

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:

ХИДРАТАЦИЈА НОВОСИНТЕТИЗОВАНОГ БЕЛИТНОГ ЦЕМЕНТА СА МИНЕРАЛНИМ ДОДАЦИМА

НАУЧНА ОБЛАСТ: **Рударско инжењерство**

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата: **Јасмина (Владимир) Нешковић**

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Рударско - геолошки Београд, Рударство

3. Година завршетка претходног нивоа студија: **2016.**

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 Милан Трумић**

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

За кандидата: **мр Јасмина Нешковић**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Магдалиновић Н., Трумић М., Трумић Г., Магдалиновић С., Трумић М.,
Determination of the bond work index on samples of non-standard size, International
Journal of Mineral Processing, Vol 114–117, 2012, pp. 48–50., (ISSN: 0301-7516), IF:
1,378.
2. Andrić Lj., Aćimović-Pavlović Z., Trumic M., Prstić A., Tanasković Z.: Specific
Characteristics of Coating Glazes Based on Basalt, Materials and Design, Vol. 39, No
7, 2012, pp.9-13., (ISSN: 0261-3069), IF=2,913.
3. Magdalinović N., Trumić Ž. M., Trumić M., Andrić Lj.: The Optimal Ball Diameter in a
Mill, Physicochemical Problems of Mineral Processing, Vol 48, No 2, 2012, pp.5–15.,
(ISSN 1643-1049), IF=0,580.
4. D. Todorović, M. S. Trumić, L. Andrić, V. Milošević, M. Trumić: A quick method for
bond work index approximate value determination, Physicochemical Problems of
Mineral Processing, ISSN 1643-1049, Vol. 53, No. 1, pp. 321 - 332, 2017, [Impact factor
(IF) 0,977/2015]
5. Andrić Lj., Aćimović-Pavlović Z., Trumić M., Kostović M. Čalić N.: Effect of Operating
Parameters on the Mechanical Activation Process of Mica Powder, Transactions of the
Indian Ceramic Society, Vol. 71, No 3, 2012, pp.143-150., (ISSN 0371-750X), IF=0,132.

2. Име и презиме ментора: **Проф. др Јоњауа Раногajeц**

Звање: **редовни професор, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду**

За кандидата: **мр Јасмина Нешковић**

1. De Belie N, Gruyaert E, Al-Tabbaa A, Antonaci P, Baera C, Bajare D, Darquennes A, Davies R, Ferrara L, Jefferson T, Litina C, Miljevic B, Otlewska A, Ranogajec J, Roig-Flores M, Paine K, Lukowski P, Serna P, Tulliani J, Vucetic S, Wang J, Jonkers H: A Review of Self-Healing Concrete for Damage Management of Structures, **Advanced Materials and Interfaces**, 2018, DOI: 10.1002/admi.201800074 **(M21)**
2. J. Turk, A. Mauko Pranjić, P. Tomasin, L. Škrlep, J. Antelo, M. Favaro, A. Sever Škapin, A. Bernardi, J. Ranogajec, M. Chiurato, Environmental performance of three innovative calcium carbonate-based consolidants used in the field of built cultural heritage, **The International Journal of Life Cycle Assessment**, pp. 1329 - 1338, 0948-3349, 2017, **(M21)**
3. V. Jovanov, V. Zečević, T. Vulić, J. Ranogajec, Emilija Fidanchevska, Preparation and characterization of protective self-cleaning TiO₂/Kaolin Composite Coating, **Materiales de Construcción**, Dec2017, **(M22)**
4. Tatjana Vulić, O. Rudić, Snežana Vučetić, Dušan Lazar, Jonjaua Ranogajec, Photocatalytic activity and stability of TiO₂-ZnAl layered double hydroxide based coatings on mortar substrates, **Cement and concrete composites**, Elsevier, 58, pp. 50 - 58, 0958-9465, 10.1016/j.cemconcomp.2014.12.015, Apr2015, **(M21)**
5. O. Rudić, Dragan Rajnović, D. Čjepa, Snežana Vučetić, Jonjaua Ranogajec, Investigation of the durability of porous mineral substrates with newly designed TiO₂-LDH coating, **Ceramics International**, Elsevier, pp. 9779 - 9792, 0272-8842, 2015, **(M21)**

Обавештавамо вас да је НАСТАВНО-НАУЧНО ВЕЋЕ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ на седници одржаној **30.05.2019.** 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/4-28-6
Бор, 31. 05. 2019. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 30. 05. 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 Јасмине Нешковић**, дипл. инж. руд. студента докторских академских студија, студијског програма Рударско инжењерство.

II Одобрава се именованој израда докторске дисертације под називом: „Хидратација новосинтетизованог беличног цемента са минералним додацима”.

III За менторе се именују **др Милан Трумић**, редовни професор Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору и **др Јоњауа Раногатец**, редовни професор Универзитета у Новом Саду, Технолошког факултета Нови Сад.

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

Доставити:

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

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

декан

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У БОРУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

ПРЕДМЕТ: Извештај о оцени и научној заснованости предложене теме докторске дисертације кандидата **мр Јасмине Нешковић (рођ. Негројевић), дипл. инж. руд.**

Одлуком Научно–наставног већа Техничког факултета у Бору, бр. VI/4-26-10 од 15.03.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата **мр Јасмине Нешковић** под називом:

„Хидратација новосинтетизованог белитног цемента са минералним додацима”

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси:

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

мр Јасмина Нешковић, дипл. инж. руд. рођена је 15.10.1976. год у Призрену, у Републици Србији. Рударско-геолошки факултет у Београду, Универзитета у Београду, рударски одсек а смер за припрему минералних сировина уписала је школске 1995/96 године, на коме је стекла звање дипломирани инжењер рударства након одбране дипломског рада 2004. године, са просечном оценом 8,05 под називом: „Зеолитизација електрофилтерског пепела методом фузије и хидротермалним поступком”, под менторством проф. др. Душице Вучинић.

Одбранила је магистарску тезу 2016. године на Рударско-геолошком факултету у Београду са темом „Утицај млевења и класирања на карактеристике електрофилтерског пепела и металуршке шљаке за производњу грађевинских материјала”, под менторством проф. др Милене Костовић и стекла академско звање магистар техничких наука у области рударства-технологије заштите животне средине. Положила је стручни испит из рударства 2011. године.

У периоду од 2004. до 2005. год., радила је као приправник волонтер у предузећу „Колубара – Прерада”, Вреоци. Од 2006. до 2009. год. је радила као шеф за безбедност и здравље на раду у „Колубара – ИГМ”, Ћелије.

У Рударском институту ради од 2010. године у Заводу за припрему минералних сировина и пројектовање, где је и сада запослена, у звању истраживач приправник.

Учествовала је у изради више идејних и главних пројеката из области рударства, припреме минералних сировина, депоновања пепела и шљаке, елабората о технолошким испитивањима припреме минералних сировина, оскултације на депонијама пепела, као и четири техничка решења која су прихваћена од стране Матичног научног одбора за енергетику, рударство и енергетску ефикасност. Аутор и

коаутор већег броја радова публикованих у земљи и иностранству, од којих су 3 категорије M20 и преко 10 категорије M30.

У протеклом периоду је активно учествовала у реализацији иновационог пројекта који је финансиран од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије број 391-00-16/2017-16/25 под називом „Развој технологије заједничког одлагања пепела, шљаке и гипса из термоелектрана у циљу побољшања еколошких и економских перформанси”, руководилац пројекта Небојша Костовић, 2017.

1.2. Библиографски подаци

M20 Радови објављени у научним часописима међународног значаја

M24 (=3) Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком

1. Vladan Čanović, Saša Mitić, Aleksandar Đerisilo, *Jasmina Nešković*, „SUDOP1 software package implementation in the design of dewatering objects at the open limestone pit Mutalj near Beočin”, Mining and Metallurgy Engineering Bor, ISSN 2334-8836, UDK:622.36/.271:681.51(045)=111, doi:10.5937/MMEB1601031C, 1/2016, published by Mining and Metallurgy Institute Bor, 31-36
2. Željko Praštalo, Dragan M. Milošević, *Jasmina Nešković*, Pavle Stjepanović, „Designing and planning of areas affected by surface dislocations at the open pits”, Mining and Metallurgy Engineering Bor, ISSN 2334-8836, UDK:622.271.3(045)=111, doi:10.5937/MMEB1602019P, 2/2016, published by Mining and Metallurgy Institute Bor, 19-24
3. Ivana Jovanović, *Jasmina Nešković*, Sanja Petrović, Dragan Milanović, „A hzbrid approach to modeling the flotation process from the „Veliki Krivelj” plant” Mining and Metallurgy Engineering Bor, ISSN 2334-8836, UDK:622.765:681.51(045)=111, doi:10.5937/mmeb1802001J, 1-2/2018, 1-10, published by Mining and Metallurgy Institute Bor

M30 Зборници међународних научних скупова

M33 (=1) Рад саопштен на скупу Међународног значаја штампан у целини

1. Dragan Dražović, Pavle Stjepanović, Klara Konc Janković, *Jasmina Negrojević* „The semi-industrial test of the experimental system for research of the flying ash and bottom ash hydro-transport”, 5 th Jubilee Balkan Mining Congress Proceedings, ISBN 978-608-65530-2-9, Ohrid, 18-21.09.2013., Macedonia, organizers: ELEM, Univerzitet Goce Delčev Štip, Udruženje rudarskih i geoloških inženjera Republike Makedonije, 597-599
2. *Jasmina Nešković*, Klara Konc Janković, Dejan Lazić, Pavle Stjepanović „Technical tests of the preparation of mineral ores at the cores of survey drill sites of the Kraku Bugaresku basin”, Proceedings of XVI Balkan Mineral Processing Congress, organizers: Mining institute, Academy of engineering science of Serbia, University of Belgrade, ISBN:978-86-82673-11-8 (MI), Belgrade, 17-19.06.2015., volume II, 1049-1053
3. Nenad Milojković, Grozdana Tomasović, *Jasmina Nešković*, „The technology of transformation of dangerous waste from the land polluted by crude oil into inert waste”,

Proceedings of XVI Balkan Mineral Processing Congress, organizers: Mining institute, Academy of engineering science of Serbia, University of Belgrade, ISBN:978-86-82673-11-8(MI), Belgrade, 17-19.06.2015., volume II, 1055-1058

4. Ivana Jovanović, Slađana Krstić, **Jasmina Negrojević**, Sanja Petrović, Dragan Milanović, „Effect of classified fly ash on the setting time of cement mixtures” Proceedings of XII International Symposium on Recycling Tehnologies and Sustainable Development, organizers: University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, ISBN 978-86-6305-069-3, Bor Lake, Serbia, 13–15 September 2017., 83-90.
5. Ivana Jovanović, **Jasmina Nešković**, Zoran Štirbanović, Fuzzy logic based expert systems and decision support systems in flotation control – a short review, Mining and geology today, organizers: Mining institute, Balkan academy of mining science, Academy of engineering sciences Serbia, ISBN 978-86-82673-13-2(RI), DOI: 10.25075/SI.2017.33, Belgrade 18 september 2017, 336-345
6. Nenad Milojković, **Jasmina Nešković**, Klara Konc Jankovic, Pavle Stjepanović, Dejan Lazić, Testing limestone characteristics for desulphurization process, Mining and geology today, organizers: Mining institute, Balkan academy of mining science, Academy of engineering sciences Serbia, ISBN 978-86-82673-13-2(RI), DOI: 10.25075/SI.2017.32, Belgrade 18 september 2017, 330-335
7. Slađana Krstić, Milenko Ljubojev, Dušan Tašić, Ivana Jovanović, **Jasmina Nešković**, Sanja Petrović, Stability monitoring of the existing collector under the flotation tailings dump Veliki Krivelj (Serbia), 7th Balkan Mining Congress, organizers: University of Banja Luka, Faculty of Mining Prijedor, Balkan Academy of Mining Science, Academy of Science and Arts of Republic of Srpska, Union of Engineers Miners and Geologists of Republic of Srpska, ISBN 978-99955-681-7-7 (Faculty of Mining), ISSN: 2566-3313, DOI:10.7251/BMC170701313K, Year 7, No.7(2017), Book I, Prijedor, october 11-13, 2017, 313-316
8. Ivana Jovanović, **Jasmina Nešković**, Slađana Krstić, Milenko Ljubojev, Srđana Magdalinović, Anfis model for predicting the recovery of copper flotation concentrate, 7th Balkan Mining Congress, organizers: University of Banja Luka, Faculty of Mining Prijedor, Balkan Academy of Mining Science, Academy of Science and Arts of Republic of Srpska, Union of Engineers Miners and Geologists of Republic of Srpska, ISBN 978-99955-681-8-4 (Faculty of Mining), ISSN: 2566-3313, DOI:10.7251/BMC170702123J, Year 7, No.7(2017), Book II, Prijedor, october 11-13, 2017, 123-128
9. **Jasmina Nešković**, Klara K. Janković, Pavle Stjepanović, Dejan Lazić, Ivana Jovanović, Sampling and measurements on the system for preparation and transport of ash and slag at thermo power plant Kostolac B, 7th Balkan Mining Congress, organizers: University of Banja Luka, Faculty of Mining Prijedor, Balkan Academy of Mining Science, Academy of Science and Arts of Republic of Srpska, Union of Engineers Miners and Geologists of Republic of Srpska, ISBN 978-99955-681-8-4 (Faculty of Mining), ISSN: 2566-3313, DOI:10.7251/BMC170702161N, Year 7, No.7(2017), Book II, Prijedor, october 11-13, 2017, 161-166
10. Slađana Krstić, Milenko Ljubojev, Mile Bugarin, Ivana Jovanović, **Jasmina Nešković**, Miroslava Maksimović, Environmental protection of the effects of dust from the Veliki Krivelj tailings dump, 7th Balkan Mining Congress, organizers: University of Banja Luka, Faculty of Mining Prijedor, Balkan Academy of Mining Science, Academy of Science and

Arts of Republic of Srpska, Union of Engineers Miners and Geologists of Republic of Srpska, ISBN 978-99955-681-8-4 (Faculty of Mining), ISSN: 2566-3313, DOI:10.7251/BMC170702253K, Year 7, No.7(2017), Book II, Prijedor, october 11-13, 2017, 253-256

11. **Jasmina Nešković**, Klara Konc Janković, Pavle Stjepanović, Ivana Jovanović, Dejan Lazić, Monitoring Waste Dump Of Ash And Bottom Ash Thermal Power Plant Nikola Tesla, XVII BMPC-2017, organizers: Turkish Mining Development Foundation, ITU, ISBN: 978-975-7946-42-7, Antalya, Turkey, November 1-3, 173-178
12. **Jasmina Nešković**, Klara Konc Janković, Pavle Stjepanović, Ivana Jovanović, Dejan Lazić, Technical Testing Of The Mineral Processing In The Exploration Area On Polymetallic Deposits At Prolesje, XVII BMPC-2017, organizers: Turkish Mining Development Foundation, ITU, ISBN: 978-975-7946-42-7, Antalya, Turkey, November 1-3, 267-271

M50 Часописи националног значаја

M 51(=2) Рад у водећем часопису националног значаја

1. Slobodan Vujić, Milinko Radosavljević, **Jasmina Nešković**, i dr., „Pedeset i pet godina Rudarskog instituta”, Rudarski glasnik, Rudarski institut i Akademija inženjerskih nauka Srbije, YU ISSN 0035-9637, Beograd jun 2015, broj 1, No 1, Vol. CXII, 1-27,

M60 Зборници скупова националног значаја

M63(=0.5) Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини

1. Klara Konc Janković, **Jasmina Negrojević**, Dragan Dražović, „Primena nove tehnologije pripreme i transporta pepela i šljake u vidu guste hidromešavine u TE Kolubara B”, II simpozijum „Rudarstvo 2011” (sa međunarodnim učešćem), organizatori: ITNMS, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Rudarski institut, Privredna komora Srbije, ISBN:978-86-80809-61-8, Vrnjačka Banja, 10-13.05.2011., 289-293
2. Dragan Dražović, Klara Konc Janković, **Jasmina Negrojević**, Pavle Stjepanović, Lazić, D., „Mogućnost deponovanja pepela i šljake TE Kolubara B u vidu guste hidromešavine u površinski kop tamnava-zapadno polje”, III simpozijum „Rudarstvo 2012” (sa međunarodnim učešćem), organizatori: ITNMS, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Rudarski institut, Privredna komora Srbije, ISBN:978-86-80809-69-4, Zlatibor, 7-10.05.2012., 94-98
3. **Jasmina Nešković**, Dušica Vučinić, „Elektrofilterski pepeo kao sirovina za dobijanje zeolita metodom fuzije i hidrotermalnim postupkom”, 4. simpozijum „Zaštita životne sredine i održivi razvoj“, organizator i izdavač: Privredna komora Srbije, ISBN: 978-86-80420-02-8, Drvengrad 1-3.3.2016., 283-288
4. **Jasmina Nešković**, Klara Konc Janković, Pavle Stjepanović, Dejan Lazić, „Mogućnost primene nove tehnologije pripreme i transporta pepela i šljake u vidu guste hidromešavine u TE „Pljevlja”, 4. simpozijum „Zaštita životne sredine i održivi razvoj“, organizator i izdavač: Privredna komora Srbije, ISBN: 978-86-80420-02-8, Drvengrad 1-3.3.2016., 278-282
5. **Jasmina Nešković**, Klara Konc Janković, Pavle Stjepanović, Dejan Lazić, Nenad Milojković, „Uzorkovanje pepela, šljake i odg gipsa za potrebe razvoja tehnologije njihovog zajedničkog

odlaganja”, 3. konferencija sa međunarodnim učešćem „ODRŽIVA ENERGETIKA I ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE”, organizator Klaster komora za zaštitu životne sredine i održivi razvoj I Institut za ekonomiku poljoprivrede, Zlatibor 21.- 23. mart 2018.

M70 Магистарске и докторске тезе

M72(=3) Одбрањен магистарски рад

1. **Jasmina Negrojević**, Uticaj mlevenja i klasiranja na karakteristike elektrofilterskog pepela i metalurške šljake za proizvodnju građevinskih materijala, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet u Beogradu, mentor prof. dr. Milena Kostović, jul 2016.

M80 Техничка и развојна решења

M83(=4) Ново експериментално постројење, нови технолошки поступак

1. Pavle Stjepanović, Nebojša Kostović, Ivana Simović, Klara Konc Janković, **Jasmina Negrojević**, Dejan Lazić, Nenad Milojković, Tehničko rešenje „Poluindustrijski test – eksperimentalni sistem za ispitivanja hidrauličnog transporta”. Prihvaćeno na 38. sednici Matičnog naučnog odbora za energetiku, rudarstvo i energetska efikasnost od 26.05.2014.
2. Pavle Stjepanović, Klara Konc Janković, **Jasmina Nešković**, Dejan Lazić, Nenad Milojković, Grozdana Tomasović, Tehničko rešenje „Tehničko rešenje uzorkovanja i merenja na sistemu za pripremu i transport pepela i šljake TEKOB i deponiji pepela na PK Ćirikovac”. Akademija inženjerskih nauka Srbije, Odeljenje rudarskih i geoloških nauka, broj: 16.02-12/4-12.
3. Dragan Todorović, Nebojša Kostović, Veselin Anđelković, Ivana Simović, **Jasmina Nešković**, Marko Pavlović i Pavle Stjepanović, Tehničko rešenje „Tehničko rešenje za izvođenje istačkog cevovoda za podvodno zapunjavanje na deponiji pepela”, Akademija inženjerskih nauka Srbije, Odeljenje rudarskih i geoloških nauka, broj: 18.03-20/1-1.

M84(=3) Битно побољшан постојећи производ или технологија (уз доказ) ново решење проблема у области микроекономског, социјалног и проблема одрживог просторног развоја рецензовано и прихваћено на националном нивоу (уз доказ)

1. Jovan Tošić, Pavle Stjepanović, **Jasmina Nešković**, Klara Konc Janković, Dejan Lazić, Nenad Milojković, Tehničko rešenje „Tehničko rešenje zaštite unutrašnjih kosina nasipa od erozije izazvane istakanjem hidromešavine”. Akademija inženjerskih nauka Srbije, Odeljenje rudarskih i geoloških nauka, broj: 16.02-12/4-13.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Увидом у библиографске податке, податке о магистратури и оствареног искуства кандидата у досадашњем раду, Комисија је установила да, **кандидат мр Јасмина Нешковић, дипл.инж.руд.** има научно–стручну усмереност у области којој припада предложена тема дисертације те се оцењује подобном за рад на датој теми. Комисија закључује да, кандидат мр Јасмина Нешковић, дипл.инж.руд. поседује све потребне квалификације и испуњава формалне услове за одобравање израде докторске дисертације и да може да приступи обради предложене теме на захтеваном нивоу.

2. Предмет и циљ истраживања

2.1. Предмет истраживања

У целом свету се чине напори да се за секундарне сировине нађе могућност употребе како би се решили следећи проблеми: заузимање огромних простора обрадивих и зелених површина, загађење површинских и подземних вода, ваздуха, тла, биљног покривача што се директно одражава и на промену екосистема. Овакве проблеме треба отклонити или у највећој мери ублажити. Секундарне сировине као отпадни материјали могу да се употребе као полазне сировине у одговарајућим гранама индустрије, при чему се добијају корисни и економски исплативи производи. Ово је посебно значајно у индустријским областима које генеришу огромне количине отпада, као и у индустријама које би могле да апсорбују значајне количине отпада. Са становишта припреме минералних сировина од највећег значаја су секундарне енергетске, металичне и неметаличне сировине. Последњих деценија електрофилтерски пепео и шљака који настају у термоенергетским постројењима и металуршка шљака која настаје у металуршким постројењима предмет су бројних истраживања, али и различитих третмана и коришћења у пракси. Иако је по нашем Правилнику о квалитету цемента, "Службени гласник РС", бр. 34/2013 и 44/2014 могућност примене у грађевинарству и у индустрији цемента ограничена на шљаку из високе пећи из процеса производње гвожђа и пепела, светска искуства говоре и о могућности примене металуршке шљаке као додатка различитим материјалима а нарочито као додаток цементу.

Цементна индустрија је велики потрошач енергије и главни произвођач CO_2 . У производњи цемента, већина CO_2 је последица декарбонизације кречњака. Производња клинкера која захтева мању количину кречњака и мање енергије има мањи утицај на животну средину. У поређењу са ЦЕМ I Портланд цементом, производња белитног цемента је поред економског ефекта (процес добијања стандардног белитног цемента се одвија на знатно нижим температурама него производња алитног цемента), прихватљива и због еколошког ефекта јер доводи до смањења употребе природног кречњака, до 60%, а самим тим и до смањењења емисије CO_2 за око 20%.

Овај приступ подржава одрживи развој висококвалитетних сировина - нарочито чистих кречњака - олакшавајући коришћење ресурса мањих квалитета са нижим садржајем CaCO_3 односно вишим садржајем других минерала. Он такође подстиче (поновно) коришћење индустријских нуспроизвода и/или отпада.

2.2. Циљ истраживања

Циљ предложеног истраживања је постављање методологије испитивања стандардног алитног и новосинтетизованог белитног цемента и симулација процеса деградације уз предлог додавања одређене количине индустријски отпадних материјала за подстицање процеса самозацељења пукотина.

Планира се да се изврши убрзана деградација новоформираних алитних и белитних цементних смеша у лабораторијским условима. На бази података који ће се добити за деградиране полазне материјале и за дијагностику стања, односно величине пукотина, очекује се лабораторијска оптимизација количине индустријских отпадних материјала који би се додавали алитним и белитним цементима и праћење промена у процесу хидратације. Текућа хидратација би била главни механизам лечења цемента,

због релативно високог садржаја нехидратисаних цементних честица као и каснијег таложења калцијум карбоната (CaCO_3). Очекивани основни продукти хидратације а уједно и производи за оздрављење су састављени од CaCO_3 , C-S-H и еtringита као и од фаза које се тек очекују у новоформираним цементним смешама.

Сматра се да аутогени капацитет лечења цемената може бити значајно побољшан применом поменутих аутономних механизма лечења новоформираних смеша што би резултовало смањењу величине пукотина или у најбољем случају потпуном зарастању пукотина.

На крају истраживања се планира процена ефикасности добијених резултата предложених метода самозацељења као и упоредна анализа степена зарастања пукотина код алитног и белитног цемента.

3. Најзначајнија научна литература коришћена за дефинисање теме дисертације

При дефинисању теме коришћене су актуелне, релевантне научне публикације из области самозацељења пукотина у цементним материјалима и употребе секундарних сировина из доступних база страних водећих светских часописа. Такође ће и при тумачењу добијених експерименталних података бити коришћена најновија литература из поменуте базе података.

- (1) K. Van Tittelboom, N. De Belie, Self-Healing in Cementitious Materials—A Review, *Materials* 2013, doi:10.3390/ma6062182, 6, 2182-2217
- (2) K. Olivier, A. Darquennes, F. Benboudjema, R. Gagne, Early-age self-healing of cementitious materials containing ground granulated blast-furnace slag under water curing, *Journal of Advanced Concrete Technology*, November 2016, Japan Concrete Institute Vol. 14, 717-727
- (3) Z. Hui Zhou, Z. Qiang Li, D. Yu Xu, J. Hua Yu, Influence of Slag and Fly Ash on the Self-Healing Ability of Concrete, *Advanced Materials Research*, 2011, Vols. 306-307, 1020-1023
- (4) P. Termkhajornkit, T. Nawa, Y. Yamashiro, T. Saito, Self-healing ability of fly ash–cement systems, *Cement & Concrete Composites* 31, 2009, 195–203
- (5) S. Qian, J. Zhou, M.R. de Rooij, E. Schlangen, G. Ye, K. van Breugel, Self-healing behavior of strain hardening cementitious composites incorporating local waste materials, *Cement & Concrete Composites* 31, 2009, 613–621
- (6) S. Kai-Qiang, L. Fu-Tian, Z. Ting-Jun, L. Liang-You, Influence of Steel Slag and Fly Ash on Concrete Characteristic and Its Hydration Mechanism, *International Conference on Energy, Environmental & Sustainable Ecosystem Development, EESED 2015*
- (7) K. van Breugel, Is there a market for self-healing cement-based materials, *Proceedings of the First International Conference on Self Healing Materials*, Noordwijk aan Zee, The Netherlands, 2007

- (8) K. Sisomphon, O. Copuroglu, E.A.B. Koenders, Effect of exposure conditions on self healing behavior of strain hardening cementitious composites incorporating various cementitious materials, *Construction and Building Materials* 42, 2013, 217–224
- (9) H. Huang, G. Ye, D. Damidot, Characterization and quantification of self-healing behaviors of microcracks due to further hydration in cement paste, *Cement and Concrete Research* 52, 2013, 71–81
- (10) H. Huang, G. Ye, D. Damidot, Effect of blast furnace slag on self-healing of microcracks in cementitious materials, *Cement and Concrete Research* 60, 2014, 68–82
- (11) Z. Zhang, S. Qian, H. Ma, Investigating mechanical properties and self-healing behavior of micro-cracked ECC with different volume of fly ash, *Construction and Building Materials* 52, 2014, 17–23
- (12) N. Seung-Hyun, Experimental investigation on self-healing performance of cementitious composite incorporating fly ash and ground granulated blast furnace slag, Division of Architecture, Civil and Environmental Engineering, Muroran Institute Of Technology, 2013
- (13) C. Yu, Z. Zhuo, L. Yanjun, Durability of High-strength Concrete Made with High Belite Cement, *DEStech Transactions on Engineering and Technology Research*, DOI: 10.12783/dtetr/icaenm2017/7790, 2017
- (14) V. Morin, G. Walenta, Hydration of a Belite-Calcium Sulfoaluminate-Ferrite cement : Aether™, Conference: 13th International Congress on the Chemistry of Cement, At Madrid, Spain, 2011
- (15) M. A. Bouzidi, A. Tahakourt, N. Bouzidi, D. Merabet, Synthesis and Characterization of Belite Cement with High Hydraulic Reactivity and Low Environmental Impact, *Arabian Journal for Science and Engineering*, December 2014, Volume 39, Issue 12, 8659–8668
- (16) D. Londono-Zuluaga, J. I. Tobo'n, M. A. G. Aranda, I. Santacruz, A. G. De la Torre, Influence of fly ash blending on hydration and physical behavior of belite–alite–ye'elimite cements, *Materials and Structures*, 2018, 51:128
- (17) M. Zajac, S. Hoock, C. Stabler, M. Ben Haha, Effect of hydration kinetics on properties of compositionally similar binders, *Cement and Concrete Research*, 2017, 13-24

Преглед владајућих ставова и схватања у литератури у подручју истраживања са наводом литературе која је консултована:

Бетон је најраспрострањенији грађевински материјал због своје високе чврстоће на притисак и релативно ниске цене коштања. Једна неповољна особина бетона је његова осетљивост на стварање пукотина као последица ограничене чврстоће на затезање и скупљање услед сушења (Р. Termkhajornkit и сар. 2009). Пукотине могу да угрозе јачину, крутост, издржљивост и животни век бетонских конструкција (К. van Breugel и сар. 2007). Из овог разлога, бетон се углавном комбинује са челичном

арматуром за ношење затезних оптерећења. Иако арматура ограничава ширину пукотина, она није предвиђена да у потпуности спречи стварање пукотина које некад нису видљиве или доступне.

Пукотине угрожавају издржљивост бетонских конструкција јер тако могу продрети агресивне течности и гасови у матрицу и узроковати оштећења. Због тога, пукотине могу да се шире тако да од малих пукотина настају градијом велике пукотине и тада арматура може бити изложена негативном дејству околине. Када арматура почне да кородира, може доћи до уништења структуре грађевине. (K. Van Tittelboom и сар. 2013).

Пошто широке пукотине угрожавају издржљивост, потребна им је поправка. Међутим, ове поправке повећавају трошкове животног века бетонских конструкција јер су интензивне и скупе, али оне постају и неупотребљиве током поправке. Поправка пукотина је тежа уколико оне нису видљиве или доступне. У Европи трошкови везани за поправке износе половину годишњег буџета за изградњу (K. Van Tittelboom и сар. 2013). Поред директних трошкова, индиректни трошкови услед губитка продуктивности и појаве саобраћајних гужви носе озбиљне економске последице.

Ако би било могуће затворити или напунити ове пукотине, животни век бетонских конструкција би се могао знатно повећати. Сходно томе, самозацељивање пукотина у бетону би било веома корисно, а и смањили би се трошкови одржавања (K. Van Tittelboom и сар. 2013).

Године 1994. С. Дру је био први који је предложио увођење самозацељујућих својстава у бетон. Наредних година, неколико истраживача започело је истраживање ове теме.

Самозацељивање пукотина је заправо стари и добро познати феномен бетона, јер бетон поседује одређене природне аутогене лековите особине. Због текуће хидратације минерала клинкера, али и због карбонизације калцијум хидроксида, Ca(OH)_2 , пукотине се могу зацелити након одређеног времена. Пошто се пукотине могу појавити и у старијим бетонским структурама, средство за самозацељивање, које представља активну компоненту механизма за самозацељивање, треба да остане активно чак и након неколико година.

Међутим, аутогено самозацељивање је ограничено на мале пукотине (од 5 до 300 μm). Оно је ефикасно када је вода доступна и тешко га је контролисати. Из претходно поменутих студија произилази да се уже пукотине вероватно могу потпуно залечити аутогеним лечењем. Без обзира на то, сировински састав бетона се може модификовати у циљу самозацељивања пукотина (K. Van Tittelboom и сар. 2013).

Аутогено самозацељивање пукотина се углавном може приписати следећим механизмима: (1) хидратацији нехидрираних цементних честица и (2) растварању и накнадној карбонизацији Ca(OH)_2 . Осим ова два механизма, отицање матрице и блокирање пукотине услед присутног остатака улазне воде или слободних бетонских честица насталих од пуцања, може такође да доводи до аутогеног самозацељења (K. Van Tittelboom и сар. 2013).

Општи допринос механизма самозацељивања питање је времена. Очигледно је да механизам са највећим капацитетом који доводи до аутогеног самозацељења зависи од конкретног доба старости материјала у тренутку пуцања. Због релативно високог садржаја нехидрираних цементних честица, текућа хидратација је главни механизам лечења код младих бетона. У каснијем времену кристализација калцијум карбоната,

CaCO_3 , постаје главни механизам (K. Van Tittelboom и сар. 2013). Иако постоје различита мишљења о главном механизму који изазива аутогено лечење, истраживачи се слажу да је присуство воде неопходно за сваки механизам.

Остали покушаји стимулisaња аутогеног самозацељења фокусирају се на додавање агенса који је у стању да произведе насlage кристала унутар пукотине. Неки истраживачи (K. Van Tittelboom и сар. 2013) замењују део цемента помоћу електрофилтерског пепела или згуре високе пећи, који су пуцолани и постојани хидраулични материјали. Према експерименталним резултатима, летећи пепео у цементном систему има способност самозацељивања пукотина које настају услед скупљања материјала. Самозацељујућа способност се повећава када се повећава удео пепела (P. Termkhajornkit и сар. 2009). Утврђено је да се снага и ширина пукотина смањују с повећањем запремине пепела (H. Huang и сар. 2014). Инкорпорирање летећег пепела у цементни малтер или пасту као самозацељујући агенс позитивно је утицало на способност самозацељења након погоршања изазваних замрзавањем и одмрзавањем. Самозацељујућа способност зависила је од: (1) нивоа односа замене, (2) финоће и (3) степена погоршања (60 или 80% од вредности релативног динамичког модула еластичности). Мерењем убрзаног карбонатног теста, притисне чврстоће, савојне чврстоће, релативног динамичког модула еластичности и вредности пукотина и посматрањем структуре пора (N. Seung-Hyun и сар. 2013) изучаван је ефекат самозацељења.

Како велике количине коришћених везива остају нехидратисане, чак и у каснијој доби, промовише се аутогено зацељење услед текуће хидратације (K. Van Tittelboom и сар. 2013). Неке студије (H. Huang и сар. 2013) су показале да пукотине у цементним материјалима могу бити залечене даљом хидратацијом нехидратисаних цементних честица. Међутим, до сада није у потпуности схваћен нити физичко-хемијски процес, нити потенцијал самозацељења услед даље хидратације.

Аутори који су се бавили темом самозацељења (H. Huang и сар. 2014) су утврдили да са високим садржајем шљаке, до 66 мас. %, у цементној смеси и засићеним раствором $\text{Ca}(\text{OH})_2$ као активатором, долази до формирања следећих фаза: C-S-H, еtringит, хидрогарнет и ОН-хидроталцит. Количина C-S-H у реакционим производима је много већа од осталих минерала. Велика количина еtringита настала у пукотинама указује на издвајање SO_4^{2-} јона из запремине пасте што има за последицу рекристализацију. Самозацељење се наставља брзо у року од 50 h, а затим се успорава. У поређењу са портланд цементном пастом, потенцијал самозацељења у цементним пастама са шљаком је већи када је масени удео шљаке висок.

Механизми хидратације бетона са челичном шљаком и мешавином челичне шљаке и летећег пепела као минералних додатака су такође проучавани и праћени кроз механичка својства бетона (помоћу рентгенске дифракције, применом електронског микроскопа (SEM анализа) и помоћу других савремених метода). Врло добар "комплементарни ефекат" је пронађен када је укупан садржај финог праха челичне шљаке и пепела у везиву достигао 40 мас. %; чак је добијена и боља каснија чврстоћа када је згура високе пећи била у облику финог праха са масеним садржајем до 15%. Цемент игра главну улогу у развоју ране чврстоће бетона, међутим, хидратација згуре високе пећи у облику fine прашине и пуцолански ефекат летећег пепела углавном су разлози за развој касније чврстоће бетонске структуре (S. Kai-Qiang и сар. 2015).

Могућност самозацељивања је праћена и у серији цементних композита који садрже згуру високе пећи и кречњачког праха са релативно високим односом

воде/везива, са фокусом на могућност опоравка услед пропустљивости. Резултати скенинг-електронске микроскопије су потврдила да су микропукотине у узорцима потопљеним у воду лечени значајном количином калцијум карбоната, што је врло вероватно због континуиране хидратације цементних материјала (S. Qian и сар. 2009).

Такође је показано да се самозацељивање брзо развија у првим недељама очвршћавања, током неговања у води, што је важно за цементне материјале који садрже гранулирану згуру. Ово се дешава због њиховог нижег степена хидратације у ранијим фазама што омогућава сталну хидратацију након пуцања и формирање додатног C-S-H гела дуж пукотине (K. Olivier и сар. 2016).

Истражена је и самозацељујућа способност малтера са гранулисаном али дробљеном згуром високе пећи у различитим односима замене дела песка различитих финоћа. Процена способности самозацељења је одређена на основу притисне и савојне чврстоће као и преко убрзаног теста карбонизације чиме је утврђено да је већа способност самозацељења већа при високим односом замене дела песка са зрнима гранулисане згуре мале финоће. Из теста циклуса замрзавања и одмрзавања, откривено је да замена дела песка са згуром високе пећи (ground granulated blast furnace slag, BFS-a) има већу отпорност на мраз, а да замена песка може бити до 45 мас. %. Фактор издржљивости би се повећао са повећањем финоће песка, за већину BFS мешаних узорака малтера (Seung-Hyun Na и сар. 2013). Експериментални рад у овој студији састоји се од три дела. Први део се бави брзином реакције пепела и потрошњом калцијум хидроксида. Други део се односи на брзину реакције цементне пасте, док се последњи део ове студије тиче ефекта самозацељења малтера који су били оштећени у циклусима смрзавања/одмрзавања. У питању су били малтери са електрофилтерским пепелом. Добијени резултати су се заснивали на вредности механичких испитивања, као што су чврстоћа на притисак и савијање, вредности релативног динамичког модула еластичности, убрзани тест карбонизације и вредности укупне порозности. Коришћено је десет мешавина са различитим врстама цемента, пепела, различитим односом воде и цемента те су коришћени разни услови сушења. Утврђено је да брзина реакције летећег пепела зависи од температуре сушења, старости сушења и односа замене пепела. Ово може да доприноси добијању C-S-H гела, који представља основу „затварања“ микро пукотина величине од 50 nm до 10 μ m, у условима високе температуре сушења.

Нови тип цемента, односно високо белитни цемент (HBC), направљен је у пробној производњи у Кини. Производња је прилагођена тако да се добије клинкер са учешћем белитне фазе до 60-70%, а алитне фазе око 15-20%. Овај рад проучава механичка својства бетона високе чврстоће направљеног од HBC као везиво. За потребе упоређивања, направљен је бетон са обичним Портланд цементом (PC) који је такође испитан и тестиран. Резултати показују да бетон направљен са HBC везивом има упоредиве карактеристике чврстоћа и издржљивости у односу на бетон направљеним са PC. (13)

(V. Morin и сар. 2011) користили су компаритивне методе при испитивању хидратације пасте следећег минералног састава: 48% белита (C_2S), 28% уе-елимита ($4A_3S$), 18% феритног чврстог раствора ($C_2(A,F)$) и 6% анхидрита са $av/c = 0,50$. Добијена паста је негована 6 месеци на 20°C. Метода XRD-Rietveld је коришћена како би се идентификовали и квантификовали различити кристали у цементном клинкеру и у производима хидратације, као и да се процени укупна количина аморфне фазе. Термичке методе (TGA и DTA) су коришћене за потврђивање XRD података и за карактеризацију основних фаза (AH_3 и C-S-H) као и за формиране аморфне хидратне

фазе Изотермална калориметрија и пикнометрија су коришћене да би се измерила укупна топлота хидратације, а добијени резултати су били у сагласности са другим методама. Хидратација се може поделити на три главне фазе: иницијална брза хидратација у е'елимита плус анхидрита, дајући етрингит у првих неколико сати плус аморфно хидратизоване глинице (АН₃), након чега следи спор реакцијски период од 2-3 дана, након којег белит хидратише, троши АН₃ и формира стратлингите. Коначно, белитна и феритна фаза настављају да хидратишу спорије, конзумирајући стратлингит и дајући C-S-H плус гвожђем обогачени силикатни хидрогел. Формирани етрингит је у почетку опстао током хидратације, а такође је формиран хидрат калцијум моносулфоалумината (AFm), чија се количина повећава споро, очигледно услед споре хидратације резидуалног у е'елимита који је физички "заробљен" унутар великих честица клинкера.

(D. Londono-Zuluaga и сар. 2018) Цементни прах, састављен од белита, алита и у е'елимита, умешавао се са 0,15 и 30 масених % пепела, а добијене мешавине цемента даље су окарактерисане. Током хидратације, присуство летећег пепела изазвало је делимичну инхибицију деградације AFt и белитне реактивности, чак и након 180 дана. Притисна чврстоћа одговарајућих малтера повећана је са повећањем садржаја летећег пепела, углавном због смањења порозности и вредности величине пора.

Испитивана су четири типа везива, заснована на три различита клинкера. Ова везива су сличног хемијског састава, али садрже различите фазе алумината и силиката, које се растварају различитим брзинама. Разлике у кинетици реакције резултују различитим фазним саставом у ранијем периоду док су у каснијем периоду те разлике мање. Етрингит, AFm фазе, C-S-H и стратлингите су главни хидрати. Њихова кинетика формирања и количине зависе од брзине растварања дехидрираног материјала. Разлике у саставу хидрата утичу на микроструктуру. Системи са етрингитом или другим кристалним хидратима као главним производима за хидратацију у раним периодима резултују већом порозношћу. У свим испитиваним узорцима пронађена је фина порозност у присуству аморфних хидрата. Идентификована су два механизма која су одговорна за смањену кинетику хидратације у каснијем периоду: висока концентрација алуминијума у раствору пора и густа микроструктура чврсте фазе. Сходно томе, упркос разликама у минералогiji везива, цемента базирани на белите - у е'елимите - феритног везива (belite – у e'elimite – ferrite binder, BYF) и на традиционалним композитним цементима могу имати сличан хемијски састав и сличну завршну фазу при потпуној хидратацији. (M. Zajac и сар. 2017)

4. Полазне хипотезе

Трагање за паметним материјалима који имају способност самозацељења као и методама превентивног деловања на самозацељење је оправдано са повећањем одрживости и захтевима безбедних конструкција. Појава малих пукотина у бетону је неизбежна, али не доводи до колапса његове структуре, међутим сигурно је да убрзава деградацију и смањује животни век и постојаност самих конструкција. Тај губитак перформанси и функционалности утиче на све веће инвестиције за одржавање и интензивне радове на поправкама.

Предложена истраживања би пружила најсавременију израду цемента са способностима самозацељења, почевши од аутогеног или унутрашњег лековитог својства традиционалног алитног цемента, а затим стимулисаног аутогеног лечења

новосинтетизованог белитног цемента помоћу индустријских отпадних материјала. Са аспекта заштите животне средине овим истраживањима би био истакнут значај валоризације индустријских отпадних материјала, електрофилтерског пепела из термоелектрана, згуре високе пећи и шљаке из процеса прераде бакра.

У новијој литератури постоји велики број радова који се баве дијагностиком стања и описом методологије изучавања самозацељујућих особина алитних цемената и бетона са разним додацима. Досадашњим прегледом литературе у свету и код нас, није познат податак о паралелном изучавању феномена самолечујућих алитних и белитних цемената са додатком индустријских отпадних материјала. У том смислу, предложена истраживања представља би значајан искорак полазећи од дијагностике и испитивања процеса хидратације на процесе зарастања насталих пукотина у цементним материјалима.

Предложена истраживања су део COST пројекта „Self-healing As preventiv Repair of Concrete Structure“-COST Action 15202.

5. Научне методе истраживања

Програми истраживања (фазе) и оријентациони садржај докторске дисертације:

Планирано је да се истраживање одвија у шест фаза:

I. Карактеризација узорака секундарних сировина (електрофилтерски пепео, згура високе пећи и шљака из процеса прераде бакра),

II. Припрема сировинских састојака/смеша на бази алитних/белитних цемената

III. Припрема и неговање пробних узорака алитних/белитних цемената са различитим масеним уделима индустријских отпадних материјала,

IV. Деградација пробних узорака добијених у фази III,

V. Хидратација пробних узорака добијених у фази III као метода самозацељења пукотина

VI. Геомеханичка испитивања притисне и савојне чврстоће код узорака који показују задовољавајући степен залечења

У фази I. применом стандардних метода извршиће се карактеризација узорака да би се добили подаци о саставу и структури полазних материјала. Добијени подаци би требало да дају увид у могућност њихове примене као додатак цементу а поред тога и за самозацељење цементних малтера. Фаза II. је фаза припреме сировинских састојака (секундарних сировина и алитних/белитних узорака цемената) потребних за формирање пробних узорака. Посебна пажња ће бити посвећена расподели величине честица и њиховом усклађивању у новоформираним смешама, прописано стандардима. Фаза III представља фазу припреме пробних тела (призми) формираних на бази изабраних секундарних сировина и алитних/белитних цемената.

У фазама IV и V симулираће се старење и стварање пукотина које би хидратацијом требало лечити. Изучавање се веза између величина новостворених и залечених пукотина алитних/белитних цемента. Планирано је да се у последњој, VI фази, одреди чврстоћа на савијање и притисак код узорака код којих је дошло до смањења насталих пукотина.

С обзиром на то да су истраживања у оквиру ове докторске дисертације ослоњена на грађевинске материјале, у фази I. биће употребљене недеструктивне и семи-деструктивне методе карактеризације одабраних узорак. У осталим фазама истраживања која подразумевају лабораторијску симулацију старења и процеса хидратације употребљаваће се деструктивне методе карактеризације деградираних материјала у циљу развоја методологије процеса самозацељења:

Недеструктивне и семи-деструктивне методе испитивања: Рентгеноструктурна анализа, Раман и инфрацрвена спектроскопија, одређивање пуцоланске активности, силикатна анализа, одређивање специфичне површине.

Деструктивне методе испитивања: Скенинг електронска микроскопија, испитивање механичких особина у фази VI (чврстоће на притисак и савијање), топлота хидратације и испитивања текстуралних карактеристика у фази V (капиларно упијање воде).

У фази I. планираних истраживања, репрезентативни узорци ће представљати одабране секундарне сировине (електрофилтерски пепео, згура високе пећи и шљака из процеса прераде бакра) који су узети стандардном методом узорковања у погону.

Величина и број узорак у фази III истраживања биће постављена у складу са европским нормама и Рилемовим препорукама (RILEM Recommendations provisoires-Tentative Recommendations) као и у складу са потребама самих експеримената.

У фази IV. предложених истраживања биће постављене експерименталне методе за симулацију природних деградационих процеса који доводе до стварања пукотина у цементном телу, као што су: старење материјала растворљивим солима, старење материјала у повећаној концентрацији издувних гасова и наизменични циклуси мржњења и старење материјала дејством одабраних микроорганизама.

Истраживања ће се обавити у следећим лабораторијама:

- Лабораторија за припрему минералних сировина и Лабораторија за геомеханику Рударског института у Београду
- Лабораторија катедре за инжењерство материјала Технолошког факултета, Универзитета у Новом Саду
- Универзитетска лабораторија за електронску микроскопију Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду,
- Лабораторија Института за испитивање материјала, Београд

6. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос истраживања огледа се у следећем:

- биће објашњени механизми самозацељења новоформираних алитних и белитних цементних смеша са минералним додацима
- добијени резултати омогућиће и утврђивање оптималног масеног удела пепела, згуре високе пећи и шљаке из процеса прераде бакра у мешавини са алитним и белитним цементима и промене у процесу хидратације као и степен самозацељења

- резултати поменутих истраживања наћи ће своју примену у индустрији грађевинских материјала. Уз смањење трошкова производње новог белитног цемента и задржавање квалитета у погледу физичко механичких особина имаће и велики утицај на очување животне средине и одрживи развој у погледу искоришћења секундарних сировина
- осим тога, предложени поступак самозацељења пукотина у цементним материјалима у лабораторијским условима даће могућност примене и у реалним условима на материјалима и структурама код којих се дијагностификују исти феномени стварања пукотина

7. План истраживања и структура рада

7.1. План истраживања

План истраживања у оквиру докторске дисертације одвијаће се кроз следеће фазе:

- Преглед научне литературе и сакупљање релевантних података
- Дефинисање предмета и циља истраживања
- Припрема и карактеризација узорака пепела, згуре високе пећи и шљаке из процеса прераде бакра
- Извођење експеримената са цементним смешама
- Карактеризација насталих и залечених пукотина и процена ефикасности добијених резултата
- Анализа и дискусија резултата
- Формулисање одговарајућих закључака

7.2. Структура рада

Предвиђа се да ће докторска дисертација садржати следећа поглавља:

1. Уводни део
2. Теоријски део
3. Истраживачки део
4. Резултати истраживања и дискусија
5. Закључак
6. Литература

8. Закључак и предлог

На основу пријаве кандидата и образложења теме докторске дисертације, Комисија за оцену подобности теме и кандидата закључује да кандидат мр Јасмина Нешковић, дипл.инж.руд., испуњава све законске услове за израду предложене

докторске дисертације, а такође сматра да је предложена тема адекватна за израду докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду да се кандидату мр Јасмина Нешковић, дипл.инж.руд., одобри израда докторске дисертације под називом **„Хидратација новосинтетизованог белитног цемента са минералним додацима”**. Предложена тема спада у научно поље техничко - технолошких наука и у научну област - Рударско инжењерство, Минералне и рециклажне технологије, Инжењерство материјала за коју Технички факултет у Бору има акредитоване докторске студије. За менторе се предлажу проф. др Милан Трумић, редовни професор на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду и проф. др Јоњауа Ранogaјец, редовни професор на Технолошком факултету, Универзитет у Новом Саду, који испуњавају све Законом предвиђене услове (већи број радова публикованих у часописима са SCI листе).

У Бору, 10.05.2019. године

Чланови комисије

др Маја Трумић, доцент
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

др Љубиша Андрић, редовни професор
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

др Снежана Вучетић, доцент
Технолошки факултет, Универзитет у Новом Саду