

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ-
РУДАРСКО-ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ**

11120 Београд 35, ул. Ђушина 7
Тел: (011) 3219-101, Факс: (011) 3235-539



**UNIVERSITY OF BELGRADE,
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY**

Republic of Serbia, Belgrade, Djusina 7
Phone:(381 11) 3219-101, Fax:(381 11) 3235-539

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- Веће научних области техничких наука-

Београд
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

- Образац захтева за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији мр Бранка Петровића, дипл. инж. рударства.
- Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о усвајању извештаја Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације.
- Реферат Комисије
- Један укоричен штампани примерак докторске дисертације
- Електронска верзија докторске дисертације

Шеф Одељења за студентска
и наставна питања

Љиљана Колоња, дипл. инж. рударства

Факултет: Рударско-геолошки

(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
(Назив већа научних области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. ст.5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

Мр Бранка (Момир) Петровића, дипл. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)КАНДИДАТ Мр Бранко (Момир) Петровић, дипл. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„ОПТИМИЗАЦИЈА ДУЖИНЕ СТРЕЛЕ РОТОРНИХ БАГЕРА У ФУНКЦИЈИ СТАБИЛНОСТИ КОСИНА И ЕФЕКТИВНОСТИ

РАДА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА ЛИГНИТА СРБИЈЕ “

Научна област: Рударско инжењерство

Универзитет је дана 24.02.2014. год. својим актом под бр. 02 број:61206-426/2-14 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ОПТИМИЗАЦИЈА ДУЖИНЕ СТРЕЛЕ РОТОРНИХ БАГЕРА У ФУНКЦИЈИ СТАБИЛНОСТИ КОСИНА И ЕФЕКТИВНОСТИ

РАДА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА ЛИГНИТА СРБИЈЕ “

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Мр Бранка (Момир) Петровића, дипл. инж. рударства
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 19.05.2016. год. одлуком факултета под бр. 1/248, у саставу:

Име и презиме члана комисије	звање	научна област
1. др Владимир Чебашек, доц.		Механика стена
2. др Небојша Гојковић, ред. проф.		Механика стена
3. др Предраг Јованчић, ванр. проф.		Механизација у рударству и енергетици
4. др Томислав Шубарановић, доц.		Површинска експлоатација лежишта минералних сировина
5. др Радоје Пантовић, ред. проф. Универзитета у Београду-Технички факултет у Бору		Рударство и геологија

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 23.06.2016. год.

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултетаПрилог: 1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедба било.

Проф. др Душан Полончић

На основу члана 156. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 23.06.2016. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **мр Бранка Петровића, дипл. инж. рударства**, тема под насловом *"Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије"*, на који није било примедби.
2. Универзитет у Београду је дана 24.02.2014. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - **Петровић Б.**, Вујић С., Чебашек В., Гајић Г., Игњатовић Д.: PROGNOSTIC ANALYSIS OF SLOPES STATICS DUE TO FLOODING OF THE OPENCAST COALMINE TAMNAVA - WEST FIELD, (Журнал Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, НОМЕР 1, (УДК 622.271: 624.131, стр. 110-115), Москва, 2016.) (M21, Impact Factor (2012): 0,315);
 - **Петровић Б.**, Петровић А., Игњатовић Д., Гроздановић И., Козак Д., Катинић М., ASSESSMENT OF THE MAXIMUM POSSIBLE EXTENSION OF BUCKET WHEEL SchRs 740 BOOM BASED ON STATIC AND DYNAMIC CALCULATION, Journal Tehnički vjesnik/Technical Gazette (Print: ISSN 1330-3651, Vol. 23/No. 4, DOI Number :10.17559/TV-20151123152659, Hrvatska, 2016. god.) (M22, Impact Factor (2014):0,579)
4. Именовани ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Владимир Чебашек, доц.; Небојша Гојковић, ред. проф.; др Предраг Јованчић, ван. проф.; др Томислав Шубарановић, доц.; др Радоје Пантовић, ред. проф. Универзитета у Београду-Технички факултет у Бору.
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Д Е К А Н

др Душан Полоччић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата
мр Бранка Петровића, дипл. инж. рударства**

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, број 1/248 од 20.05.2016. године донетој на седници одржаној 19.05.2016. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Бранка Петровића, дипл. инж. рударства под насловом:

„Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије“.

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

РЕФЕРАТ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат мр Бранко Петровић, дипл. инж. рударства је магистарски рад под називом *"Геомеханички процеси при површинској и подземној експлоатацији мермера лежшита Венчац - Аранђеловац"* успешно одбранио 12.01.1995. године на Рударско-геолошком факултету у Београду.

На седници Катедре за механику стена Рударско-геолошког факултета, одржаној 13.11.2013. године, констатовано је да је мр Бранко Петровић, дипл. инж. рударства пријавио докторску дисертацију под називом *„Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије“*, и у складу са Статутом Рударско-геолошког факултета Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду предложена је Комисија за давање мишљења о подобности теме и кандидата у саставу: др Владимир Чебашек, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Предраг Јованчић, ванредни професор (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет) и др Владимир Малбашић, ванредни професор (Универзитет у Бањој Луци - Рударски факултет у Приједору).

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета бр. 1/339 од 03.12.2013. године, донетој на седници одржаној 28.11.2013. године за чланове Комисије за оцену подобности, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације кандидата мр Бранка Петровића, дипл. инж. рударства, под насловом *„Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије“* одређени су: др Владимир Чебашек, доцент (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Предраг Јованчић, ванредни професор (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет) и др Владимир Малбашић, ванредни професор (Универзитет у Бањој Луци - Рударски факултет у Приједору).

Комисија у претходно наведеном саставу је сачинила извештај бр. 1/12 од 14.01.2014. године, којим се утврђује да кандидат Мр Бранко Петровић, дипл. инж рударства, испуњава Законом предвиђене услове за пријаву докторске дисертације и предлаже да се кандидату одобри израда докторске дисертације под измењеним насловом „**Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије**“. За ментора се предлаже доц. др Владимир Чебашек, дипл. инж. рударства. Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета бр. 1/33 од 28.01.2014. године донетој на седници одржаној 23.01.2014. године усвојен је извештај Комисије за оцену подобности, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 24.02.2014. донело одлуку бр. 61206-426/2-14 којом је дало сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата мр Бранка Петровића, дипл. инж рударства, под називом „**Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије**“.

Кандидат мр Бранко Петровић, дипл. инж рударства је завршену докторску дисертацију предао Студентској служби Рударско-геолошког факултета 09.05.2016. и истог дана поднео молбу за именовање комисије за оцену и одбрану докторске дисертације заведену под бр. 1/213 од 09.05.2016. године. Катедра за Механику стена Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета је на основу те молбе својим дописом бр. 1/214 од 09.05.2016. предложила Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да формира комисију у саставу: др Владимир Чебашек, доцент, (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Небојша Гојковић, редовни професор, (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Предраг Јованчић, ванредни професор, (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Томислав Шубарановић, доцент, (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Радоје Пантовић, редовни професор, (Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору). На седници одржаној 19.05.2016. године, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета донело је одлуку о формирању Комисије у наведеном саставу заведену под бр. број 1/248 од 20.05.2016. године.

На основу поменуте одлуке Наставно-научног већа, стечени су услови за писање овог извештаја.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „**Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије**“ припада области техничких наука, научној области "Рударство", односно, припада ужој научној области "Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена" (по новом Статуту од 29.05.2015. године назив уже научне области је "Механика стена") за коју је матичан Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет. Према правилима Универзалне децималне класификације (УДК), докторска дисертација сврстана је на следећи начин: 621.879:624.131.537(043.3), 624.04:621.879.44(043.3).

За ментора је именован др Владимир Чебашек, доцент Рударско-геолошког факултета за ужу научну област "Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена" (по новом Статуту од 29.05.2015. године назив уже научне области је "Механика стена") и наставник је докторских студија на студијском програму "Рударско инжењерство". Ментор је објавио већи број радова и других издања из области примењене механике стена, стабилности косина и испитивања стенског материјала, чиме је потврђена његова компетентност за вођење ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Бранко Петровић рођен је 19.08.1963. године у Београду. Основну и средњу школу завршио је у Лазаревцу. Школске 1982/83. уписао је Рударски одсек Рударско-геолошког факултета у Београду, где је одбраном дипломског рада 1988. године стекао звање дипломираног инжењера рударства.

Магистарски рад под називом *"Геомеханички процеси при површинској и подземној експлоатацији мермера лежишта Венчац - Аранђеловац"* успешно је одбранио 12.01.1995. године на Рударско-геолошком факултету Универзитета у Београду. Ментор је био проф. др Милан Цветковић (Рударско-геолошки факултет у Београду), коментор проф. др Петар Милановић (Рударско-геолошки факултет у Београду), а чланови Комисије проф. др Петар Локин (Рударско-геолошки факултет у Београду) и проф. др Драгослав Елезовић (Рударско-металуршки факултет у Косовској Митровици).

Након дипломирања запослио се у Образовном центру Лазаревац где је предавао предмете из области рударства. Током 1990. године прелази на Рударско-геолошки факултет где је радио као асистент на предмету Геомеханика. У Рударски басен Колубара прелази 1997. године где је обављао различите послове – инжењер за геомеханику, главног инжењера за геомеханику, директор дела предузећа "Колубара пројект", помоћник директора за инвестиције и развој, пројект менаџера поља Е и др. Радио је и у менаџменту компаније "Stone Word international Inc." у Финиксу, САД.

Стручни испит за инжењере из области рударства положио је 1993. године.

Кандидат је учествовао у изради и реализацији великог броја студија и пројеката (око 80), а на домаћим и међународним скуповима, као и у часописима објавио је 40 научно-стручна рада, од тога два рада на SCI листи. Посебно треба истаћи његов допринос у изради подлога за изградњу бране „Првонек“ (испитивање примерака стена, етапа изградње 2-темељни испуст и водозахват, 1992. године), санацији клизишта на северо-западној косини „Поља Б“ - П.К. „Грачаница“ - Гацко (2004.године), изради Preliminary Study и отварања површинског копа оникса у Аризони (САД, 2005.године), изради предлога решења санације унутрашњег одлагалишта П.К. „Поље Б“ - Р.Б. „Колубара“ (2006. године), развоју експлоатације пешчара лежишта Fossil Creek у New Mexico (САД, 2012. године), као и при санацији косина одлагалишта П.К. „Тамнава - Западно поље“ при испумпавању воде из копа (2014. године). У наведеним радовима тежиште интересовања било је везано за стабилност косина површинских копова, као и утицај услова радне средине на избор механизације на површинским коповима. У периоду од 2002. до 2014. године био је и стручни извештач Комисије за утврђивање и оверу резерви минералних сировина Републике Србије при Министарству рударства и енергетике Републике Србије.

Одлично говори, чита и пише на енглеском језику и служи се руским.

Докторску дисертацију под називом *„Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије“* пријавио је 15.10.2013.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Бранка Петровића под називом *„Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије“* написана је на 172 једнострано одштампаних страна формата А4, латиничним писмом, на српском језику. Дисертација садржи 101

илустрацију (графикона, цртежа или шема) и 30 табела. Током израде дисертације коришћено је 68 библиографских јединица чији је списак дат на крају дисертације.

Докторска дисертација подељена је на 10 поглавља:

1. Увод
2. Преглед досадашњих истраживања и искустава у овој области
3. Теоретске основе рада роторног багера
4. Моделирање радне средине на површинским коповима лигнита
5. Анализа стабилности косина
6. Динамичко и статичко понашање стреле багера SchRs-630 као последица технолошког захтева за повећањем дужине стреле
7. Теренска испитивања динамичког понашања роторног багера
8. Моделирање процеса откопавања и прорачун параметара блока и подетаже за различите дужине стрела
9. Економска анализа
10. Закључна разматрања

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

Тема докторске дисертације је, сходно постављеним циљевима и методологији истраживања, обрађена у оквиру десет поглавља. У оквиру уводног поглавља дати су основни подаци о дисертацији: предмет и циљеви истраживања, основне хипотезе, програм и примењена методологија истраживања. Указано је на значај спроведених истраживања и њихову применљивост у области механике стена.

У другом поглављу дат је кратак преглед досадашњих истраживања и искустава у предметној области, како у земљи, тако и у иностранству.

У трећем поглављу дате се теоретске основе рада роторних багера, почев од конструктивних карактеристика, преко технологије рада и анализе капацитета.

Четвртим поглављем описано је моделирање радне средине на површинским коповима лигнита, уз навођење метода и програмских пакета који се том приликом користе да би се што реалније дефинисао простор будућих површинских копова. У овом поглављу истакнут је значај процеса моделирања у свим фазама анализе и пројектовања површинске експлоатације.

У петом поглављу дат је приказ теоретских основа прорачуна стабилности косина. Разматрани су најзначајнији утицајни фактори, њихов карактер утицаја, случајеви када се поједини фактори узимају у обзир, садржај и обим потребних лабораторијских испитивања физичко-механичких својстава материјала, као и методе прорачуна. Приказани су резултати анализе стабилности парцијалних косина за различите висине и нагибе етажа за услове радне средине Р.Б. "Колубара".

У шестом поглављу анализирано је динамичко понашање и напонско стање стреле роторног багера у функцији промене дужине стреле. Одређене су промене сопствених фреквенција, масе стреле и напона у функцији дужине стреле. Моделирање конструкције стреле роторног багера је извршено применом методе коначних елемената.

У седмом поглављу приказани су и анализирани резултати теренских испитивања динамике рада роторног багера у конкретним условима радне средине Р.Б. "Колубара". Поређењем са резултатима моделских испитивања потврђена је веродостојност модела.

У осмом поглављу извршена је анализа технолошких могућности за различите типове роторних багера. Пре свега, разматран је утицај дужине стреле багера на угао нагиба бочне косине, ширину блока, дужину откопавања блока у једном технолошком циклусу, као и на

сигурносно растојање које се може остварити између багера и етажe. Посебно је разматран утицај дужине стреле на капацитет роторног багера, односно на ефикасност рада у оквиру блока, као и утицај на стабилност косина и тиме на безбедан рад багера.

У деветом поглављу извршена је економска анализа трошкова у функцији промене дужине стреле роторног багера. Узета су у обзир инвестициона улагања која су неопходна због промене дужине стреле, као и економски ефекти који се добијају са повећањем дужине стреле.

У десетом поглављу дата су закључна разматрања везана за истраживање утицаја промене дужине стреле роторних багера. Такође су дате и препоруке за даља истраживања.

На крају је дат прегледни списак коришћене литературе и краћа биографија аутора.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Роторни багер представља самоходну машину континуираног дејства, намењену за откопавање јаловине и корисне минералне сировине на површинским коповима. Данас је, свакако, једна од најраспрострањенијих машина на површинским коповима лигнита за откопавање меких и средње тврдих стенских материјала. Током вишедеценијског развоја ових машина развијене су конструкције које могу на задовољавајући начин да одговоре веома разноврсним рударско-техничким захтевима откопавања. Ове конструкције багера обезбеђују високе техничко-економске показатеље у раду, захваљујући, пре свега, низу техничко-експлоатационих предности у односу на друге врсте багера.

Предности роторних багера се огледају кроз високу сигурност у раду, релативно малу уградњу метала $0.2-1.1 \text{ t.h/m}^3$, малу специфичну потрошњу енергије $0.15-0.5 \text{ kWh/m}^3$ и високи коефицијент корисног дејства радног органа $0.8-0.9$). Према DIN стандарду сви ротони багери деле се на такозване *компактне багере класе А*, који се одликују кратком стрелом и конструкцијом стреле од пуних зидова, *класе Б* са решеткастом стрелом и капацитетом до $6.000 \text{ m}^3/\text{h}$ и *класе Ц* са решеткастом стрелом капацитетом преко $6.000 \text{ m}^3/\text{h}$ и претоварним мостом. Сваки од ових типова багера има своје предности и недостатке који се огледају у могућности остваривања техничко-технолошких параметара блока и подетаже, набавној цени и др.

Избор роторног багера и нарочито остваривање његовог пројектованог капацитета у реалним условима на површинском копу у највећој мери зависи од усаглашености геометријских параметара стреле и радног органа са условима радне средине. Наиме, избор дужине стреле је у директној зависности од могућности остваривања техничко-технолошких параметара блока и подетаже и остваривања оптималних капацитета. Роторни точак (ротор) и стрела роторног точка (стрела багера) представљају два највиталнија дела роторног багера. Ови делови битно утичу на конструкцију целог багера, одређују технолошке параметре одреска, реза и блока, његов производни потенцијал и др. Повећањем дужине стреле роторног точка остварују се повољнији услови за откопавање као и параметри блока. Веома је важно одредити оптималну дужину стреле будући да свако повећање дужине стреле роторног точка има за последицу повећање масе целог багера и то линерано, док се не захтева промена пречника обртно-ослоног круга и доње градње, након чега је повећање масе далеко веће.

Превелика дужина стреле у односу на конкретне услове радне средине (број, моћност и положај прослојака) доводи до осетног повећања масе багера, а самим тим и његове набавне цене. Обртнуто, поддимензионисана дужина стреле има за последицу осетан пад временског и капацитетног искоришћења багера, односно смањење коефицијента

ефикасности рада багера у блоку и немогућност остваривања захтеваних углова нагиба бочних косина и др., а при томе, услови рада су мање безбедни.

У претходном периоду приликом избора роторних багера није примењивана упоредна техно-економска анализа погодности типа багера и дужине стреле за конкретне услове радне средине лигнитских басена Србије, пре свега са аспекта усаглашености дужине стреле и могућности остваривања захтеваних углова нагиба косина који обезбеђују услове стабилности косина и безбедног рада на површинском копу.

Предложеним свеобухватним поступком за анализу и научно заснованој методологији омогућено је да се изврши избор оптималне конструкције стреле роторног багера за услове радне средине који ће у наредном периоду владати на нашим површинским коповима лигнита (П.К. "Радљево", П.К. "Поље Е", П.К. "Поље Ф", П.К. "Дрмно" и др.). Претходно наведено је од посебне важности ако се у обзир узму сложени услове експлоатације који се очекују, као што су велика дубина синклиналног залегања, неопходност селективног рада, неповољна својства материјали са аспекта стабилности косина и др.

На површинским коповима извршена су испитивања првенствено утицаја дужине стреле на остваривање технолошких параметара, односно могућност напредовања у оквиру подетаже, остваривање ширине блока, остваривање углова нагиба бочних косина и прорачун капацитета за конкретне услове. Прикупљени резултати омогућили су развој модела који омогућава да се, на основу детаљних анализа, изврши правилан избор стреле роторног багера.

Анализом теоретских и експерименталних истраживања рада роторних багера развијена је методологија за оптимизацију дужине стреле роторног багера за услове радне средине лигнитских басена Србије, а у функцији веће стабилности откопних етажа. Примењеном методологијом обухваћени су искуствени подаци и досадашња истраживања, савремени поступци и методе истраживања у овој области. Развојем алгоритма самог тока истраживања, уз примену рачунара, омогућено је стварање предуслова за избор оптималне дужине стреле роторног багера и његове конструкције.

Оригиналност дисертације се огледа у томе да је дефинисана целокупна методологија за избор оптималне конструкције и дужине стреле роторног багера за одговарајуће услове радне средине чиме се омогућава правилан избор роторног багера при отварању нових површинских копова.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде ове дисертације, кандидат је прегледао и обрадио већи број референци, углавном објављених на енглеском језику. У припреми текста дисертације коришћено је укупно 68 референци, чији је списак дат на крају дисертације.

Велики број референци (28%) датира из претходних петнаест година, 34% референци датира из претходних десет година, а чак 37% референци је објављено током претходних пет година (2010-2015). Овај показатељ илуструје савременост у области анализе утицаја рада роторних багера и њихових техничко-технолошких параметара на стабилност косина копова, као и на економске показатеље на основу којих се одређује тип багера. У претходном периоду, прилоком избора роторних багера није примењивана упоредна свеобухватна техничко-економска анализа погодности типа багера и дужине стреле за конкретне услове радне средине басена лигнита у Србији. Поједини аутори су се бавили анализом радне средине, други пак само багерима који ће радити у њој. Изучавана су физичко-механичка својства радне средине уз напомену неопходности геомеханичких истраживања у фази рударске експлоатације. Значај анализе стабилности косина за сам процес експлоатације

честа је тема истраживања и пре почетка експлоатације, у фази пројектовања косина површинског копа, када је циљ постићи максимални нагиб за задату максималну висину косине при минималном фактору сигурности и оптималним условима стабилности. Мерење вибрација на багеру током откопавања и повезивање измерених сигнала са оперативним подацима централног компјутера детаљно је обрађено у једној публикацији. Такође, током анализе рада багера, поједини аутори су дошли до сазнања да продуктивност роторних багера зависи од разних фактора (број, облик и величина ведрице, пречник ротора, његова брзина окретања, дужина стреле багера, њена брзина заокретања, висина етажe, углови нагиба етажe итд.), при чему се додатни губитак продуктивности дешава на крајевима блока и при откопавању блока у тешким временским условима.

Претходно изнето само потврђује чињеницу да до сада није примењена упоредна техничко-економска анализа при избору роторног багера, већ да су истраживања рађена само у домену одређене области, чиме се додатно истиче значај тренутка израде ове дисертације.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Истраживања у дисертацији се заснивају на резултатима досадашњих истраживања из ове области, као и на резултатима истраживања која су спроведена у оквиру овог рада. Методологија истраживања примењена у овој дисертацији састоји се из три фазе: фазе системске анализе, фазе моделирања и фазе оптимизације. На тај начин, потпуно је сагледан, отворен и детерминисан проблем, сагледана су могућа решења и одабрана оптимална, а при томе је и извршена практична провера добијених резултата. У оквиру дисертације примењене су следеће методе истраживања:

1. Метода теоријске анализе је примењена за потребе проучавања досадашње теоријских и практичних сазнања и најновијих резултата везаних за предмет дисертације.
2. Методе прикупљања података се пре свега односе на разматрање постојеће документације везане за:
 - теоретске основе рада роторних багера,
 - геолошку грађу лежишта лигнита на територији Републике Србије и расположиви
 - геомеханичка својства радне средина лежишта лигнита на територији Републике Србије.
 - релевантне утицајне факторе радне средине на стабилност косина,
 - теренска испитивања динамичког понашања роторног багера, са посебним освртом на понашање стреле роторног багера.
3. Методе моделирања су приликом израде докторске дисертације коришћене у циљу правилног избора конструкције роторних багера:
 - и моделирање радне средине у циљу дефинисања стабилности косина,
 - моделирање радног органа (стреле) роторног багера у циљу напоског стања стреле роторног багера,
 - моделирања динамичког понашања роторног багера приликом рада механизације и
 - израда симулационог модела рада роторног багера и прорачун параметра блока и подетаже за различите типове роторних багера и дужине стрела,
4. Обрада и анализа података су обухватили:
 - анализу стабилности косина израђених у радној средини лежишта лигнита,
 - обраду и анализу резултата испитивања динамичког понашања роторног багера и стреле роторног багера и
 - обраду и анализу техничко-технолошких могућности роторних багера
5. Оптимизација процеса избора дужине стреле ротора је извршена у циљу максималног усклађивања следећих параметара:

- кинематско-конструктивних параметара роторног багера,
- конструктивних и технолошких параметара површинског копа,
- технолошких услова рада роторног багера (угао нагиба бчне косине, ширине блока, дужине блока, сигурносног растојања роторног багера оф ножице косине, капацитета багера) и
- економских ефеката предложене конструкције роторног багера.

За потребе прикупљања, обраде и анализе података и оптимизације проблема коришћени су програмски пакети: Microsoft Excel, Kaleidagraph, RocLab, RocData, NENVE, GeoStudio, Slide, BGSlope и Komips.

Верификација дефинисане методологије истраживања је обављена са реалним подацима са површинских копова Р.Б. „Колубара“ и теренским мерењима динамичког понашања роторног багера у циљу избора оптималних параметара рада багера тако да добијени резултати могу бити коришћени за избор оптималне дужине стреле роторних багера приликом избора и куповине механизације за потребе нових рудника лигнита Србије

На основу изложеног, Комисија констатује да примењене технике и методе по значају, обиму и другим својствима у потпуности одговарају теми и обиму дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Применљивост остварених резултата у дисертацији је за научну и инжењерску јавност вишеструка. Приказана методологија оптимизације дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије је веома актуелна. У прилог претходном иде чињеница да до сада приликом избора роторних багера није вршена научна и техно-економска анализа погодности типа багера и оптималне дужине стреле за конкретне услове радне средине лигнитских басена Србије.

Оваквим приступом је омогућено да се изврши усаглашавање дужине стреле и тиме формирање захтеваних углова нагиба косина у циљу очувања стабилности косина и безбедног рада на површинском копу. Предложена методологија ће створити предуслове да за сложене услове радне средине који се очекују у наредном периоду (П.К. "Поље Е", П.К. "Радљево" и др.) изврши избор, како оптималног типа багера, тако и оптималне дужине стреле. Оваквим приступом ће се се омогућити безбеднији рад са једне стране, а са друге стране постићи ће се максимални економски ефекти рада роторних багера.

На површинским коповима лигнита у Србији се у наредном периоду очекује набавка нових роторних багера, тако да предложена методологија и интегрални техно-економски модел биће применљиви већ у фази израде техно-економске документације за отварање копова и набавку нове опреме.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

мр Бранко Петровић је својим досадашњим истраживачким активностима, заинтересованошћу и стручношћу испољио квалитет за научни и истраживачки рад. Кандидат је обрадио тему која је својим израженим мултидисциплинарним карактером захтевала свеобухватност и аналитичност у раду, као и систематичност при обради, анализи и доношењу коначних закључака и решења. Кандидат је на основу свог дугогодишњег искуства на пољу научно-истраживачког и практичног рада уочио значај потребе усаглашавања геометријских параметара стреле и радног органа роторног багера са условима радне средине, па самим тиме остваривање оптималних капацитета, иницирале су спровођење опсежне студије од стране кандидата, која је на крају крунисана израдом докторске дисертације. Оправданост оваквог приступа огледа се у чињеници да је кандидат

објавио два научна рада као први аутор, која су уско повезана са темом дисертације. Објављени научни радови показују да је рад кандидата признат на међународном нивоу, те да у потпуности располаже знањима и вештинама да се бави теоријским и нумеричким истраживањима, као и практичним анализама. Такође, у прилог потврди научног доприноса и рада кандидата иде и чињеница да је објавио и изложио три рада на најпрестижнијим светским конференцијама из области рударства и то: International Symposium of Continuous Surface Mining, Dresden, Germany, октобар 2013. године, International Symposium of Continuous Surface Mining, Aachen, Germany, септембар. 2014. године и Међународна конференција УГАЉ 2015, Златибор, октобар 2015. године.

Досадашњи научни рад и истраживачка делатност кандидата су суштински повезани са темом докторске дисертације и квалификују кандидата за успешан рад на предложеној теми.

У докторској дисертацији се налазе још увек необјављени резултати који се планирају представити научној јавности у наредном периоду.

На основу резултата које је постигао у свом стручном и научном раду у претходном периоду, без икакве резерве, може се закључити да мр Бранко Петровић у сваком погледу испуњава услове који га квалификују да се самостално бави научно-истраживачким радом.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација „*Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије*“ кандидата мр Бранка Петровића, дипл. инж. рударства, поседује савремен, оригиналан и научно утемељен приступ проблему оптимизације конструкције роторних багера кроз развој модела за оптимизацију процеса избора дужине стреле роторног багера у функцији стабилности косина и ефективности рада. Резултати и закључци који су засновани на оригиналном методолошком приступу чине ову дисертацију веома актуелном у области механике стена.

Тема докторске дисертације обухвата истраживање веома актуелне и значајне проблематике из области површинске експлоатације и избора опреме за рад у сложеним условима радне средине (велика раслојеност угља, сложени услови залегања и др.). Посебна пажња биће посвећена детаљном изучавању и анализи утицаја дужине стреле на обезбеђење стабилних косина (израда благих косина при пројектованим висинама копања), као и утицај на ефективност процеса рада багера и укупну економику експлоатације.

Основни циљ истраживања је био да се анализом теоретских и експерименталних истраживања рада роторних багера изврши оптимизација дужине стреле роторног багера за услове радне средине лигнитских басена Србије, а у функцији веће стабилности откопних етажа. Приказаним истраживањима у оквиру докторске дисертације дефинисана је методологија за избор оптималне дужине стреле роторног багера и његове конструкције у зависности од геомеханичких својстава радне средине, односно захтеване стабилности косина. Основни циљ предложене методологије је обезбеђивање боље ефективност рада роторних багера у склопу континуалних система и постизање позитивних економских ефеката, односно омогућавање правилног избора роторних багера при отварању нових површинских копова.

Истраживања у оквиру докторске дисертације су реализована на теоријском и експерименталном нивоу. На тај начин, потпуно је сагледан, отворен и детерминисан проблем, сагледана су могућа решења и одабрана оптимална, а при томе је и извршена практична провера добијених резултата.

Сва истраживања предвиђена планом и програмом израде дисертације су реализована, а остварени научни доприноси огледају се кроз следеће:

- Извршено је детаљно изучавање и анализа утицаја физичко-механичких својстава радне средине на стабилности косина, односно на ефективност процеса рада роторног багера.
- Дефинисана је методологија за израду симулационог модела стабилности косина и рада роторног багера.
- Дефинисана је методологија за израду модела радног елемента роторног багера (стреле багера) методом коначних елемената и теренских мерења која ће верификовати модел рада багера и динамичко понашање при откопавању у сложеним условима радне средине ;
- Утврђен је поступак за избор оптималне дужине стреле роторних багера за услове радне средине површинских копова лигнита у Србији.

Са реализацијом овако постављених истраживања створиће се услови за дефинисање методологије за избор оптималне дужине стреле уз смањење трошкова експлоатације.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Тема докторске дисертације обухвата истраживање веома актуелне и значајне проблематике из области површинске експлоатације и избора опреме за рад у сложеним условима радне средине (велика раслојеност угља, сложени услови залегања и др.) на површинским коповима. Посебна пажња је посвећена детаљном изучавању и анализи утицаја дужине стреле на обезбеђење стабилних косина (израда благих косина при пројектованим висинама откопавања), као и утицај на ефективност процеса рада багера и укупну економику експлоатације.

На основу постављених циљева и задатака, дисертација је посебано научни допринос се пружила кроз детаљно изучавање и анализу утицаја физичко-механичких својстава радне средине, односно стабилности косина, на ефективност процеса рада роторног багера, дефинисање методологије за израду симулационог модела стабилности косина и рада роторног багера, дефинисање методологије за израду модела радног елемента роторног багера (роторне стреле) методом коначних елемената и теренска мерења која ће верификовати модел рада багера и динамичко понашање при откопавању у сложеним условима радне средине.

Са реализацијом овако постављених истраживања створени се услови за оптималан избор дужине стреле уз смањење трошкова експлоатације.

Интегрални модел оптимизације процеса избора дужине стреле роторног багера у функцији стабилности косина и ефективности рада развијен је на бази мултидисциплинарног приступа решавању постављеног проблема. Наведени модел представља комбинацију симулације рада радног органа роторног багера, симулације динамичког понашања и на крају одређивање оптималне конструкције и дужине стреле роторног багера. Развијени модел је применом савремених научних метода допринео јаснијем сагледавању и бољем решавању проблематике избора одговарајуће конструкције радног органа роторног багера.

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и постављене циљеве истраживања, те на основу прегледа релевантне литературе, сагледавања стања научних истраживања из области докторске дисертације, Комисија закључује да је кандидат у потпуности оправдао очекивања која су наведена оквиру пријаве теме докторске дисертације. Решења приказана у оквиру дисертације су оригинална, значајна и у потпуности применљива у пракси.

Развијени модел, значајно унапређује постојеће методе и поступке, уједно представља и одличну основу за даља истраживања у области оптимизације конструкције радног органа и целокупног роторног багера и његовог рада на површинским коповима.

Коначно, треба истаћи и остале закључке за наставак истраживања на предметном пољу. Кандидат својим препорукама и идејама за наставак истраживања указује на могуће, истовремено и највероватније правце у којима треба тражити свеобухватно решење.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације верификован је објављивањем два рада у часописима индексираним у SCI листи и већим бројем радова презентованих на међународним стручним и научним скуповима.

У наставку је дат списак објављених научно-стручних радова кандидата Бранка Петровића у последњих пет година:

Категорија M20:

1. **Петровић Б.**, Вујић С., Чебашек В., Гајић Г., Игњатовић Д.: PROGNOSTIC ANALYSIS OF SLOPES STATICS DUE TO FLOODING OF THE OPENCAST COAL MINE TAMNAVA - WEST FIELD, (Журнал Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, НОМЕР 1, (УДК 622.271: 624.131, стр. 110-115), Москва, 2016.) (M21, Impact Factor (2012): **0,315**)
2. **Петровић Б.**, Петровић А., Игњатовић Д., Гроздановић И., Козак Д., Катинић М., ASSESSMENT OF THE MAXIMUM POSSIBLE EXTENSION OF BUCKET WHEEL SchRs 740 BOOM BASED ON STATIC AND DYNAMIC CALCULATION, Journal Tehnički vjesnik/Technical Gazette (Print: ISSN 1330-3651, Vol. 23/No. 4, DOI Number : 10.17559/TV-20151123152659, Hrvatska, 2016. god.) (M22, Impact Factor (2014): **0,579**)

Категорија M30:

1. Шубарановић Т., Степановић С., Димитријевић Б., **Петровић Б.**: ПОВЕЋАЊЕ ЕНЕРГЕТСКЕ ЕФИКАСНОСТИ ПОВРШИНСКОГ КОПА УГЉА ДРМНО У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ ПРИМЕНОМ ХОРИЗОНТАЛНИХ ДРЕНАЖНИХ БУШОТИНА, Зборник радова, Међународна конференција ТЕНОР 2011, Угљевик, септембар 2011., стр. 280-291 (M33)
2. Шубарановић Т., **Петровић Б.**, Димитријевић Б.: РЕКУЛТИВАЦИЈА ЗАПАДНОГ СПОЉАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ УГЉА ГРАЧАНИЦА-ГАЦКО, Зборник радова, Интегрисани међународни симпозијум ТИОРИП 2011, Међународни симпозијум одрживи развој рударства и енергетике ORRE '11, Књига 1, Златибор, септембар 2011., стр. 493-499 (M33)
3. **Петровић Б.**, Шубарановић Т., Вуковић З.: ПРОВЕРА СТАБИЛНОСТИ ЗАВРШНЕ КОСИНЕ У ОДНОСУ НА ПРВУ ДЕОНИЦУ ЕКРАНА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ УГЉА "ДРМНО", Зборник радова, V међународна Конференција УГАЉ 2011, Златибор, октобар 2011., стр. 302-311 (M33)
4. **Петровић Б.**, Павловић В., Шубарановић Т., Ивош В.: STABILITY VERIFICATION OF THE SCREEN SECTION 1 AND FINAL SLOPE STABILITY WITH RESPECT TO SECTION 1 OF THE SCREEN AT THE OPENCAST MINE DRMNO IN THE REPUBLIC OF SERBIA, Proceedings of the Vth International geomechanics conference, Варна, Бугарска, јун 2012., стр. 199-205 (M33)
5. Павловић В., **Петровић Б.**, Шубарановић Т.: THE DESIGN METHODOLOGY FOR WATERPROOF SCREEN AT THE OPENCAST MINE DRMNO, Proceedings of the 11th International Symposium of continuous surface mining, Miskolc, Hungary, јун 2012., стр. 235-243 (M33)

6. **Петровић Б.**, Милошевић Д., Шубарановић Т., Радисављевић З.: АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ КОСИНА НА ПОВРШИНСКОМ КОПУ ДАЦИТА "КРШ" - ЉУБОВИЈА, X међународна конференција о површинској експлоатацији "ОМЦ 2012", Златибор, октобар 2012., стр. 275-284 (М33)
7. **Петровић Б.**, Павловић В., Игњатовић Д., Степановић С.: МЕТОДОЛОГИЈА ИЗБОРА РОТОРНОГ БАГЕРА ЗА СЕЛЕКТИВНУ ЕКСПЛОАТАЦИЈУ УГЉА, Зборник радова, VI међународна конференција "УГАЉ 2013", Златибор, октобар 2013., стр. 195-210 (М33)
8. **Петровић Б.**, Радисављевић З., Милошевић Д.: ЗНАЧАЈ АНАЛИЗЕ СТАБИЛНОСТИ КОСИНА ЗА ПРОЦЕС ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ УГЉА У РБ КОЛУБАРА, Зборник радова, VI међународна конференција "УГАЉ 2013", Златибор, октобар 2013., стр. 245-250 (М33)
9. **Петровић Б.**, Павловић В., Игњатовић Д., Степановић С.: BUCKET WHEEL EXCAVATOR BOOM LENGTH OPTIMIZATION FOR SELECTIVE OPERATION ON RADLJEVO OPEN CAST MINE IN KOLUBARA, Proceedings of the 12th International Symposium of Continuous Surface Mining, Dresden, Germany, октобар 2013., стр. 321-333 (М33)
10. **Петровић Б.**, Павловић В., Босиљчић Р.: EXPLOITATION OF THE SANDSTONE QUARRY FOSSIL CREEK, NEW MEXICO – USA, 4th Colloquium of non-blasting rock extraction, Freiberg, Germany, новембар 2012., стр. 286-289 (М33)
11. **Петровић Б.**, Игњатовић Д., Бошковић С., Јованчић П.: IMPACT OF THE BUCKET WHEEL SUPPORT AT TECHNICAL PARAMETERS OF THE BLOCK AND BUCKET WHEEL EXCAVATOR CAPACITY, 12th International Symposium of Continuous Surface Mining, Aachen, Germany, септембар 2014., стр. 345-353 (М33)
12. **Петровић Б.:** АНАЛИЗА СТАБИЛНОСТИ КОСИНА ОДЛАГАЛИШТА ПК ТАМНАВА-ЗАПАДНО ПОЉЕ У ФУНКЦИЈИ ИСПУМПАВАЊА ВОДЕ ИЗ КОПА, XI Међународна конференција о површинској експлоатацији, Златибор, октобар 2014., стр. 311-320 (М33)
13. **Петровић Б.**, Анђелковић Н.: УТИЦАЈ УНУТРАШЊЕГ ОДЛАГАЛИШТА ПК ТАМНАВА-ЗАПАДНО ПОЉЕ НА МЕСТО ОТВАРАЊА ПК РАДЉЕВО, VII Међународна Конференција УГАЉ 2015, Златибор, октобар 2015., стр. 309-318 (М33)
14. **Петровић Б.**, Игњатовић Д., Петровић А., Манески Т., Милошевић-Митић В., Тришовић Н.: ДИНАМИЧКА МОДИФИКАЦИЈА КОНСТРУКЦИЈЕ ПРОДУЖЕНЕ СТРЕЛЕ БАГЕРА SchRs740, VII Међународна Конференција УГАЉ 2015, Златибор, октобар 2015., стр. 299-308 (М33)

Укупно:

- Радови у међународним часописима на SCI листи (М20): 2 рада
- Радови на међународним научним скуповима (М30): 14 радова

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација „*Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије*“ кандидата мр Бранка Петровића, дипл. инж рударства, поседује савремен, оригиналан и научно утемељен приступ проблему дефинисања методологије за оптималан избор дужине стреле роторног багера у функцији стабилности косина и ефективности рада. Резултати и закључци који су засновани на оригиналном методолошком приступу чине ову дисертацију веома актуелном у области механике стена.

Резултати приказани у дисертацији омогућавају да се приликом избора одговарајуће конструкције радног органа роторног багера у фази избора механизације будућих површинских копова на адекватан начин узму у обзир физичко-механичка својства радне средине. Занемаривање ових ефеката у фази избора роторног багера може довести до појаве

повећавања трошкова током експлоатације због непредвиђеног смањења ефективности рада, услед потребе за смањивањем висине откопавања као последице физичко-механичких својстава радне средине.

Треба истаћи да је кандидат студиозним приступом проблему, анализирајући већи број углавном страних литературних извора, спроведеним експерименталним испитивањима и изведеним закључцима, дошао до оригиналних и проверљивих резултата, чиме је показао висок ниво способности и самосталности за бављење научно-истраживачким радом. Добијени резултати представљају основу која ће омогућити другим истраживачима у овој области да се укључе у даља истраживања.

На основу прегледане докторске дисертације, Комисија за оцену и одбрану закључује да урађена докторска дисертација кандидата мр Бранка Петровића, дипл. инж рударства испуњава све законске и остале услове за јавну одбрану. Урађена докторска дисертација је написана у складу са свим стандардима о научно-истраживачком раду и испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Рударско-геолошког факултета и критеријумима које је прописао Универзитет у Београду.

Комисија, на основу горе наведеног, са задовољством предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом *„Оптимизација дужине стреле роторних багера у функцији стабилности косина и ефективности рада на површинским коповима лигнита Србије“* кандидата мр Бранка Петровића, дипл. инж рударства прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Владимир Чебашек, доцент
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Небојша Гојковић, редовни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Предраг Јованчић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Томислав Шубарановић, доцент
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

др Радоје Пантовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору