

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Predmet: Podobnost teme i kandidata mr Nataše Marjanović, dipl. inž. geologije za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 35/83 od 04.04.2014. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata mr Nataše Marjanović, dipl. inž. geologije, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme:

**SINTEZA I KARAKTERIZACIJA VEZIVNIH MATERIJALA NA BAZI
ALKALNO AKTIVIRANOG ELEKTROFILTERSKOG PEPELA
TERMoeLEKTRANA I ZGURE VIsoKE PEĆI**

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Biografski podaci

Mr Nataša Marjanović (devojačko prezime Jovanović), rođena je 13. 04. 1973. godine u Beogradu, gde završila osnovnu školu i gimnaziju. Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je školske 1992/1993 godine. Diplomirala je 04. 05. 2001. godine na smeru mineralogija i kristalografija, sa prosečnom ocenom u toku studija 8,22.

Magistarske studije upisala je 2002. godine na Rudarsko-geološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na smeru mineralogija industrijskih produkata, pod rukovodstvom prof. dr Mihovila Logara. Magistarsku tezu pod nazivom: "Sinteza portland-cementnog klinkera sa elektrofilterskim pepelom termoelektrane "Nikola Tesla" kao sirovinskom komponentom" odbranila je 24. 12. 2008. godine i time stekla

akademski naziv magistra tehničkih nauka u oblasti geologije – mineralogije industrijskih produkata.

Od oktobra 2001. godine zaposlena je u Institutu za multidisciplinarna istraživanja (tadašnji naziv Centar za multidisciplinarne studije Univerziteta u Beogradu) na Odseku za materijale. U zvanje istraživač-saradnik izabrana je 06. 03. 2009. godine, a reizabrana 01. 03. 2012. godine.

Član je Srpskog društva za mikroskopiju, Društva za keramičke materijale Srbije i Zeolitskog društva.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Mr Nataša Marjanović je učestvovala u realizaciji tri nacionalna projekta u okviru programa tehnološkog razvoja (MHT.2.06.0053.B/2, TR6720B i TR19001) i četiri međunarodna projekta iz Eureka programa (E!2936, E!3688, E!3824 i E!5415). Trenutno je angažovana na nacionalnom projektu TR34026 koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije i učestvuje u COST akciji TU1301. Oblast naučno-istraživačkog rada mr Nataše Marjanović je nauka o materijalima, dok uža oblast istraživanja obuhvata sintezu vezivnih materijala alkalnom aktivacijom industrijskog mineralnog otpada za primenu u građevinarstvu. Koautor je ukupno 35 radova publikovanih u naučnim časopisima i saopštenih na naučnim skupovima. Od toga, 6 radova je publikovano u vrhunskim naučnim časopisima međunarodnog značaja (M21). Na skupu "3rd Serbian Congress for Microscopy", održanom od 25. do 28. septembra 2007. godine u Beogradu, osvojila je nagradu za najbolje usmeno izlaganje.

Učešće na naučno-istraživačkim projektima:

Nacionalni projekti:

2002-2004: MNT.2.06.0053. "Istraživanja na području hidrauličnih materijala u cilju poboljšanja njihovog kvaliteta i primene", koji je finansiralo Ministarstvo za nauku, tehnologije i razvoj Republike Srbije i tri fabrike cementa iz Republike Srbije.

2005-2007: TR6720B, "Razvoj novih vrsta hidrauličnih veziva na bazi elektrofilterskog pepela termoelektrana" koji je finansiralo Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije i JP Elektroprivreda Srbije.

2008-2010: TR19001, "Geopolimeri – novi materijali na bazi elektrofilterskog pepela termoelektrana u okviru koncepta održivog razvoja" koji je finansiralo Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

2011-danas: TR34026, "Geopolimeri - Razvoj tehnologije za konverziju industrijskog otpada u funkcionalne materijale" koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Međunarodni projekti:

2004-2006: "Economical And Ecological Utilisation Of Selected Residual Materials For Landscape Creation", akronim projekta E!2936 ECO-UTIRESMAT, u saradnji sa Evropskom Unijom u oblasti EUREKA programa, koji je finansiralo Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

2006-2008: "Sustainable application of selected industrial waste materials in cement and concrete industry", akronim projekta E!3688-SASIWAM, u saradnji sa Evropskom Unijom u oblasti EUREKA programa koji je finansiralo Ministarstvo za nauku Republike Srbije.

2007-2009: "From industrial waste to commercial products", akronim projekta E!3824 – INWASCOMP, u saradnji sa Evropskom Unijom u oblasti EUREKA programa koji je finansiralo Ministarstvo za nauku Republike Srbije.

2010-2013: "New generation of constructive materials based on industrial waste in the concept of sustainable development", akronim projekta E!5415-NEWCOMAT, u saradnji sa Evropskom Unijom, u oblasti EUREKA programa koji finansira Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije.

2013-danas: COST akcija TU1301: "NORM for Building Materials (NORM4BUILDING)".

Pregled objavljenih naučnih radova i saopštenja:

Radovi objavljeni u naučnim časopisima međunarodnog značaja (M20):

Radovi objavljeni u vrhunskim naučnim časopisima međunarodnog značaja (M21):

1. Komljenović M., Baščarević Z., **Marjanović N.**, Nikolić V., "*Decalcification resistance of alkali-activated slag*", Journal of Hazardous Materials, Vol 233–234, 2012, pp. 112–121 (ISSN 0304 – 3894, IF(2012) = 4,679, 1/122, oblast Engineering, Civil).
2. Komljenović M., Baščarević Z., **Marjanović N.**, Nikolić V., "*External sulfate attack on alkali-activated slag*", Construction and Building Materials, Vol 49, 2013, pp. 31-39 (ISSN 0950 – 0618, IF(2012) = 2,818, 6/57, oblast Construction & Building Technology).
3. Baščarević Z., Komljenović M., Miladinović Z., Nikolić V., **Marjanović N.**, Žujović Z., Petrović R., "*Effects of the concentrated NH_4NO_3 solution on*

- mechanical properties and structure of the fly ash based geopolymers*“, Construction and Building Materials, Vol 41, 2013, pp. 570-579 (ISSN 0950 – 0618, IF(2012) = 2,818, 6/57, oblast Construction & Building Technology).
4. Nikolić V., Komljenović M., **Marjanović N.**, Baščarević Z., Petrović R., “*Lead immobilization by geopolymers based on mechanically activated fly ash*“, Ceramics International, doi: 10.1016/j.ceramint.2014.01.059 (ISSN 0272 – 8842, IF(2012) = 1,968, 3/27, oblast Materials Science, Ceramics).
 5. **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, (ISSN 0950 – 0618, IF(2012) = 2,818, 6/57, oblast Construction & Building Technology).
 6. 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, doi: 10.1617/s11527-014-0325-4 (ISSN 1359-5997, IF(2012) = 1,653, 10/57, oblast Construction & Building Technology).

Radovi objavljeni u naučnim časopisima međunarodnog značaja (M23):

7. Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Rosić A., “*Fly Ash as the Potential Raw Mixture Component for Portland Cement Clinker Synthesis*“, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry Vol 96, No 2, 2009, pp. 363-368 (ISSN: 1388-6150, IF (2009) = 1,445).

Zbornici međunarodnih skupova (M30):

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u celini (M33):

8. Komljenović M., **Jovanović N.**, Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., Rosić A., “*Fly Ash as an Alternative Raw Material for Portland Cement Clinker Synthesis*“, 12th International Congress on the Chemistry of Cement (ICCC 2007), Papers and Poster Abstracts on CD, M3-03.3, Montreal, 2007, pp. 1-10.
9. **Jovanović N.**, Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., Bradić V., “*Elektrofilterski pepeo – sirovina za dobijanje ekocementa*“, Drugi internacionalni naučnostručni skup Građevinarstvo – nauka i praksa, GNP 2008, Zbornik radova, Žabljak 2008., ISBN: 978-86-82707-15-8, str 847-852.
10. Bradić V., Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Ršumović M., “*Alkalno aktivirani pepeo u okviru koncepta održivog razvoja*“, Drugi internacionalni naučno-stručni skup Građevinarstvo –

- nauka i praksa, GNP 2008, Zbornik radova, Žabljak, 2008., ISBN: 978-86-82707-14-1, str. 1363-1368.
11. Bradić V., Komljenović M., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Ršumović M., *"Influence of Different Activators Upon Alkali Activation of Fly Ash"*, 3rd International Symposium NONTRADITIONAL CEMENT & CONCRETE, Proceedings, Brno 2008, ISBN: 978-80-214-3642-8, pp. 111-118
 12. Baščarević Z., Petrašinović-Stojkanović Lj., Komljenović M., **Jovanović N.**, Bradić V., *"Utilization of fly ash from thermal power plants in ceramic industry"*, XIII International conference of research institute of building materials: Ecology and new building materials and products, Telc, CzechR 2009, ISBN: 978-80-254-4447-4, pp. 24-28,.
 13. Komljenović M., Bradić V., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Petrašinović-Stojkanović Lj., Rosić A., *"The influence of water glass upon fly ash geopolymer properties"*, 17. Internationale Baustofftagung (IBAUSIL), Weimar, Deutschland 2009, Tagungsbericht – Band 1. ISBN: 978-3-00-027265-3, pp. 481-486.
 14. Komljenović M., Bradić V., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Rosić A., *"The nature of industrial by-products and process of alkali-activation"*, Tenth ACI International Conference on Recent Advances in Concrete Technology and Sustainability Issues, Seville 2009, Supplementary Papers ISBN: 978-0-9731507-9-7, pp. 647-659.
 15. Komljenović M., Baščarević Z., Nikolić V., **Marjanović N.**, Ršumović M., Rosić A., *"Mechanical and Microstructural Changes of Alkali-Activated Binder Due to the Leaching Process"*, XIII ICCI International Congress on the Chemistry of Cement, Madrid, 2011, Proceedings CD ISBN: 978-84-7292-400-0, pdf dokument br. 272, pp. 1-7.
 16. Baščarević Z., Komljenović M., Nikolić V., **Marjanović N.**, Petrašinović-Stojkanović Lj., Ršumović M. *"Microscopy and microanalysis of alkali activated fly ash binder"*, 18 Internationale Baustofftagung, IBAUSIL, Weimar, Germany 2012., Tagungsbericht Band 1, ISBN: 978-3-00-034075, pp. 1-0490 – 1-0496

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u izvodu (M34):

17. **Jovanović N.**, Rosić A., Živanović B., Komljenović M., Logar M., Branković G.: *"Synthesis of portland-cement clinker by using fly ash as a raw material"*, The 5th Students' Meeting, International Conf. on Traditional Ceramic Materials, 2003, Book of Extended Abstracts, ISBN: 86-80995-46-0, pp. 20-21.
18. **Jovanović N.**, Rosić A., Kandić Lj., Živanović B., Logar M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Komljenović M.: *"X-Ray Diffraction Analysis of Ordinary Portland Cement Clinker Based on Fly Ash"*, The Seventh Yugoslav Materials

- Research Society Conference, YUCOMAT 2005, Herceg Novi 2005, Programme and the Book of Abstracts, ISBN: 86-80321-08-7, p. 157.
19. **Jovanović N.**, Komljenović M., Rosić A.: "*Microstructure investigation of Portland cement clinker synthesized with fly ash from "Nikola Tesla" power plant*", 3rd Serbian Congress for Microscopy, Belgrade 2007, Proceedings, ISBN: 978-86-7306-088-0 (VINS), pp. 77-78.
 20. Bašćarević Z., Petrašinović-Stojkanović Lj., **Jovanović N.**, Bradić V., "*Characterization of Fly Ash from Serbian Power Plants: Morphology of the fly ash particles*", 3rd Serbian Congress for Microscopy, Belgrade 2007, Proceedings, ISBN: 978-86-7306-088-0 (VINS), pp. 49-50.
 21. Bašćarević Z., Komljenović M., Bradić V., Petrašinović-Stojkanović Lj., **Jovanović N.**, Ršumović M., "*SEM/EDS characterization of fly ash based geopolymers*", Microscopy Conference, Graz 2009, MC 2009 Volume 3, ISBN: 978-3-85125-062-6, pp. 289-90.
 22. Nikolić V., Bašćarević Z., **Marjanović N.**, Petrašinović-Stojkanović Lj., Ršumović M., Komljenović M., "*The relationship between fly-ash based geopolymer strength and major structural elements*", 2nd Conference of The Serbian Ceramic Society – 2CSCS-2013, Belgrade 2013., Programme and the book of Abstracts, ISBN 978-86-80109-18-3, p. 88.

Časopisi nacionalnog značaja (M50):

Radovi objavljeni u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51):

23. **Jovanović N.**, Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Bašćarević Z., Bradić V., Rosić A., "*Supstitucija glinovite mineralne komponente lignitskim elektrofilterskim pepelom pri sintezi portland-cementnog klinkera*", Hemijska industrija Vol. 60, no. 9-10, 2006, str. 253-258 (ISSN: 0367-598X).
24. Bašćarević Z., Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., **Jovanović N.**, Rosić A., Ršumović M., "*Ispitivanje svojstava elektrofilterskog pepela termoelektrana u cilju njegove upotrebe kao sekundarne sirovine za proizvodnju portland-cementnog klinkera*", Hemijska industrija, Vol. 60, no. 9-10, 2006, str. 245-252 (ISSN: 0367-598X).

Radovi objavljeni u naučnom časopisu (M52):

25. **Jovanović N.**, Rosić A., Petrašinović-Stojkanović Lj., Živanović B., Komljenović M., Branković G.: "*Proučavanje mogućnosti sinteze portland-cementnog klinkera sa elektrofilterskim pepelom kao sirovinomskom komponentom*", Materijali i konstrukcije, 3-4, 2003, str. 3-7 (ISSN: 0543-0798).

26. **Jovanović N.**, Rosić A., Kandić Lj., Živanović B., Logar M., Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Savić M., Živančević B.: "*Rendgenska analiza sinterovanog portland cementnog klinkera na bazi elektrofilterskog pepela*", Materijali i konstrukcije, 1-2, 2005, str. 62-67 (ISSN: 0543-0798).

Zbornici skupova nacionalnog značaja (M60):

Radovi objavljeni na skupu nacionalnog značaja štampani u celini (M63)

27. Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Rosić A., Ršumović M., "*Ispitivanje svojstava elektrofilterskog pepela termoelektrana iz Srbije u cilju njegove upotrebe kao sekundarne sirovine za proizvodnju portland cementa*", Četvrta regionalna konferencija o uzajamnosti zaštite životne sredine i efikasnosti energetskih sistema, ELECTRA IV, Tara 2006., Zbornik radova, str. 391-396 (ISBN: 86-85013-02-X).
28. **Jovanović N.**, Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., Bradić V., Rosić A., "*Nove mogućnosti korišćenja elektrofilterskog pepela u industriji cementa*", Prva regionalna naučno-stručna konferencija o upravljanju industrijskim otpadom, Kopaonik 2007, Zbornik radova na CD, str. 1-8 (ISBN: 85013-04-1).
29. Bradić V., Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Ršumović M., "*Alkalno aktivirani pepeo-vezivni materijal budućnosti*", Prva regionalna naučnostručna konferencija o upravljanju industrijskim otpadom, Kopaonik 2007, Zbornik radova na CD, str. 1-6 (ISBN: 85013-04-1).
30. Baščarević Z., Petrašinović-Stojkanović Lj., Komljenović M., Kungulovski Dž., Kungulovski I., **Jovanović N.**, Bradić V., "*Investigation of resistance of fly ash based ceramic to microorganism effects*", X YUCORR, Tara2008., , Proceedings, str. 185-190 (ISBN: 978-86-82343-10-3).
31. Komljenović M., **Jovanović N.**, Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., Rosić A., "*Fly Ash as an Alternative Raw Material for Portland Cement Clinker Synthesis*", Savetovanje: Korišćenje pepela iz termoelektrana «Kostolac A i B», Požarevac 2008, Zbornik radova, str. 52-60 (ISBN: 978-86-911159-0-6).
32. Bradić V., Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., **Jovanović N.**, Rosić A., Ršumović M., "*Sinteza geopolimera na bazi elektrofilterskog pepela termoelektrana*", Peta regionalna naučno-stručna konferencija o sistemu upravljanja zaštitom životne sredine u elektroprivredi, ELECTRA V, Divčibare 2008., Zbornik radova, str. 237-242 (ISBN: 978-86-85013-06-5).

33. Baščarević Z., Petrašinović-Stojkanović Lj., Komljenović M., **Jovanović N.**, Bradić V., "*Mogućnosti upotrebe elektrofilterskog pepela za proizvodnju građevinskih materijala*", XI YUCORR, , Tara2009Proceedings, str. 319-323 (ISBN: 978-86-82343-11-0).
34. Nikolić V., Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., Baščarević Z., **Marjanović N.**, "*Mogućnosti primene geopolimera u solidifikaciji toksičnog otpada*", Šesta regionalna naučno-stručna konferencija o zaštiti životne sredine u elektroprivredi i međusobno zavisnim kompanijama ELECTRA VI, Zlatibor2010, Zbornik radova na CD, str 346-354.

Radovi saopšteni na skupu nacionalnog značaja štampani u izvodu (M64):

35. Baščarević Z., Komljenović M., Petrašinović-Stojkanović Lj., **Marjanović N.**, Nikolić V., Miladinović Z., M. Ršumović., "*Fly ash utilization – converting waste material into useful products*", 1st Conference of the Serbian Ceramic Society – 1CSCS-2011, Belgrade 2011, Program and the book of Abstracts, str. 24. (ISBN: 978-86-7306-107-8).
36. Baščarević Z., Petrašinović-Stojkanović Lj., Komljenović M., **Marjanović N.**, Nikolić V., "*Application of Fly Ash as a secondary Raw Material for Building Materials Production*", 1st Conference of the Serbian Ceramic Society – 1CSCS-2011, Belgrade 2011, Program and the book of Abstracts, 8, str. 54 (ISBN: 978-86-7306-107).

Citiranost: Prema bazi podataka "Scopus", rad pod rednim brojem 7 u kome je mr Nataša Marjanović koautor do sada je citiran u međunarodnim časopisima 7 puta, ne računajući autocitate.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu prikaza ostvarenih rezultata dosadašnjeg rada i iskustva u istraživanjima, kao i objavljenih radova, Komisija ocenjuje da je mr Nataša Marjanović, dipl. inž. geologije, pokazala izuzetnu sklonost i sposobnost za samostalno bavljenje naučno-istraživačkim radom i da ispunjava sve neophodne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Razvoj veziva na bazi alkalno aktiviranih alumosilikatnih materijala predstavlja važnu oblast istraživanja, s obzirom da se korišćenjem jeftinih, najčešće industrijskih otpadnih materijala mogu dobiti vezivni materijali čija su svojstva uporediva sa svojstvima tradicionalnih veziva. Kao alkalni aktivatori najčešće se koriste alkalni hidroksidi i/ili silikati, kao što su na primer NaOH i Na_2SiO_3 , dok se kao polazni alumosilikatni materijali mogu koristiti kalcinisana glina - metakaolin [1, 2], elektrofilterski pepeo (EFP) termoelektrana, granulirana zgura visoke peći (GZVP) [3, 4, 5] i drugi materijali kao što su pepeo od pirinčanih ljuski, crveni (boksitni) mulj i pepeo palminog ulja [6, 7, 8]. Od različitih industrijskih otpadnih materijala koji se podvrgavaju procesu alkalne aktivacije, najviše su proučavani EFP i GZVP.

EFP nastaje kao otpadni materijal u procesu sagorevanja uglja u termoelektranama. Posle sagorevanja uglja najveći deo neorganske materije iz uglja zaostaje kao pepeo. Na dnu peći zaostaju ložišni pepeo i šljaka, dok se pepeo koji izlazi iz postrojenja zajedno sa dimnim gasovima prikuplja na elektrostatičkim filterima, pa se tako i naziva elektrofilterski pepeo. Manje količine EFP (20-30 %) se koriste uglavnom u građevinskoj industriji, dok se veći deo odlaže na deponije. Prema procenama, trenutno se u svetu na godišnjem nivou generiše oko 500 miliona tona EFP [9]. U Srbiji se u termoelektranama godišnje sagori oko 40 miliona tona lignita, pri čemu se dobija oko 6 miliona tona EFP. Zagađenje životne sredine koje izaziva kontinuirano odlaganje ogromnih količina EFP predstavlja ozbiljan problem savremenog tehnološki razvijenog društva [10]. Iz tog razloga, brojna istraživanja su usmerena u pravcu pronalaženja mogućnosti upotrebe EFP, odnosno valorizacije ovog otpadnog materijala. Značajne količine EFP koriste se u građevinskoj industriji, pre svega kao dodatak portland-cementu [11,12]. Alkalna aktivacija EFP predstavlja nov pravac istraživanja i primene ovog materijala, jer podrazumeva ne samo veće iskorišćenje EFP, već i dobijanje veziva zadovoljavajućih mehaničkih svojstava. Pored toga, u poređenju sa tradicionalnim portland-cementom, veziva na bazi alkalno aktiviranog EFP imaju i druga poboljšana svojstva, kao što su otpornost na dejstvo različitih agresivnih sredina, kao i otpornost na dejstvo visokih temperatura [1,3,13,14]. Međutim, faktor koji ograničava širu primenu EFP za sintezu alkalno aktiviranih veziva jeste relativno mala reaktivnost EFP u procesu alkalne aktivacije, što ima za posledicu usporen razvoj čvrstoća i relativno niske krajnje čvrstoće [15].

GZVP nastaje kao otpadni materijal pri proizvodnji sirovog gvožđa u visokim pećima. GZVP je dobro poznat materijal u industriji građevinskih konstrukcija i najviše se koristi kao dodatak portland-cementu. Poslednjih decenija GZVP je, pored EFP, deo novog trenda u industriji građevinskih materijala - razvoja novih veziva primenom postupka alkalne aktivacije. Veziva na bazi alkalno aktivirane GZVP poseduju visoke čvrstoće i dobru otpornost na uticaj agresivnih sredina i korozivnih agenasa [3,16,17].

Međutim, ozbiljna mana ove vrste veziva je brzo vezivanje i veliko skupljanje pri sušenju [3,17,18].

Kako je već rečeno, alkalno aktivirana veziva na bazi samo jednog polaznog materijala (EFP ili GZVP) poseduju određene prednosti, ali i mane. Optimizovanjem mešavine na bazi oba polazna materijala (i EFP i GZVP), kao i uslova reakcije alkalne aktivacije, moguće je svesti prisutne mane na najmanju moguću meru, ili ih čak potpuno eliminisati, pri čemu se zadržavaju dobre karakteristike alkalno aktiviranih veziva. Dosadašnja istraživanja su ukazala na mogućnost dobijanja veziva zadovoljavajućih fizičko-mehaničkih svojstava alkalnom aktivacijom mešavine EFP i GZVP [19, 20]. Struktura i karakteristike veziva na bazi alkalno aktiviranih EFP i GZVP zavise kako od karakteristika polaznih materijala, tako i od uslova sinteze, kao što su vrsta i koncentracija alkalnog aktivatora, temperatura i relativna vlažnost. S obzirom na veliki broj uticajnih parametara njihova optimizacija je neophodna.

Modifikacijom karakteristika polaznih materijala (smanjenje veličine čestica, povećanje specifične površine, promena morfoloških karakteristika čestica) može da se poveća njihova reaktivnost. Reaktivnost EFP se može povećati mehaničkom aktivacijom u visoko-energetskim mlinovima, čime se konsekvntno poboljšaju čvrstoće veziva na bazi alkalno aktiviranog EFP [21].

Činjenica da za sintezu alkalno aktiviranih veziva mogu da se koriste različite vrste industrijskog otpadnog materijala ukazuje na relevantnost predložene teme. Dodatnu vrednost svakako predstavlja niskotemperaturni, odnosno ekološki prihvatljiv proces sinteze alkalno aktiviranih veziva, koji u poređenju sa procesom proizvodnje portland-cementa, značajno smanjuje emisiju gasova koji izazivaju efekat staklene bašte [4, 22].

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije je proučavanje uslova sinteze i fizičko-mehaničkih i strukturnih karakteristika vezivnih materijala dobijenih alkalnom aktivacijom industrijskog otpada: elektrofilterskog pepela (iz termoelektrana na ugalj) i granulisanе zgure visoke peći (iz proizvodnje sirovog gvožđa). Naučni cilj ove doktorske disertacije jeste definisanje uticaja različitih parametara procesa alkalne aktivacije na strukturu i svojstva dobijenih vezivnih materijala.

Literatura:

1. P. Duxon, A. Fernandez-Jimenez, J.L. Provis, G.C. Lukey, A. Palomo, J.S.J. van Deventer: "Geopolymer technology: the current state of the art", Journal of Materials Science, Vol 42, No 9, 2007, pp. 2917-2933.
2. C.K. Yip, G.C. Lukey, J.L. Provis, J.S.J. van Deventer: "Effect of calcium silicate sources on geopolymerization", Cement and Concrete Research, Vol 38, 2008, pp. 554-564.

3. M.C.G. Juenger, F.E. Winnefeld, J.L. Provis, J.H. Ideker: "Advances in alternative cementitious binders", *Cement and Concrete Research*, Vol 41, 2011, pp. 1232-1243.
4. C. Shi, A. Fernandez-Jimenez, A. Palomo: "New cements for the 21st century: The pursuit of an alternative to Portland cement", *Cement and Concrete Research*, Vol 41, 2011, pp. 750-763.
5. F. Pacheco-Torgal, J. Castro-Gomes, S. Jalali: "Alkali-activated binders: A review. Part 2. About materials and binders manufacture", *Construction and Building Materials*, Vol 22, No 7, 2008, pp. 1315-1322.
6. S. Detphan, P. Chindaprasirt: "Preparation of fly ash and rice husk ash geopolymer", *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, Vol 16, No 6, 2009, pp. 720-726.
7. Z. Pan, L. Cheng, Y. Lu, N. Yang: "Hydration products of alkali/activated slag-red mud cementitious material", *Cement and Concrete Research*, Vol 32, 2002, pp. 357-362.
8. A. Islam, U. J. Alengaram, M. Z. Jumaat, I. I. Bashar: "The development of compressive strength of ground granulated blast furnace slag-palm oil fuel ash-fly ash based geopolymer mortar", *Materials & Design*, Vol 56, 2014, pp. 833-841.
9. S. Hanjitsuwan, S. Hunpratub, P. Thongbai, S. Maensiri, V. Sata, P. Chindaprasirt: "Effects of NaOH concentrations on physical and electrical properties of high calcium fly ash geopolymer paste", *Cement & Concrete Composites*, Vol 45, 2014, pp. 9-14.
10. R.J. Haynes: "Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites – Challenges and research needs", *Journal of Environmental Management*, Vol 90, 2009, pp. 43–53.
11. M. Singh, M. Garg: "Cementitious binder from fly ash and other industrial waste", *Cement and Concrete Research*, Vol 29, 1999, pp. 309-314.
12. M. Ahmaruzzaman: "A review on the utilization of fly ash", *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol. 36, 2010, pp. 327-363.
13. D. Parias, I.P. Giannopoulou, T. Perraki: "Effect of synthesis parameters on the mechanical properties of fly ash-based geopolymers", *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol 301, 2007, pp. 246-254.
14. S. Andini, R. Cioffi, F. Colangelo, T. Grieco, F. Montagnaro, L. Santoro: "Coal fly ash as raw material for the manufacture of geopolymer-based products", *Waste Management*, Vol 28, 2008, pp. 416-423.
15. J.C. Swanepoel, C.A. Strydom: "Utilization of fly ash in a geopolymeric material", *Applied Geochemistry*, Vol 17, 2002, pp. 1143-1148.
16. F. Puertas, S. Martinez-Ramirez, S. Alonso, T. Vasquez: "Alkali-activated fly ash/slag cement Strength behaviour and hydration products", *Cement and Concrete Research*, Vol 30, 2000, pp. 1625-1632.
17. T. Bakharev, J.G. Sanjayan, Y-B. Cheng: "Alkali activation of Australian slag cements", *Cement and Concrete Research*, Vol 29, 1999, pp. 113-120.
18. D. Križan, B. Živanović: "Effects of dosage and modulus of water glass on early hydration of alkali-slag cements", *Cement and Concrete Research*, Vol 32, 2002, pp. 1181-1188.

19. S. Chitiraputhiran, N. Neithalath: "Isothermal reaction kinetics and temperature dependence of alkali activation of slag, fly ash and their blends", *Construction and Building Materials*, Vol 45, 2013, pp. 233-242.
20. N.K. Lee, H.K. Lee: "Setting and mechanical properties of alkali-activated fly ash/slag concrete manufactured at room temperature", *Construction and Building Materials*, Vol 47, 2013, pp. 1201-1209.
21. S. Kumar, R. Kumar: "Mechanical activation of fly ash: Effect on reaction, structure and properties of resulting geopolymer", *Ceramics International*, Vol 37, 2011, pp. 533-541.
22. K.L. Scrivener, R.J. Kirkpatrick: "Innovation in use and research on cementitious material", *Cement and Concrete Research*, Vol 38, 2008, pp. 128–136

3. POLAZNE PRETPOSTAVKE U ISTRAŽIVANJU

U okviru ove doktorske disertacije istraživačke aktivnosti će se obavljati u dva osnovna pravca:

1. Optimizacija uslova sinteze alkalno aktiviranog veziva na bazi smeše EFP i GZVP.
2. Mehanička aktivacija EFP radi povećanja njegove reaktivnosti u procesu sinteze alkalno aktiviranog veziva na bazi EFP.

1. Prvi pravac doktorske disertacije će obuhvatiti ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava i strukture veziva dobijenih alkalnom aktivacijom smeše EFP i GZVP. Alkalnom aktivacijom EFP i GZVP dobijaju se različiti tipovi produkata reakcije. Glavni produkt alkalne aktivacije EFP je geopolimerni gel, koji je po sastavu alkalni alumosilikatni gel ili N-A-S-H¹ gel. Geopolimerni gel ima polimerizovanu trodimenzionalnu strukturu koja se sastoji od SiO₄ i AlO₄ tetraedara. Ugradnjom katjona alkalnih metala (na primer Na) iz aktivatora kompenzuje se naelektrisanje koje nastaje usled izostrukturne zamene jona Al³⁺ jonima Si⁴⁺ u strukturi gela. Za razliku od geopolimernog gela, alkalnom aktivacijom zgure visoke peći dobija se drugačiji tip produkta reakcije: hidratizani kalcijum-silikat ili C-S-H gel. C-S-H gel se sastoji se od silikatnih lanaca između kojih se nalaze slojevi CaO, pri čemu je struktura gela amorfna ili delimično kristalna. Usled moguće supstitucije silicijuma aluminijumom u strukturi, često se označava i kao C-A-S-H gel. Produkti reakcije alkalne aktivacije, kao i fizičko-mehaničke i strukturne karakteristike sistema u kome su istovremeno zastupljeni EFP i GZVP zavise od niza parametara kao što su: fizičke, hemijske i strukturne karakteristike polaznih materijala (EFP i GZVP), odnos polaznih materijala u mešavini, vrsta i

¹ U hemiji portland-cementnih sistema, kao i alkalno aktiviranih vezivnih materijala, uobičajeno se koriste sledeće skraćenice: N–Na₂O, A–Al₂O₃, S–SiO₂, H–H₂O, C–CaO.

koncentracija alkalnog aktivatora, uslovi reakcije alkalne aktivacije (temperatura, vreme i relativna vlažnost) i dr.

U literaturi postoji značajan broj radova koji se odnose na alkalnu aktivaciju kako pojedinačnih komponenti (EFP i GZVP), tako i njihovih mešavina. Međutim, s obzirom na veliki broj uticajnih parametara, kao i na činjenicu da su EFP i GZVP industrijski nusproizvodi sa promenljivim karakteristikama, jasno je da ne postoji jednostavan postupak (receptura) koji bi mogao univerzalno da se primenjuje. Prema tome, u okviru ovog pravca doktorske disertacije, a za odabrane polazne materijale (EFP i GZVP) iz industrijskih pogona u Republici Srbiji, biće izvršena optimizacija uslova sinteze i fizičko-mehaničkih i strukturnih svojstava veziva na bazi alkalno aktivirane smeše EFP i GZVP. Uspostavljanje korelacije između uslova sinteze, formirane strukture i karakteristika alkalno aktiviranih veziva na bazi EFP i GZVP je neophodan preduslov na putu ka praktičnoj primeni ove vrste materijala.

2. Drugi pravac doktorske disertacije obuhvatiće ispitivanje svojstava i strukture veziva na bazi alkalno aktiviranog EFP, prethodno mehanički aktiviranog u planetarnom mlinu. Za sintezu alkalno aktiviranog veziva od najvećeg značaja je staklasta alumosilikatna faza u EFP. Ova faza poseduje vezivni potencijal koji se "aktivira" dejstvom alkalnog rastvora, pri čemu se kao rezultat hemijske reakcije dobija očvršli materijal. Mehanička aktivacija u visoko energetske mlinovima je metoda kojom je moguće povećati reaktivnost materijala. Tokom mehaničke aktivacije dolazi do niza fizičko-mehaničkih i strukturnih promena materijala, kao što su: smanjenje veličine čestica, promena morfologije čestica, povećanje specifične površine i smanjenje kristaliniteta. Dosadašnja ispitivanja alkalne aktivacije EFP mehanički aktiviranog u atricionom mlinu i vibro-mlinu obavljena su samo na pastama (vezivo i voda). U okviru ove doktorske disertacije EFP će biti mehanički aktiviran u planetarnom mlinu sa kuglama, a karakteristike alkalno aktiviranog veziva na bazi mehanički aktiviranog EFP će biti proučavane kako na pasti, tako i na malteru (vezivo, pesak i voda). Na osnovu karakteristika sintetisanih veziva, utvrdiće se uticaj mehaničke aktivacije na njihovu strukturu i svojstva.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Hemijski sastav elektrofilterskih pepela iz četiri termoelektrane u Srbiji, kao i zgure visoke peći, biće određen klasičnom hemijskom analizom (alkalnim topljenjem).

Čvrstoće maltera biće određene u skladu sa standardom SRPS EN 196-1, koji se odnosi na portland-cement.

Mehanička aktivacija elektrofilterskih pepela izvršiće se u laboratorijskom planetarnom mlinu sa kuglama (Fritsch Pulverisette, type 05 102).

Raspodela veličina čestica polaznih, kao i mehanički aktiviranih elektrofilterskih pepela biće određena metodom laserske difrakcije svetlosti, na uređaju Mastersizer 2000 Malvern Instruments Ltd.UK.

Mineralni sastav polaznih i mehanički aktiviranih pepela i zgure visokih peći biće određivan metodom rendgenske difrakcione analize praha.

Za detaljno ispitivanje strukture dobijenih vezivnih materijala koristiće se skenirajuća elektronska mikroskopija kombinovana sa energetsom disperzionom analizom (SEM/EDS), rendgenska difrakciona analiza (RDA) i infracrvena spektroskopska analiza (ICSA) sa Furijeovom transformacijom.

Uporednom analizom rezultata navedenih metoda strukturne karakterizacije utvrdiće se mehanizam alkalne aktivacije EFP i GZVP i utvrditi uticaj procesnih parametara na strukturu i svojstva sintetizovanih veziva, kao i strukturne promene usled negovanja (eksploatacije) u različitim uslovima sredine tokom dužeg vremenskog perioda (do 12 meseci).

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije treba da dovedu do:

- utvrđivanja uticaja uslova sinteze (odnos polaznih reaktanata, koncentracija aktivatora, vrednost modula aktivatora, uslovi negovanja) na fizičko-mehaničke i strukturne karakteristike veziva dobijenih alkalnom aktivacijom smeše elektrofilterskog pepela (EFP) i granulisanе zgure visoke peći (GZVP),
- definisanja mehanizma alkalne aktivacije smeše EFP i GZVP,
- utvrđivanja uticaja mehaničke aktivacije i uslova reakcije alkalne aktivacije (temperatura, vreme i relativna vlažnost) na svojstva i strukturu alkalno aktiviranih veziva na bazi različitih vrsta EFP.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA SA STRUKTUROM RADA

U doktorskoj disertaciji pod nazivom: **Sinteza i karakterizacija vezivnih materijala na bazi alkalno aktiviranog elektrofilterskog pepela termoelektrana i zgure visoke peći** biće obrađena sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće prikazana oblast istraživanja, definisan predmet istraživanja, kao i glavni ciljevi doktorske disertacije.

Poglavlje *Teorijski deo* obuhvatiće analizu dosadašnjih istraživanja koja su prikazana u dostupnoj literaturi i to:

- proces alkalne aktivacije i sinteza alkalno aktiviranih veziva
- sinteza, struktura i svojstva veziva na bazi alkalno aktiviranog EFP
- sinteza, struktura i svojstva veziva na bazi alkalno aktiviranog GZVP
- sinteza, struktura i svojstva veziva na bazi alkalno aktivirane smeše EFP i GZVP
- proces mehaničke aktivacije
- mehanička aktivacija EFP
- sinteza, struktura i svojstva veziva na bazi mehanički i alkalno aktiviranog EFP
- mogućnosti primene alkalno aktiviranih veziva

U poglavlju *Ekperimentalni deo* biće navedeni materijali i metode korišćene u eksperimentalnom radu:

- polazni materijali (industrijski otpad i hemijski aktivatori) korišćeni u eksperimentalnom radu
- karakterizacija polaznih materijala
- fizičko-mehaničke i strukturne karakteristike alkalno aktiviranih veziva na bazi smeše EFP i GZVP u funkciji različitih uslova sinteze (sastav smeše, modul aktivatora, koncentracija aktivatora, uslovi negovanja (temperatura i relativna vlažnost))
- uslovi mehaničke aktivacije EFP
- karakterizacija mehanički aktiviranog EFP
- karakterizacija veziva na bazi mehanički i alkalno aktiviranog EFP u funkciji različitih uslova sinteze (temperatura i relativna vlažnost)

Poglavlje *Rezultati i diskusija* sadržaće detaljan prikaz ostvarenih rezultata kao i njihovu interpretaciju. Biće utvrđena korelacija između uslova sinteze i fizičko-mehaničkih i strukturnih karakteristika alkalno aktiviranih veziva na bazi smeše EFP i GZVP. Takođe će biti diskutovan uticaj mehaničke aktivacije EFP na strukturu i svojstva EFP, kao i na strukturu i svojstva alkalno aktiviranog veziva na bazi mehanički aktiviranog EFP.

U poglavlju *Zaključak* će biti sumirani najvažniji zaključci izvedeni na osnovu sprovedenih istraživanja.

U delu *Literatura* biće navedene sve reference relevantne za izradu doktorske disertacije.

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema doktorske disertacije **«Sinteza i karakterizacija vezivnih materijala na bazi alkalno aktiviranog elektrofilterskog pepela termoelektrana i zgure visoke peći»**, koju je predložila mr Nataša Marjanović, dipl. inž. geologije, naučno zasnovana i da omogućava ostvarivanje značajnih naučnih i praktičnih rezultata. Komisija smatra da je kandidat podoban za rad na predloženoj temi, te predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati predloženu temu i odobri mr Nataši Marjanović njenu izradu. Za komentore se predlažu dr Rada Petrović, redovni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, i dr Miroslav Komljenović, naučni savetnik Univerziteta u Beogradu, Institut za multidisciplinarna istraživanja. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti «Hemija i hemijska tehnologija», za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu, 12. 04. 2014.

ČLANOVI KOMISIJE

dr Rada Petrović, redovni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Miroslav Komljenović, naučni savetnik Univerziteta u Beogradu, Institut za multidisciplinarna istraživanja

dr Đorđe Janačković, redovni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Snežana Grujić, vanredni profesor Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Ljiljana Petrašinović-Stojkanović, naučni savetnik Univerziteta u Beogradu, Institut za multidisciplinarna istraživanja