

Образац 1.

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/214
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

17.08.2020.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Утицај хемијских активатора на својства везива са високим уделом механички активираног електрофилтерског пепела“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: **ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО**
ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

ЈЕЛЕНА (Мирослав) РАКИЋ, мастер инжењер технологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: **Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.**

3. Година дипломирања: 2010.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: **Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду.**

5. Година дипломирања: 2011

Студент је уписан на докторске академске студије школске **2015/2016.** године.

Обавештавамо Вас да је **Наставно-научно веће,** на седници одржаној **16.07.2020. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Јелена Ракић

Име и презиме ментора: Весна Радојевић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. S.S.Musbah, **V. Radojević**, N. Borna, D. Stojanović, M. Dramićanin, A. Marinković, R. Aleksić, PMMA–Y₂O₃ (Eu³⁺) nanocomposites: optical and mechanical properties, *J. Serb. Chem. Soc.* 76 (8) (2011)1153–1161, ISSN: 0352-5139 (IF 2011: 0, 879, Chemistry, Multidisciplinary 102/152)
2. Dukali R.M., Radovic I., Stojanovic D.B., Uskokovic P.S., Romcevic N., **Radojevic V.**, Aleksic R., *Preparation, characterization and mechanical properties of Bi₁₂SiO₂₀–PMMA composite films*, Journal of Alloys and Compounds, Vol. 583, 2014, 376-381, ISSN 0925-8388, IF 2013: 2.726 Materials Science, Multidisciplinary, 49/251, [doi:10.1016/j.jallcom.2013.08.206](https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.08.206)
3. Obradović V., Stojanović D.B., Živković I., **Radojević V.**, Uskoković P.S., Aleksić R., *Dynamic Mechanical and Impact Properties of Hybrid Thermoplastic Composites Reinforced with Carbon Nanotubes*, Fibers and Polymers 2015, Vol.16, No.1, 138-145, ISSN: 1229-9197 (Print) 1875-0052 (Online), IF 2013: 1.113 Materials Science, Textiles 5/22, [doi:10.1007/s12221-015-0138-2](https://doi.org/10.1007/s12221-015-0138-2)
4. S.S. Musbah, **V. Radojević**, I. Radović, P.S. Uskoković, D.B. Stojanović, M. Dramićanin, R. Aleksić, Preparation, characterization and mechanical properties of rare-earth-based nanocomposites, *J. Min. Metall. Sect. B-Metall.* 48 (2) B (2012) 309-318. DOI:10.2298/JMMB120508030M,(IF 2011 1,317, Metallurgy & Metallurgical Engineering 14/74)
5. Lazarević Z., Kostić S., **Radojević V.**, Romčević M., Gilić M., Petrović-Damjanović M., Romčević N., *Raman spectroscopy of bismuth silicon oxide single crystals grown by Czochralski technique*, Phys. Scr. T157 (2013) 014046 (4pp) doi:10.1088/0031- 949/2013/T157/014046, ISSN 0031-8949 (IF 2011: 1.204, Physics, Multidisciplinary, 35/84) [doi:10.1088/0031-8949/2013/T157/014046](https://doi.org/10.1088/0031-8949/2013/T157/014046)
6. Kostic S., Lazarevic Z.Ž., **Radojevic V.**, Milutinovic A., Romcevic M., Romcevic N.Ž., Valcic A., *Study of structural and optical properties of YAG and Nd:YAG single crystals*, Materials Research Bulletin 63 (2015) 80–87, ISSN 0025-5408, IF 2013 1.968, Materials Science, Multidisciplinary, 79/251, [doi:10.1016/j.materresbull.2014.11.033](https://doi.org/10.1016/j.materresbull.2014.11.033)
7. Lamovec J., Jović V., Randjelović D., Aleksić R., **Radojević V.**, *Analysis of the composite and film hardness of electrodeposited nickel coatings on different substrates*, Thin Solid Films 516 (2008), p. 8646–8654, ISSN 0040-6090, (IF2008: 1,884 Materials Science, Coatings & Films, 2/16) [doi:10.1016/j.tsf.2008.06.035](https://doi.org/10.1016/j.tsf.2008.06.035)

8. R. M. Abozaid, Z. Ž. Lazarević, I. Radović, M. Gilić, D. Šević, M. S. Rabasović, **V. Radojević**, *Optical properties and fluorescence of quantum dots CdSe/ZnS-PMMA composite films with interface modifications*, Optical Materials, Volume 92, June 2019, Pages 405-410, (ISSN 0925-3467, if 2018 2,480 Materials Science, Multidisciplinary, 125/293) <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2019.05.012>
9. R. M. Abozaid, Z. Ž. Lazarević, N. Tomić, A. Milutinović, D. Šević, M. S. Rabasović, **V. Radojević**, *Optical properties CaWO₄:Nd³⁺/PMMA composite layered structures*, Optical materials, Volume 96, October 2019, 109361, (ISSN 0925-3467, if 2018 2,480 Materials Science, Multidisciplinary, 125/293) <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2019.109361>

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др Петар Ускоковић

Датум: 13.07.2020.

М.П. _____

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Јелена Ракић

Име и презиме ментора: Звездана Башчаревић

Звање: научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Komljenović M., **Baščarević Z.** and Bradić V.: *Mechanical and microstructural properties of alkali-activated fly ash geopolymers*, Journal of Hazardous Materials, Vol 181, 2010, No 1-3, pp. 35 – 42, IF = 3,723, ISSN 0304-3894
2. Marjanović N., Komljenović M., **Baščarević Z.**, Nikolić V.: *Improving reactivity of fly ash and properties of ensuing geopolymers through mechanical activation*, Construction and Building Materials, Vol 57, 2014, pp. 151 – 162, IF = 2,296, ISSN 0950-0618
3. **Baščarević Z.**, Komljenović M., Miladinović Z., Nikolić V., Marjanović N., Petrović R.: *Impact of sodium sulfate solution on mechanical properties and structure of fly ash based geopolymers*, Materials and Structures, Vol 48, 2015, pp. 683 – 697, IF = 2,453, ISSN 1359-5997
4. Nikolić V., Komljenović M., **Baščarević Z.**, Marjanović N., Miladinović Z., Petrović R.: *The influence of fly ash characteristics and reaction conditions on strength and structure of geopolymers*, Construction and Building Materials, Vol 94, 2015, pp. 361 – 370, IF = 2,421, ISSN 0950-0618
5. Omerašević M., Lukić M., Savić-Biserčić M., Savić A., Matović Lj., **Baščarević Z.**, Bučevac D.: *Permanent disposal of Cs ions in the form of dense pollucite ceramics having low thermal expansion coefficient*, Nuclear Engineering and Technology, Vol 52, 2020, pp. 115 – 122, IF = 1,546, ISSN 1738-5733

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

☒ (А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техничко-технолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 13.07.2020.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 31. и 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 16.07.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Јелене Ракић**, број индекса 4021/2015, под називом: **„Утицај хемијских активатора на својства везива са високим уделом механички активираних електрофилтерског пепела“**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Весна Радојевић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Звездана Башчаревић, научни сарадник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелене Ракић за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/192 од 25. 06. 2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Ракић, мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Утицај хемијских активатора на својства везива са високим уделом механички активираниог електрофилтерског пепела“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелена Ракић је рођена 24.07.1987. године у Краљеву, где је завршила основну и средњу школу. Технолошко-металуршки факултет у Београду уписала је 2006. године на катедри за Хемијско инжењерство, одсек Контрола квалитета. Дипломирала је 2010. године са просечном оценом 8,28. Током 2011. године била је запослена у лабораторији за хемијску анализу „Анахем“ д.о.о. у Београду као хемијски аналитичар. Школске 2011/2012. године уписала је мастер академске студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду, на катедри за Хемијско инжењерство, одсек Контрола квалитета, које је завршила 2012. године са просечном оценом 9,88. Од 2013. до 2015. године била је запослена у грађевинској фирми „Велестрој“ (Велесстрой) у Руској Федерацији, где је учествовала у пројекту изградње бетонских резервоара за складиштење природног течног гаса („Јмал-СПГ”, Сабетта, ЯНАО), као инжењер у лабораторији за испитивање грађевинског материјала, у одсеку за контролу квалитета. Током рада добила је „Сертификат о квалификацији“ и „Сертификат о професионалном развоју“, оба издата од стране Министарства грађевинарства и стамбено-комуналне делатности Руске Федерације.

Докторске студије је уписала школске 2015/2016. године на Технолошко-металуршком факултету у Београду, као буџетски студент на студијском програму Инжењерство материјала. Од новембра 2019. године запослена је у Институту за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду. Члан је Друштва за керамичке материјале Србије. Говори течно енглески, а служи се и руским језиком.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

У оквиру докторских студија Јелена Ракић је положила све испите предвиђене планом и програмом са просечном оценом 9,91. Завршни испит под насловом „Нова врста везивних композитних материјала на бази портланд цемента и хемијски и/или механички активирани индустријског отпада“ одбранила је са оценом 10, пред комисијом у саставу: проф. др Весна Радојевић, проф. др Радмила Јанчић-Хајнеман и проф. др Рада Петровић. У табели је приказан преглед положених испита, оцено и остварени број бодова.

Р. бр.	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1.	Одабрана поглавља нумеричке анализе	10 (десет)	5
2.	Хемијска кинетика	9 (девет)	5
3.	Термодинамика чврстог стања	10 (десет)	5
4.	Структура и својства композитних материјала са полимерном матрицом	10 (десет)	5
5.	Наука о материјалима и инжењерство материјала	10 (десет)	6
6.	Физика материјала	10 (десет)	4
7.	Метал, угљенични и керамички композити	10 (десет)	5
8.	Квантификација визуелних информација	10 (десет)	5
9.	Физичко-механичка испитивања материјала-виши курс	10 (десет)	5
10.	Процесирање материјала за електронику	10 (десет)	5
11.	Завршни испит	10 (десет)	30
	Средња оцена/Укупно ЕСПБ	9,91 (девет и 91/100)	80

Рад на научно-истраживачким пројектима:

Јелена Ракић је у досадашњем раду учествовала на једном националном и два међународна пројекта:

2019 - : TP34026 „Геополимери - Развој технологије за конверзију индустријског отпада у функционалне материјале”, који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

2017 - 2019: „Innovative use of local by-products for environmentally friendly construction products”, EUREKA ProjectE!9980, Acronym: INBYCON.

2019 - 2020: SPS 985402 (G5402) „Improved security through safer cementation of hazardous waste”, NATO program: Science for Peace and Safety.

Списак референци:

Радови саопштени на скупнеђународног значаја штампани у целини (M33):

1. Baščarević Z., **Rakić J.**, Petrović R.: *Possibility to use spent catalyst from flyid catalytic cracking process for geopolymer synthesis*, 20th International Conference on Building Materials 2018, Ibausil, Weimar, Germany, 2018, Vol. 1, pp. 985 – 992 (ISBN 978-3-00-059950-7)

Радови саопштени на скупумеђународног значаја штампани у изводу (M34):

2. **Rakić J.**, Baščarević Z.: *Optimization of Mechanical Activation of Fly Ash*, 5th Conference of the Serbian Society for Ceramic Materials: 5CSCS-2019, Belgrade, 2019, Serbia, Book of Abstracts pp.138 (ISBN 978-86-80109-22-0)
3. **Rakić J.**, Baščarević Z., Petrović R., Kovač S.: *Possibility to use spent fluid catalytic cracking catalyst as component of Portland cement binders*, 13th Conference for Young Scientists in Ceramics, Novi Sad, 2019, Book of Abstracts pp. 101 (ISBN 978-86-6253-104-9)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег истраживачког рада и оствареног искуства, Јелена Ракић, магистар технологије, показала је склоност и способност за бављење научно-истраживачким радом, као и изузетно интересовање и висок степен самосталности у реализацији истраживања везаних за докторску дисертацију. На основу биографских података, научних и стручних активности, Комисија сматра да кандидат Јелена Ракић испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Димни гасови који настају сагоревањем угља у термоелектранама се, пре испуштања у атмосферу, пропуштају кроз филтере на којима долази до електростатичког и механичког таложења ситних честица, тзв. електрофилтерског пепела (ЕФП). Количина овог отпадног материјала се на светском нивоу континуирано повећава услед растуће потребе за електричном енергијом. Релативно мали проценат насталог ЕФП бива искоришћен, док се остатак углавном депонује на земљиште. Примена ЕФП у грађевинској индустрији је један од начина на који се могу искористити његове значајне количине. Бетон је други највише коришћен производ по глави становника у свету [1]. Захтеви за цементом, као главним састојком бетона, стога непрекидно расту. При производњи цемента се, међутим, ослобађају велике количине штетних гасова, због чега је цементна индустрија један од највећих загађивача животне средине. Процењује се да је ова индустрија одговорна за око 8% емисије угљен-диоксида антропогеног порекла [2]. Поред тога, производња цемента доводи и до значајне потрошње природних сировина.

Један од покушаја смањења штетног дејства цементне индустрије на животну средину јесте развој везива у којима је део портланд цемента (ПЦ) замењен електрофилтерским пепелом. Опште је познато да у контакту ПЦ са водом долази до одигравања реакција хидратације цементних фаза у којима, као главни производ, настаје калцијум-силикохидратни (C-S-H) гел, одговоран за развој чврстоће цементне пасте, и портландит ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), као секундарни производ. Захваљујући свом хемијском саставу, који у највећој мери чине оксиди силицијума, алуминијума, калцијума и гвожђа, ЕФП може да реагује са портландитом у тзв. пуцоланској реакцији. Овом реакцијом настаје додатни C-S-H гел, који смањује порозност и знатно доприноси чврстоћи везивног материјала [3, 4]. Поред тога, у почетном периоду хидратације, честице ЕФП се понашају као центри нуклеације за таложење главних хидратационих производа, што доводи до убрзавања процеса хидратације цемента [3, 5]. Међутим, услед слабе реактивности ЕФП, са повећањем његовог удела у цементу долази до смањења брзине развоја топлоте хидратације, продужења времена

везивања и смањења почетних чврстоћа [6, 7]. Имајући у виду наведено, важећи прописи ограничавају удео ЕФП у цементу на 35%, за композитне портланд цементе (СЕМ II), односно на 55% за пуцоланске цементе (СЕМ IV) [8].

Могућа примена везива са високим уделом ЕФП (ВВУЕФП), у којима је удео ЕФП већи од 50% [6, 9], ограничена је на израду грађевинских елемената ниских почетних чврстоћа [10] и изградњу масивних бетонских плоча код којих високе температуре хидратације могу довести до појаве пукотина [11, 12]. Побољшање својстава ВВУЕФП, у смислу скраћивања времена везивања и повећања почетних чврстоћа, могло би знатно проширити опсег њихове примене. Један од начина којим се то може постићи је повећање реактивности ЕФП применом неке од метода активације, као што су: механичка активација, термичка активација, хемијска активација или комбинација наведених метода.

Бројни научни радови су се бавили механичком активацијом ЕФП [13-17]. Сматра се да је повећање реактивности ЕФП, које се постиже овим поступком, резултат комбинованих ефеката уситњавања честица, повећања специфичне површине и физичко-хемијских промена које настају како на површини честица, тако и у њиховој унутрашњости [13, 18]. Претходна истраживања су показала да је могуће заменити 40 – 60% ПЦ механички активираним ЕФП и добити везива која се на основу механичких својстава могу поредити са комерцијалним цементима [13, 16, 17]. Последњих година у научној заједници је велика пажња посвећена и хемијској активацији ВВУЕФП [19-25]. Примена хемијских активатора, као компоненте ових везива, доводи до повећања рН вредности система, чиме се стимулише растварање ЕФП и убрзавају почетне реакције ПЦ. У случају активације јако базним растворима, као што су алкални хидроксиди и силикати, рН вредност система се повећава тренутно [23, 24]. Са друге стране, у везивима којима су у својству хемијског активатора, додате умерено базне соли, прво долази до реакције активатора са портландитом, а хидроксилни јони се ослобађају *in situ* [6,20]. Примена умерено базних активатора стога не угрожава здравље и безбедност људи који их користе и мање штети животној средини [20, 25]. Резултати досадашњих истраживања су указали на то да хемијски активирана ВВУЕФП имају знатно краће време везивања и веће почетне чврстоће у односу на везива без активатора [19, 20, 25].

Предмет ове докторске дисертације је синтеза и испитивање својстава ВВУЕФП у чији састав улази 70% ЕФП и 30% ПЦ, применом механичке и комбинације механичке и хемијске активације. При томе је пожељно добити везива чија би својства, пре свега време везивања и механичка чврстоћа, била упоредива са својствима комерцијалног цемента. У релативно малом броју доступних публикација коришћена је комбинација наведених поступака [26-28], те постоји потреба да се детаљније испитају услови активације ЕФП на својства резултујућих везива.

Главни **научни циљеви** ове докторске дисертације су синтеза ВВУЕФП добрих физичко-механичких својстава, применом поступака механичке и комбинације механичке и хемијске активације ЕФП, као и дефинисање механизма хидратације добијених везива.

Списак стручне литературе

1. Scrivener K., John V. M., Gartner E. M.: *Eco-efficient cements: Potential economically viable solutions for a low-CO₂ cement-based materials*, Concrete and Cement Research, Vol 114, 2018, pp. 2 – 26,
2. Andrew R. M.: *Global CO₂ emissions from cement production*, Earth System Science Data, Vol 10, 2018, pp. 195 – 217,
3. Lothenbach B., Scrivener K., Hooton R. D.: *Supplementary cementitious materials*, Cement and Concrete Research, Vol 41, 2011, pp. 1244 – 1256,
4. De la Varga I., Castro J., Bentz D. P., Zunino F., Weiss J.: *Evaluating the hydration of high volume fly ash mixtures using chemically inert fillers*, Construction and Building Materials, Vol 161, 2018, pp. 221 – 228,

5. Deschner F., Winnefeld F., Lothenbach B., Seufert S., Schwesig P., Dittrich S., Goetz-Neunhoffer F., Neubauer J.: *Hydration of Portland cement with high replacement by siliceous fly ash*, Cement and Concrete Research, Vol 42, 2012, pp. 1389 – 1400,
6. Bentz D. P., Ferraris C. F.: *Rheology and setting of high volume fly ash mixtures*, Cement and Concrete Composites, Vol 32, 2010, pp. 265 – 270,
7. Garcia-Lodeiro I., Donatello S., Fernandez-Jimenez A., Palomo A.: *Hydration of Hybrid Alkaline Cement Containing a Very Large Proportion of Fly Ash: A Descriptive Model*, Materials, 2016, 9, 605,
8. EN 197-1:2011 *Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements*,
9. Wilinska I., Pacewska B.: *Influence of selected activating methods on hydration processes of mixtures containing high and very high amount of fly ash*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol 133, 2018, pp. 823 - 843,
10. Aydin E., Arel H. S.: *Characterisation of high-volume fly-ash cement pastes for sustainable construction applications*, Construction and Building Materials, Vol 157, 2017, pp. 96 – 107,
11. Qiang, W., Peiyu, Y., Jingjing F.: *Design of high-volume fly ash concrete for a massive foundation slab*, Magazine of Concrete Research, Vol 65, No 2, 2013, pp. 71 – 81,
12. Malhotra V. M., Mehta P. K.: *High-Performance, High-Volume Fly Ash Concrete for Building Durable and Sustainable Structures*, 4th Edition, Supplementary Cementing Materials for Sustainable Development, Inc., Ottawa, 2012,
13. Kumar R., Kumar S., Mehrotra S. P.: *Towards sustainable solutions for fly ash through mechanical activation*, Resources, Conservation and Recycling, Vol 52, 2007, pp. 157 – 179,
14. Marjanović N., Komljenović M., Baščarević Z., Nikolić V.: *Improving reactivity of fly ash and properties of ensuing geopolymers through mechanical activation*, Construction and Building Materials, Vol 57, 2014, pp. 151 – 162,
15. Hela R., Orsakov D.: *The Mechanical Activation of Fly Ash*, Procedia Engineering, Vol 65, 2013, pp. 87 – 93,
16. Aydin S., Karatay C., Baradan B.: *The effect of grinding process on mechanical properties and alkali-silica reaction resistance of fly ash incorporated cement mortars*, Powder Technology, Vol 197, 2010, pp. 68 – 72,
17. Hamzaoui R., Bouchenafa O., Guessamsma S., Leklou N., Bouaziz A.: *The sequel of modified fly ashes using high energy ball milling on mechanical performance of substituted paste cement*, Materials and Design, Vol 90, 2016, pp. 29 – 37,
18. Balaz P.: *Mechanochemistry in Nanoscience and Minerals Engineering*, Springer, 2008,
19. Baert G., Hoste S., De Shutter G., De Belie N.: *Reactivity of fly ash in cement paste studied by means of thermogravimetry and isothermal calorimetry*, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, Vol 94, No 2, 2008, pp. 485 – 492,
20. Alahrache S., Winnefeld F., Champenois J., Hesselbarth F., Lothenbach B.: *Chemical activation of hybrid binders based on siliceous fly ash and Portland cement*, Cement and Concrete Composites, Vol 66, 2016, pp. 10 – 23,
21. Donatello S., Fernandez-Jimenez A., Palomo A.: *Very high volume fly ash cements. Early age hydration study using Na₂SO₄ as an activator*, Journal of American Ceramic Society, Vol 96, No 3, 2013, pp. 900 – 906,
22. Velandia D., Lynsdale C., Provis J. L., Ramirez F., Gomez A. C.: *Evaluation of activated fly ash systems using Na₂SO₄, lime and quicklime in mortars with high loss on ignition fly ashes*, Construction and Building Materials, Vol 128, 2016, pp. 248 – 255,
23. Palomo A., Fernandez-Jimenez A., Kovalchuk G., Ordonez L. M., Naranjo M. C.: *OPC-fly ash cementitious systems: study of gel binders produced during alkaline hydration*, Journal of Material Science, Vol 42, 2007, pp. 2958 – 2966,

24. Garcia-Lodeiro I., Fernandez-Jimenez A., Palomo A.: *Hydration kinetics in hybrid binders: Early reaction stages*, Cement and Composites, Vol 39, 2013, pp. 82 – 92,
25. Joseph S., Snellings R., Cizer O.: *Activation of Portland cement blended with high volume of fly ash using Na_2SO_4* , Cement and Concrete Composites, Vol 104, 2019, 103417,
26. Irbe L., Urbonas L., Heinz D.: *Coal fly ash activation—Comparison of isothermal calorimetric data and mortar strength*, Thermochimica Acta, Vol. 659, 2018, pp. 151 – 156,
27. Fernandez-Jimenez A., Garcia-Lodeiro I., Maltseva O., Palomo A.: *Hydration mechanisms of hybrid cements as a function of the way of addition of chemicals*, Journal of American Ceramic Society, Vol 102, 2019, pp. 427 – 436,
28. He T., Da Y., Xu R., Yang R.: *Effect of multiple chemical activators on mechanical property of high replacement high calcium fly ash blended system*, Construction and Building Materials, Vol 198, 2019, pp. 537 – 545.

3. Полазне хипотезе

Преглед постојеће литературе показао је да и механичка и хемијска активација појединачно доводе до побољшања својстава ВВУЕФП. У овом истраживању се полази од претпоставке да ће поступак механичке активације ЕФП млевењем у високо-енергетском планетарном млину значајно повећати његову реактивност у ВВУЕФП. Очекује се да ће примена овог поступка довести до побољшања својстава ВВУЕФП у почетном периоду хидратације захваљујући повећању концентрације центара нуклеације за таложење хидратационих производа. Повећање реактивности ЕФП, као резултат поступка механичке активације, требало би да има позитиван утицај на одвијање пуцоланске реакције, и тиме и на својства везива у каснијим периодима хидратације.

Друга претпоставка у овом истраживању је да ће алкална средина, генерисана додавањем одабраних хемијских активатора, даље стимулирати растварање и реакције ЕФП у ВВУЕФП. Дејство хемијских активатора ће бити додатно интензивирано услед повећања специфичне површине ЕФП поступком механичке активације. Одабрано је пет хемијских активатора: натријум-сулфат, натријум-карбонат, натријум-силикат, натријум-оксалат и калцијум-формиат, који ће се у чврстом стању користити за синтезу ВВУЕФП.

Резултати примене натријум-сулфата и натријум-карбоната ће бити упоређивани са резултатима доступних истраживања ВВУЕФП, која су показала да ова два активатора доводе до знатног скраћења времена везивања ВВУЕФП. Разлог томе је пре свега повећање алкалности система услед реакције активатора са портландитом. Поред тога, у присуству сулфатних и карбонатних јона током хидратације ВВУЕФП може доћи до промене састава хидратационих производа, те промене својстава очврслог ВВУЕФП. На основу поређења добијених резултата очекује се потврда утицаја ова два као и валидација дејства осталих активатора. Натријум-силикат би требало да, поред повећања рН вредности система, додатно стимулише реакције ЕФП услед присуства силикатних јона, имајући у виду резултате бројних радова у којима се силикатни јони у облику воденог стакла ефикасно користе за алкалну активацију ЕФП. Оксална киселина и калцијум-формиат се користе као додаци портланд цементу ради убрзавања процеса хидратације, те скраћивања времена везивања цементне пасте. Дејство оксалатних јона се, према подацима из литературе, пре свега заснива на настајању тешко растворног калцијум-оксалата, чиме се интензивира растварање цементних фаза у почетном периоду хидратације. Показало се да повећање концентрације јона калцијума при додавању калцијум-формиата узрокује брже настајање главних производа хидратације. Претпоставља се да уградња формиатних јона у хидратационе производе такође стимулише реакцију цементних фаза.

Досадашња истраживања примене комбинације поступака хемијске и механичке активације при синтези ВВУЕФП су се претежно бавила испитивањем везива са 50% ЕФП, уз коришћење релативно малог броја активатора, најчешће сулфата и карбоната алкалних метала. Резултати овог истраживања би требало да дају детаљнији увид у утицај ових метода

активације на везива са већим садржајем ЕФП, као и о утицају других активатора. Поред тога, у доступној литератури везаној за синтезу и карактеризацију ВВУЕФП, није коришћена комбинација поступака механичке активације ЕФП и хемијске активације помоћу натријум-силиката, натријум-оксалата и калцијум-формиата, те се очекује да ће се у оквиру ове дисертације дефинисати услови синтезе, својства и потенцијална примена ових везива.

4. Научне методе истраживања

Оптимизација поступка механичке активације ЕФП ће се извршити на основу резултата испитивања својстава механички активираних узорак ЕФП млевених при различитим односима кугле:ЕФП у високо-енергетском планетарном млину.

Хемијски састав неактивираних узорак ЕФП и цемента ће бити одређен методом енергетско-дисперзивне рендгенско-флуоресцентне спектrophотометрије (XRF).

Расподела величине честица неактивираних и механички активираних узорак ЕФП ће бити одређена помоћу уређаја за анализу дифракције ласерске светлости. *Специфична површина, запремина и расподела величина пора* ЕФП ће се одредити помоћу Брунауер-Емет-Телер-ове (енгл. Brunauer-Emmett-Teller - BET) методе адсорпцијом-десорпцијом азота. *Садржај реактивног SiO₂* у узорцима ЕФП ће бити одређен у складу са поступком описаним у SRPS EN 197-1 и SRPS EN 196-2. *Растворљивост узорак ЕФП у алкалном раствору* ће бити испитивана растварањем у раствору NaOH и одређивањем концентрације растворених елемената методом оптичко-емисионе спектрометрије са индуктивно-спрегнутом плазмом (ICP-OES).

Минералозна карактеризација неактивираних и механички активираних узорак ЕФП, као и узорак хидратисаних ВВУЕФП, са и без хемијских активатора, биће извршена помоћу дифрактометра за прах (XRD). Скенирајућим електронском микроскопијом (SEM) и енергетско-дисперзивном спектроскопијом (EDS) ће се испитати њихова *микроструктура*.

Кинетика хидратације ВВУЕФП ће се пратити методом изотермалне калориметрије. *Време везивања пасте* ће бити одређено према стандардној методи описаној у SRPS EN 196-3 помоћу Викат апарата, а *испитивање чврстоће при притиску* малтера ће бити извршено у складу са стандардом SRPS EN 196-1 помоћу уређаја за одређивање чврстоће малтера на бази портланд цемента. *Скупљање при сушењу малтера* ће бити одређено у складу са стандардом JUS.B.C8.029.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати истраживања у оквиру ове докторске дисертације довести до:

- утврђивања утицаја различитих услова механичке активације ЕФП на својства и могућност примене механички активираних ЕФП;
- утврђивања оптималних услова синтезе везива са високим уделом механички активираних ЕФП;
- утврђивања оптималних услова хемијске активације везива са високим уделом механички активираних ЕФП;
- дефинисања утицаја одабраних хемијских активатора на структуру и својства везива са високим уделом механички активираних ЕФП;
- нових сазнања о механизму хидратације везива са високим уделом ЕФП.

6. План истраживања и структура рада

Предмет истраживања ове докторске дисертације је синтеза везива на бази ЕФП, применом поступака механичке активације ЕФП и комбинације поступака механичке и хемијске активације. У том циљу, у првом делу истраживања биће извршена оптимизација процеса механичке активације ЕФП. Три узорка ЕФП из две термоелектране у Србији биће механички активирани млевењем у планетарном млину са куглама при различитим условима. На основу резултата испитивања својстава механички активираних узорака ЕФП биће изабрани оптимални услови млевења.

У другом делу истраживања ће се извршити хемијска активација везива на бази одабраног узорка механички активираних ЕФП (70%) и портланд цемента класе СЕМ I 52,5 N (30%). За хемијску активацију ће се користити пет различитих, умерено базних активатора. Избор оптималне концентрације додатих активатора ће се извршити на основу одређивања времена везивања пасте ВВУЕФП. Након дефинисања оптималних услова синтезе, својства и структура синтетисаних везива ће бити детаљно испитани. Затим ће се приступити обради и дискусији резултата, на основу чега ће се извести закључци.

7. Закључак и предлог

На основу изнетих података, Комисија сматра да кандидат Јелена Ракић, маг. инж. технологије, испуњава све услове за израду предложене докторске дисертације. Предмет, циљеви, методе, актуелност и значај теме су добро дефинисани и научно засновани. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације: „Утицај хемијских активатора на својства везива са високим уделом механички активираних електрофилтерског пепела“. За менторе се предлажу др Весна Радојевић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета у Београду и др Звездана Башчаревић, научни сарадник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду. Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Инжењерство материјала, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Весна Радојевић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Звездана Башчаревић, научни сарадник
Универзитета у Београду,
Институт за мултидисциплинарна истраживања

.....
Др Рада Петровић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Ђорђе Јанаковић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет