

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 одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ Лука (Рајко) Црногорац, маг. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)студент докторских студија на студијском програму Рударско инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформације“из научне области: Рударско инжењерствоУниверзитет је дана 10.12.2021. год. својим актом под бр. 61206-4862/2-21 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:**„Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформације“**Име и презиме ментора Др Раде Токалић, ред проф.Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 25.05.2023. год. одлуком факултета под бр. 1/151, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. <u>др Сузана Лутовац, ванр. проф.</u>		Рударски радови, израда подземних просторија и рударски материјали	Рударско-геолошки факултет у Београду
2. <u>др Милош Глигорић, доц.</u>		Рударски радови, израда подземних просторија и рударских радова	Рударско-геолошки факултет у Београду
3. <u>др Радоје Пантовић, ред. проф.</u>		Рударство и геологија	Технички факултет у Бору
4. _____			
5. _____			

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности: 12.06.2023. год.

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана: 21.09.2023. год.

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 21.09.2023. год.

одлуком факултета под бр. 1/272 , у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1. др Сузана Лутовац, ванр. проф.		Рударски радови, израда подземних просторија и рударски материјали	Рударско-геолошки факултет у Београду
2. др Милош Глигорић, доц.		Рударски радови, израда подземних просторија и рударски материјали	Рударско-геолошки факултет у Београду
3. др Радоје Пантовић, ред. проф.		Рударство и геологија	Технички факултет у Бору
4.			
5.			

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Биљана Аболмасов

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

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 21.09.2023. године, донело је

О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија на лични захтев **Луки Црногорацу, магист. инж. руд.**, тема под насловом *„Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“*, 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 40. Закона о високом образовању, члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 43. и 44. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.09.2023. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену докторске дисертације **Луке Црногорац, магист. инж. рударства**, тема под насловом „*Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација*“, уз образложење да је завршена докторска дисертација у складу са одобреном темом, као и да наводи садржани у извештају потврђују да су се стекли услови за одбрану докторске дисертације.
2. Универзитет у Београду је дана 10.12.2021. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Радови из научног часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - Crnogorac, L.; Lutovac, S.; Tokalić, R.; Gligorić, M.; Gligorić, Z. Steel Arch Support Deformations Forecast Model Based on Grey–Stochastic Simulation and Autoregressive Process. Appl. Sci. 2023, 13, 4559. <https://doi.org/10.3390/app13074559>; IF = 2,838; (M22);
 - Crnogorac, L.; Tokalić, R.; Gligorić, Z.; Milutinović, A.; Lutovac, S.; Ganić, A. Gate Road Support Deformation Forecasting Based on Multivariate Singular Spectrum Analysis and Fuzzy Time Series. Energies 2021, 14, 3710. <https://doi.org/10.3390/en14123710>; IF = 2,702; (M22).
4. Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације именованог у саставу: др Сузана Лутовац, ванр. проф.; др Милош Глигорић, доц.; др Радоје Пантовић, ред. проф. Универзитета у Београду – Технички факултет у Бору.
5. Комисија за одбрану бира председника из реда својих чланова.
6. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
7. 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

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: др Сузана Лутовац

Звање: ванредни професор, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за одбрану докторске дисертације:

1. Crnogorac, L., **Lutovac, S.**, Tokalić, R., Gligorić, M., & Gligorić, Z. (2023). Steel Arch Support Deformations Forecast Model Based on Grey–Stochastic Simulation and Autoregressive Process. *Applied Sciences*, 13(7), 4559.
2. Crnogorac, L., Tokalić, R., Gligorić, Z., Milutinović, A., **Lutovac, S.**, & Ganić, A. (2021). Gate Road Support Deformation Forecasting Based on Multivariate Singular Spectrum Analysis and Fuzzy Time Series. *Energies*, 14(12), 3710.
3. Gligorić, M. V., Gligorić, Z. M., Beljić, Č. R., **Lutovac, S. M.**, & Damnjanović, V. M. (2019). Long-term room and pillar mine production planning based on fuzzy 0-1 linear programming and multicriteria clustering algorithm with uncertainty. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019.
4. Gligoric, Z., Kricak, L., Beljic, C., **Lutovac, S.**, & Milojevic, J. (2014). Evaluation of underground zinc mine investment based on fuzzy-interval grey system theory and geometric Brownian motion. *Journal of Applied Mathematics*, 2014.
5. **Lutovac, S.**, Gluščević, B., Tokalić, R., Majstorović, J., & Beljić, Č. (2018). Models of Determining the Parameters of Rock Mass Oscillation Equation with Experimental and Mass Blastings. *Minerals*, 8(2), 70.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Биљана Аболмасов

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: др Милош Глигорић

Звање: доцент, Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за одбрану докторске дисертације:

1. Crnogorac, L., Lutovac, S., Tokalić, R., **Gligorić, M.**, & Gligorić, Z. (2023). Steel Arch Support Deformations Forecast Model Based on Grey–Stochastic Simulation and Autoregressive Process. *Applied Sciences*, 13(7), 4559.
2. Urošević, K., Gligorić, Z., Miljanović, I., Beljić, Č., & **Gligorić, M.** (2021). Novel methods in multiple criteria decision-making process (Mcrat and raps)—Application in the mining industry. *Mathematics*, 9(16), 1980.
3. Gligorić, Z., **Gligorić, M.**, Halilović, D., Beljić, Č., & Urošević, K. (2020). Hybrid stochastic-grey model to forecast the behavior of metal price in the mining industry. *Sustainability*, 12(16), 6533.
4. **Gligorić, M. V.**, Gligorić, Z. M., Beljić, Č. R., Lutovac, S. M., & Damjanović, V. M. (2019). Long-term room and pillar mine production planning based on fuzzy 0-1 linear programming and multicriteria clustering algorithm with uncertainty. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019.
5. Polomčić, D., Gligorić, Z., Bajić, D., **Gligorić, M.**, & Negovanović, M. (2019). Multi-criteria fuzzy-stochastic diffusion model of groundwater control system selection. *Symmetry*, 11(5), 705.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Биљана Аболмасов

ПОДАЦИ О ЧЛАНУ КОМИСИЈЕ:

Име и презиме: др Радоје Пантовић

Звање: редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору

Списак радова који квалификују за учешће у Комисији за одбрану докторске дисертације:

1. Stojadinović S., Lilić N., **Pantović R.**, Žikić M., Denić M., Čokorilo V., Svrkota I., Petrović D.: *A New Model for Determining Flyrock Drag Coefficient*, - International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol 62, 2013, pp. 68-73. [IF(2012) = 1,200, ISSN 1365-1609]
2. S. Stojadinović, M. Žikić, **R. Pantović**, I. Svrkota, D. Petrović, High slope waste dumps – a proven possibility. Acta Montanistica Slovaca, 18 (1), (2013), 40 – 51. [ISSN: 1335-1788; IF(2012)=0,094; Mining & Mineral processing 19/20]
3. S. Stojadinović, **R. Pantović**, M. Žikić, G. Stojanović, FEM Comparison of crack response to blasting ground vibrations and environmental changes, Acta Montanistica Slovaca 19 (4), (2014), 175 – 81. [ISSN: 1335-1788; IF(2014)=0,329; Mining & Mineral processing 18/20]
4. Radojica Lapčević, Srđan Kostić, **Radoje Pantović**, Nebojša Vasović, Prediction of blast-induced ground motion in a copper mine, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 69, July 2014, Pages 19-25
5. S. Stojadinović, N. Lilić, I. Obradović, **R. Pantović**, M. Denić, Prediction of flyrock launch velocity using artificial neural networks, Neural Comput & Applic, 27 (2), (2016), 515 – 24. [ISSN: 0941-0643; IF(2016)=2,505; Computer Science, Artificial Intelligence53/123]

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Биљана Аболмасов

НАСТАВНО – НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства

Одлуком Наставно – научног већа Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду, бр. 1/151 од 29.05.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства, под називом

**Стратешко планирање функционалности подземних просторија
моделом прогнозе деформација**

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

- 08.10.2021. године, кандидат Лука Црногорац поднео је пријаву теме докторске дисертације Наставно – научног већа Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду (одлука бр. 1/342) уз молбу да се спроведе поступак за оцену подобности теме, кандидата и предложеног ментора др Радета Токалића, редовног професора Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду;
- 27.10.2021. године, Наставно – научно веће Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду именовало је Комисију за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације под насловом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“ у саставу: проф. др Раде Токалић, редовни професор, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки

факултет Сузана Лутовац, ванредни професор, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Милош Глигорић, доцент, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет и др Милош Миленковић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет (одлука бр. 1/408 од 27.10.2021. године);

- 15.11.2021. године, Именована комисија упутила је Извештај о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду (евиденциони бр. 1/441 од 15.11.2021.)
- 29.11.2021. године, Наставно – научно веће Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду донело је одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Луке Црногорца, мастер инжењер рударства оцену подобности кандидата, теме за израду докторске дисертације (одлука бр. 1/463 од 29.11.2021. године);
- 29.11.2021. године, Наставно – научно веће Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду донело је одлуку да се именованом одобрава израда докторске дисертације под насловом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“ (одлука бр. 1/463 од 29.11.2021. године);
- 29.11.2021. године, Наставно – научно веће Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду донело је одлуку о именовању ментора др Радета Токалића, редовног професора (одлука бр. 1/463 од 29.11.2021. године);
- 29.11.2021. године, поднет је захтев Универзитету у Београду за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и одређивању ментора (бр. захтева 1/466 од 29.11.2021.);
- 10.12.2021. године, Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (одлука Универзитета бр. 61206-4862/2-21; евиденциони бр. 1/483 од 20.12.2021.);
- 26.04.2023. године, кандидат Лука Црногорац, мастер инжењер рударства, поднео је молбу за именовање комисије за оцену и одбрану урађене докторске дисертације (одлука бр. 1/123);
- 28.04.2023. Катедра за рударске радове и израду подземних просторија упутила је допис Наставно – научном већу Рударско – геолошког факултета број 1/135 од 28.04.2023. године, са предлогом чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Сузана Лутовац, ванредни професор, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет, др Милош Глигорић, доцент, Универзитет у Београду, Рударско – геолошки факултет и др Радоје Пантовић, редовни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору;
- 29.05.2023. године, Наставно – научно веће Рударско – геолошког факултета

Универзитета у Београду донело је одлуку о именовању Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације (одлука бр. 1/151 од дана 29.05.2023. године).

1.2 Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“ кандидата Луке Црногорца припада области техничких наука, научној области „Рударство“ односно ужој научној области „Рударски радови, израда подземних просторија и рударски материјали“ за коју је Рударско – геолошки факултет Универзитета у Београду матичан.

За ментора докторске дисертације именован је др Раде Токалић, 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 израде подземних просторија. Ментор такође има значајно искуство у раду са привредом што га чини компетентним за вођење докторанда у току израде докторске дисертације.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Лука (Рајко) Црногорац, мастер инжењер рударства рођен је 03. јуна 1993. године, у Београду. Основну школу „Светозар Марковић“ је завршио 2008. године у Београду. Осму београдску гимназију је завршио 2012. године у Београду. Дипломирао је на Рударско-геолошком факултету у Београду 2016. године на модулу за Подземну градњу, са просечном оценом 8,14 и оценом 10 на одбрани завршног рада „Израда истражног ходника ИХ-1 на школском руднику „Црвени брег“ на Авали“. Представио је Рударско-геолошки факултет на међународном такмичењу „Mining Knowledge Tournament 2016“ у Пољској. Током основних студија обављао је стручну праксу у предузећу Рудник и флотација „Рудник“ доо и у Ирану у компанији LECA Co.

По завршетку мастер студија на Рударско-геолошком факултету, на модулу за Подземну градњу, стиче звање мастер инжењера рударства 2017. године, са просечном оценом 9,90 и оценом 10 на одбрани завршног рада „Израда тунела „Вишњица“ са посебним освртом на подграђивање“. Добитник је награде Рударско-геолошког факултета за постигнут изузетан успех на мастер академским студијама.

Докторске академске студије на студијском програму Рударско Инжењерство, на Рударско-геолошком факултету уписује 2017. године.

Од 2017. године запослен је на Рударско – геолошком факултету Универзитета у Београду на Катедри за рударске радове и израду подземних просторија као сарадник у настави.

Од 2018. године запослен је на истој Катедри као асистент. Тада је задужен је за извођење вежби из групе предмета који ораганизационо припадају Катедри, као и за извођење теренске

наставе.

Од 2017. до 2018. године обавља дужност секретара Катедре.

Дужност руководиоца Лабораторије за подграђивање и руководиоца посебне јединице „Збирка рударских експоната“ обавља од 2018. године.

Од 2018. до 2022. је члан Савета Рударско-геолошког факултета.

Члан Комисије за праћење и унапређење квалитета наставе на Рударско-геолошком факултету је од 2022. године.

Од 2020. године је технички уредник часописа Подземни радови.

Научноистраживачки рад кандидата је усмерен на ужу научну област рударски радови, израда подземних просторија и рударски материјали.

Као аутор или коаутор објављује стручне и научне радове. Учествоје у изради већег броја студија, пројеката и техничких контрола.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства, под називом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“ написана је на српском језику при чему је коришћено ћирилично писмо. Дисертација садржи укупно 152 нумерисане стране стандардног формата А4, у оквиру којих су дате 42 табеле и 85 слика. На почетку докторске дисертације дат је резиме на српском и енглеском језику заједно са кључним речима, а затим и садржај дисертације, списак слика и списак табела. Докторска дисертација је структурно подељена у 7 поглавља.

1. Увод
2. Приказ облика, димензија и подграда подземних просторија
3. Напонска стања и подземни притисак
4. Методе мерења попречних пресека подземних просторија
5. Теоријске поставке модела за прогнозу деформација
6. Модел за прогнозу деформација подграда и стратешко планирање функционалности подземне просторије
7. Закључак

Након наведених поглавља, дисертација има и нумерисано поглавље Литература које садржи 154 референце, које су коришћене при изради докторске дисертације. На крају се налази Биографија аутора и потписане изјаве о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу докторског рада.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље представља увод у проблематику планирања функционалности подземних просторија са кратким описом предложеног модела. Дат је преглед литературе, дефинисани су предмет истраживања, циљеви и полазне хипотезе, као и примењене методе истраживања и очекивани научни доприноси. У оквиру овог поглавља приказана је и структурна организација тезе.

У другом поглављу су описани облици, димензије и подграда подземних просторија, утицајни чиниоци на пројектовање подграде подземних просторија, степен непоузданости улазних података за пројектовање и класификације стенске масе. Такође је приказан утицај деформација на величину попречног пресека подземних просторија.

Треће поглавље обухвата теоријске поставке расподеле напонских стања и настанка подземног притиска као главног утицајног фактора на развој деформација на контурама подземних просторија и подгради.

У четвртном поглављу описане су методе мерења попречних пресека подземних просторија које су значајне за праћење стабилности и функционалности подземних просторија. У вези са тим описана је област и примена савремених инструмената за рударска мерења, и дат је пример мерења позиције контролних маркера на челичној подградној конструкцији.

Пето поглавље садржи опис теоријских поставки научних метода за развој модела за прогнозу деформација, које обухватају теорију сивих система, стохастичких и ауторегресионих процеса, стратешког планирања и одлучивања.

У шестом поглављу детаљно је описан модел за прогнозу деформација подградне конструкције и дат је нумерички пример за све маркере. Сви кораци алгорита су приказани на најсложенијем примеру (маркер М4 по x оси). Извршена је анализа временске серије применом комбинације више верификованих научних метода (теорије сивих стохастичких система и ауторегресионих процеса). Такође је извршена оцена прецизности модела реконструкције и прогнозе за сваки маркер, третирањем померања дуж x и y осе као две независне једноканалне временске серије, на основу вектора грешке позиције маркера. У овом поглављу описан је и процес стратешког планирања функционалности подземних просторија на основу претходно дефинисаног модела за прогнозу деформација челичне лучне подградне конструкције.

У седмом поглављу изведени су закључци о разматраној теми и истраживањима која су спроведена у оквиру докторске дисертације. Осим тога, назначени су и правци будућег истраживања и проширења развијеног модела планирања функционалности подземних просторија.

На крају дисертације дат је попис коришћене литературе.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1 Савременост и оригиналност

Докторска дисертација кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства, под називом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“, представља савремен и оригиналан приступ при дефинисању плана функционалности подземних просторија заснованог на прецизној прогнози будућих стања подградне конструкције у условима неодређености улазних података.

У литератури и пракси планирање представља проблем оптимизације где је тражење глобалног оптималног решења врло тежак и временски захтеван задатак. Оптимизација функционалности подземних просторија, нарочито у рудницима угља са подземном експлоатацијом у Републици Србији, је препозната као критична за конкурентност па чак и за опстанак рударске компаније. Присуство елемента случајности (стохастичизма) који се огледа у насумичним пертурбацијама узрокованим насумичном променом силе, која оптерећује подградну конструкцију током времена и увођењем Брауновог кретања у диференцијалну једначину, чини да модел функционише у сложенем динамичком систему. Сваки рударски пројекат зависи од функционалности подземних просторија. Самим тим функционалност има значајан утицај на коначан финансијски резултат рада рудника. На овај начин, укључени су ризици у планирање рада рудника са подземном експлоатацијом.

Из наведеног, може се закључити, да је развијени модел математички приказ стварног стања у руднику, који омогућава руководству рударске компаније да превазиђе динамичку оптимизацију пословања у реалним условима. На тај начин, компанија може да преживи у веома ризичном окружењу, чиме дисертација у потпуности испуњава критеријуме савремености и оригиналности.

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 подударана текста од 8%. Установљени степен подударности је последица цитата, личних имена, библиографских података о коришћеној литератури, тзв. општих места и података, као и претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из дисертације, што је у складу са чланом 9. наведеног „Правилника“. Софтвер iThenticate је након филтрирања препознатих преклапања на приказ текста са већим или једнаким преклапањем од 1%, као и филтрирања претходно публикованих резултата докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације, приказао да је добијено укупно преклапање 1%. Оригиналност текста дисертације је оцењена као позитивна, изјава Ментора бр. 1/134 од 28.04.2023.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде ове докторске дисертације дат је опсежан и систематичан преглед литературе. Коришћено је укупно 154 литературне јединице, које обухватају радове из научних часописа међународног значаја, зборнике међународних научних скупова, монографије националног значаја, уџбенике, радове из часописа националног значаја, предавања по позиву на скуповима националног значаја, као и докторске дисертације. Посебна пажња посвећена је прегледу литературе која се односи на проблематику праћења деформација, прогнозе деформација и будућих стања уопште, као и планирања у рударској индустрији. Коришћена литература је одговарајућа за наведену проблематику. Кандидат је детаљно претражио и анализирао одговарајућу литературу и на основу урађене анализе, сагледао је савремено и актуелно стање у области која је била предмет дисертације.

С обзиром да се кандидат Лука Црногорац посветио вишегодишњем изучавању симулационих и оптимизационих метода при проналажењу плана одржавања функционалности подземних просторија, био је у прилици да проучи значајан део релевантне литературе, која се односи на област прогнозе деформација и планирања функционалности подземних просторија.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Примењене научне методе су адекватне постављеном проблему. У том смислу, у дисертацији је дат детаљан преглед свих појединачних компонентни модела прогнозе деформација у циљу стратешког планирања функционалности подземних просторија. Кроз преглед референтне научне литературе, дисертација садржи детаљан осврт на широко коришћене методе симулације и оптимизације у условима неодређених улазних података.

Први корак у стратешком планирању функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација односи се на анализу утицајних чинилаца на стохастички развој деформација подградне конструкције подземних просторија. Потом је потребно извршити прикупљање података о деформацијама подграде подземних просторија. У сврху прикупљања података изучене су методе рударских мерења са препоруком за коришћење савремених инструмената, који цео процес чине ефикасним и прецизним.

Други корак се бави прогнозом будућих стања подградне конструкције и планирањем функционалности подземних просторија. У циљу анализе прикупљених података истражене су савремене научне методе које се примењују за прогнозу деформација. Извршена је анализа добијених временских серија деформација дефинисаних маркера по x и y оси. Извршена је диференцијација прираштаја деформација, превођење посматране серије у одговарајуће стање за даљу анализу, креирање AGO (accumulated generating operation) серије уз одређивање параметара сивог стохастичког система. Након тога је извршено по 1000 симулација да би се дефинисале очекиване вредности AGO и IAGO (inverse accumulated generating operation) оператора, у циљу реконструкције оригиналне серије прираштаја и одређивање грешке модела реконструкције. Потом је извршена прогноза за пет корака (дана) у будућност на основу претходно описаних параметара сивог стохастичког система и ауторегресионог $AR(10)$ процеса за одређивање оригиналног стања серије и у случају

маркера M4x за дефинисање смера деловања деформација. Прецизност модела прогнозе је извршена поређењем измерених и прогнозираних вредности прираштаја деформација, односно вршена је на основу грешке прогнозиране позиције маркера у простору. Стратешко планирање функционалности извршено је на основу прогнозе будућих деформација подградне конструкције водећи рачуна о тренутку смањења димензија попречног пресека посматране подземне просторије испод законски дозвољених граница, као и о времену неопходном за реализацију радова на санацији и могућим начинима организације извођења радова.

Сви добијени резултати испитивања су нумерички и графички прегледно приказани, што је омогућило успешно анализирање и поређење са постављеним хипотезама и вредностима добијеним у сличним моделима.

3.4 Применљивост остварених резултата

Резултати докторске дисертације применљиви су у научном смислу, али могу имати и веома значајну практичну примену.

Модел се заснива на прецизној прогнози деформација подградне конструкције подземних просторија у рудницима у циљу дефинисања оптималног тренутка за почетак неопходних радова на санацији просторија. Благовременим извођењем радова на санацији се постиже испуњење стратешког циља рудника са подземном експлоатацијом – испуњавање планираног плана производње у условима неодређености.

Планирање је проблем оптимизације, где је тражење глобалног оптималног решења врло тежак и временски захтеван задатак. Постоје многи приступи који покушавају да реше овај проблем оптимизације. Предложени модел је математички приказ стварног утицаја деформација подграде на функционалност подземних просторија и омогућава руководству рударске компаније да превазиђе динамичку оптимизацију функционалности подземних просторија у условима неодређености. То помаже компанији да преживи у веома ризичном окружењу.

У научном и педагошком смислу развијени модел омогућава студентима, који се сусрећу са проблемима везаним за планирање функционалности подземних просторија на Рударско – геолошком факултету, да се кроз примену модела упознају са методама симулације и оптимизације, на основу којих се могу донети стратешке одлуке у условима неодређености.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални рад

Кандидат је током израде докторске дисертације показао да је у стању да самостално решава научне проблеме и влада научним и истраживачким методама. Тема коју је обрадио је мултидисциплинарна и захтева изражену аналитичност у раду и систематичност у решавању проблема. Током израде докторске дисертације показао је способност да самостално проучи релевантну литературу у циљу стицања неопходног теоријског знања и да на основу анализе актуелних решења уочи постојеће недостатке у области планирања функционалности

подземних просторија. Такође, показао је способност да спроведе истраживање са циљем превазилажења уочених недостатака и да препозна могуће правце даљег истраживања. Кандидат је при томе у потпуности искористио искуство које је стекао вишегодишњим бављењем у области прогнозе деформација и планирања функционалности подземних просторија. Осим тога, у потпуности је реализовао планирано истраживање од почетне идеје до завршетка докторске дисертације. Научни допринос и успешан рад кандидата верификован је објављивањем радом у часопису категорије M22.

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

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Циљ дисертације под називом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија“, је проналажење оптималног плана одржавања функционалности подземних просторија применом модела за прогнозу деформација подградне конструкције, односно применом симулација и оптимизационих метода. Дефинисање плана функционалности засновано је на проналажењу оптималног тренутка за почетак радова на санацији подземних просторија на основу прецизне прогнозе развоја деформација подземне просторије у присуству неодређености параметара функције циља.

Општи научни допринос ове дисертације је допринос стратешком планирању функционалности подземних просторија активног подземног рудника у условима неодређености улазних параметара. При томе је веома важно нагласити да неки од њих припадају групи екстерних параметара на које доносилац одлуке не може утицати. У зависности од способности доносиоца одлуке, могу се пронаћи оптимална решења, која ће смањити њихов негативан утицај.

Остварени научни доприноси, настали као резултат истраживања у оквиру докторске дисертације, обухватају:

- усвојен начин прикупљања података о развоју деформација подградне конструкције подземних просторија,
- модел прогнозе деформација подградне конструкције подземних просторија,
- третирање неодређености улазних података и смањење ризика у процесу прогнозе деформација,
- модел стратешког планирања функционалности подземних просторија,
- тестирање развијеног приступа и његова валидација, као једног врло ефикасног начина за планирање функционалности подземних просторија у рудницима са подземном експлоатацијом,
- подршка при проналажењу одговарајућих решења у процесу пројектовања подземних просторија и рудника са подземном експлоатацијом.

Остварени научни допринос докторске дисертације додатно добија на важности ако се узме у обзир да стратешко планирање функционалности подземних просторија у рударству представља добар пример иреверзибилних одлука. Овакве одлуке захтевају веома пажљиве анализе, јер након њихове реализације тешко је исправити слабости пројектних решења, базираних на њима, без значајног губитка новчаних средстава и времена.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Испитивања спроведена у овој докторској дисертацији имала су за циљ дефинисање прецизног модела за прогнозу деформација подграде подземних просторија у циљу доношења стратешких одлука о одржавању функционалности подземних просторија.

Развој деформација подграде подземних просторија можемо посматрати у контексту стратешког планирања функционалности подземних просторија. Да би овај план био квалитетан неопходно је сагледати окружење у којем се он креира, односно дефинисати све утицајне параметре. Узимајући у обзир да су услови пословања у рудницима са подземном експлоатацијом веома сложени (присуство законски дозвољеног степена екстраполације приликом категоризације минералних ресурса чиме се добијају подаци макролокације, променљивост параметара радне средине и на веома малом простору, утицај како статичких тако и динамичких оптерећења радне средине на подградну конструкцију, законска ограничења минималних димензија подземних просторија итд.) важност креирања плана одржавања функционалности подземних просторија се вишеструко повећава.

Практична примена стручних резултата се односи на заштиту рударске компаније од неочекиваних штетних утицаја у смислу варијације плана производње, а пре свега на повећање безбедности запосленог особља у подземним рудницима угља.

Остварени резултати истраживања помажу да се избор стратешког плана функционалности подземних просторија сагледа тако да се стања улазних параметара могу проценити и у динамичком смислу. Динамичким симулацијама будућих стања улазних параметара, деформација подграде, створено је окружење које приказује како се могући сценарији у будућности одражавају на функционалност подземних просторија и стратешке планове који се креирају у садашњости. Представљање процеса креирања плана функционалности подземних просторија применом стохастичке диференцијалне једначине и ауторегресионих процеса омогућава планерима да процес планирања сагледају скоро као физички модел. Планеру функционалности подземних просторија је омогућено да ефикасно прати развој и врши прогнозу деформација подградне конструкције при симултаном промени улазних параметара, што олакшава доношење стратешких одлука о вршењу потребних радова на санацији од којих на крају зависи испуњење плана производње.

Проширење описаног модела огледа се у развоју софтвера који би се у реалном времену „хранио“ подацима о развоју деформација подградне конструкције прикупљеним са стационарних мерачких инструмената преко бежичне комуникационе мреже. На тај начин, постигла би се константна калибрација модела и повећање прецизности прогнозе у складу са стохастичким особинама развоја деформација.

На основу увида у докторску дисертацију, увида у полазне хипотезе, постављене циљеве

истраживања, добијених резултата и њихове дискусије, 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 у пријави докторске дисертације. Добијени резултати су оригинални и применљиви у пракси.

4.3 Верификација научних доприноса

Научни допринос верификован је радом који је објављен у међународном часопису (катеорије M22) на коме је докторанд првопотписани аутор, а који је директно 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 неколико часописа. Као аутор или коаутор укупно је објавио 21 научни и стручни рад.

Остварени научни доприноси у оквиру ове докторске дисертације верификовани су објављивањем 2 рада из области прогнозе деформација подградне конструкције и планирања функционалности подземних просторија у рудницима са подземном експлоатацијом. Оба рада објављена су у часопису категорије M22 - истакнути међународни часопис.

Категорија M20 – Радови објављени у научним часописима међународног значаја

Рад у истакнутом међународном часопису M22

- Crnogorac, L.; Lutovac, S.; Tokalić, R.; Gligorić, M.; Gligorić, Z. Steel Arch Support Deformations Forecast Model Based on Grey–Stochastic Simulation and Autoregressive Process. Appl. Sci. 2023, 13, 4559. <https://doi.org/10.3390/app13074559>

Импакт фактор за 2021. је 2,838; а за прошло петогође – 2,921.

- Crnogorac, L.; Tokalić, R.; Gligorić, Z.; Milutinović, A.; Lutovac, S.; Ganić, A. Gate Road Support Deformation Forecasting Based on Multivariate Singular Spectrum Analysis and Fuzzy Time Series. Energies 2021, 14, 3710. <https://doi.org/10.3390/en14123710>

Импакт фактор за 2019. је 2,702; а за прошло петогође – 2,822.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализирајући научне доприносе, примењене научне методе, обим и квалитет истраживања, развијене моделе и добијене резултате, Комисија закључује да докторска дисертација под називом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“ кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства, испуњава све критеријуме, стандарде и услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Рударско – геолошког факултета.

Докторска дисертација представља оригиналан, значајан и практично применљив научни допринос у области израде, подграђивања и одржавања функционалности подземних просторија. Предложени модели и резултати у овој докторској дисертацији верификовани су објављивањем два рада из области прогнозе деформација подграде и планирања функционалности подземних просторија. Оба рада објављена су у истакнутим међународним часописима категорије М22. Комисија констатује да је дисертација од велике научне вредности у смислу унапређења и разумевања у области прогнозе деформација и планирања функционалности подземних просторија.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно – научном већу Рударско – геолошког факултета, Универзитета у Београду, да се докторска дисертација под називом „Стратешко планирање функционалности подземних просторија моделом прогнозе деформација“ кандидата Луке Црногорца, мастер инжењера рударства, прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 06.06.2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Сузана Лутовац
Универзитет у Београду, Рударско – Геолошки факултет

Доц. др Милош Глигорић
Универзитет у Београду, Рударско – Геолошки факултет

Проф. др Радоје Пантовић
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору