

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 Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства.
- 
- Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о продужењу рока за израду докторске дисертације.
- Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о прихватању 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

Миланке (Негослав) Неговановић, дипл. инж. рударства  
(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ Миланка (Негослав) Неговановић, дипл. инж. рударства  
(име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„МОДЕЛ ПРЕДВИЂАЊА ПОТРЕСА ОД МИНИРАЊА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА ПРИМЕНОМ СИМУЛАЦИОНЕ МЕТОДЕ

МОНТЕ КАРЛО И ФАЗИ ЛОГИКЕ“ Научна област: Рударско инжењерство Студијски програм: Рударско инжењерство

Универзитет је дана 04.02.2013. год. својим актом под бр. 02 Број:06-419/20-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„МОДЕЛ ПРЕДВИЂАЊА ПОТРЕСА ОД МИНИРАЊА НА ПОВРШИНСКИМ КОПОВИМА ПРИМЕНОМ СИМУЛАЦИОНЕ МЕТОДЕ МОНТЕ КАРЛО И ФАЗИ ЛОГИКЕ“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата

Миланке (Негослав) Неговановић, дипл. инж. рударства  
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 28.04.2015., одлуком факултета под бр. 1/158, у саставу:

Име и презиме члана комисије

звање

научна област

- др Игор Миљановић, ванр. проф. примењено рачунарство и системско инжењерство
- др Лазар Кричак, ред. проф. експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена
- др Драгослав Кузмановић, ред. проф. Универзитета у Београду-Саобраћајни факултет механика
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 21.05.2015.

**ДЕКАН**  
Рударско-геолошког факултета

Прилог: 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 Иван Обрадовић

На основу члана 92. став 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета у Београду“, број 162/11 – пречишћени текст, 167/12 и 172/13) и Одлуком о изменама Статута Универзитета (Број: 020-18606/4-12, Београд, 15.05.2012. године) и члана 44. Статута Рударско-геолошког факултета, доносим

## О Д Л У К У

Студентима основних академских студија Рударско-геолошког факултета, уписаним школске 2007/2008. године, одобрава се продужетак рока за завршетак студија за два семестра, на лични захтев студента.

### Образложење

Статутом Универзитета у Београду, чланом 92., став 4. („Гласник Универзитета у Београду“, број 162/11 – пречишћени текст, 167/12 и 172/13) и Одлуком о изменама Статута Универзитета (Број: 020-18606/4-12, Београд, 15.05.2012. године), прописано је да се студенту, на лични захтев, поднет пре истека рока из ст. 1. и 2. овог члана, може продужити рок за завршетак студија за два семестра.

Из напред изнетог одлучено је као у диспозитиву ове одлуке.

ДЕКАН  
Рударско-геолошког факултета  
Проф. др Иван Обрадовић



Доставити:

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

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 19.06.2014. године, сходно члану 92. став 4 б (Одлука о изменама и допунама Статута Универзитета у Београду број 178 од 21.03.2014. године), донело је

## О Д Л У К У

Одобрава се продужење рока за израду докторске дисертације **Неговановић Миланке**, дипл. инж. рударства, под насловом *"Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике"*, до завршетка школске 2014/2015 године.

Д Е К А Н

проф. др Иван Обрадовић

Достављено:

- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 117. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 27. Правилника о студирању на докторским студијама и стицању звања доктора наука, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.05.2015. године, донело је

## О Д Л У К У

1. Усваја се извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **Миланке Неговановић**, дипл. инж. рударства, под насловом *"Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике"*, на коју није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 04.02.2013. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Рад из научног часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
  - Неговановић, М., Кричак, Л., Јанковић, И., Зековић, Д., Игњатовић, С.: Measurement of crack displacement on residential structure due to blast-induced vibrations and daily changes of temperature and relative humidity, - Technics Technologies Education Management, vol. 7, no.1, pp. 411-417, 2012 (IF 0.414) (ISSN 1840-1503).
4. Именована ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Игор Миљановић, ванр. проф.; др Лазар Кричак, ред. проф.; др Драгослав Кузмановић, ред. проф. Универзитета у Београду – Саобраћајни факултет.
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 Иван Обрадовић, ред. проф.

Достављено:

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

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Миланке Неговановић

Одлуком бр. 1/158 од 29.04.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства под насловом

**Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике**

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора с кандидатом, Комисија је сачинила следећи

**РЕФЕРАТ**

**1. УВОД**

**1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације**

Миланка Неговановић, дипл. инж. рударства за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина, уписала је докторске студије школске 2007/2008. године на Рударско-геолошком факултету, студијски програм - рударско инжењерство. На докторским студијама положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 9.80.

- Захтев за одобрење теме докторске дисертације Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета поднет је 13.11.2012. године.

- Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета бр. 1/206 од 23.11.2012. године, која је донета на седници одржаној 22.11.2012. именована је Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације.

- Одлуком бр. 1/246 од 24.12.2012. године, донетој на седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета, која је одржана 20.12.2012. године, прихваћен је Извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације под насловом: „Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике”. За ментора докторске дисертације именован је др Игор Миљановић, ванредни професор (тада доцент), Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет.

- Одлуком 02 бр: 06-419/20-13 од 19.02.2013. године, Већа Научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 04.02.2013. године дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације, Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства, под насловом: „Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике”.

- Захтев за именовање Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације поднет је 09.04.2015. године Наставно-научном већу Рударског одсека и Рударско-геолошког факултета.

- Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета на седници одржаној 28.04.2015. године, односно одлуком бр. 1/158, од 29.04.2015. године, именovalo је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације у саставу: др Игор Миљановић, ванредни професор (ментор, Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Лазар Кричак, редовни професор (Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет), др Драгослав Кузмановић, редовни професор (Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет).

## **1.2. Научна област дисертације**

Докторска дисертација под насловом: „Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике” припада области техничких наука. По предмету истраживања, дисертација припада научној области „Рударско инжењерство”, односно ужој научној области „Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена”, за коју је матичан Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет. За ментора ове докторске дисертације именован је др Игор Миљановић, ванредни професор Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет.

## **1.3. Биографски подаци о кандидату**

Миланка Неговановић, дипл. инж. рударства рођена је 02.10.1978. године у Аранђеловцу. Основну школу и Гимназију завршила је у Аранђеловцу са одличним успехом. Дипломирала је 2005. године на Рударско – геолошком факултету у Београду, рударски одсек, смер - Површинска експлоатација лежишта минералних сировина, са просечном оценом свих положених испита у току студија 9.05. Добитник је Награде “Милутин Миланковић” за најбољег студента рударског одсека 1999. год. и Награде Норвешке Амбасаде 2002.год. међу 500 најбољих студената Србије. Дипломски рад из области бушења и минирања одбранила је оценом 10 (Ментор Проф. др Лазар Кричак). Приправнички испит положила је у фирми "Неметали А.Д." Топола 2007. године. Током приправничког стажа учествовала је у организацији и извођењу минирања на површинским коповима "Каменица", "Кречана" и "Брезовац", изради дневника минирања, спровођењу техничких мера заштите, организацији рада у циљу остваривања предвиђених капацитета.

Од 2007. године похађа докторске студије на Рударско-геолошком факултету у Београду, студијски програм - Рударско инжењерство. Положила је све испите предвиђене програмом докторских студија са просечном оценом 9.80.

На Рударско-геолошком факултету запослена је од 2008. године као стручни сарадник у Лабораторији за бушење и минирање. Звање истраживач сарадник стекла је 2012 године. Током рада на Рударско-геолошком факултету активно је учествовала у организацији Семинара: "Савремени трендови у области бушења и минирања" у оквиру Центра за минирање, теренским мерењима, праћењу параметара бушења и минирања при минирањима на више површинских копова грађевинско-техничког камена и површинских копова металичних руда.

Одлуком бр. С1-38/5 Изборног Већа Рударско-геолошког факултета од 20.02.2014. године изабрана је у наставно звање асистент за ужу научну област Експлоатација чврстих минералних сировина и механика стена, на Катедри за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина. У звању асистента има задужења за одржавање вежби из предмета: „Основе бушења и минирања“, „Бушење и минирање на површинским коповима“, „Експлоатација и обрада камена“, „ Специјалне методе минирања и рушења објеката“, „Сеизмика минирања“, "Специјалне методе експлоатације лежишта минералних сировина".

Аутор је или коаутор већег броја научних и стручних радова објављених у међународним часописима и зборницима радова са Међународних и домаћих Конференција и Симпозијума из области бушења и минирања. Коаутор је шест техничких решења. Учесник је у изради већег броја Пројеката, Студија и Елабората. Успешно је завршила програм усавршавања: Савремена геофизичка пракса", у организацији Департамента за геофизику, Рударско-геолошки факултет, Београд и Сектора за геофизику Научно-техничког центра НИС А.Д., Србија (Новембар 2011 - Јун 2012.). Истраживач на Пројектима Технолошког развоја ТР17013 "Систем за праћење негативних утицаја минирања на околну средину" (2008 - 2011.) и ТР33003 "Вишенаменски аутономни систем за даљинско праћење параметара стања у рудницима и окружењу" (2010 - 2015.), Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Члан је Центра за минирање и Удружења за унапређење рударске струке и науке.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### **2.1. Садржај дисертације**

Докторска дисертација кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства, под називом: "Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике" написана је на 261 страна текста на српском језику. Дисертација садржи 180 слика и дијаграма, 37 табела, 90 нумерисаних једначина, 132 литературна извора и 9 прилога. Дисертација садржи насловну страну (на српском и енглеском језику), резиме (на српском и енглеском



језику), садржај, 7 текстуалних поглавља, списак литературе, биографију кандидата, изјаву о ауторству, изјаву о истоветности штапане и електронске верзије докторског рада и изјаву о коришћењу. Дисертација има структуру која се састоји из следећих делова:

1. Увод
  2. Општи део
  3. Методологија теренских истраживања
  4. Приказ резултата праћења потреса од минирања и дискусија
  5. Предвиђање потреса од минирања фази и Монте Карло моделирањем
  6. Закључак
  7. Литература
- Прилози

## **2.2. Кратак приказ појединачних поглавља**

У уводном делу докторске дисертације дат је кратак приказ предмета истраживања докторске дисертације, као и циљева истраживања. Представљене су полазне поставке у истраживањима, као и научне методе истраживања примењене у изради дисертације. Значајно поглавље представља приказ ранијих истраживања на предметном пољу у свету из области предвиђања потреса изазваних минирањем. Сажето су наведени аутори који су се својим истраживањима истакли развојем различитих математичких модела за превиђање основних карактеристика вибрација изазваних минирањем. Истакнуте су неке од специфичности регресионих модела, као и модела предвиђања карактеристика потреса применом савремених метода попут Монте Карло методе, метода заснованих на фази логици и неуронским мрежама.

У општем делу обрађен је механизам експлозије и сеизмички ефекат минирања. Наведени су најважнији фактори који утичу на карактеристике сеизмичких таласа узрокованих минирањем, као и мере које се требају предузети у циљу смањења сеизмичких ефеката минирања на површинским коповима. Описан је поступак мерења потреса узрокованих минирањем, реакција објеката при проласку сеизмичких таласа, последице потреса на објекте и стандарди који прописују максимално дозвољени ниво вибрација од минирања у циљу заштите објеката. Посебна пажња је посвећена поступцима предвиђања потреса од минирања, где су наведени значајнији модели који се тренутно у свету примењују у циљу предвиђања основних карактеристика потреса узрокованих минирањем.

У трећем поглављу описана је методологија теренских истраживања. Дат је опис локације теренских истраживања, кратак приказ технологије експлоатације и параметара бушења и минирања, као и опис инструмената примењених при теренским мерењима карактеристика вибрација узрокованих минирањем.

У четвртом поглављу дат је приказ резултата праћења потреса од минирања и дискусија. Описан је софтвер за приказ података измерених потреса од минирања и софтвер за анализу велосиграма. Анализиране су измерене максималне брзине

осциловања тла, фреквенције, помераји и убрзања. Израчунате су доминатне фреквенције брзом Фуријеовом трансформацијом. Израчунати су спектри одзива на основу добијених велосиграма. Анализирани су измерени подаци према релевантном стандарду. Извршено је поређење карактеристика вибрација узрокованих минирањем на површинском копу са карактеристикама вибрација услед земљотреса, регистрованог у току теренских истраживања. Приказан је поступак и анализа континуираног праћења помераја пукотина на стамбеном објекту у циљу поређења утицаја минирања и промена температуре и релативне влажности ваздуха.

У петом поглављу представљено је предвиђање основних карактеристика потреса узрокованих минирањем применом фази логике и Монте Карло моделирања. Приказани су резултати статистичке обраде вредности релевантних параметара, као и дефинисање улазних и излазних променљивих модела, детаљно је описан поступак формирања и тестирања модела на основу измерених вредности променљивих, као и поређење са конвенционалним регресионим моделом предвиђања. Приказана је анализа и статистичка обрада добијених података, резултати поређења поузданости предвиђања применом различитих модела. У оквиру истог поглавља, приказани су и неки од проблема при предвиђању карактеристика потреса применом различитих модела.

У шестом поглављу представљени су најзначајнији закључци истраживања и предвиђања карактеристика потреса узрокованих минирањем. Наведене су предности и недостаци различитих модела предвиђања карактеристика потреса узрокованих минирањем, препоруке за даља истраживања у наведеној области у циљу проширења могућности модела увођењем додатних променљивих и повећању прецизности и поузданости предвиђања модела.

### **3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

#### **3.1. Савременост и оригиналност**

Докторска дисертација „Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике” кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства, представља савремено и оригинално научно дело. При изради докторске дисертације, проблематика сеизмичких ефеката минирања анализирана је са више аспеката, при чему је коришћена савремена литература истакнутих аутора из области механизма дејства експлозије, сеизмичких ефеката минирања и утицаја вибрација тла од минирања на објекте.

Теренска истраживања извршена су применом савремене опреме, док су при анализи резултата коришћени адекватни софтвери произвођача мерне опреме, као и софтвери за обраду велосиграма. При праћењу помераја пукотина на објектима примењен је најсавременији систем за аутоматско континуирано праћење помераја пукотина и мерење температуре и релативне влажности ваздуха и даљинско слање измерених података са адекватним софтвером за обраду података.

Формирању модела предвиђања, претходила је детаљна анализа утицајних фактора на интензитет сеизмичких ефеката минирања, при чему је нарочита пажња посвећена параметрима који се са инжењерске тачке гледишта могу мењати и на које се може утицати у циљу контроле потреса. Резултати теренских истраживања су статистички обрађени у циљу дефинисања улазних и излазних променљивих модела.

За формирање модела примењене су савремене методе засноване на фази логици, која има предност у односу на конвенционални регресиони модел, у могућности укључивања већег броја улазних и излазних променљивих. Утицајни фактори који се не могу контролисати, попут карактеристика стенске масе или одступања средстава за успорење, укључени су применом методе Монте Карло. Тестирање модела извршено је поређењем са регресионим моделом, при чему је показан висок степен поузданости предвиђања новог модела.

Оригиналност дисертације обезбеђена је формирањем модела предвиђања потреса од минирања при чему је постојећи регресиони модел битно унапређен укључењем фреквенције, поред брзине осциловања, као излазне променљиве модела.

### **3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу**

При изради докторске дисертације, кандидат је применио литературу истакнутијих аутора у свету који се дужи низ година баве наведеном проблематиком, о чему сведочи списак од 132 литературна извора наведена на крају дисертације. Обим наведених референци указује на темељност кандидата у сагледавању научног проблема истраживања, обзиром на мултидисциплинарност докторске дисертације. Коришћена литература највећим делом је савремена и актуелна и представља књиге реномираних аутора чија је област истраживања технологија бушења и минирања, сеизмика минирања, утицај сеизмичких таласа на објекте, као и научни радови објављени у међународним часописима од изузетног значаја.

### **3.3. Опис и адекватност примењених научних метода**

Научне методе примењене у изради докторске дисертације потпуно су адекватне постављеном научном проблему.

Методе примењене у дисертацији заснивају се на досадашњим сазнањима из области сеизмичких ефеката минирања, детаљним разматрањима фактора који утичу на интензитет потреса од минирања, измереним подацима на терену, анализи добијених података статистичким методама обраде, методи брзе Фуријеове трансформације за добијање доминантне фреквенције, као и интеграљењем велосиграма регистрованих брзина осциловања тла у функцији времена. При формирању модела примењене су метода Монте Карло и метода заснована на фази логици, док је за тестирање новог модела примењена метода упоредне анализе са конвенционалних регресионим моделом.

Опште научне методе истраживања у дисертације су: опсервација и аналитичко-синтезне методе у току обраде претходних истраживања, математичке методе у циљу

развоја математичког модела предвиђања потреса узрокованих минирањем, аналитичко-дедуктивне методе у процесу математичког моделирања.

### **3.4. Применљивост остварених резултата**

Резултати докторске дисертације кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства имају научну и стручну примену.

Са аспекта науке, методологија моделирања приказана у докторској дисертацији, може се применити на свим површинским коповима при предвиђању потреса узрокованих минирањем. Резултати анализе карактеристика измерених вибрација тла узрокованих минирањем и земљотресом при истим условима на конкретном терену, као и анализе спектра одзива система са једним степеном на обе врсте вибрација, представљају веома вредан материјал за даља проучавања у домену механике, физике, геофизике и сл. Резултати добијени континуираним даљинским мерењем помераја пукотина на околном стамбеном објекту у циљу поређења утицаја промене температуре и релативне влажности ваздуха и потреса од минирања и земљотреса, могу послужити истраживачима из области рударства и грађевинарства при даљим проучавању карактеристика вибрација тла и њиховог утицаја на објекте.

Предвиђање потреса узрокованих минирањем применом модела у који је укључен велики број улазних променљивих, при чему се добијају вредности максималне брзине осциловања и фреквенција, може се применити при проучавању утицајних фактора на интензитет сеизмичких таласа, истраживању механизма деловања експлозије, енергетског биланса укупне енергије експлозије, проучавању утицаја карактеристика стенског масива и параметара бушења и минирања на карактер потреса.

Примена резултата докторске дисертације имаће велики значај за решавање практичних проблема предвиђања потреса изазваних минирањем на површинским коповима. Потреси тла представљају један од најпроблематичнијих ефеката минирања по околину, јер могу бити штетни по околне објекте и узнемирујући за људе. Са масовним минирањима на површинским коповима, проблеми везани за потресе су знатно увећани. Пооштравање еколошких захтева уз поштовање приватне својине, довели су до строжијих критеријума везаних за стандарде који регулишу ову област, а самим тим и ниже дозвољене вредности приликом предвиђања потреса изазваним минирањем.

Применом методологије моделирања савременим методама заснованим на фази логици и методи Монте Карло, могу се одредити оптималне вредности параметара бушења и минирања у циљу контроле интензитета сеизмичких потреса и спречавања оштећења околних објеката.

### **3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад**

Кандидат Миланка Неговановић, дипл. инж. рударства је током израде докторске дисертације показала висок степен самосталности при решавању постављених научних проблема. Обзиром на мултидисциплинарност теме и сложеност научног проблема,

кандидат је показао висок степен аналитичности и систематичности у приступу решавања проблема. Осим теоретских сазнања прикупљених проучавањем и анализом научних и стручних истраживања током рада на факултету, кандидат је током истраживања применио и сопствено искуство при минирању на површинским коповима.

Способност за самосталан научни рад кандидат Миланка Неговановић, дипл. инж. рударства показала је реализацијом планираног циља истраживања током свих фаза, као и објављивањем научног рада у часопису који има категорију М23 и радовима категорије М24, М33, М63 као коаутор.

На основу досадашњих остварених резултата научно-истраживачког рада, може се закључити да је кандидат способан за даљи самосталан научно-истраживачки рад.

## **4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

### **4.1. Приказ остварених научних доприноса**

Докторска дисертација кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства има велики научни допринос. Интердисциплинаран приступ, примена различитих научних метода и практичних искустава при анализи резултата истраживања и формирању модела, представља корак у напред решавању једне сложене проблематике предвиђања потреса узрокованих минирањем на површинским коповима. Комбинација различитих модела и упоредна анализа резултата омогућава поузданије резултате предвиђања потреса од минирања, а самим тим већу заштиту објеката који се налазе у околини површинских копова.

Научна методологија примењена у докторској дисертацији кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства даје савремен приступ проблематици сеизмичких ефеката минирања и предвиђања потреса. Научни доприноси докторске дисертације огледају се у:

- анализи достигнућа и критичком осврту на истраживања у области сеизмичких ефеката минирања и предвиђања карактеристика потреса узрокованих минирањем,
- методологији теренских истраживања којом се омогућава континуирано праћење карактеристика потреса узрокованих минирањем, утицај параметара бушења и минирања на карактер вибрација тла и праћење ефеката потреса услед минирања попут помераја постојећих пукотина на околним објектима,
- свеобухватној анализи добијених резултата применом различитих статистичких метода, брзе Фуријеове трансформације, интеграљења при израчунавању спектра одзива система са једним степеном слободе,
- упоредној анализи брзина осциловања тла, фреквенција, доминантних фреквенција, помераја и убрзања на основу велосиграма потреса узрокованих минирањем и земљотресом регистрованим сеизмографима током теренских истраживања,

- изради модела предвиђања брзине осциловања тла и фреквенције који представља савремен приступ и битно унапређује постојеће конвенционалне регресионе моделе, који се иначе примењују при предвиђању основних карактеристика потреса узрокованих минирањем, обухватајући много већи број улазних и излазних променљивих, чиме се поузданије може контролисати сеизмички ефекат минирања,
- модел предвиђања даје боље показатеље утицаја потреса на објекте од постојећег регресионог модела, обзиром да се стандарди који се користе за процену дејства краткотрајних вибрација (међу које се убрајају и потреси од минирања) за различите типове објеката заснивају на максималној брзини осциловања и фреквенцији,
- одређивању учесталости појављивања критичних вредности брзина осциловања тла за конкретне параметре минирања у функцији растојања од места мерења до минског поља применом Монте Карло методе, чиме се при предвиђању карактеристика потреса повећава ниво поузданости предвиђања укључивањем одређеног степена неизвесности, обзиром на велики број утицајних фактора.

Поред научног доприноса, стручни допринос докторске дисертације огледа се у:

- практичном решавању проблема предвиђања потреса од минирања на површинским коповима за одређене карактеристике радне средине,
- избору најповољнијих параметара бушења и минирања на површинском копу у циљу смањења сеизмичких ефеката минирања,
- повећању квалитета процеса планирања и реализације минирања у циљу постизања планираних капацитета производње,
- повећаном степену безбедности приликом минирања на површинским коповима и заштити околних објеката од могућих оштећења узрокованих потресима услед минирања,
- смањењу трошкова производње повећаном контролом процеса минирања и смањењем евентуалних исплата одштета власницима оштећених објеката.

#### **4.2. Критичка анализа резултата истраживања**

Резултати докторске дисертације кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства у многеме доприносе новим сазнањима из области сеизмичких ефеката минирања на површинским коповима, проучавању карактеристика вибрација тла изазваних минирањем и њиховом утицају на околне објекте. Предвиђање фреквенције поред максималне брзине осциловања тла, применом модела, даје боље показатеље утицаја потреса од минирања на објекте у односу на постојећи регресиони модел.

Основу моделирања представљају резултати до којих се дошло свеобухватном анализом измерених вредности максималних брзина осциловања тла, фреквенција, помераја, убрзања, као и анализом параметара бушења и минирања из оригиналних дневника минирања, израчунавањем доминантних фреквенција и спектра одзива на

основу велосиграма измерених потреса од минирања и земљотреса. Наведена сазнања, као и резултати анализе утицаја потреса на објекте у односу на промене температуре и релативне влажности, мерене континуално током истог истраживања, могу бити основ за даља истраживања не само из области рударског инжењерства, већ и за стручњаке из области грађевинарства, механике, физике и сл.

Стандард који регулише област процене дејства краткотрајних вибрација на објекте, у које се убрајају и вибрације тла изазване минирањем, још увек није усвојен у нашој земљи. Сазнања до којих се дошло у дисертацији кандидата, могу у великој мери користити при доношењу наведене регулативе, обзиром да су истраживања вршена на домаћем терену, на објектима који одговарају нашим условима градње. У дисертацији су обједињена сазнања везана за карактеристике потреса тла изазваних минирањем и земљотресом, при чему су мерења вршена истим инструментима, на истим мерним местима, што у многоме доприноси квалитету резултата.

У дисертацији је посебна пажња посвећена одређеним утицајним факторима који се не могу у потпуности контролисати, попут карактеристика анизотропне нехомогене стенске масе, кроз коју се простиру сеизмички таласи или одступања времена успорења средстава за иницирање минских пуњења, који у великој мери доводе до одређеног степена неизвесности при предвиђању потреса узрокованих минирањем. Увођењем Монте Карло симулације, у односу на постојеће регресионе моделе, успешно се укључује неизвесност у процес предвиђања потреса.

#### **4.3. Верификација научних доприноса**

Научни допринос докторске дисертације „Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике” кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства верификован је следећим публикацијама које су резултат истраживања у оквиру докторске дисертације:

##### Категорија М23:

1. **Неговановић, М.**, Кричак, Л., Јанковић, И., Зековић, Д., Игњатовић, С.: Measurement of crack displacement on residential structure due to blast-induced vibrations and daily changes of temperature and relative humidity, - *Technics Technologies Education Management*, vol. 7, no.1, pp. 411-417, 2012 (**IF 0.414**) (ISSN 1840-1503).

##### Категорија М24:

1. Кричак, Л., Кецојевић, В., **Неговановић, М.**, Јанковић, И., Зековић, Д.: Environmental and Safety Accidents Related to Blasting Operation, - *American Journal of Environmental Sciences*, vol. 8, issue 4, pp. 360-365, 2012 (ISSN 1553-345X).

##### Категорија М33:

1. Митровић, С., Кричак, Л., **Неговановић, М.**, Јанковић, И., Зековић, Д.: Influence of rock mass blastability on explosive energy distribution, - *Proceedings of the 9th International*

*Symposium on Rock Fragmentation by Blasting FRAGBLAST 9*, CRC Press, Granada, Spain, 13-17 September 2009, pp. 249-255.

2. Кричак, Л., **Неговановић, М.**, Јанковић, И., Зековић, Д.: Measurement and analysis of blast-induced vibrations in the open pit copper mine „Veliki Krivelj“ Bor, - *Proceedings of the XI National Conference with International Participation of the Open and Underwater Mining of Minerals*, Scientific and Technical Union of Mining, Geology and Metallurgy, Varna, Bulgaria, 19-23 June 2011, pp.163-170.

3. Кричак, Л., **Неговановић, М.**, Јанковић, И., Зековић, Д., Митровић, С.: Analysis of crack displacements on residential structure induced by blasting and earthquake vibrations and daily changes of temperature and relative humidity, - *Proceedings of International Conference on Damage Mechanics - ICDM*, Serbian Chamber of Engineers, Faculty of Civil Engineering, Belgrade, Serbia, 25 – 27 June 2012, pp.181-184.

#### Категорија М63:

1. Кричак, Л., **Неговановић, М.**, Јанковић, И., Зековић, Д.: Континуирано праћење помераја пукотина на стамбеном објекту у циљу поређења утицаја минирања и временских прилика, - *Зборник радова седмог Научно-стручног саветовања „Оцена стања, одржавање и санација грађевинских објеката и насеља“*, Савез грађевинских инжењера Србије, Златибор, Србија, 09-11 мај 2011., стр. 391-400.

Истраживања у оквиру докторске дисертације допринела су и одређеном стручном доприносу кроз следећа техничка решења:

#### Категорија М82:

1. Кричак, Л., Крунић, П., Митровић, С., Зековић, Д., **Неговановић, М.**, Стаменић, Ј.: Уређај за мерење брзине детонације експлозива и интервала успорења средстава за иницирање, - *Техничко решење, Индустијски прототип М82*, 2010.

2. Кричак, Л., Делић, П., Митровић, С., Јанковић, И., **Неговановић, М.**, Вучковић, Д., Зековић, Д.: Троканални брзи дата логер, софтвер и метода мерења убрзања честица тла непосредно иза минског поља, - *Техничко решење, Индустијски прототип М82*, 2010.

3. Кричак, Л., Теодоровић, А., Вучковић, Д., **Неговановић, М.**, Васиљевић, И., Јанковић, И., Зековић, Д.: Водоотпорна видео сонда, софтвер, - *Техничко решење, Индустијски прототип М82*, 2010.

#### Категорија М85:

4. Кричак, Л., Теодоровић, А., Вучковић, Д., **Неговановић, М.**, Јанковић, И., Зековић, Д.: Уређај за праћење помераја у пукотинама на објектима, - *Техничко решење, Прототип М85*, 2010.



## **5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ**

На основу прегледа докторске дисертације од стране Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације, под називом: „Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике” кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина, Комисија констатује да је докторска дисертација написана према свим стандардима у научноистраживачком раду и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником Универзитета у Београду, Рударско-геолошки факултет. Докторска дисертација представља оригинални научни допринос у сагледавању сложеног научног проблема са више аспеката, креативном интердисциплинарном приступу анализи и обради података и у примени савремених метода моделирања. На основу приказаних закључака може се констатовати да је кандидат Миланка Неговановић, дипл. инж. рударства за површинску експлоатацију лежишта минералних сировина, успешно завршила докторску дисертацију у складу предвиђеним предметом и циљевима истраживања. Комисија предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета у Београду да се докторска дисертација под називом: "Модел предвиђања потреса од минирања на површинским коповима применом симулационе методе Монте Карло и фази логике" кандидата Миланке Неговановић, дипл. инж. рударства прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Београд, 07.05.2015.

### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

---

Проф. др Игор Миљановић, ванредни професор  
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

---

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

---

Проф. др Драгослав Кузмановић, редовни професор  
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет