

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

Predmet: Podobnost teme i kandidata Milice Arsenović za izradu doktorske disertacije

Odlukom br. 35/18 od 01.02.2013. godine na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu od 31.01.2013. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Arsenović Milice, dipl. inženjeratehnologije, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti predložene teme: **„Optimizacija i predviđanje kvaliteta materijala, procesa i krajnjih osobina opekarskih proizvoda matematičkom analizom karakterističnih parametara”**.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija o naučnoj zasnovanosti predložene teme podnosi sledeći

I Z V E Š T A J

1. PODACI O KANDIDATU

1.1. Biografski podaci

Arsenović Milica je rođena 17.10.1981. godine u Beogradu. Osnovnu školu i gimnaziju završila je u Beogradu odličnim uspehom. Studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu započela je školske 2000/01. godine. Diplomirala je 2006. godine sa prosečnom ocenom 8,33 i ocenom 10 odbranila diplomski rad. Školske 2006/07. upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, u oblasti Hemija i hemijska tehnologija.

Arsenović Milica radi u Institutu za ispitivanje materijala Srbije u Beogradu od maja 2006. godine, na istraživanju upotrebljivosti novootvorenih ležišta opekarskih sirovina. Angažovana je i na ispitivanju keramičkih pločica i sanitarne opreme prema evropskim standardima. U zvanje istraživač – saradnik izabrana je oktobra 2010. godine.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

U periodu od 2008. do 2010. godine kandidat je bila član istraživačkog tima na dva domaća projekta (19020 i 19017) prema programu tehnološkog razvoja finansiranih od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije. Trenutno je angažovana na multidisciplinarnom projektu *Razvoj i primena multifunkcionalnih materijala na bazi domaćih sirovina modernizacijom tradicionalnih tehnologija* (III 450080).

U okviru doktorskih studija položila je sve ispite predviđene planom i programom, uključujući i završni ispit, postigavši sledeće ocene:

Predmet	Ocena
Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10
Teorijski osnovi keramike i stakla	8
Niskotemperaturni keramički procesi	9
Termodinamika procesa u čvrstoj fazi	8
Karakterizacija keramičkih i staklastih materijala	10
Hemijska kinetika	9
Visokotemperaturni keramički procesi	10
Odabrana poglavlja matematičke analize	9
Teorija i osnovi projektovanja peći	10
Završni ispit na doktorskim studijama	10
Prosek	9,30

Spisak objavljenih naučnih radova u periodu 2006-2013:

Radovi u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21)

1. **Arsenović M.**, Pezo L., Stanković S., Radojević Z.: Sensitivity analysis of mathematical models for final product properties: Link to DTG curve, *Ceramics International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.01.049> (ISSN: 0390-5519, IF: 1.751, 3/25)
2. **Arsenović M.**, Stanković S., Pezo L., Lidija Mančić, Radojević Z.: *Optimization of the production process through response surface method: Bricks made of loess*, *Ceramics International*, Vol 39, No 3, 2013, pp. 3065-3075. (ISSN: 0390-5519, IF: 1.751, 3/25)

3. **Arsenović M.**, Stanković S., Radojević Z., Pezo L.: *Prediction and fuzzy synthetic optimization of process parameters in heavy clay brick production*, Ceramics International, Vol 39, No 2, 2013, pp. 2013-2022. (ISSN: 0390-5519, IF: 1.751, 3/25)
4. **Arsenović M.**, Radojević Z., Stanković S., Lalić Ž., Pezo L.: *What to expect from heavy clay?*, Ceramics International, Vol 39, No 2, 2013, pp. 1667-1675. (ISSN: 0390-5519, IF: 1.751, 3/25)
5. **Arsenović M.**, Radojević Z., Stanković S.: *Removal of toxic metals from industrial sludge by fixing in brick structure*, Construction and Building Materials, Vol 37, 2012, pp. 7-14. (ISSN: 0950-0618, IF: 1.834, 8/56)

Radovi u međunarodnom časopisu (M23)

1. **Arsenović M.**, Pezo L. , Radojević Z., Stanković S.: *Serbian heavy clays behavior: application in rough ceramics*, Hemijska industrija (2013), DOI:10.2298/HEMIND121123006A (ISSN: 0367-598X, IF: 0.205, 120/133)
2. Vasić M., Radojević Z., **Arsenović M.**, Grbavčić Ž.: *Determination of the effective diffusion coefficient*, Revisita Romana de materiale-Romanian Journal of Materials Vol 41, No 2, 2011, pp. 169-175. (ISSN: 0253-0201, IF: 0.378, 40/56)
3. Lalić Ž., **Arsenović M.**, Janačković Đ., Vasić M., Radojević Z.: *Influence of increased temperature on clay fast drying process*, Romanian Journal of Materials, Vol 39, No 3, 2009, pp. 175 – 179. (ISSN: 0253-0201, IF: 0.378, 40/56)

Radovi u međunarodnom časopisu (M24)

1. Dević S., **Arsenović M.**, Živančević B.: *Characterization of serbian raw clay materials based on >0.063 mm sieve residues*, Interceram - International Ceramic Review, Vol 04, 2009, pp. 216 -218. (ISSN: 0020-5214)

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. **Arsenović M.**, Radojević Z., Terzić A., Mijatović N., Miličić Lj., *Sintering of products based on fly ash*, Proceedings of the 4th International Conference on Civil Engineering – Science and Practice (GNP), Žabljak 2012., pp.1655-1662. (ISBN: 978-86-82707-21-9)
2. Terzić A., Radojević Z., Miličić Lj., **Arsenović M.**, Pavlović Lj.: *Utilization potential of Serbian fly ash*, Proceedings of the 4th International Conference on Civil Engineering – Science and Practice (GNP), Žabljak 2012., pp.1735-1742. (ISBN: 978-86-82707-21-9)

3. Spasojević-Šantić T., **Arsenović M.**, Terzić A., Radojević Z.: *Comparative analysis of fly ash management in Europe and Serbia: aspects and regulations*, , Proceedings of the 4th International Congress on Legal-Economic and Ecological Aspects of the Environment Management in the Chemical, Petrochemical and Oil Industry, CHYMICUS IV, Tara 2012., pp. 156-161. (ISBN: 978-86-85013-10-2)
4. **Arsenović M.**, Miličić Lj., Radojević Z.: *The influence of waste material addition on brick products technological properties*, Proceedings of the 3rd Conference on Industrial Waste Management, Kopaonik 2011., pp. 157 – 164. (ISBN: 978-86-85013-09-6)
5. **Arsenović M.**, Radojević Z.: *Usage possibility of sunflower oil production residues in heavy clay industry*, Proceedings of the 3rd International Conference on Civil Engineering – Science and Practice (GNP), Žabljak 2010., pp. 681-686. (ISBN: 978-86-85013-09-6)
6. Vasić M., Radojević Z., **Arsenović M.**: *The influence of mechanical activation on raw material properties for heavy clay production*, Proceedings of the 21st International Serbian symposium on mineral processing, Bor 2008., pp. 114-120. (ISBN: 978-86-80987-63-7)
7. **Arsenović M.**, Vasić M., Radojević Z.: *The influence of supplements on the quality of the products in brick industry*, Proceedings of the 2nd International Conference on Civil Engineering – Science and Practice (GNP), Žabljak 2008., pp. 789-794. (ISBN: 978-86-82707-15-8)

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **Arsenović M.**, Pezo L., Radojević Z.: *Clay brick compressive strength and water absorption prediction using non-linear regression and ANN*, Proceedings of the Serbian Ceramic Society Conference - Advanced Ceramic and Application, Belgrade 2012., pp. 13. (ISBN: 978-86-915627-0-8)
2. **Arsenović M.**, Radojević Z.: *Encapsulating sludges in brick structure*, Proceedings of the 9th Students' Meeting - Processing and Application of Ceramics, Novi Sad 2011., pp. 102. (ISBN: 978-86-80995-97-7)
3. **Arsenović M.**, Terzić A., Radojević Z.: *Building products based on fly ash*, Proceedings of the 10th Young Researchers' Conference - Materials Science And Engineering, Belgrade 2011., pp. 33. (ISBN: 978-86-80321-27-1)
4. Vasić M., Radojević Z., **Arsenović M.**, Grbavčić Ž., *Determination of the effective diffusion coefficiente*, Proceedings of the 12th Annual Conference YUCOMAT, Herceg Novi 2010., pp. 139. (ISBN: 978-86-80321-25-7)
5. **Arsenović M.**, Radojević Z., Lalić Ž.: *Development of corrected method for clay drying susceptibility determination in fast-drying process*, Proceedings of the 11th Annual Conference YUCOMAT, Herceg Novi 2009., pp. 111. (ISBN: 978-86-80321-18-9)

6. Lalić Ž., **Arsenović M.**, Radojević Z.: *Correction of criteria for clay drying sensitivity on the basis Bigot's curve*, Proceedings of the 14th International Clay Conference, Vol 2, Castellaneta M., Italy 2009., pp. 120. (ISBN: 978-88-7522-097-6)
7. Radojević Z., **Arsenović M.**, Vasić M.: *Research of hydrotalcite as activator in ceramic systems*, Proceedings of the 11th international Conference and Exhibition of the European Ceramic Society ECERS, Krakow 2009., pp. 199. (ISBN: 978-83-60958-45-2)
8. Lalić Ž., **Arsenović M.**, Janačković Đ., Vasić M., Radojević Z.: *Influence of increased temperature on clay fast drying process*, Proceedings of the 10th conference on science and engineering of oxide materials – CONSILOX, Temišvar 2008, p. 98.
9. Dević S., **Arsenović M.**, Živančević B.: *Characterization of raw clay materials in Serbia: 0.063 mm sieve residues*, Proceedings of the 32nd International Conference & Exposition on Advanced Ceramics & Composites, Florida 2008. (ISBN: 978-0-470-34492-7)
10. **Arsenović M.**, Vasić M., Radojević Z.: *Additives in clay brick industry: Porosity improving*, Proceedings of the 7th Students' Meeting - Processing and Application of Ceramics, Novi Sad 2007, pp. 71. (ISBN: 978-86-80995-62-5)
11. **Arsenović M.**, Marković J., Stanković S.: *Microelements determination in water and mussels (Mytilus Galloprovincialis) in Montenegro*, Proceedings of the workshop - European Youth Academic Spring (EYAS), Sofia 2006., pp. 33-34.

Radovi u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51)

1. **Arsenović M.**, Pezo L., Radojević Z.: *Response surface method as a tool for heavy clay firing process optimization: Roofing tiles*, Processing and Application of Ceramics Vol 6, No 4, 2012, str. 209-214. (ISSN: 1820-6131)

Radovi u časopisu nacionalnog značaja (M52)

1. **Arsenović M.**, Miličić Lj., Radojević Z., Savić M., Mijatović N.: *Istraživanje sadržaja teških metala u opekarskim proizvodima na bazi glina i sekundarnih sirovina*, Izgradnja, Br 9-10, 2011, str. 587 -590. (ISSN: 0350-5421)
2. Radojević Z., **Arsenović M.**: *Primena postupaka poroziranja opekarskih proizvoda sekundarnim sirovinama*, Izgradnja, Br 9-10, 2011, str. 540-544. (ISSN: 0350-5421)
3. Milošević V., Maričić M., **Arsenović M.**, Stanković D., *Određivanje preciznosti metoda ispitivanja mehaničkih karakteristika opekarskih proizvoda i crepova od gline uporednim ispitivanjem*, Izgradnja, Br 9-10, 2011, str. 584-586. (ISSN: 0350-5421)
4. **Arsenović M.**, Lalić Ž., Radojević Z.: *Clay brick walls thermal properties*, International Journal of Modern Manufacturing Technologies, Vol 2, 2010, pp. 15-18. (ISSN: 2067-3604)

5. Radojević Z., **Arsenović M.**, Vasić M.: *Ocena kvaliteta opekarskih sirovina sa juga Srbije*, Izgradnja, Br 5-7, 2008, str. 5-7. (ISSN: 0350-5421)

Saopštenje sa nacionalnog skupa štampano u celini (M63)

1. Radojević Z., **Arsenović M.**, Terzić A., Vuković N.: *Proučavanje prirode i uzroka defekata na vidnoj površini keramičkih pločica*, Zbornik radova sa konferencije INDIS - Planiranje, Projektovanje, Građenje i Obnova Graditeljstva, Novi Sad 2012., str. 292-297. (ISBN: 978-86-7892-452-1)
2. Vasić M., **Arsenović M.**, Radojević Z.: *Uspostavljanje režima brzog sušenja u laboratorijskim uslovima*, Zbornik radova sa konferencije Četvrti internacionalni naučno-stručni skup Građevinarstvo – nauka i praksa, Žabljak 2012., str. 397-403. (ISBN: 978-86-82707-21-9)
3. **Arsenović M.**, Radojević Z.: *Pregled korišćenih sekundarnih sirovina u ciglarskoj industriji i kako izabrati*, Zbornik radova sa konferencije Šeste regionalne naučno-stručne konferencija o sistemu upravljanja zaštitom životne sredine u elektroprivredi, ELEKTRA VI, Beograd 2011., str. 355-359.
4. **Arsenović M.**, Živančević B., Radojević Z.: *Istraživanje sadržaja teških metala u opekarskim proizvodima*, Zbornik radova sa konferencije IV simpozijum Reciklažne tehnologije i održivi razvoj sa međunarodnim učešćem, Kladovo 2009., str. 320 -324. (ISBN: 978-86-80987-73-6)
5. Radojević Z., Petrović B., **Arsenović M.**: *Neki aspekti primene otpadnih materijala u proizvodnji opekarskih proizvoda*, Zbornik radova sa konferencije IV simpozijum Reciklažne tehnologije i održivi razvoj sa međunarodnim učešćem, Kladovo 2009., str. 325 -330. (ISBN: 978-86-80987-73-6)
6. Radojević Z., Petrović B., **Arsenović M.**, Delić-Nikolić I.: *Novi pristupi u građevinskoj industriji i održivi razvoj*, Zbornik radova sa naučno-stručnog skupa Ekološka istina (EKOIST), Kladovo 2009., str. 179 – 182. (ISBN: 978-86-8097-69-9)
7. Vasić M., **Arsenović M.**, Vasić R.: *Ispitne metode za proveru kvaliteta crepova od betona EN 491:2004*, Zbornik radova sa XXIV simpozijuma o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, Divčibare 2008., str. 507-514. (ISBN: 978-86-87615-00-7)
8. Radojević Z., **Arsenović M.**, Vasić M., Terzić A.: *Održivi razvoj u industriji građevinske keramike*, Zbornik radova sa XIV simpozijuma o istraživanjima i primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, Divčibare 2008., str. 117-124. (ISBN: 978-86-87615-00-7)
9. Vasić R., Radojević Z., Vasić M., **Arsenović M.**: *Nove ispitne metode za proveru kvaliteta opekarskih proizvoda prema EN 772-1, EN 772-3 i EN 772-19*, Zbornik radova sa Kongresa meterologa , Zlatibor 2007., str. 587-596. (ISBN: 978-86-7401-248-2)

10. Vasić R., Radojević Z., Vasić M., **Arsenović M.**: *Nova ispitna metoda za određivanje čvrstoće veze maltera sa opekama u zidu pri smicanju prema standardu EN 1052-3*, Zbornik radova sa Kongresa metrologa, Zlatibor 2007., str. 597-604. (ISBN: 978-86-7401-248-2)
11. Radojević Z., Vasić R., Vasić M., **Arsenović M.**: *Primena glinaca u proizvodnji opekarskih proizvoda*, Zbornik radova sa VIII Međunarodne konferencije o površinskoj eksploataciji OMC, Banja Vrujci 2007., str. 226-233. (ISBN: 978-86-7352-157-2)
12. Radojević Z., Vasić R., **Arsenović M.**, Vasić M.: *Primena lesnih sedimenata u proizvodnji opekarskih proizvoda*, Zbornik radova sa VIII Međunarodne konferencije o površinskoj eksploataciji OMC, Banja Vrujci 2007., str. 220-225. (ISBN: 978-86-7352-157-2)
13. Vasić R., Radojević Z., **Arsenović M.**, Stanković D.: *Metode ispitivanja elemenata za zidanje prema seriji standarda EN 772*, Zbornik radova sa Savetovanja o primeni 89/106/EEC direktive za građevinske proizvode i standarda EN 771-1+A1:2005 u ciglarskoj industriji Srbije, Beograd 2007., str. 28-55. (ISBN: 978-86-82081-15-9)
14. Radojević Z., **Arsenović M.**, Stanković D.: *Specifikacija kalcijum-silikatnih materijala u skladu sa direktivom 89/106/EEC i standardom EN 771-2*, Zbornik radova sa Savetovanja o primeni 89/106/EEC direktive za građevinske proizvode i standarda EN 771-1+A1:2005 u ciglarskoj industriji Srbije, Beograd 2007., str. 56-72. (ISBN: 978-86-82081-15-9)
15. Vasić M., **Arsenović M.**, Stanković D., Vasić R.: *Analiza i procena dostignutog nivoa ciglarskih proizvoda u Srbiji u 2005. i 2006. godini prema JUS standardima i prema EN 771-1+A1:2005*, Zbornik radova sa Savetovanja o primeni direktive 89/106/EEZ za građevinske proizvode i standarda EN 771-1+A1:2005 u ciglarskoj industriji Srbije, Beograd 2007., str. 85-91. (ISBN: 978-86-82081-15-9)
16. **Arsenović M.**, Vušović O., Radojević Z., Delić-Nikolić I.: *Ispitivanje uzoraka gline: ostaci na situ (Clay samples examination: remains on the sieve)*, Zbornik radova sa VII međunarodne konferencije - Nemetali 2006, Banja Vrujci 2006., str. 16 -20. (ISBN: 978-86-7352-172-2)

Tehnička rešenja (M84)

1. Radojević Z., Petrović B., **Arsenović M.**, *Rešavanje mulja iz otpadnih voda iz pogona toplog cinkovanja kao sirovinskog dodatka u proizvodnji opekarskih proizvoda i projektovanje modifikovanog tehnološkog procesa proizvodnje*, 2010.
2. Radojević Z., Vasić M., **Arsenović M.**, Budimlić I., *Optimizacija procesa sušenja opekarskih proizvoda*, 2010.

Učešće u projektima finansiranim od strane nadležnog Ministarstva (M105)

1. Projekat Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije (III 450080): *Razvoj i primena multifunkcionalnih materijala na bazi domaćih sirovina modernizacijom tradicionalnih tehnologija*, Institut za ispitivanje materijala Srbije, Beograd (Rukovodilac potprojekta br. 3 Dr. Radojević Z.), **2011-2014**.

Angažovanje: 12 istraživač-meseci

2. Projekat Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije (19020): *Istraživanje i razvoj savremenih tehnoloških procesa kao polazne osnove za povećanje energetske efikasnosti industrijskih postrojenja za proizvodnju opekarskih proizvoda*, Institut za ispitivanje materijala Srbije, Beograd (Rukovodilac projekta Dr. Radojević Z.), **2008-2010**.

Angažovanje: 12 istraživač-meseci

3. Projekat Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije (19017): *Istraživanje, razvoj i primena metoda i postupaka ispitivanja, kontrolisanja i sertifikacije proizvoda i procesa u skladu sa zahtevima međunarodnih standarda i propisa* (Rukovodilac projekta Dr. Vasić R.), **2008-2010**.

Angažovanje: 3 istraživač-meseca

U okviru istraživačkog rada nakon upisivanja doktorskih studija objavila je radove, saopštenja i tehnička rešenja, što je zbirno prikazano u sledećoj tabeli:

Kategorija	Broj radova	Poeni	Ukupno
M21	5	5x8	40
M23	3	3x3	9
M24	1	1x3	3
M33	7	7x1	7
M34	11	11x0.5	5.5
M51	1	1x2	2
M52	5	5x1.5	7.5
M63	16	16x0.5	8
M84	2	2x3	6
Ukupno			88

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg angažovanja i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija, kao i u okviru rada na projektima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, Arsenović Milica, dipl. inženjer tehnologije, pokazala je sklonost i izrazitu sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Tema doktorske disertacije pripada oblasti iz koje je kao prvi autor objavila 5 naučnih radova u vrhunskim međunarodnim časopisima kategorije M21 i jedan rad kategorije M23. Takođe je objavila i dva M23 rada, dva tehnička rešenja (M84) i 6 radova u časopisima nacionalnog značaja, kao i brojna saopštenja na nacionalnim i međunarodnim skupovima, velikim delom kao prvi autor, što ukazuje na to da je i više nego ispunila potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Rastući zahtevi vezani za održivost materijala, energetske efikasnost i potrošnju prirodnih resursa nameću potrebu za novim saznanjima u opekarskoj industriji. Neophodno je što potpunije poznavanje kompleksne međusobne veze hemijskog i mineraloškog sastava polaznih sirovina; procesa proizvodnje (oblikovanja, sušenja, pečenja); kao i osobina, sastava i mikrostrukture finalnih proizvoda.

Brojni faktori utiču na osobine opekarskih proizvoda, s obzirom na to da su materijali koji se koriste kao polazne sirovine visoko heterogenog sastava. Kompleksna priroda opekarskih glina je dokazana intenzivnim istraživanjima u ovoj oblasti koja su sprovedena radi što boljeg razumevanja samih sirovina, kao i njihove moguće upotrebe. Transformacije minerala tokom procesa pečenja zavise od hemijskog i mineraloškog sastava, raspodele veličine čestica, režima i temperature pečenja, kao i vremena zadržavanja na krajnjoj temperaturi pečenja. Određivanje uzročno-posledičnih veza između karakteristika sirovina i proizvoda bilo je godinama pokretač istraživanja [1-5]. Međutim, matematičko modelovanje mehaničkih osobina grube keramike još uvek nije razvijeno. Nedostatak ove vrste istraživanja može biti objašnjen heterogenošću sirovina, kao donekle i uverenjem da se tradicionalna keramika može proizvesti na osnovu prihvaćenih empirijskih pravila, bez potrebe za daljim razvojem. U novije vreme pojedini radovi opisuju korišćenje matematičkog modelovanja i statističke analize [6-13] kao neophodnih alata za bolje razumevanje prirode sirovina i procesa proizvodnje.

Predmet i naučni cilj ove doktorske disertacije bio bi određivanje parametara koji karakterišu opekarske sirovine u Srbiji, proces proizvodnje i finalne proizvode, kao i njihovo međusobno povezivanje i određivanje nivoa uticaja na sasvim nov, sada kvantifikovan, način. Planirano je da se razviju adekvatni matematički modeli, na osnovu kojih će se kasnije vršiti predviđanje kvaliteta opekarskih proizvoda na osnovu hemijskog ili mineraloškog sastava gline, kao i krajnje temperature pečenja. Takođe će biti moguće i obrnuto: prema željenoj vrsti i kvalitetu proizvoda može se optimizovati potreban sastav

sirovine. Proces pečenja i promene do kojih dolazi biće praćene i termalnom analizom, a rezultati će se povezati sa osobinama proizvoda pečenim na određenim temperaturama.

Literatura:

- [1] Meseguer S., Sanfeliu T., Jordan M.M.: *Classification and statistical analysis of mine spoils chemical composition from Oliete basin (Teruel, NE Spain)*, Environmental Geology, Vol 56, 2009, pp. 1461-1466.
- [2] Awadh S.M., Abudllah H.H.: *Mineralogical, geochemical, and geotechnical evaluation of Al-Sowera soil for the building brick industry in Iraq*, Arabian Journal of Geosciences, Vol 4, 2011, 413-419.
- [3] Koukouzas N., Ketikidis C., Itskos G., Spiliotis X., Karayannis V., Papapolymerou G.: *Synthesis of CFB-Coal Fly Ash clay bricks and their characterization*, Waste Biomass Valorization, Vol 2, 2011, 87-94.
- [4] Arsenović M., Pezo L., Radojević Z., Stanković S.: *Serbian heavy clays behavior: application in rough ceramics*, Hemijska industrija (2013), DOI:10.2298/HEMIND121123006A
- [5] Arsenović M., Radojević Z., Stanković S.: *Removal of toxic metals from industrial sludge by fixing in brick structure*, Construction and Building Materials, Vol 37, 2012, pp. 7-14.
- [6] Manoharan, C., Sutharsan, P., Dhanapandian, S., Venkatachalapathy, R., and Asanulla, R.M. (2011) *Analysis of temperature effect on ceramic brick production from alluvial deposits, Tamilnadu, India*, Applied Clay Science 54 (2011) 20-25.
- [7] Gualtieri M.L., Gualtieri A.F., Gagliardi S., Ruffini P., Ferrari R., Hanuskova M.: *Thermal conductivity of fired clays: Effects of mineralogical and physical properties of the raw materials*, Applied Clay Science, Vol 49, 2010, pp. 569-275.
- [8] Sidjanin L., Ranogajec J., Rajnovic D., Molnar E.: *Influence of firing temperature on mechanical properties of roofing tiles*, Materials and Design, Vol 28, 2007, pp. 941-947.
- [9] Ducman V., Škapin A.S., Radeka M., Ranogajec J.: *Frost resistance of clay roofing tiles: Case study*, Ceramics International, Vol 37, 2011, pp. 85-91.
- [10] Arsenović M., Radojević Z., Stanković S., Lalić Ž., Pezo L., *What to expect from heavy clay?*, Ceramics International, Vol 39, No 2, 2013, pp. 1667-1675.
- [11] Arsenović M., Stanković S., Radojević Z., Pezo L.: *Prediction and fuzzy synthetic optimization of process parameters in heavy clay brick production*, Ceramics International, Vol 39, No 2, 2013, pp. 2013-2022.
- [12] Arsenović M., Stanković S., Pezo L., Mančić L., Radojević Z.: *Optimization of the production process through response surface method: Bricks made of loess*, Ceramics International, Vol 39, No 3, 2013, pp. 3065-3075.

[13] Arsenović M., Pezo L., Stanković S., Radojević Z.: Sensitivity analysis of mathematical models for final product properties: Link to DTG curve, *Ceramics International*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.01.049>

3. POLAZNE HIPOTEZE

Kvalitet opekarskih sirovina u Srbiji i svetu varira u širokom opsegu u pogledu hemijskih, mineraloških, granulometrijskih i fizičko-mehaničkih karakteristika. Na osnovu brojnih istraživanja decenijama unazad, poznato je da su svi parametri koji karakterišu sirovine i proizvode u manjoj ili većoj meri međusobno povezani. Da bi se unapredio kvalitet, smanjila količina otpada (škarta) u fabrikama i dobio evropskim normama definisan kvalitet proizvoda, potrebno je primeniti naučnu metodologiju koja bi kvantifikovala nivo uticaja osobina polazne sirovine na finalni proizvod, i kojom bi se mogao predvideti način za dobijanje najkvalitetnijeg mogućeg proizvoda od određene sirovine.

Osnovni elementi ove metodologije bi se sastojali u odabiru uzoraka opekarskih sirovina različitih svojstava, koji se mogu upotrebiti u proizvodnji, i o njima sakupiti što je više moguće podataka. Koristiće se uobičajene metode za karakterizaciju opekarskih sirovina, međuproizvoda i finalnih proizvoda. Istraživanje će biti obogaćeno matematičkim alatima koji će po prvi put na ovakav način biti upotrebljeni u ovoj oblasti.

U toku rada, detaljna istraživanja biće posvećena otkrivanju najpouzdanijih matematičkih metoda za povezivanje osobina sirovina i proizvoda u ciglarskoj industriji. S obzirom na značaj procesa proizvodnje, biće istraživana uticaja krajnje temperature pečenja na kvalitet finalnih proizvoda u cilju optimizacije potrošnje energije i prirodnih resursa, uz dobijanje proizvoda zadovoljavajućih karakteristika. Takođe će se utvrditi matematički modeli koji bi davali reproduktivne rezultate na relaciji sirovina-proces-proizvod. Očekuje se da će navedena istraživanja dati značajan doprinos razvoju i održivosti ciglarske industrije.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Planiranim istraživanjima biće obihvaćeno 139 uzoraka opekarskih sirovina sa različitih lokaliteta u Srbiji. Karakterizacija polaznih materijala će obuhvatiti sledeće analize:

- Hemijski sastav, odnosno sadržaj makro oksida, biće određen silikatnom analizom,
- Mineraloški sastav će se utvrditi rendgenskom difrakcijom,
- Ukupni sadržaj karbonata biće analiziran pomoću Šajblerovog (*Scheibler*) kalcimetra,
- Sadržaj čestica krupnijih od 63 μm biće metodom prosejavanja,
- Raspodela veličine čestica, odnosno sadržaj frakcija peska, alevrita i gline, odrediće se kombinacijom sitovne i pipet metode.

Svojstva međuproizvoda biće okarakterisana na sledeći način:

- Vлага potrebna za oblikovanje biće određena na osnovu razlike u masama oblikovanih i osušenih probnih tela,
- Plastičnost testa pripremljenog za oblikovanje ekstruzijom biće određena metodom po Feferkornu (*Pfefferkorn*),
- Osetljivost na sušenje oblikovanog uzorka određiće se na osnovu Bigo (*Bigot*) krive,
- Skupljanje u sušenju oblikovanog probnog tela utvrdiće se na osnovu promene dimenzija probnih tela u obliku pločica, i
- Čvrstoća pri pritisku utvrdiće se pomoću hidraulične prese.

Krajnje osobine opekarskih proizvoda pečenih na 800, 830, 850, 870, 900, 930, 950, 1000, 1050 i 1100 °C će biti praćene preko:

- Gubitka mase žarenjem,
- Skupljanja u pečenju,
- Čvrstoće pri pritisku,
- Upijanja vode, i
- Zapreminske mase.

Od instrumentalnih metoda biće korišćene termičke metode analize radi praćenja ponašanja opekarskih sirovina tokom procesa pečenja.

Ključni parametri koji karakterišu polazne sirovine i dobijene laboratorijske proizvode biće obrađivani primenom sledećih statističkih metoda:

- Višeparameterska analiza podataka:
 - Analiza (osnovne) glavne komponente - PCA (principal component analysis),
 - Faktorska analiza - FA (factor analysis),
 - Diskriminantna analiza – DA (discriminant analysis), kao i
- Analiza varijanse – ANOVA (analysis of variance) i post-hoc testovi.

Za razvijanje matematičkih modela, njihovu validaciju i naknadnu optimizaciju koristiće se nelinearna regresija, a predviđene metode obuhvataju:

- Polinom drugog reda - SOP (second order polynomial) modeli,
- Modeli odzivne površine - RSM (response surface) modeli,
- Neuronske mreže – NN,

- Sensitivity analiza i
- Optimizacija (korišćenjem fuzzy logike i score analize).

Matematičkom analizom rezultata termogravimetrijskih (TGA) analiza (sa DTG-om) biće praćena promena osobina pečenih proizvoda na određenim temperaturama.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Ovaj rad će kao osnovu prikazati poređenje opekarskih sirovina u Srbiji, a koristiće se proučavanjem mogućnosti smanjenja potrebnog broja analiza i eksperimenata za utvrđivanje njihove primenljivosti. Biće ukazano na matematičke metode pogodne za karakterizaciju opekarskih sirovina i predviđanje osobina finalnih proizvoda. Rezultati modelovanja i matematičke analize mogu biti primenljivi na sve opekarske sirovine u Srbiji, kao i u svetu, uz odgovarajuće eksperimentalne podatke, a sama metodologija može biti upotrebljena na isti način i za druge materijale.

Rezultati i realizacija ove doktorske disertacije bi dali sledeće doprinose:

- Upotpunjavanje baze podataka vezano za sastav i osobine opekarskih sirovina u Srbiji;
- Utvrđivanje razlika sirovina i proizvoda prema regionima u Srbiji;
- Matematičkom obradom velikog broja podataka došlo bi se do konačnog modela koji bi kvantifikovao uticaj osobina polaznih sirovina na kvalitet finalnih proizvoda. Takođe se može očekivati i adekvatno tumačenje razloga za nelinearno variranje osobina proizvoda u zavisnosti od temperature pečenja, što nije prikazano u literaturi a primećeno je kod laboratorijskih uzoraka;
- Određivanje vrste proizvoda optimalnih karakteristika (puna cigla, šuplji blok, crep) koji se mogu dobiti od tačno određene i definisne sirovine;
- Definisane brzih analiza za utvrđivanje upotrebljivosti opekarskih sirovina u fabrikama i laboratorijama;
- Utvrđivanje uticaja hemijskog i mineraloškog sastava, raspodele veličine čestica, plastičnosti, osetljivosti u sušenju, ukupnog sadržaja karbonata, sadržaja čestica krupnijih od 63 μm , kao i temperature pečenja na osobine finalnih proizvoda, uz isticanje najuticajnijih parametara i diskusiju;
- Rezultati ovog istraživanja će poslužiti kao osnova za proširenje baze podataka, a samim tim i moguće dalje usavršavanje dobijenih matematičkih modela.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

Predmet rada ove doktorske disertacije je utvrđivanje mogućnosti primene opekarskih sirovina u proizvodnji određene vrste opekarskih proizvoda, kao i kvantitativno prikazivanje međusobnog uticaja karakterističnih osobina. Uzorkovaće se 139 uzoraka gline širom Srbije. Metodom četvrtanja će se izdvojiti reprezentativni uzorci, koji će zatim biti osušeni na 60 °C. Ovako pripremljeni uzorci koristiće se za određivanje hemijskog i mineraloškog sastava, raspodele veličine čestica, sadržaja čestica krupnijih od 63 μm i ukupnog sadržaja karbonata.

Potrebna količina pripremljenih uzoraka biće samlevena na kolnom mlinu, navlažena do dobijanja plastičnog testa pogodnog za oblikovanje (oko 20 – 24 % vlage) i zatim i oblikovana na laboratorijskoj ekstruder presi. Od svakog uzorka biće pripremljeno 11 grupa probnih tela koje će se sastojati iz: pet pločica dimenzija 120 mm x 50 mm x 14 mm, 5 blokčića sa vertikalnim šupljinama dimenzija 55,3 mm x 36 mm x 36 mm i 5 punih kockica dimenzija 30 mm x 30 mm x 30 mm. Nakon oblikovanja, vlažne pločice će se koristiti za određivanje plastičnosti (prema Feferkornu) i osetljivosti u sušenju pomoću Bigo krive.

Oblikovani uzorci će biti sušeni na vazduhu, a zatim u sušnici na 105±5 °C do konstantne mase. Na osnovu razlika kod vlažnih i osušenih probnih tela odrediće se vlaga potrebna za oblikovanje i skupljanje u sušenju. Osušena probna tela oblika šupljih blokčića i kockica biće ispitana na čvrstoću pri pritisku.

Pečenje će biti izvedeno u oksidacionoj atmosferi u laboratorijskoj peći sa mogućnošću zadavanja režima pečenja. Prosečna brzina zagrevanja će biti 1,4 °C/min do dostizanja temperature od 610 °C, a zatim će biti povećana na 2,5 °C/min do krajnje zadate temperature, na kojoj će uzorci biti tretirani u trajanju od 2 h. Izabran je širok opseg temperatura pečenja radi adekvatnog praćenja promena krajnjih osobina uzoraka: 800, 830, 850, 870, 900, 930, 950, 1000, 1050 i 1100 °C. Na pečenim probnim telima će biti određivano skupljanje, gubitak mase žarenjem, čvrstoća pri pritisku, upijanje vode i zapreminska masa.

Svi dobijeni podaci biće obrađeni različitim matematičkim metodama. Prvo će se posebno analizirati eksperimentalni rezultati koji karakterišu sirovinu i proizvode (višeparameterska analiza), a zatim i njihov međusobni uticaj (nelinearna regresija).

S obzirom na to da su opekarske gline intenzivno istraživane, te da je sama tematika poznata od davnina, u disertaciji se ne planira detaljno teorijsko opisivanje ispitivanih sistema. U planu je da se uz diskusiju rezultata eksperimentalnih istraživanja i matematičkog modelovanja prikaže i odgovarajuća potpora u literaturi. Eksperimentalne metode će iz istih razloga biti samo ukratko opisane, uz komentar razloga njihovog korišćenja u istraživanju. Zbog neophodne obrade velikog broja podataka, tabele će biti prikazane u prilogu. U posebnom odeljku nalaziće se i radovi koje je kandidat kao prvi autor objavio u međunarodnim časopisima.

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu podataka iznetih u ovom materijalu članovi Komisije smatraju da je tema doktorske disertacije koju je predložila Arsenović Milica dobro utemeljena i naučno zasnovana. Pri tom Komisija smatra da tema doktorske disertacije treba da glasi: “**Optimizacija i predviđanje kvaliteta materijala, procesa i krajnjih osobina opekarskih proizvoda matematičkim modelovanjem karakterističnih parametara**“. Stoga predlažemo Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da Arsenović Milici, dipl. inž. tehnologije, odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim nazivom i da za mentora imenuje dr Slavku Stanković, van. prof. Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. i komentora dr Dr Zagorka Radojević, naučnog savetnika Instituta za ispitivanje materijala u Beogradu.

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

Beograd, 14. februar 2013.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Slavka Stanković, van. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Zagorka Radojević, naučni savetnik
Institut za ispitivanje materijala a.d., Beograd

Dr Radoslav Aleksić, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Lato Pezo, naučni saradnik
Institut za opštu i fizičku hemiju, Beograd