

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 Александар (Миљан) Додеровић, маг. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму Рударско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом: „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина“

из научне области: Рударско инжењерство

Универзитет је дана 10.10.2022. године својим актом под бр. 61206-3872/2-22 дао сагласност на предлог теме

докторске дисертације која је гласила: „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације образована је на седници одржаној 18.04.2024. год.

одлуком факултета под бр. 1/144, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. др Дејан Стевановић, ванр. проф.	Пројектовање и планирање површинских копова	Рударско-геолошки факултет у Београду	
2. др Владимир Чебашек, ред. проф.	Механика стена	Рударско-геолошки факултет у Београду	
3. др Томислав Шубарановић, ванр. проф.	Површинска експлоатација леж. мин. сировина	Рударско-геолошки факултет у Београду	
4. др Даниел Кржановић, виши научни сарадник	Техничко-технолошке науке-Рударство	Институт за рударство и металургију, Бор	
5.			

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 27.06.2024. године

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Биљана Аболмасов

- Прилог:
- Реферат комисије са предлогом
 - Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању реферата
 - Примедбе дате у току стављања реферата на увид јавности, уколико је таквих примедби било
 - 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 21.10.2021. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Александру Додеровићу, маг. инж. рударства**, на студијском програму Рударско инжењерство, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- 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 22.09.2022. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Александру Додеровићу, маг. инж. рударства**, тема под насловом *"Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина"*, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- 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 19.10.2023. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Александру Додеровићу, маг. инж. рударства**, тема под насловом *"Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина"*, највише до троструког броја школских година потребних за реализацију студијског програма.

Д Е К А Н

др Биљана Аболмасов, ред. проф.

Достављено:

- Ментору
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 67. и 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 53. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 27.06.2024. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Александра Додеровића, маг. инж. рударства**, под насловом *„Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина“*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 10.10.2022. 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:
 - А. Doderović, S.-M. Doderović, S. Stepanovic, M. Banković i D. Stevanović, „Hybrid Model for Optimisation of Waste Dump Design and Site Selection in Open Pit Mining,“ Minerals, t. 13, p. 1041, 2023. <https://doi.org/10.3390/min13111401>; M20;
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Дејан Ставановић, ванр. проф.; др Владимир Чебашек, ред. проф.; др Томислав Шубарановић, ванр. проф.; др Даниел Кржановић, виши научни сарадник 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 Биљана Аболмасов, 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: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Александра Додеровића

Одлуком Наставно-научног већа, Рударско-геолошког факултета бр. 1/144 од 22.04.2024. године, донете на седници од 18.04.2024. именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Александра Додеровића, мастер инжењер рударства** под насловом

**Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре
одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта
минералних сировина**

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

ИЗВЕШТАЈ

1 УВОД

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Александар Додеровић, мастер инжењер рударства пријавио је 20.06.2022. године (број пријаве 1/122) тему докторске дисертације на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду, под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта

минералних сировина“. Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду број 1/131 од 30.06.2022. године, са седнице одржане 30.06.2022.год, именована је Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације, у саставу:

- 1 Проф. др Дејан Стевановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
- 2 Проф. др Томислав Шубарановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
- 3 Проф. др Владимир Чебашек, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
- 4 др Мирјана Банковић, доцент,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
- 5 др Даниел Кржановић, виши научни сарадник
Институт за рударство и металургију Бор

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 22.09.2022. године донело је одлуку број 1/242 од 27.09.2022.год, којом се усваја извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Александра Додеровића, мастер инжењера рударства и одобрава израда докторске дисертације под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина“, а за ментора именује Проф. др Дејан Стевановић, ванредни професор.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 10.10.2022. године донело је одлуку број 61206-3872/2-22 којом се даје сагласност на предлог теме кандидата Александра Додеровића, под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина“ и потврђује менторство ванредном професору Проф. др Дејану Стевановићу.

Кандидат Александар Додеровић, мастер инжењер рударства је 27.03.2024. године поднео молбу број 1/96 за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина“. Катедра за планирање и пројектовање површинских копова упутила је допис број 1/97 од 27.03.2024. године Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду са предлогом Комисије за оцену докторске дисертације у саставу:

- 1 Проф. др Дејан Стевановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
- 2 Проф. др Владимир Чебашек, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет
- 3 Проф. др Томислав Шубарановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

4 др Даниел Кржановић, виши научни сарадник,
Институт за рударство и металургију Бор

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на седници одржаној 18.04.2024. године донело је одлуку број 1/144 од 22.04.2024. године којом се потврђује предлог матичне Катедре и именује Комисија за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације, чиме су испуњени услови за писање предметног Извештај о урађеној докторској дисертацији.

1.2 Место дисертације у одговарајућој научној области

Докторска дисертација "Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина" припада области техничких наука, научној области „Рударство“, односно ужој научној области „Пројектовање и планирање површинских копова“ за коју је матичан Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду.

За ментора ове докторске дисертације именован је Проф. др Дејан Стевановић, ванредни професор Рударско–геолошког факултета. Велико научно искуство које ментор поседује, је валоризовано кроз велики број објављених научних радова из области планирања површинских копова и транспортних система експлоатације на површинским коповима, поред тога значајно искуство у раду са привредом, ментора додатно чини компетентним за вођење кандидата при изради ове докторске дисертације под претходно наведеним називом.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Александар Додеровић рођен је 3. октобра 1991. године у Требињу. Основну школу завршио је 2006. године после чега уписује средњу стручну школу смер рударски техничар у Гацку. Након завршене средње школе 2010. године уписује Рударско – геолошки факултет, Универзитета у Београду, смер Рударско инжењерство, модул Површинска експлоатација лежишта минералних сировина.

Основне академске студије је завршио 2014. године одбраном завршног рада на тему „Развој унутрашњег одлагалишта ПК Дрмно“. Просечна оцена на основним студијама је 8.98. Исте године је уписао мастер академске студије на Рударско – геолошком факултету, Универзитета у Београду, на смеру Рударско инжењерство, модул Површинска експлоатација лежишта минералних сировина. Одбраном мастер рада на тему „Верификација комбинованог транспортног система на ПК Бувач“ завршио је мастер студије 2015. године са просечном оценом 10.0. За успех на мастер студијама добио је награду за најбољег студента у генерацији 2014/2015.

Од 2015. године запослен у Институту за рударство и металургију Бор у одељењу Угаљ инжењеринг. У том периоду учествовао је, као сарадник и аутор, у изради више студијских решења и рударских пројеката и био је ангажован на примени савремених програмских пакета из области рударства и геологије.

У школској 2015/2016 кандидат је уписао докторске студије на Рударско – геолошком факултет, Универзитета у Београду.

Александар Додеровић је у звању истраживача приправника од 2016. године и звању истраживача сарадника од 2020. године и учествује у реализацији научно истраживачког пројекта „Развој напредних материјала и технологија за мултифункционалну примену заснованих на еколошком знању“ (Пројекат ТР 34005) који се финансира од стране Министарства за науку и технолошки развој Републике Србије, у оквиру програма истраживања у области технолошког развоја.

2 ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Структура и садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина“ кандидата Александра Додеровића написана је на српском језику ћириличним писмом на 113 стране формата А4, садржи 52 слике, 4 табеле и 113 литературних јединица.

Структуру докторске дисертације чини 7 поглавља са више подпоглавља:

1. Увод
2. Преглед литературе
3. Технолошка фаза одлагања јаловинског материјала
4. Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта
5. Пример употребе развијеног хибридног модела на металичном лежишту
6. Закључак и препоруке за даљи рад
7. Литература

Докторска дисертација садржи Сажетак, Садржај, Списак слика, Списак табела, Изјаву захвалности, Биографију, Изјаву о ауторству, Изјаву о истовестности штапане и електронске верзије докторског рада и Изјаву о коришћењу.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Целокупна дисертација је подељена у 7 поглавља у складу са постављеним циљевима и примењеном методологијом. Свако поглавље се састоји из више потпоглавља у складу са комплексношћу обрађеног дела дисертације.

У првом, уводном поглављу дат је кратак приказ и преглед проблематике која је у фокусу дисертације, кратак опис хибридног модела и примењених метода, али и осврт на дефинисан циљ и основну хипотезу дисертације.

У другом поглављу дисертације дат је кратак преглед актуелних истраживања и коришћене литературе у области одлагања јаловине и откривке на површинским коповима. Такође, приказана је и примена савремених метода оптимизације за целокупан процес одлагања (са посебним освртом на стохастичке методе), као и

појединачне делове који се односе на избор локације одлагалишта, дефинисање дизајна и смањење трошкова одлагања.

У трећем поглављу дисертације приказан је опис технолошке фазе одлагања, од момента избора локације одлагалишта и анализе утицајних фактора, до фаза рекултивације и осврта на утицај одлагалишта на животну средину. Посебно место у поглављу припало је и делу који се односи на поделу одлагалишта, основне геометријске елементе одлагалишта, технологију одлагања и процес формирања одлагалишта. У склопу овог поглавља приложен је већи број фотографија историјских или тренутно актуелних објеката, прикупљен у дужем временском периоду. У поглављу је додатно апострофиран значај и у пракси често присутно неправедно запостављање процеса одлагања.

У четвртном поглављу дисертације дате су теоретске основе и детаљан опис развоја хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта. Поред циља и задатка модела, у посебном потпоглављу приказане су и описане коришћене методе које су интегрисане и представљају саставни део хибридног модела. У посебном делу четвртог поглавља дат је детаљан опис структуре хибридног модела, редослед радњи и поступака, а дат је и детаљан опис под којим условима и на који начин се примењују одређене методе.

У петом поглављу дисертације приказана је примена хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у реалним условима (површински коп Бувач, ArcelorMittal доо Приједор). Кроз дату студију случаја на реалном примеру, детаљно је описан начин примене, како целокупног формираног хибридног модела, тако и појединачних делова модела, односно примена сваке методе у саставу модела. Опис начина на који функционише модел обухватио је и целокупан низ припремних радњи за обрађивани пример, али и сет општих препорука. Како би се што боље објаснио начин функционисања модела, приказали његове предности и робусност (универзалност) сценарио студије случаја је обухватио широку лепезу утицајних фактора. На овај начин кроз приказани пример извршена је верификација функционалности формираног хибридног модела.

У шестом поглављу дисертације изнет је стручни закључак целокупне дисертације и остварених резултата, уз осврт на остварене научне и практичне доприносе, како целокупне дисертације, тако и самог модела. Поред изнетих закључака формираних на основу остварених резултата, у склопу овог поглавља дате су и препоруке за наставак научно-истраживачког рада како би се развијени хибридни модел у будућности унапредио.

У седмом поглављу дисертације дат је списак коришћене литературе у дисертацији. Литература је побројана у складу са редоследом појављивања у дисертацији.

3 ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост, оригиналност и значај

Докторска дисертација кандидата Александра Додеровића, мастер инжењера рударства под називом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина” је савремен и иновативан научни рад у области стратешког пројектовања и планирања одлагалишта откривке и јаловине, што суштински представља напредак у области стратешког пројектовања и планирања површинских копова, али и целокупне површинске експлоатације лежишта минералних сировина.

Површинска експлоатација лежишта минералних сировина је незамислива без претходног откопавања потребних количина откривке и јаловине, које је неопходно одложити на начин да не угрожава будућу експлоатацију и животну средину. Избор локације одлагалишта и његовог дизајна у великој мери може да се одрази на целокупан систем експлоатације, првенствено из разлога што рад са откривком и јаловином генерише највећи део трошкова површинске експлоатације. Избор правремене и исправне одлуке, која се неретко доноси у раним фазама израде рударског пројекта када је поузданост и доступност података веома мала може да има кључан утицај на економичност и успешност рударске активности.

Досадашња пракса је показала да се процес оптимизације одлагалишта заснива на анализи једног (или пар) водећих критеријума, са великим упливом субјективности при доношењу одлуке. Унапређење постојећег поступка оптимизације одлагалишта кроз предметну дисертацију реализовано је интегралним приступом, односно на начин који обухвата све значајне и потенцијално значајне факторе на сегмент одлагања, као и битне чиниоце пројекта.

Реализацију задатог циља тј. формирање модела за оптимизацију одлагалишта, у условима широке лепезе утицајних фактора (интегрални приступ), није било могуће реализовати коришћењем појединачне оптимизационе методе. Из овога разлога, неопходно је било, поред основне оптимизационе методе, укључити и одређен број додатних метода које елиминису недостатке (или немогућности) основне методе за оптимизацију. У складу са тим развијен је хибридни модел заснован на примени више савремених и верификованих математичких метода способан за интегрални приступ решавању проблема оптимизације одлагалишта.

Главна метода у моделу, односно метода којом је реализован процес оптимизације је генетски алгоритам. Сама по себи ова метода је довољна и погодна за реализацију процеса оптимизације, али не и за реализацију интегралног приступа у циљу оптимизације одлагалишта. Из овог разлога у модел је уведена метода вишекритеријумског одлучивања (конкретно АНР) како би се избегла субјективност приликом процене свих релевантних фактора који утичу на формирање одлагалишта. Овом кораку претходило је прикупљање података и опширна анализа, која је саставни део целокупног истраживања. За насумични избор потенцијалних решења и вредности елемента одлагалишта који се оптимизују, примењена је симулациона метода Monte

Carlo. На самом крају модел генерише вишеструке оптимизоване контуре одлагалишта, тј. ограничени скуп резултата из којих се хеуристичком обрадом бира оптимално решење.

Значај ове докторске дисертације огледа се у формираном хибридном моделу и могућности његове примене у реалним условима што је приказано и у дисертацији кроз студију случаја и у публикованом раду. Поред тога што је доказана функционалност, применом методологије која је коришћена у формираном моделу могуће је идентификовати и квантификовати битне параметре приликом конструкције оптималне контуре одлагалишта површинских копова, смањити ниво субјективности приликом доношења одлука, а тиме и ниво грешке. Такође, могуће је у задатим условима обезбедити генерисање оптималне завршне контуре одлагалишта и то све урадити за знатно краће време и самим тим олакшати процес пројектовања.

Целокупно истраживање је реализовано сагледавајући савремени приступ процеса оптимизације завршне контуре одлагалишта како би се обезбедила ефикасна и одржива површинска експлоатација лежишта минералних сировина.

На основу свега наведеног може се закључити да су испуњени критеријуми савремености и оригиналности докторске дисертације кандидата Александра Додеровића, мастер инжењера рударства под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина”.

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма "iThenticate" којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина”, кандидата Александра Додеровића, мастер инжењера рударства, **констатујемо да је утврђено подударање текста које износи 2 %.**

Овај степен подударности односи се на подударања са називом референци, (што је неминовна последица структуре сваке дисертације), као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације, што је у складу са чланом 9. овог Правилника. Имајући у виду да је кандидат током писања докторске дисертације узео у обзир све академске норме у погледу навођења и цитирања литературних извора, Комисија сматра да докторска дисертација представља у потпуности резултат оригиналног научно-истраживачког рада кандидата.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом израде докторске дисертације коришћено је 113 литературних јединица које су директно или индиректно везане за тему докторске дисертације. Спектар коришћених литературних јединица је веома широк и обухватио је публикације у чијем су фокусу рада одлагалишта или сам процес одлагања у потпуности или делимично. Свакако већи део литературних јединица обрађују процес одлагања и формирања одлагалишта, са нарочитим освртом на оптимизацију контуре одлагалишта кроз избор најповољније

локације и самог дизајна одлагалишта, али и утицај одлагалишта на животну средину. Такође, кроз анализу литературе у дисертацији је са посебном пажњом обрађена примена савремених метода и њихово интегрисање у модел за оптимизацију одлагалишта.

Кандидат Александар Доодеровић, мастер инжењера рударства је током свог истраживачког рада и израде докторске дисертације објавио више радова из предметне научне области рударско инжењерство, као и из области пројектовања и планирања површинских копова на основу чега се може потврдити да је упознао и проучио значајан део релевантне литературе која се односи на истраживања из области која ја тема докторске дисертације.

3.3 Анализа примењених научних метода и њихова адекватност

Изабране методе које су коришћене у дисертацији прилагођене су проблематици која је у фокусу дисертације, као и у складу са постављеним циљевима дисертације како би било могуће формирати модел за оптимизацију завршне контуре одлагалишта са применом интегралног приступа у решавању проблема. Сходно томе у докторској дисертацији су примењене следеће методе:

- **Теоријска анализа** – је коришћена за проучавање досадашњих сазнања и најновијих резултата везаних за оптимизацију одлагалишта у површинској експлоатацији. На бази спроведеног истраживања у дисертацији дат је преглед примене савремених метода за оптимизацију које су коришћене приликом обраде сличних проблема, али и примери приступа и методологије решавања сличних проблема.
- **Метода вишекритеријумског одлучивања АНР** у моделу је коришћена како би се извршило рангирање различитих фактора у складу са њиховим утицајем на формирање одлагалишта. Поред рангирања битан сегмент примене АНР методе се односио на евалуацију и вредновање утицајних фактора, како би се омогућила њихова примена у моделу.
- **Метода (симулација) Monte Carlo** коришћена је у два наврата у моделу и то за насумично генерисање почетних решења (иницијална популација у даљем процесу оптимизације), као и за насумично генерисање вредности елемената одлагалишта која се оптимизују (варијабли).
- **Генетски алгоритам** представља главну методу за оптимизацију која је коришћена у развијеном хибридном моделу. Резултати рада претходно поменутих метода су сублимирани и уграђени у засебне делове генетског алгоритма уз чију помоћ се реализује процес оптимизације. Оптимизација се спроводи у складу са дефинисаним ограничењима и на изабраним варијаблама (изабраним елементима одлагалишта), док се вредновање генерисаних одлагалишта врши на основу вредности функције циља, односно конкретно минимизацији трошкова одлагања једног m^3 јаловине за сваку генерисану контуру одлагалишта.

- **Хеуристичка обрада** – је метода која се последња користи у процесу генерисања оптималног решења одлагалишта, а њен основни задатак је да из скупа генерисаних оптимизованих решења на основу стручног искуства инжењера изврши избор и пројектовање изводљивог дизајна одлагалишта.

3.4 Оцена применљивости остварених резултата

Могућност примене формираног модела и дефинисане методологије рада приказана је у дисертацији кроз студију случаја. Резултати симулационог експеримента указују да је применом формираног хибридног модела у синтези са хеуристичком обрадом генерисаних решења могуће доћи до решења која су реална и просторно и технички изводљива. На овај начин се доприноси повећању поузданости резултата на бази истовремене евалуације више утицајних фактора.

Примена модела и методологије за рад на било ком другом реалном примеру је могућа уз измену модела и детаљну анализу услова који владају на датој локацији. Такође примењена методологија, као и развијена хибридна функционалност модела, применљива је и ван области рударства и може се користити за оптимизацију контура сличних индустријских објеката као што су: депоније индустријског отпада, привремене депоније, депоније у процесу контроле квалитета, итд.

3.5 Оцена способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Александар Додеровић, мастер инжењер рударства 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 с обзиром на своју мултидисциплинарност и релативно малу заступљеност у стручној, а посебно научној јавности, захтевала је изражену аналитичност и систематичност у раду, али и дозу иновативности приликом решавања проблема. Кандидат је при томе у потпуности искористио своје искуство које је стекао у досадашњем истраживачком и пројектантском раду у овој научној области. На основу вишегодишњег рада и приказаних резултата 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, као и праћењем рада кроз цело школовање и израду предметне докторске дисертације закључујемо да је кандидат способан за даљи самосталан научно-истраживачки рад.

4 ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Фокус докторске дисертације и спроведеног истраживања односи се на тематику за коју се са правом може рећи да је неправедно занемарена, али чији утицај на процес површинске експлоатације лежишта минералних сировина значајан, па чак потенцијално и пресудан. Кроз истраживање и рад на дисертацији са великом детаљношћу је обрађен део који се тиче саме оптимизације, односно примене научних

метода у циљу оптимизације завршне контуре одлагалишта. Поред математички прецизног описа процеса оптимизације приметан је труд који је уложен у дефинисање целокупне методологије одлагања јаловине, односно инкорпорације широке лепезе утицајних фактора у циљу формирања интегралног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта.

На основу реализованих истраживања у оквиру дисертације остварен је научни допринос који се огледа кроз следеће:

- Потврђена је могућност примене метода за оптимизацију као што је генетски алгоритам за потребе решавања комплексних проблема из области рударства, конкретно при дефинисању оптималне контуре одлагалишта, као и могућност његовог координисаног рада са другим методама у склопу хибридног модела,
- Извршена је идентификација и квантификација битних параметара при конструкцији оптималне контуре одлагалишта површинског копа,
- Кроз математички дефинисану функцију циља, развијен је принцип једнозначног рангирања сета формираних решења, односно генерисаних контура одлагалишта, на основу интегралног обухваћеног скупа улазних параметара,
- Формиран је модел којим је могуће генерисати решења у аналитичком и графичком облику тј. оптималне (или блиске оптималној) завршне контуре одлагалишта за задати низ критеријума. На овај начин смањен је, у пракси широко присутан, ниво субјективности, а тиме и ниво грешке, у процесу стратешког и инвестиционог планирања површинске експлоатације,
- Смањен је број потребних инжењерских сати рада тј. време ангажовања стручних лица и самим тиме је олакшан и процес пројектовања и планирања.

Овако конципиран научно-истраживачки рад има оправданост и може представљати значајан научни и инжењерски допринос. Резултати овог рада могу бити примењени за даљи развој и унапређење науке и струке из домена планирања и пројектовања процеса површинске експлоатације лежишта минералних сировина.

У практичном смислу, резултати истраживања могу омогућити значајно смањење трошкова експлоатације минералних сировина и потенцијално актуелизовати одређене рударске пројекте који су у старту одбачени јер нису успели да на економски, технолошки или еколошки оправдан начин, обезбеде успешну, технолошку операцију одлагања јаловине (што је релативно чест проблем у рударској пракси тј. индустрији).

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Приказани научни рад имао је за циљ да формира хибридни модел за оптимизацију дизајна одлагалишта (облик и локацију) обухватајући све утицајне факторе на формирање одлагалишта.

Истраживање које је спроведено у дисертацији базирано је на примени генетског алгоритма за оптимизацију завршне контуре одлагалишта и примени интегралног

приступа приликом оптимизације завршне контуре одлагалишта откривке и јаловине. Примена генетског алгоритма у дисертацији се свела на процес оптимизације, с тим да је метода Monte Carlo коришћена за насумично генерисање почетне популације решења и насумично генерисање вредности елемената, односно варијабли, који се оптимизују. Резултати који су генерисани представљају реална решења која су примењива у пракси. За дефинисање крајњег изгледа одлагалишта генерисана решења су подвргнута процесу хеуристичке обраде, тако да је у том кораку конструисано одлагалиште са етажама и рампама.

Интегрални приступ је реализован кроз процес анализе, вредновања и валоризације утицајних и потенцијално утицајних фактора који владају у датим околностима (у студији случаја). За потребе вредновања и валоризације коришћена је метода вишекритеријумског одлучивања АНР. Резултати ове методе су интегрисани у различите делове модела и представљају значајно унапређење у процесу оптимизације и процене вредности генерисаних решења.

На основу прегледа докторске дисертације и увида у полазне хипотезе, постављене циљеве истраживања и коришћену релевантну литературу, као и сагледавања научних истраживања из области докторске дисертације, Комисија констатује да је кандидат у потпуности спровео планирано истраживање и реализовао постављене циљеве пријавом докторске дисертације. Добијени резултати су оригинални и применљиви у пракси.

Констатује се да би примена презентованог модела омогућила да се приликом пројектовања дизајна одлагалишта изврши идентификација и квантификација битних параметара при конструкцији оптималне контуре одлагалишта површинског копа, смањи ниво субјективности, а тиме и ниво грешака и за знатно краћи временски период уз уштеду потребних инжењер сати, генерише оптимална или приближно оптимална завршна контура одлагалишта. На овај начин се утиче и на ниво трошкова одлагања јаловине, чиме се у значајној мери побољшава квалитет целокупног рударског пројекта.

4.3 Верификација научних доприноса

Научни допринос из области истраживања спроведеног у оквиру ове докторске дисертације је верификован са научним радом који је објављен у међународном часопису категорије M22 на коме је кандидат првопотписани аутор.

У наставку је дат приказ радова који верификују рад кандидата у области истраживања докторске дисертације:

Категорија M20

A. Doderović, S.-M. Doderović, S. Stepanovic, M. Banković i D. Stevanović, „Hybrid Model for Optimisation of Waste Dump Design and Site Selection in Open Pit Mining,“ *Minerals*, t. 13, p. 1041, 2023. <https://doi.org/10.3390/min13111401>

Категорија M51

S. Stepanović, N. Stanić, A. Doderović i N. Marković, „Selection the variant technical solution of the transport and service road to the eastern external landfill and collective water collector,“ *Mining and Metallurgy Engineering Bor*, pp. 19-30, 2019.
<https://scindeks.ceon.rs/Article.aspx?artid=2334-88361901019S>

Категорија M33

Doderović, S. Stepanovic, N. Stanić, M. Gomilanović, „Analysis of the tandem work of spreader and dragline on the landfill of the open pit“ *The 50th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, Bor, Serbia*, pp.77-80. 2018.
<https://ioc.irmbor.co.rs>

5 ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Александра Додеровића, мастер инжењера рударства под називом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина” је савремен и иновативан научни рад у области стратешког пројектовања и планирања одлагалишта откривке и јаловине. Суштински, научни рад представља напредак у области стратешког пројектовања и планирања површинских копова, али и целокупне површинске експлоатације лежишта минералних сировина. Након увида у Образложење предлога теме докторске дисертације, као и у сам текст дисертације може се констатовати да је аутор у свом научном раду у потпуности одговорио на постављене циљеве и доказао дефинисане полазне хипотезе.

На основу прегледа докторске дисертације Комисија за оцену докторске дисертације закључује да докторска дисертација кандидата Александра Додеровића, мастер инжењера рударства, под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина” испуњава све законске услове за јавну одбрану. Комисија закључује да је докторска дисертација урађена према свим стандардима о научно-истраживачком раду и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Рударско-геолошког факултета и критеријуме које је прописао Универзитет у Београду. Комисија констатује да докторска дисертација има значајну научну вредност и иновативан приступ са аспекта оптимизације завршне контуре одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина. На основу представљених резултата истраживања целокупног процеса оптимизације, а нарочито у делу који се тиче оптимизације одлагалишта и приказаних резултата симулационог експеримента, могуће је применити приказани модел приликом процеса стратешког планирања и пројектовања целокупног система површинске експлоатације.

На основу горе наведеног Комисија за оцену докторске дисертације предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под насловом „Развој хибридног модела за оптимизацију завршне контуре

одлагалишта у површинској експлоатацији лежишта минералних сировина” кандидата Александра Додеровића, мастер инжењера рударства, прихвати, изложи на увид јавности и даље у складу са процедуром упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, након чега би се приступило јавној одбрани докторске дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду 24.04.2024.

**Проф. др Дејан Стевановић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет**

**Проф. др Владимир Чебашек, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет**

**Проф. др Томислав Шубарановић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет**

**др Даниел Кржановић, виши научни сарадник
Институт за рударство и металургију Бор**
