације, да би се дошло до оптималне одлуке између више постављених подземних метода откопавања.

Код класичне методе, као што је VIKOR за избор оптималне методе откопавања коришћено је квалитативно оцењивање за опис поређења парова елемената критеријума, подкритеријума и алтернатива, односно помоћу лингвистичких варијабли а што се огледа у хеуристичком приступу (знању експерта, интуицији, проценама и искуству).

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Очекује се да ће овај рад мотивисати даља истраживања која се тичу избора метода откопавања у различитим случајевима. Сprovedено истраживање указује на неопходност повезивања рударства са фази оптимизацијом, базираном на математици и психологији, уз доношење управљачке одлуке. Оваквим приступом, развијен је комплексан интердисциплинарни алгоритам који доприноси квалитетном и одрживом управљању проблематиком избора методе откопавања у подземној експлоатацији лежишта минералних сировина.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ кандидата Сање Бајић верификован је следећим публикацијама које су резултат примењених научних метода у истраживањима у току израде докторске дисертације:

M22 - Рад у истакнутом међународном часопису

Bajić S., Bajić D., Glušćević B., Ristić Vakanjac V. Application of Fuzzy Analytic Hierarchy Process to Underground Mining Method Selection. MDPI, Basel, Switzerland, *Symmetry* 2020., <https://doi.org/10.3390/sym12020192> (IF2019 = 2,645)

M24 - Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком

Бајић С., Гаћина Р., Урошевић К., Лутовац С., Анализа утицаја минирања са ПК „Манастириште“ – код Тополе на комплекс објеката манастира; Mining and Metallurgy Engineering Бор, Рударски институт Бор, стр. 9-18, Бор, Србија, јун 2/2016., ИСЧН:2334-8836

M14 - Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја

Glušćević B., **Bajić S.**, Possibilities of sustainable mining in Serbia. Modern way of thinking and planning, Sustainable development of resource-saving technologies in mineral mining and processing, Multi-authored monograph, University of Petroșani, Romania, pp. 102 -119., Romania, 2019., ISBN 978-973-741-622-3

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

Bajić S., Glušćević B., Analysis of influence of blasting at open pit mines on surrounding built objects and environment, International scientific and technical internet conference “Inovative development of resource – saving technologies of mineral mining and processing”, University of Petrosani Romania, pp. 82-85., Romania, December 2018., ISBN 978-973-741-616-2

Bajić S., Glušćević B., Bajić D. Application of multi-criteria decision-making in selection of an underground mining method. 2nd International Scientific and Technical Internet Conference “Innovative Development of Resource-Saving Technologies of Mineral Mining and Processing”, Book of Abstracts. University of Petroșani, Romania, pp. 34-37, 2019., ISBN 978-973-741-663-9

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Кандидат Сања Бајић, запослена је на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије од марта 2016. год. као истраживач-приправник. Од јануара 2020. год. запослена је као истраживач-сарадник. У периоду од уписа на докторске академске студије до данас објавила је укупно 21 рад који су прошли научну верификацију, при чему је један рад публикован у научном часопису међународног значаја (категорије „M22“).

Докторска дисертација кандидата Сање Бајић под називом „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ представља савремен приступ проблематици истраживања у научној области „рударско инжењерство“, односно ужој области „подземна експлоатација лежишта минералних сировина“, и представља оригинално научно дело. На основу приказаних резултата и њихове анализе, може се констатовати да је кандидат остварио у потпуности циљеве и хипотезе који су постављени у докторској дисертацији.

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације закључује да је урађена докторска дисертација кандидата Сање Бајић 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.

На основу изнесених чињеница, Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација кандидата Сање Бајић, под називом „Модел за комплексно третирање ефеката подземне експлоатације лежишта минералних сировина у циљу подршке одлучивању“ прихвати као успешно завршена докторска дисертација и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, а да се након тога кандидат позове на усмену јавну одбрану пред истом Комисијом.

У Београду,
28.05.2020. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Бранко Глушчевић, ванредни професор
Универзитета у Београду -Рударско-геолошки факултет

Др Весна Ристић Вакањац, редовни професор
Универзитета у Београду -Рударско-геолошки факултет

Др Радоје Пантовић, редовни професор
Универзитета у Београду - Технички факултет у Бору