

ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

УТИЦАЈ ДЕВИЈАЦИЈЕ МИНСКИХ БУШОТИНА НА КВАЛИТЕТ ДРОБЉЕЊА СТЕНА МИНИРАЊЕМ НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Рударско инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Дејан (Љубомир) Павловић**
2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Технички факултет у Бору, Рударство

3. Година завршетка претходног нивоа студија: **1995.**
4. Година уписа на докторске студије: **2016.**
5. Назив студијског програма докторских студија: **Рударско инжењерство**

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

1. Име и презиме ментора: **Проф. др Радоје Пантовић**

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

За кандидата: **мр Дејан Павловић**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. S. Stojadinovic, R. Pantovic, M. Zikic. Prediction of flyrock trajectories for forensic applications using ballistic flight equations. International Journal Of Rock Mechanics And Mining Sciences, 48 (7) (2011), 1086–1094. (M-21)
2. R. Lapcevic, S. Kostic, R. Pantovic, N. Vasovic. Prediction of blast-induced ground motion in a coppermine. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 69 (2014), 19-25. (M-21)
3. S. Stojadinovic, N. Lilic, R. Pantovic, M. Zikic, M. Denic, V. Cokorilo, I. Svrkota, D. Petrovic. A New Model for Determining Flyrock Drag Coefficient. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 62 (2013), 68–73. (M-21)
4. S. Stojadinovic, I. Svrkota, D. Petrovic, M. Denic, R. Pantovic, V. Milic. Mining injuries in Serbian underground coal mines – A 10-year study. Injury: International Journal of the Care of the Injured, 43 (12), (2012), 2001 - 2005. (M-21)
5. S. Stojadinovic, N. Lilic, I. Obradovic, R. Pantovic, M. Denic, Prediction of flyrock launch velocity using artificial neural networks, networks. Neural Computing & Applications, 27 (2), (2016), 515 – 524. (M-22)
6. S. Stojadinovic, M. Zikic, R. Pantovic, RTB Bor: The Comeback of Serbian Copper. Engineering and Mining Journal, 212 (8), (2011), 102-107. (M-23)
7. S. Stojadinovic, M. Zikic, R. Pantovic. A new approach to blasting induced ground vibrations and damage to structures. Acta Montanistica Slovaca, 16 (4), (2011), 344–354. (M-23)
8. S. Stojadinović, M. Zikic, R. Pantovic, I. Svrkota, D. Petrovic, High slope waste dumps – a proven possibility. Acta Montanistica Slovaca, 18 (1), (2013), 40–51. (M-23)
9. S. Stojadinovic, R. Pantovic, M. Zikic, G. Stojadinovic. FEM comparison of crack response to blasting ground vibrations and environmental changes. Acta Montanistica Slovaca, 19 (4), (2014), 175–181. (M-23)

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **04.07.2019.** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Нада Штрбац

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

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

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-30-11.1.
Бор, 05. 07. 2019. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 04. 07. 2019. године, донело је

О Д Л У К У

I Прихвата се предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације кандидата **мр Дејана Павловића**, дипл. инж. руд. студента докторских академских студија, студијског програма Рударско инжењерство.

II Одобрава се именованом израда докторске дисертације под називом: „**Прилог утврђивању утицаја девијације минских бушотина на квалитет дробљења стенске масе минирањем на површинским коповима**“.

III За ментора се именује др **Радое Пантовић**, редовни професор Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору.

IV Одлуку доставити надлежном Већу научне области Универзитета у Београду, ради давања сагласности.

Доставити:

- ВНО Универзитет у Београду
- именованом
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

декан

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО- НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата мр Дејана Павловића дипл. инж. руд. за израду докторске дисертације

Одлуком број: VI/4 -28 7.1. од 31. 05. 2019. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **мр Дејана Павловића** дипл. инж. руд. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Прилог утврђивању утицаја девијације минских бушотина на квалитет дробљења стенске масе минирањем на површинским коповима“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Дејан Павловић рођен је 02. 09. 1966. године у Петровцу на Млави.

Основну школу завршио је у истом граду 1981 године. Средњу школу Усмерено образовање завршио је у средњој школи „ Младост“ у Петровцу на Млави а Средњу стручну школу, смер рударство завршио је у Бору 1985. године и стекао звање Техничар припреме минералних сировина. Носиоц је Вукове дипломе и признања као најбољи ученик Средњешколског образовног центра и Борске општине.

Године 1985. уписује се на Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, одсек Рударство, смер Експлоатација лежишта минералних сировина. По одслужењу војног рока 1986. године започиње студије, дипломира 13. 06. 1991. године и стиче звање дипломирани инжењер рударства. Оцена на дипломском раду 10 (десет), просечна оцена студирања 8,29 (осам, двадесетдевет).

Исте године запошљава се на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду, на Рударском одсеку, катедра за Експлоатација лежишта минералних сировина, као асистент на предмету Транспорт и извоз у рударству.

По запошљавању уписује Магистарске студије. После полагању предвиђених испита брани магистарску тезу 06. 10. 1995. године под називом „Одређивање оптималног растојања слогова носећих ваљака код транспортера са траком“ и стиче академски назив магистар техничких наука.

На Техничком факултету у Бору је запошљен са пуним радним временом до 1996. године. Ради стицања неопходног практичног знања 1996. године потписује уговор са двотрећинским радним временом на Техничком факултету у Бору, а једнотрећинским радним временом у каменолому Ладне воде код Петровца на Млави. Са оваквим статусом остаје до 2000. године када прелази у привреду са пуним радним временом.

У каменолому Ладне воде ради на пословима техничког руковођења и посебно на пословима бушења и минирања као дела технолошког процеса производње камена. Од 2004. године ради за аустријску компанију Alpine д.о.о. која купује каменолом Ладне воде.

Садашњи власник каменолома је аустријска компанија Teko Mining д.о.о. која поред овог каменолома ради у још три каменолома у Србији и једном каменолому у Републици Српској:

Каменолом Ладне воде, Петровац – доломитизирани кречњак

Каменолом Стражевица, Баточина – мермерисани кречњак

Каменолом Терамиде, Рудник – еруптивна стена дацит

Каменолом Крш, Љубовија – еруптивна стена дацит

Каменолом Лапишница, Република Српска, Источно Сарајево – кречњак

Тренутно је ангажован у свим каменоломима компаније на пословима техничког руковођења и посебно на пословима бушења и минирања.

За последње три године у овим каменоломима има изведено укупно 212 минирања.

За време рада у привреди сарађује са Техничким Факултетом у Бору и Рударско-геолошким факултетом у Београду Универзитета у Београду, у циљу саветодавних и пројектантских послова као и у циљу спровођења научно истраживачког рада у погледу свих фаза производног процеса експлоатације лежишта минералних сировина а нарочито у фази бушење и минирање.

Године 2016/2017 године уписан је на докторске академске студије студијског програма Рударско инжењерство на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду.

Захтев за одобрење дисертације поднео је 4. 4. 2019. године.

1.2. Библиографија научних и стручних радова

Саопштења са међународног скупа штампана у целини - М 33

1. **D. Pavlović**, R. Stanković, V. Šćekić. Distance between roller assemblies in the function of inclination angle of lateral rollers in belt conveyor assemblies. Proceedings of 3rd International conference on Mine Haulage and hoisting. 6-8. Novemer 1996. Belgrade, Serbia. pp 57-64.
2. R. Šćekić, R. Stanković, **D. Pavlović**. Costs of railway transportation in the „Borska Reka“ ore body. Proceedings of 3rd International conference on Mine Haulage and hoisting. 6-8. Novemer 1996. Belgrade, Serbia. pp 395-400.
3. R. Stanković, **D. Pavlović**. Izbor veličine utovarno-transportnih mašina na dizel pogon pri podzemnoj eksploataciji. Proceedings of 2nd International conference on Mine Haulage and hoisting. 8-9. Novemer 1993. Belgrade, Serbia. pp 62-67.

4. Ž. Milićević, V. Milić, **D. Pavlović**. Izbor rešenja izvoza iskopine iz glavnog izvoznog niskopa u borskoj jami. Proceedings of 2nd International conference on Mine Haulage and hoisting. 8-9. Novemer 1993. Belgrade, Serbia. pp 198-203.

Саопштења са скупа националног значаја штампана у целини - М 63

1. **D. Pavlović**, R. Stanković. Usitnjavanje negabarita primenom hidrauličkih uređaja. Zbornik radova sa XXXII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 2000. Donji Milanovac, Srbija, 197-200.
2. **D. Pavlović**, R. Stanković. Uticaj širine etažne ravni na troškove transporta pri eksploataciji kamena na površinskom otkopu „Ladne Vode“. Zbornik radova sa XXX Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1998. Donji Milanovac, Srbija, 296-299.
3. **D. Pavlović**, R. Stanković. Primena utovarne mehanizacije sa kašikom za transport u kamenolomima. Zbornik radova sa XXIX Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1997. Bor, Srbija, 290-293.
4. R. Stanković, **D. Pavlović**, V. Šćekić. Uticajni faktori na izbor sistema za transport rude kod primene utovarno-transportnih mašina na dizel pogon. Zbornik radova sa XXVIII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1996. Donji Milanovac, Srbija, 182-185.
5. **D. Pavlović**, R. Stanković, V. Šćekić. Uticaj ugla nagiba bočnih valjaka u slogu na ugib trake između dva susedna noseća elementa. Zbornik radova sa XXVIII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1996. Donji Milanovac, Srbija, 186-190.
6. V. Šćekić, R. Stanković, **D. Pavlović**. Troškovi utovara i transporta rude na otkopima. Zbornik radova sa XXVIII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1996. Donji Milanovac, Srbija, 191-193.
7. D. Mladenović, **D. Pavlović**, R. Pantović. Definisanje optimalnog stepena usitnjavanja rude nineranjem na površinskim kopovima. Zbornik radova sa XXVII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1995. Bor, Srbija, 76-79.
8. R. Stanković, Ž. Milićević, V. Milić, **D. Pavlović**. Prevoz ljudi do otkopnih radilišta u rudnom telu „Borska Reka“. Zbornik radova sa XXVII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1995. Bor, Srbija, 149-152.
9. R. Stanković, Ž. Milićević, **D. Pavlović**. Servisni niskop za efikasno servisiranje jame. Zbornik radova sa XXVII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1995. Bor, Srbija, 157-160.
10. M. Ležajić, M. Božić, I. Gračan, Z. Ivanović, R. Žikić, Z. Spajić, D. Pavlović. Rekonstrukcija izvoznog vitla za jamu – Bor. Zbornik radova sa XXVII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1995. Bor, Srbija, 245-247.
11. D. Mladenović, M. Savić, **D. Pavlović**. Problematika analize stabilnosti visokih jalovišta minirane stenske mase. Zbornik radova sa XXVI Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1994. Donji Milanovac, Srbija, 265-268.
12. Ž. Milićević, **D. Pavlović**, V. Milić. Izbor transportnog uređaja za prevoz rude u otkopnom bloku pri kontinualnoj tehnologiji dobijanja rude Zbornik radova sa XXV Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1993. Bor, Srbija, 165-168.

Саопштења са скупа националног значаја штампана у изводу - М 64

1. R. Pantović, **D. Pavlović**. Definisanje optimalnog stepena usitnjavanja rude miniranjem na površinskim kopovima. Zbornik izvoda sa XXVII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1995. Bor, Srbija, 13-14.
2. R. Stanković, Ž. Milićević, V. Milić, **D. Pavlović**. Prevoz ljudi do otkopnih radilišta u rudnom telu „Borska Reka“ Zbornik izvoda sa XXVII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1995. Bor, Srbija, 24.
3. R. Stanković, Ž. Milićević, **D. Pavlović**. Servisni niskop za efikasno servisiranje jame. Zbornik izvoda sa XXVII Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1995. Bor, Srbija, 25.
4. **D. Pavlović**, R. Stanković. Izbor optimalnog rastojanja slogova nosećih valjaka kod transportera sa trakom. Zbornik izvoda sa XXVI Oktobarskog savetovanja rudara i metalurga, 1-3. oktobar 1994. Donji Milanovac, Srbija, 42-43.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је установила, на основу увида у биографске подате и податке о дасадашњем научно-истраживачком раду, у области којој припада предложена тема дисертације, да кандидат Мр Дејан Павловић испуњава формално правне услове и кандидата оцењује подобним за рад на датој теми и да може да приступи изради предложене теме докторске дисертације.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ НАУЧНОГ ИСТРАЖИВАЊА

2.1.Предмет истраживања

Процес бушења и минирање је прва фаза у процесу експлоатације чврстих минералних сировина и камена. Од квалитетно изведеног минирања зависи тачност и време извођења осталих фаза у процесу експлоатације а као крајњи циљ и економски ефекти експлоатације и цена коштања финалног производа. Квалитет минирања огледа се у гранулометријском саставу одминираних стенске масе. Примена пројектованих параметара бушења у погледу пречника, дужине, угла и правца бушотина и распореда минских бушотина омогућава правилан смештај изабраног експлозива и правилан распоред енергије у стенском масиву што је и гаранција успешног минирања у погледу гранулације одминираних стенске масе.

Задате положаје минских бушотина у стенском масиву на површинским коповима, услед утицаја бројних фактора, практично је немогуће постићи. Услед девијација минских бушотина долази до њиховог пресецања, укрштања, разређења или концентрације на одређеном месту, што доводи до промене стварних вредности линије најмањег отпора и нарушавања равномерности расподеле експлозива у стенској маси која се минира.

Девијације минских бушотина су значајни узрок погоршања квалитета дробљења стенске масе минирањем. Квалитет минирања се најбоље може исказати преко гранулометријског састава одминираних стенске масе. Добијени гранулометријски

састав може бити задовољавајући када је постигнута гранулометријска крива приближна пожељној гранулометријској кривој или незадовољавајућа. Незадовољавајући гранулосастав одминираних стенских маса може бити ситнији или крупнији од пожељног. У малим површинским коповима- каменоломима ситнија гранулација одминираних стенских маса не представља велики проблем али крупнија гранулација од пожељне, појава негабаритних комада у већој мери, услед девијације минских бушотина представља проблем у погледу одвијања даљег процеса утовара и транспорт као и издавање додатних средстава за њихово уситњавање.

Основни проблем који ограничава примену минских бушотина великих дубина, а тиме и високих етажа површинских копова, су девијације бушотина.

Показатељи девијације бушотина у пракси знатно варирају, зависно од карактеристика стенског масива, начина бушења и примењеног бушаћег прибора.

Девијације минских бушотина могу да се опишу преко следећих показатеља:

- угаоно скретањем бушотине од пројектованог правца, које може бити константно или променљиво по дубини минске бушотине,
- апсолутним одступањем дна бушотине од његовог пројектованог положаја,
- односом апсолутног линијског одступања и дужине бушотине.

Показатељи квалитета дробљења стенских маса при минирању на површинским коповима могу се прогнозировати применом различитих математичких модела, од којих сенајчешће користи Куз-Рам модел. Куз-Рам модел заснован је на примени емпиријске формуле Кузнецова. За карактеризацију расподеле крупноће комада “по отсеку”, користи се Росин-Раммлер-ова једначина:

$$O = 100 \cdot e^{-\left(\frac{x}{x_c}\right)^U},$$

где су: U - Росин-Раммлер-ов експонент уједначености гранулације и

x_c - карактеристична величина.

Карактеристична величина x_c одеђује се према изразу: $x_c \approx \frac{D_{50}}{\sqrt[4]{\ln 2}}$.

Са друге стране данас постоје софтвери (Split Software) који преко фотографских снимака одминираних гомиле на бази стереофотопланиметријске анализе омогућавају брзо, поуздано и релативно једноставно утврђивање гранулосастава одминираних стенских маса.

Дигиталном анализом утврђене криве гранулосастава могу се упоредити са кривама које су добијене коришћењем програма за прогнозу гранулације (Куз-Рам). Одговарајућим корекцијама Розин-Раммлер-овог индекса уједначености гранулације и фактора којима се дефинише стенски масив, прогнозна крива може приближити кривој утврђеног гранулосастава.

2.2. Циљ истраживања

Утврђивање зависности промене садржаја негабаритних комада одминираних материјала од девијације бушотина представља основни циљ докторске дисертације.

Вредновањем утицаја девијација минских бушотина на квалитет дробљења стенске масе створиће се основе за утемељенији избор параметара минирања. Сагласно граничним условима у минираном стенском масиву, биће могуће да се обезбеди дистрибуција енергије експлозије, при којој се, обезбеђује веће искоришћење енергије за користан рад дробљења.

Решавањем проблема утицаја девијације минских бушотина на квалитет дробљења минирањем, биће створени услови за значајно побољшање квалитета дробљења, без пораста трошкова бушачко-минерских радова.

На основу утврђене зависности између показатеља ефикасности дробљења стенске масе минирањем, са једне стране и карактеристика стенског масива и параметара технологије минирања, са посебним освртом на прецизност бушења, са друге стране, биће разрађен модел управљања квалитетом дробљења стенске масе минирањем у функцији девијација минских бушотина.

2.3.Релевантна литература која ће се користити за истраживање

1. Atlas Copco. Blasthole drilling in open pit mining. Atlas copco; 2012.
2. Afum BO, Temeng VA. Reducing drill and blast cost through blast optimisation-a case study. Ghana Mining J 2015;15(2):50–7.
3. Bilim N. Determination of drillability of some natural stones and their association with rock properties. Sci Res Essays 2011;6(2):382–7.
4. Blair DB. Curve-fitting schemes for fragmentation data. Fragblast: International Journal for Blasting and Fragmentation 2004;8(3):137e50.
5. Bowa VM. Optimization of blasting design parameters on open pit bench a case study of Nchanga open pits. Int J Sci Technol Res 2015;4(9):45–51.
6. Beccu R. New concepts in percussive drilling. WME. (1992)7-8. p. 39-42
7. Cunningham C. V. B. The Kuz-Ram model for prediction of fragmentation from blasting. First inter. simp.: Rock fragmentation bu blasting. Lulea. Sweden. (1983). p. 439-453.
8. Chung SH, Katsabanis PD. Fragmentation prediction using improved engineering formulae. Fragblast: International Journal for Blasting and Fragmentation 2000;4(3e4):198e207.
9. Chakraborty AK, Raina AK, Ramulu M, Choudhury PB, Haldar A, Sahu P, Bandopadhyay C. Parametric study to develop guidelines for blast fragmentation improvement in jointed and massive formations. Engineering Geology 2004;73(1e2):105e16.
10. Dugalić M. Analiza uticaja granulacije odminirane mase na troškove otkopavanja u površinskoj eksploataciji. Magistarski rad. Tehnički fakultet u Boru. (1994).
11. Djordjevic N. Two-component model of blast fragmentation. In: Proceedings of the 6th international symposium on rock fragmentation by blasting. Johannesburg: The Southern African Institute of Mining and Metallurgy (SAIMM); 1999. p. 213e9.
12. Elahi AT, Hosseini M. Analysis of blasted rocks fragmentation using digital image processing (case study: limestone quarry of Abyek Cement Company). International Journal of Geo-Engineering 2017;8(1):16.

13. Esen S, Onederra I, Bilgin HA. Modelling the size of the crushed zone around a blasthole. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 2003;40(4):485e95.
14. Gheibie S, Aghababaei H, Hoseinie SH, Pourrahimian Y. Modified kuz-ram fragmentation model and its use at the Sungun copper mine. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences* 2009;46(6):967e73.
15. Grady DE. Particle size statistics in dynamic fragmentation. *Journal of Applied Physics* 1990;68(12):6099e105.
16. Grujić M, Tomašević A. Odredjivanje potrebne granulacije miniranog materijala prema zahtevima transporta u rudnicima sa podzemnom eksploatacijom. I jugoslovenski simpozijum "Bušenje i miniranje". Zbornik radova. RGF Beograd (1995). s. 304-308.
17. Hustrulid W, Kuchta M, Martin R. Open pit mine planning and design. Boca Raton: Taylor & Francis group; 2013.
18. Jovanović P. Pregled i analiza dosadašnjih istraživanja u oblasti bušenja bušotina u rudarstvu. Naučno savetovanje iz oblasti bušenja u rudarstvu. Zbornik radova. RGF Beograd. (1994). s. 3-11.
19. Kahramana S, Bilginb N, Feridunoglu C. Dominant rock properties affecting the penetration rate of percussive drills. *Int J Rock Mech Min Sci* 2003;40:711–23.
20. Kojovic T, Michaux S, McKenzie C. Impact of blast fragmentation on crushing and screening operations in quarrying. In: *Proceedings of the EXPLO 1995 Conference*. Brisbane; 1995. p. 427e35.
21. Kovačević M. Prilog proučavanju uticaja ugla oštrenja sečiva monoblok dleta na tehničko-ekonomske pokazatelje udarnog bušenja bušotina malog prečnika. Doktorska disertacija. Tehnički fakultet u Boru. (1991).
22. Kou S, Rustan A. Computerized design and result prediction of bench blasting. In: *Proceedings of the International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting*; 1993. p. 263e71.
23. Kuznetsov VM. The mean diameter of the fragments formed by blasting rock. *Soviet Mining* 1973;9(2):144e8.
24. Kričak L, Negovanović M, Perendić S, Mitrović V, Milanović S, Simić N, Đokić N, Stanisavljević M. Primena endoskopske kamere za procenu stanja u minskoj bušotini, RGF Beograd. 2015.
25. Lilly PA. The use of blastability index in the design of blasts for open pit mines. In: *Proceedings of the western Australian conference on mining geomechanics*. Kalgoorlie, Australia: WA School of Mines; 1992. p. 421e6.
26. Michaux S, Djordjevic N. Influence of explosive energy on the strength of the rock fragments and SAG mill throughput. *Minerals Engineering* 2005;18(4):439e48.
27. Milić V, Pantović R. Prognoziranje granulacije minirane rude i njen uticaj na iskorišćenje pri istakanju. XXVI oktobarsko savetovanje rudara i metalurga. Donji Milanovac. (1994). s. 224-229.
28. Milićević Ž. Analiza troškova bušenja pri obaranju rude kratkim minskim bušotinama. *Glasnik rudarstva i metalurgije*. Vol. 30. br. 1. Bor. (1994). s. 45-55.
29. Nielsen K, Kristiansen J. Blasting and grinding-An integrated comminution system. In: *Proceedings of EXPLO 1995 Conference*. Brisbane; 1995. p. 113e7.
30. Ouchterlony F. The median versus the mean fragment size and other issues with the Kuz-Ram model. In: *Fragblast 11, proceedings of the 11th international symposium on rock fragmentation by blasting*. Carlton, Australia: AusIMM; 2015. p. 109e19.
31. Pantović R, Mitrović S, Stojadinović S. Utvrđivanje rezultata miniranja korišćenjem softvera za digitalnu analizu fotografija, III Sovetovanje za dupčenje i miniranje, Zbornik radova, str. 243-250, Ohrid, 2003.

32. Pantović R. Milićević Ž. Milić V. Izbor prečnika dugih minskih bušotina. XXIX oktobarsko savetovanje metalurga, Bor, (1997). s. 125-133.
33. Pruyt E. Small system dynamics models for big issues. Delf: TU Delft Library; 2013.
34. Persson P. A. Holmberg R. Lee J. Rock blasting and explosives engineering. CRS Pres Inc. ISEE. Cleveland. Ohio. USA. (1994).
35. Purtić N. Kričak L. Bošković M. Analiza uticaja parametara bušenja i miniranja na troškove proizvodnje. I jugoslovenski simpozijum "Bušenje i miniranje". Zbornik radova. RGF Beograd. (1995). s. 275-282.
36. Scott A, McKee DJ. The inter-dependence of mining and mineral beneficiation processes on the performance of mining projects. In: Proceeding of the Australian Institute of Mining and Metallurgy Annual Conference; 1994. p. 5e9.
37. Segarra Catasús P. Experimental analysis of fragmentation, vibration and rock movement in open pit blasting. PhD Thesis. Universidad Politécnica de Madrid; 2004.
38. Smith ML, Prisbrey KA, Barron CL. Blasting design for increased SAG mill productivity. Transactions-Society of Mining Engineers of AIME 1994;10(4):188e90.
39. Savić M. Dugalić M. Pantović R. Izbor prečnika bušotina kod usitnjavanja čvrste stenske mase za tračni transport. Glasnik rudarstva i metalurgije. Vol. 30. br. 1. Bor. (1994). s. 141-148.
40. Saeidi O, Torabi S, Ataei M, Rostami J. A stochastic penetration rate model for rotary drilling in surface mines. Int J Rock Mech Mining Eng 2014;68:55–65.
41. Spathis AT. A three parameter rock fragmentation distribution. In: Measurement and analysis of blast fragmentation. London, UK: Taylor & Francis Group; 2013. p. 73e86.
42. Sontamino P, Drebenstedt C. A prototype dynamics model of bench blasting design. In: The 10th international conference on mining, materials and petroleum engineering. Songkhla: Sciences and Technologies Towards; 2012.
43. Thornton DM, Kanchibotla SS, Esterle JS. A fragmentation model to estimate ROM size distribution of soft rock types. In: Proceedings of the 27th Annual Conference on Explosives and Blasting Technique. International Society of Explosives Engineers; 2001. p. 41e53.
44. Thurley MJ. Automated online measurement of limestone particle size distributions using 3D range data. Journal of Process Control 2011;21(2):254e62.
45. Tosun A, Konak G. Determination of specific charge minimizing total unit cost of open pit quarry blasting operations. Saudi Soc Geosciences 2015;8:6409–23.
46. Taheri A, Qao Q, Chanda E. Drilling penetration rate estimation using rock drillability characterization index. J Inst Eng (India) 2016;97(2):159–70.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

У оквиру предложене докторске дисертације полази се од хипотезе да се, коришћењем великог броја података о утврђеном гранулометријском саставу одминираних стенске масе, као и одговарајућих података о девијацијама минских бушотина може кориговати Росин-Раммлер-ов коефицијент уједначености.

Резултати истраживања треба да покажу да ли се променом дужине минских бушотина и одговарајућим утицајем на њихове девијације могу побољшати показатељи квалитета дробљења минирањем. Претпоставља се да девијације бушотина имају велики утицај на квалитет дробљења стенске масе при минирању на површинским коповима.

Обрада теренских резултата, односно експерименталних минирања, на наведеним површинским коповима треба да омогући проверу теоретских поставки и утврђивања емпиријских законитости за управљање квалитетом дробљења, у условима различитих могућности остваривања прецизног бушења минских бушотина.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру рада на докорској дисертацији биће извршена теоретска и теренска истраживања.

Теоретска истраживања биће базирана на анализи литературних података досадашњих истраживања на ову тему код нас и у свету.

Теренска истраживања се састоје из:

- Теренских праћења и снимања процеса бушења и мерења девијација минских бушотина.
- Снимања гомила одминираних стенског масива за потребе стереофотопланиметријске анализе гранулосаства.

Теренска истраживања ће бити обављена на површинским коповима: Ладне Воде код Петровца на Млави, Стражевица код Баточине и Ћерамиде на Руднику.

За утврђивања крупноће одминираних стенске масе биће коришћен софтвер за стереофотопланиметријску анализу гранулосаства (Сплит-Десктоп).

Због недовољног познавања и неодговарајућег вредновања утицаја девијација минских бушотина, поузданост прогнозе при коришћењу Куз-Рам модела, није увек висока. Са друге стране, Сплит-Десктоп софтвер даје резултате на основу анализе конкретног узорака (фотографије). Резултати анализе гранулосаства, при томе, се могу исказати преко истих параметара, који фигуришу и у Куз-Рам моделу. Коришћењем софтвера Сплит-Десктоп, биће утврђени предлози за корекцију коефицијент уједначености гранулације и средње величину комада у минираној стенској маси.

Девијације ће бити анализирани на основу резултата мерења одступања параметара бушења од пројектованих параметара и то: по нагибу и по азимуту за услове бушења у горе поменутих површинским коповима.

Имајући у виду да ће бити извршен велики број мерења девијација и снимања гомила одминираних материјала моћи ће се добити поуздани статистички подаци о девијацијама бушотина.

Анализа утицаја девијације минских бушотина на прираст садржаја негабарита треба да укаже на значај проблема девијације бушотина и могућност решавања тог проблема кроз промену основних параметара бушења и минирања, као што су пречник и дужина минских бушотина.

Порастом вредности апсолутне средње девијације настала као последица одступања параметара бушења од пројектованих параметара по нагибу и азимуту доведиће до пораста вредности средњег отпора и до појаве повећања процента негабарита. Ако се тај проблем посматра кроз призму дужине минских бушотина онда на основу прихватљивог

процента негабарита, који не утиче значајно на повећање цене готовог производа, може се доћи до висине етаже која би у тим условима била најприхватљивија са становишта учешћа негабарита у одминираној стенској маси.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Очекивани резултат истраживања је да се на основу анализе података добијених мерењима током бушења и анализе фрагментације одминиране стенске масе, за велики број минских серија изврши корекција коефицијента уједначености гранулације.

Користећи стерофотопланиметријску анализу гранулометријског састава одминиране стенске масе, за велики број минских серија, у оквиру докторске дисертације биће извршена корекција коефицијента уједначености гранулације (u) који фигурише као мера квалитета минирања у Куз-Рам моделу прогнозе гранулосастава. На овај начин преко вредновања утицаја девијације минских бушотина на гранулометријски састав одминиране стенске масе створиће се услови за поузданију прогнозу гранулометријског састава. Са великим бројем података о гранулометријском саставу одминиране стенске масе и одговарајућим параметрима девијација минских бушотина, добијених на терену мерењем, повећава се репрезентативност и поузданост прогнозе грануло састава према моделу који ће бити предложен као резултат рада на истраживањима у оквиру докторске дисертације.

У оквиру докторске дисертације треба да буду утврђене зависности промене квалитета дробљења у функцији девијације минских бушотина, при различитим пречницима и дубинама минских бушотина у различитим стенским масивима.

У математичким моделима за прогнозу гранулације фигуришу основни параметри бушења, што ће бити искоришћено за успостављање везе између параметара бушења и минирања и показатеља квалитета дробљења стенских масива.

Контролна експериментална минирања треба да порврде могућност регулисања гранулација преко кориговања геометријских параметара минирања, маса и конструкција минских пуњења, према математичком моделу контроле квалитета дробљења минирања, који треба да буде коначни резултат предложене докторске дисертације.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

Истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације биће спроведена кроз следеће фазе истраживања:

- Анализа литературних извора из области утицаја девијација минских бушотина на квалитет дробљења минирањем и идентификовање постојећих научних метода у предметној области.
- Теренска истраживања и прикупљање података, о примењеним параметрима минирања, показатељима девијација минских бушотина, карактеристикама минираних стенских маса, утврђених при извођењу теренских експерименталних минирања.

- Прикупљање и обрада фотографских снимака у циљу дигиталне анализе и утврђивања кривих гранулостава стереофотопланиметријском анализом уз коришћење софтвера Split Software.
- Компаративна анализа гранулостава утврђеног коришћењем на бази стереофотопланиметријске анализе и гранулостава утврђеног коришћењем модела за прогнозу гранулације (Куз-Рам).
- Корекција Розин-Раммлер-овог индекса уједначености гранулације и фактора којима се дефинише стенски масив, којима се обезбеђује поузданија прогнозна гранулометријског састава одминираних стенске масе са посебним освртом на утицај девијација минских бушотина.
- Утврђивање модела за дизајнирање параметара минирања у циљу усклађивања маса експлозивних пуњења, према реалним положајима минских бушотина у минираном стенском масиву и остварења уједначеније гранулација минираних стенске масе.
- У оквиру Дискусије резултата предвиђено је да се предложени модел дизајнирања параметра минирања верификује кроз одређени број контролних експерименталних минирања.

Планирана структура рада је следећа:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања утицаја девијација минских бушотина на квалитет дробљења минирањем
3. Опис технологије и параметара експерименталних минирања на три површинска копа
4. Приказ и статистичка обрада резултата мерења девијација минских бушотина, примењених параметара минирања и остварене фрагментације стенске масе
5. Утврђивање математичког модела вредновања утицаја девијације минских бушотина на интензитет и степен уједначености гранулометријског састава
6. Дискусија и верификација добијених резултата
7. Закључак

6. НАЗИВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

У Пријави докторске дисертације кандидат **мр Дејан Павловић** дипл.инж.руд. предложио је радни наслов теме докторске дисертације под називом:

„Прилог утврђивању утицаја девијације минских бушотина на квалитет дробљења стенске масе минирањем на површинским коповима“.

Комисија предлаже да се наслов теме докторске дисертације коригује и да гласи:

„Утицај девијације минских бушотина на квалитет дробљења стена минирањем на површинским коповима“.

Наведена промена наслова теме докторске дисертације не утиче на предмет, хипотезе, циљеве и методе научног истраживања.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу приложене документације, кандидат мр Дејан Павловић дипл. инж. рударства испуњава Законом предвиђене услове за рад на докторској дисертацији.

На основу изложених података Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације научно заснована и може бити предмет докторске дисертације. Предложена тема може имати научни допринос у оквиру рударства односно експлоатације лежишта минералних сировина.

Према предмету обраде, примењеној методици истраживања и очекиваним резултатима, докторска дисертација спада у научно поље техничко-технолошких наука, научне области Рударство.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације под називом „**Утицај девијације минских бушотина на квалитет дробљења стена минирањем на површинским коповима**“ кандидата **мр Дејана Павловића** дипломираног инжењера рударства.

За ментора на изради дисертације предлаже се др Радоје Пантовић, редовни професор Техничког факултета у Бору, који испуњава све услове дефинисане важећим прописима.

У Бору, 26. 06. 2019.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Лазар Кричак, редовни професор
Рударско-геолошки факултет Универзитет у Београду

др Миодраг Жижић, редовни професор
Технички факултет у Бору Универзитет у Београду

др Саша Стојадиновић, ванредни професор
Технички факултет у Бору Универзитет у Београду