

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/501
(Број захтева)

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

23.10.2015.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Мобилност и биодоступност одабраних елемената у пољопривредном земљишту алувиона реке Ибар“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

НЕМАЊА (Милан) БАРАЋ, мастер инж.

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука у Косовској Митровици
Година дипломирања: 2008.

Мастер студије: Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука у Косовској Митровици
Година дипломирања: 2009.

4. Назив магистарске тезе кандидата: /

Студент је шк. 2009/2010. године уписан на докторске академске студије, На захтев студента, а уз сагласност ментора, НН веће Факултета је, на седници одржаној 17.09.2015. године, донело Одлуку бр. 35/422 о продужењу рока за завршетак студија за још два семестра шк. 2014/2015. године.

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: /

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 22.10.2015. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 22.10.2015. 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 **НЕМАЊЕ БАРАЋА**, дипл. инж., под називом: „**Мобилност и биодоступност одабраних елемената у пољопривредном земљишту алувиона реке Ибар**“. Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује **др Рада Петровић**, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

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

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Немању Бараћа

Име и презиме ментора: Рада Д. Петровић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, D. Jovanović, S. Milonjić, Đ. Janačković, **R. Petrović**, "Adsorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} ions on to the natural and acid-activated sepiolites", *Applied Clay Science*, **37** (2007) 47-57 (IF (2007) = 1,861; ISSN 0169-1317).
2. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, D. Tanasković, V. Pavićević, Đ. Janačković, **R. Petrović**, "Sorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} Ions on Calcium Hydroxyapatite Powder Obtained by the Hydrothermal Method", *Journal of Environmental Engineering. ASCE (American Society of Civil Engineers)*, **134** (2008) 683-688 (IF 2007 = 1,085; ISSN 0733-9372)
3. S. Lazarević, Ž. Radovanović, Dj. Veljović, A. Onjia, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Characterization of sepiolite by inverse gas chromatography at infinite and finite surface coverage, *Applied Clay Science*, **43** (2009) 41-48 (IF (2009) = 2,784), ISSN 0169-1317).
4. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, V. Djokić, Ž. Radovanović, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Iron-Modified Sepiolite for Ni^{2+} Sorption from Aqueous Solution: An Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Study, *Journal of Chemical and Engineering Data*, **55** (2010) 5681–5689 (IF(2010) = 2,089; ISSN 0021-9568).
5. V. Marjanović, S. Lazarević, I. Janković-Častvan, B. Potkonjak, Đ. Janačković, **R. Petrović**, Chromium (VI) removal from aqueous solutions using mercaptosilane functionalized sepiolites, *Chemical Engineering Journal*, **166** (2011) 198-206 (IF(2010) = 3,074; ISSN 1385-8947).
6. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, A. Onjia, J. Krstić, Dj. Janačković, **R. Petrović**, Surface characterization of iron-modified sepiolite by inverse gas chromatography, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, **50** (2011) 11467-11475 ((IF(2010) = 2,071; ISSN 0888-5885).
7. **R. Petrović**, N. Tanasković, V. Djokić, Ž. Radovanović, I. Janković-Častvan, I. Stamenković, Dj. Janačković, Influence of the Gelation and Calcination Temperatures on Physical Parameters and Photocatalytic Activity of Mesoporous Titania Powders Synthesized by the Nonhydrolytic Sol–gel Process, *Powder Technology*, **219** (2012) 239-243 (IF(2010) = 1,887; ISSN 0032-5910).
8. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, B. Potkonjak, Đ. Janačković, **R. Petrović**, Removal of Co^{2+} ions from aqueous solutions using iron-functionalized sepiolite, *Chemical*

Engineering and Processing: Process Intensification, **55** (2012) 40 – 47 (IF (2010) = 1,729; ISSN 0255-2701).

9. M. T. Mihajlović, S. S. Lazarević, I. Janković-Častvan, J. Kovač, B. M. Jokić, Dj. T. Janačković, **R. D. Petrović**, Kinetics, thermodynamics, and structural investigations on the removal of Pb^{2+} , Cd^{2+} , and Zn^{2+} from multicomponent solutions onto natural and Fe(III)-modified zeolites, *Clean Technologies and Environmental Policy*, **17**(2015) 407-419. (IF (2014) = 1,934; ISSN 1618-954X)
10. N. Barać, S. Skrivanj, Z. Bukumirić, M. Barać, D. Manojlović, **R. Petrović**, A. Ćorac, Arsenic in Agricultural Soils of a Historically Mined and Industrial Region of Southern Serbia and Northern Kosovo: Bioavailability and Uptake by Plants Species *Zea mays L.* and *Solanum tuberosum L.*, *Soil and Sediment Contamination*, **24** (2015) 656–674 (IF(2014) = 1,039, ISSN 1532-0383)

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

Датум: 20.10.2015.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

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

Predmet: Podobnost teme i kandidata Nemanje Baraća, diplomiranog inženjera tehnologije-master, za izradu doktorske disertacije.

Odlukom br. 35/313 od 20. 07. 2015. godine imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Nemanje Baraća za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Mobilnost i biodostupnost odabranih elemenata u poljoprivrednom zemljištu aluviona reke Ibar“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Nemanja Barać, dipl. inž. tehnologije-master, rođen je 22. 07. 1985. godine u Smederevu. Osnovnu školu “Vuk Stefanović Karadžić” završio je u Zvečanu. Školske 2000/2001. godine upisao je gimnaziju, prirodno-matematički smer, u Kosovskoj Mitrovici i završio je 2004. godine. Fakultet tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici upisao je školske 2004/2005. godine na studijskom programu „Tehnologija“, smer „Inženjerstvo zaštite životne sredine“. Osnovne akademske studije završio je 2008. godine, odbranivši završni rad sa temom “Teški metali u vazduhu na području severnog dela Kosova i Metohije”, sa ukupnom ostvarenom prosečnom ocenom 8,42 (osam i 42/100). Diplomске akademske studije završio je na istom fakultetu, odbranivši master rad sa temom “Karakterizacija flotacijske deponije Bostanište i njen uticaj na životnu sredinu” 2009. godine, sa ocenom 10 i ukupnom ostvarenom prosečnom ocenom tokom studija 9,65 (devet i 65/100). Školske 2009/2010. godine upisao je doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na Katedri za inženjerstvo zaštite životne sredine.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Kao stipendista-doktorant istraživač bio je angažovan na projektu tehnološkog razvoja, ev. br. TR-21025 “Uticaj Trepče na zagađenje Ibra i predlog mera zaštite”, Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, u periodu od 2009-2010. god. Od 1. decembra 2011. godine zaposlen je u Inovacionom centru Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu i

angažovan na projektu Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije, program tehnološkog razvoja, iz oblasti uređenja, zaštite i korišćenja voda, zemljišta i vazduha, ev. broj TR-37016, pod nazivom: "Industrija proizvodnje olova i cinka, posledice po stanovništvo i zaštita i uređenje ekosistema".

U okviru doktorskih studija položio je sve ispite predviđene planom i programom, uključujući i završni ispit pod nazivom „Statistička analiza sadržaja teških metala u životnoj sredini u oblasti srednjeg i donjeg toka reke Ibar“.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija:

R. br.	Predmet	Ocena	ESPB
1.	Industrijska ekologija	8	5
2.	Hemijska kinetika	7	5
3.	Ekonomija životne sredine i održivi razvoj	7	4
4.	Viši kurs analitičke hemije	10	5
5.	Matematička obrada eksperimentalnih podataka	6	5
6.	Organske zagađujuće supstance	10	4
7.	Upravljanje čvrstim i opasnim otpadom	8	5
8.	Prečišćavanje otpadnih voda	10	5
9.	Teorijski principi i praktični aspekti pripreme vode za piće i primenu u industriji	10	4
10.	Tečna hromatografija-masena spektrometrija	9	4
11.	Hemija pesticida	10	4
12.	Engleski jezik	10	/
13.	Završni ispit	10	30
Srednja ocena/Ukupno		8,75	80

Spisak objavljenih naučnih i stručnih radova

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

1. **Barać, N.**, Skrivanj, S., Bukumirić, Z., Barać, M., Manojlović, D., Petrović, R., Ćorac, A.: Arsenic in Agricultural Soils of a Historically Mined and Industrial Region of Southern Serbia and Northern Kosovo: Bioavailability and Uptake by Plants Species *Zea mays L.* and *Solanum tuberosum L.*, - *Soil and Sediment Contamination*, vol. 24, no. 6, pp. 656–674, 2015, IF(2014) = 1,039 (ISSN 1532-0383)

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. **Barać, N.**, Jokić, A., Ćorac, A., Manojlović, P., Barać, M.: "Trepča waste deposits – lead metallurgy biproducts as hazardous waste and its impact to the environment and human health", *Proceedings of the International Conference Waste Waters, Municipal Solid Wastes and Hazardous Wastes*, Niška Banja, Srbija, 05–08. April 2011, pp. 356–360 (ISBN: 978-86-82931-38-6).

2. **Barać N.**, Škrivanj, S., Manojlović, D., Bukumirić, Z., Trajković, G., Barać, M. Petrović, R., Ćorac, A.: "Heavy Metals Fractionation in Agricultural Soils from the Ibar River Valley (Southern Serbia): Bioaccumulation by *Solanum tuberosum L.*", *Proceedings of the XXIII International Conference Ecological Truth – Eco-Ist'15*, Kopaonik, Serbia, 17–20 June 2015
URL: <http://www.eco-ist.rs/LIST%20OF%20ACCEPTED%20PAPERS.pdf>

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **Barać N.**, Ćorac, A., Bukumirić, Z., Barać, M.: "Uticaj zagađenja "Trepče" – flotacija i deponija Leposavić i održivo upravljanje zaštitom životne sredine", *Knjika izvoda sa Međunarodne naučne konferencije Održivi razvoj u funkciji zaštite životne sredine*, Beograd, Srbija, 18–20 April 2011, str. 159 (ISBN: 978-86-904721-8-5).
URL: <http://www.ecologica.org.rs/ODRZIVI%20RAZVOJ.pdf>
2. Ćorac, A., Ilić, D., Bukumirić, Z., Manojlović, P., **Barać, N.**, Parlić, M.: "Abdominal Colics as Saturnism Indicator in Persons Exposed to Different Levels of Pollution", *Book of Abstracts from the International Conference 46. Days of preventive medicine*, Niš, Serbia, 25–28 September 2012, pp. 53 (ISBN: 978-86-915991-1-9).
URL: http://www.izjz-nis.org.rs/daniprevmed/12/46_dani_preventivne_medicine-zbornik_rezimea.pdf
3. Ćorac, A., Milićević, S., Bukumirić, Z., **Barać, N.**, Jović, J., Ilić, D.: "The analysis of exposure through the reconstruction approach in saturnism", *Book of Abstracts from the International Conference 47. Days of preventive medicine*, Niš, Serbia, 24–27 September 2013, pp. 99 (ISBN 978-86-915991-2-6). URL: <http://eprints.ugd.edu.mk/11783/7/ZBORNIK%20REZIMEA%2047.%20DANA%20PREVENTIVNE%20MEDICINE.pdf>
4. Ćorac, A., **Barać, N.**, Minić, V., Barać, M., Bukumirović, Z., Ilić, D., Jović, J., Milićević, S.: "Microbiological indicators of water pollution by Municipal solid waste landfill", *Book of Abstracts from the International Conference 48. Days of preventive medicine*, Niš, Serbia, 23–26 September 2014, pp. 164 (ISBN 978-86-915991-3-3).
URL: <http://www.izjz-nis.org.rs/daniprevmed/14/Zbornik%2048.%20Dana%20preventivne%20medicine.pdf>
5. Ćorac, A., **Barać, N.**, Milićević, S., Bukumirić, Z.: "Mathematical Models for Determining the Zone of Air Pollution and Distribution of Blood Lead Levels", *Book of Abstracts from the International Conference 48. Days of preventive medicine*, Niš, Serbia, 23–26 September 2014, pp. 167 (ISBN 978-86-915991-3-3). URL: <http://www.izjz-nis.org.rs/daniprevmed/14/Zbornik%2048.%20Dana%20preventivne%20medicine.pdf>
6. **Barać, N.**, Ranković, B., Škrivanj, S., Bukumirić, Z., Čičkarić-Živojinović, D., Petrović, R., Ćorac, A.: "Investigation of heavy metals partitioning in the agricultural soils of the long term polluted Pb/Zn industrial region of southern Serbia: uptake and

bioaccumulation by the cereal crop *Zea mays L.*“, *Book of Abstracts from 7th Symposium Chemistry and Environmental Protection – EnviroChem 2015*, Palić, Serbia, 9–12 June 2015, pp. 270–271 (ISBN 978-86-7132-058-0).

URL: http://www.envirochem.rs/res/EC2015_Book_of_Abstracts.pdf

Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51)

1. **Barać, N.**, Jokić, A., Ćorac, A., Manojlović, P., Barać, M.: Uticaj zagađenja „Trepče“ – flotacija i deponije u Leposaviću i održivo upravljanje zaštitom životne sredine, - *Ecologica*, vol. 18, br. 62, str. 317–322, 2011 (ISSN 0354-3285).

Rad u naučnom časopisu (M53)

1. Barać, M., Vitas, N., **Barać, N.**: Vode srednjeg toka reke Ibar i deponije Trepče, - *Voda i sanitarna tehnika*, vol. 40, br. 1, str. 41–46, 2010 (ISSN 0350-5049).
2. Ćorac, A., Parlić, M., Dragicević, I., Ilić, D., **Barać, N.**, Milovanović, A.: Fizičko funkcionisanje i ograničenja usled fizičkih problema kod različitih nivoa zagađenja životne sredine, *Svet rada*, vol. 9, br. 5, str. 668–677, 2012 (ISSN 1451-7841).

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada, postignutih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u periodu od 2009. godine do danas, Nemanja Barać, dipl. inž. tehnologije-master pokazao je sklonost i sposobnost za bavljenje naučnoistraživačkim radom. Iz oblasti predložene doktorske disertacije kandidat je objavio jedan rad u međunarodnom časopisu i nekoliko saopštenja na međunarodnim skupovima, što ukazuje na podobnost kandidata za rad na predloženoj temi.

2. Predmet i cilj istraživanja

Zemljište je prirodna tvorevina nastala hemijskim i fizičkim promenama geološke podloge uz učešće živih organizama, pod dejstvom različitih klimatskih faktora. Kao takvo, zemljište predstavlja svojevrsan trofazni sistem koga čine čvrsta, tečna (zemljišni rastvor) i gasovita faza (zemljišni vazduh). U procesima koji se odvijaju u zemljištu, ove faze su u tesnoj međusobnoj vezi, kako direktno, tako i uz učešće živih organizama, koji uslovno predstavljaju četvrtu fazu zemljišta (živu fazu).

Hemijske supstance koje se mogu naći u zemljištu sve su brojnije i raznovrsnije. Pored supstanci koje su po poreklu prirodne, sve je veći broj sintetičkih, kao i onih koji se dobijaju hemijskom konverzijom prirodnih proizvoda u tehnološkim procesima i koje na različite načine dospevaju u zemljište. Neki elementi prisutni u zemljištu u vrlo niskim količinama, poznati kao elementi u

tragovima ili mikroelementi, mogu da učestvuju u ishrani biljaka, kao mikrohranljivi elementi. Sa druge strane, određeni broj mikroelemenata nema esencijalnu ulogu u razvoju i rastu biljaka, i mogu biti štetni, pa čak i toksični za biljke, životinje i čoveka. U obe navedene grupe mikroelemenata zastupljeni su teški metali. Jedan od načina kojim teški metali iz zemljišta mogu dospeti u ljudski organizam je putanjom zemljište-korisne biljke-čovek, kada čovek dolazi u kontakt sa zagađujućim materijama posredno, preko biljaka koje se gaje na zagađenim zemljištima. Teški metali koji se akumuliraju u ljudskom organizmu mogu izazvati trovanje, ugroziti delovanje centralnog nervnog sistema i izazvati niz drugih teških poremećaja i oboljenja. Značaj poznavanja kvaliteta poljoprivrednog zemljišta sa stanovišta sadržaja ovih zagađujućih materija ogleda se u mogućnosti procene rizika, lociranja i sanacije zagađenih oblasti, kao i planiranja u smislu identifikacije, monitoringa i izmeštanja poljoprivredne proizvodnje iz ugroženih područja.

U tom kontekstu, predmet naučnog istraživanja predložene doktorske disertacije predstavlja analiza realnih uzoraka poljoprivrednog zemljišta savremenim metodama hemijske analize i primena postupka sekvencijalne ekstrakcije radi utvrđivanja stepena mobilnosti odabranih elemenata, pre svega teških metala, i mogućnosti kontaminacije gajenih kultura. Pored toga, u okviru istraživanja analiziraće se poljoprivredne kulture, krompir (*Solanum tuberosum* L.) i kukuruz (*Zea mays* L.), gajene na istom zemljištu u cilju definisanja koeficijenta transfera proučavanih elemenata iz zemljišta u jestive delove ovih povrtarskih kultura. Krompir i kukuruz su izabrani kao „biomonitoring“ biljke zbog njihovog širokog uzgajanja i upotrebe u području istraživanja koje obuhvata predložena tema doktorske disertacije. Geografsko područje istraživanja je locirano u aluvionu srednjeg i donjeg toka reke Ibar. Srednji tok reke Ibar između Kosovske Mitrovice i Raške poznat je kao jedan od najvažnijih regiona za proizvodnju olova i cinka u Evropi. Na području istraživanja se nalazi više industrijskih deponija jalovine iz proizvodnje koncentrata olova i cinka i proizvodnje koncentrata bakra i magnetita.

Cilj istraživanja je da se primenom deskriptivnih, bivarijacionih i multivarijacionih testova i tehnika statističke analize podataka dobiju informacije o međusobnoj interakciji analiziranih elemenata u ispitivanim uzorcima poljoprivrednog zemljišta i uzgajanih kultura. Sistematskom analizom dobijenih podataka, primenom izabranih analitičkih metoda i hemometrijskih tehnika izdvojiće se ključne promenljive (varijable) iz kompleksne matrice i izvršiti modelovanje podataka. Samim tim, definišaću se grupe zavisnih promenljivih i prepoznati objekti po sličnosti u cilju razdvajanja uzoraka po lokacijama, stepenu zagađenosti i po poreklu analiziranih elemenata. Identifikovaće se izvori zagađenja i njihovo poreklo.

Po završetku predloženih istraživanja očekuje se da rezultati koji proisteknu iz ove doktorske disertacije posluže kao osnova za ispitivanje, analizu i monitoring kvaliteta poljoprivrednog zemljišta i uzgajanih poljoprivrednih proizvoda. U skladu sa tim, krajnji rezultat predložene doktorske disertacije ima dvostruki značaj, naučni i praktični. Naučni, jer je osnova rada primena savremenih metoda u hemijskoj analizi poljoprivrednog zemljišta i proširenje znanja o mobilnosti teških metala i njihovoj bioakumulaciji kada je u pitanju poljoprivredno zemljište u oblasti u kojoj je bila intenzivna prerada metala, sa posebnim akcentom na izbor i primenu hemometrijskih metoda za kompleksnu analizu matrica podataka dobijenih višegodišnjim merenjem i praćenjem,

frakcionisanja teških metala u zemljištu tako i fizičko-hemijskim karakteristikama različitih tipova zemljišta i poljoprivrednih kultura. Praktični, jer će se predložni postupci i metode primenjivati na realnim uzorcima poljoprivrednog zemljišta i gajenih kultura čime će se stvoriti prilika da se dobijeni rezultati mogu primeniti kao osnova za dalja istraživanja u ovoj oblasti u cilju unapređivanja procesa monitoringa.

Relevantni bibliografski izvori

1. Anju, M., Banerjee, D. K.: Multivariate statistical analysis of heavy metals in soils of a Pb–Zn mining area, India, - *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 84, pp. 4191–4206, 2012.
2. Bacon, J. R., Davidson, C. M.: Is there a future for sequential chemical extraction? – *Analyst*, vol. 133, iss. 1, pp. 25–46, 2008.
3. Borgna, L., Di Lella, L. A., Nannoni, F., Pisani, A., Pizzetti, E., Protano, G., Riccobono, F., Rossi, S.: The High Contents of Lead in Soils of Northern Kosovo, *Journal of Geochemical Exploration*, vol.101, pp. 137–146, 2009.
4. Cai, L., Xu, Z., Bao, P., He, M., Dou, L., Chen, L., Zhou, Y., Zhu, Y. G.: Multivariate and geostatistical analyses of the spatial distribution and source of arsenic and heavy metals in the agricultural soils in Shunde, Southeast China, - *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 148, pp. 189–195, 2015.
5. Chai, Y., Guo, J., Chai, S., Cai, J., Xue, L., Zhang, Q.: Source identification of eight heavy metals in grassland soils by multivariate analysis from the Baicheng–Songyuan area, Jilin Province, Northeast China, - *Chemosphere*, vol. 134, pp. 67–75, 2015.
6. Commission Regulation (EC) No 1881/2006. Setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs. Official Journal of the European Communities L 365, 5 - 24. 20 December 2006.
7. Dragović, S., Mihailović, N., Gajić, B: Heavy metals in soils: Distribution, relationship with soil characteristics and radionuclides and multivariate assessment of contamination sources, - *Chemosphere*, vol. 72, iss. 3, pp. 491–495, 2008
8. Kabata-Pendias, A.: Trace Elements in Soils and Plants, 4th ed. Boca Raton, Florida: CRC Press Taylor & Francis Group, 2011.
9. Kerolli-Mustafa, M., Fajković, H., Rončević, S., Ćurković, L.: Assessment of metal risks from different depths of jarosite tailing waste of Trepča Zinc Industry, Kosovo based on BCR procedure, - *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 148, pp. 161–168, 2015.
10. Krgović, R., Trifković, J., Milojković-Opsenica, D., Manojlović, D., Marković, M., Mutić, J.: Phytoextraction of metals by *Erigeron canadensis* L. from fly ash landfill of power plant “Kolubara”, - *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 22, pp. 10506–10515, 2015.

11. Li, J., Lu, Y., Shim, H., Deng, X., Lian, J., Jia, Z., Li, J.: Use of the BCR sequential extraction procedure for the study of metal availability to plants, - *Journal of Environmental Monitoring*, vol. 12, iss. 2, pp. 466–471, 2010.
12. Li, P., Lin, C., Cheng, H., Duan, X., Lei, K.: Contamination and health risks of soil heavy metals around a lead/zinc smelter in south western China, - *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 113, pp. 391–399, 2015.
13. Liu, G., Tao, L., Liu, X., Hou, J., Wang, A., Li, R.: Heavy metal speciation and pollution of agricultural soils along Jishui River in non-ferrous metal mine area in Jiangxi Province, China, - *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 132, pp. 156–163, 2013.
14. Margui, E., Queralt, I., Carvalho, M.L., Hidalgo, M.: Assessment of metal availability to vegetation (*Betula pendula*) in Pb-Zn ore concentrate residues with different features, - *Environmental Pollution*, vol. 145, pp. 179–184, 2007.
15. Mukwaturi, M., Lin, C.: Mobilization of heavy metals from urban contaminated soils under water inundation conditions, - *Journal of Hazardous Materials*, vol. 285, pp. 445–452, 2015.
16. Pardo, R., Vega, M., Debán, L., Cazorro, C., Carretero, C.: Modelling of chemical fractionation patterns of metals in soils by two-way and three-way principal component analysis, - *Analytica Chimica Acta*, vol. 606, iss. 1, pp. 26–36, 2008.
17. Pickering, W. F., Shuman, L. M.: Selective Chemical Extraction of Soil Components and Bound Metal Species, - *CRC Critical Reviews in Analytical Chemistry*, vol. 12, no. 4, 12 pp. 233–266, 1981.
18. Popescu, I., Biasioli, M., Ajmone-Marsan, F., Stănescu, R.: Lability of potentially toxic elements in soils affected by smelting activities, - *Chemosphere*, vol. 90, pp. 820–826, 2013.
19. Rauret, G., López-Sánchez, J. F., Sahuquillo, A., Rubio, R., Davidson, C., Ure, A., Quevauviller, Ph.: Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials, - *Journal of Environmental Monitoring*, vol. 1, iss. 1, pp. 57–61, 1998.
20. Rodríguez, L., Ruiz, E., Alonso-Azcárate, J., Rincón, J.: Heavy metal distribution and chemical speciation in tailings and soils around a Pb–Zn mine in Spain, - *Journal of Environmental Management*, vol. 90, pp. 1106–1116, 2009.
21. Soil remediation circular, Netherlands: VROM – The Netherlands Ministry of Housing, Physical Planning and the Environment, 2009.
22. Soil sampling for environmental contaminants, IAEA-TECDOC-1415, IAEA, Vienna, 2004.
23. Tessier, A., Campbell, P.G.C., Bisson, M.: Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals, - *Analytical Chemistry*, vol. 51, no. 7, pp. 844–851. 1979.
24. Tokalıoğlu, Ş., Yılmaz, V., Kartal, Ş.: An Assessment on Metal Sources by Multivariate Analysis and Speciation of Metals in Soil Samples Using the BCR Sequential Extraction Procedure, - *Clean – Soil, Air, Water*, vol. 38, iss. 8, pp. 713–718, 2010.

25. Zhai, Y., Liu, X., Chen, H., Xu, B., Zhu, L., Li, C., Zeng, G.: Source identification and potential ecological risk assessment of heavy metals in PM_{2.5} from Changsha, - *Science of the Total Environment*, vol. 493, pp. 109–115, 2014.

3. Polazne hipoteze

Predložena istraživanja u okviru ove doktorske disertacije polaze od hipoteze da je u cilju procenjivanja mobilnosti i potencijalne biodostupnosti teških metala neophodno odrediti njihove hemijske oblike zajedno sa ukupnim sadržajem u zemljištu. Ovo je značajno zbog toga što ukupni sadržaj metala u zemljištu u većini slučajeva pruža ograničene informacije o njihovoj mobilnosti i potencijalnoj biodostupnosti. Pored toga, poboljšano razumevanje odnosa između rezultata sekvencijalne ekstrakcije i usvajanja teških metala od strane biljaka može se steći analizom uzoraka živog sveta paralelno sa sekvencijanom ekstrakcijom zemljišta u kom žive, pa će u okviru istraživanja u ovoj disertaciji poljoprivredni proizvodi biti uzorkovani na istim lokacijama na kojima je uzorkovano zemljište.

4. Naučne metode istraživanja

Zemljište će biti uzorkovano na obradivim površinama koje su uniformne po veličini i uzgajanju istih povrtarskih vrsta metodom sistematskog slučajnog uzorkovanja u cilju dobijanja reprezentativnih uzoraka. Uzorkovanje zemljišta će se sprovoditi na obradivoj dubini (0–30 cm), gde se nalazi većina biomase korenja kultivisanih biljnih vrsta. Simultano, na istim lokacijama uzorkovanja poljoprivrednog zemljišta biće sakupljeni uzorci krompira i kukuruza kao dve najzastupljenije poljoprivredne kulture u području istraživanja.

U okviru istraživanja će biti primenjene različite tehnike i metode u cilju analize zemljišta i određivanja ukupnog sadržaja odabranih elemenata u zemljištu i biljnim vrstama, kao i u pojedinim frakcijama zemljišta.

Karakteristike zemljišta biće određene: merenjem pH vrednosti suspenzije zemljišta, određivanjem kapaciteta izmene katjona amonijum-acetatnom metodom, određivanjem sadržaja organske materije u zemljištu merenjem gubitka mase žarenjem osušenih uzoraka i analizom teksture zemljišta kombinovanom tehnikom prosejavanja i pipetiranja u cilju određivanja sadržaja krupnog peska (50–2000 µm), srednje krupnog peska (250 – 500 µm), finog peska (50 – 250 µm), praha (2 – 50 µm) i gline (< 2 µm).

U cilju određivanja udela odabranih elemenata u odgovarajućim frakcijama u zemljištu, biće primenjena modifikovana BCR (Community Bureau of Reference - BCR, sada Standard, Measurements and Testing Programme, SM&T) sekvencijalna ekstrakciona procedura (SEP) na svim uzorcima zemljišta. Sekvencijalna ekstrakcija zemljišta, često se naziva i frakcionalna ekstrakcija, predstavlja metodu kojom se sukcesivnom primenom ekstrakcionog sredstva rastuće ekstrakcione moći, selektivno rastvaraju određene, specifično vezane frakcije elemenata iz istog

uzorka zemljišta. Princip sekvencijalne ekstrakcije metala zasniva se na činjenici da metali sa čvrstom fazom formiraju veze različite jačine, koje se mogu postupno raskinuti, delovanjem niza reagenasa, tako da se na osnovu svake pojedinačne faze ekstrakcije može odrediti način vezivanja metala za čvrstu fazu. BCR SEP razvrstava teške metale na sledeće frakcije: (1) izmenljiva, rastvorna u vodi i rastvorna u kiselini – frakcija vezana za karbonate, (2) frakcija vezana za Fe i Mn okside i hidrokside, (3) frakcija vezana za organsku materiju. Ostatak posle trećeg koraka sekvencijalne ekstrakcije biće tretiran carskom vodom, mikrotalasnom digestijom, u cilju određivanja sadržaja teških metala koji su inkorporirani u strukturu minerala zemljišta (rezidualna frakcija). Ukupan sadržaj teških metala u zemljištu takođe će se određivati korišćenjem carske vode, mikrotalasnom digestijom na posebnom uzorku.

Digestija homogenizovanih biljnih uzoraka će se vršiti smešom HNO_3 (65 %) i H_2O_2 (30 %). Analiza sadržaja teških metala u biljnim vrstama biće sprovedena na oljuštenom plodu krompira i na zrnavlju kukuruza koje je nasumično odabrano sa klipa.

Sadržaj teških metala u različitim frakcijama sekvencijalne ekstrakcije, kao i nakon mikrotalasne digestije uzoraka zemljišta i biljaka, biće određivan metodom optičke emisije spektrometrije sa indukovano spregnutom plazmom (ICP–OES). Kontrola kvaliteta rezultata dobijenih primenom sekvencijalne ekstrakcije vršiće se analizom sertifikovanog referentnog materijala BCR – 701 (*Lake Sediment Extractable Trace Elements*, IRMM – *Institute for Reference Materials and Measurements*, Geel, Belgium) a analiza svih uzoraka će se vršiti u triplicatu radi određivanja preciznosti.

U cilju dobijanja boljeg uvida u odnose između odabranih promenljivih (sadržaj teških metala u različitim frakcijama, ukupan sadržaj teških metala u zemljištu, sadržaj u analiziranim biljnim vrstama, fizičko-hemijske karakteristike zemljišta) primeniće se hemometrijski pristup u analizi dobijenih rezultata istraživanja. Na početku će biti dati osnovni statistički parametri u okviru tzv. deskriptivne statistike. Aritmetička sredina, standardna devijacija, raspon merenja za sve analizirane uzorke koriste se da bi se opisale centralna tendencija i varijacija u setu podataka. Takođe, u zavisnosti od normalnosti raspodele podataka odrediće se povezanost dve ili više varijabli u cilju određivanja kauzalnih odnosa između njih, u smislu da je jedna varijabla uzrok, a druga posledica.

Multivarijaciona statistička analiza će se koristiti kako bi se identifikovale ključne promenljive koje su odgovorne za ispoljene varijacije, grupisale lokacije, tj. merna mesta po sličnosti ispitivanih objekata, identifikovali izvori zagađenja i definisalo njihovo poreklo. U tu svrhu primeniće se analiza glavnih komponenti (PCA – *Principal Component Analysis*) za redukciju velikih eksperimentalnih setova podataka i izbor ključnih varijabli, koje objašnjavaju najveći procenat varijanse i pružanje jednostavne vizuelizacije odnosa između varijabli. Takođe, primeniće se i klasteraska analiza i to hijerarhijski aglomerativni metod (HCA – *Hierarchical Cluster Analysis*) kako bi se izvršila diferencijacija uzoraka prema mestu uzorkovanja i grupisale slične lokacije prema stepenu zagađenosti.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekivani naučni doprinos se ogleda u:

- Utvrđivanju ukupnog, potencijalno dostupnog i dostupnog sadržaja odabranih elemenata, pretežno teških metala, u poljoprivrednom zemljištu aluviona srednjeg i donjeg toka reke Ibar primenom postupka sekvencijalne ekstrakcije.
- Uspostavljanju korelacije između sadržaja odabranih elemenata u različitim frakcijama fluvijalnog zemljišta i zemljišta udaljenog od zone potencijalnog plavljenja, kao i utvrđivanje uticaja poplava na mobilnost i biodostupnost odabranih elemenata.
- Definisanju uticaja sadržaja odabranih elemenata analiziranog zemljišta na bioakumulaciju u jestivim delovima krompira (*Solanum tuberosum* L.) i kukuruza (*Zea mays* L.) i procena faktora bioakumulacije.
- Određivanju stepena zagađenosti analiziranog zemljišta i biljnih vrsta, kao i potencijalnog ekološkog rizika i stepena obogaćenja teškim metalima.
- Utvrđivanju međusobnog odnosa odabranih elemenata u analiziranom zemljištu, kao i veze između ispitivanih elemenata i fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta u cilju dobijanja novih saznanja o međusobnoj interakciji ovih elemenata i zemljišta i afinitetu vezivanja.
- Modelovanju dobijenih rezultata hemijske analize i primeni odgovarajućih hemometrijskih metoda radi procene odnosa između promenljivih u cilju određivanja porekla i izvora zagađivanja, grupisanja lokaliteta sa najvišom koncentracijom teških metala i definisanja žarišta kontaminacije.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Uzorkovanje zemljišta sprovedeće se na obradivim površinama koje su uniformne po veličini i uzgajanju istih povrtarskih vrsta metodom sistematskog slučajnog uzorkovanja u cilju dobijanja reprezentativnih uzoraka. Uzorci će biti uzimani kako u aluvionu reke Ibra, tako i u nealuvijalnim oblastima na određenoj udaljenosti od Ibra. U cilju ispitivanja uticaja poplava na sadržaj i pokretljivost odabranih elemenata u zemljištu, zemljište će biti uzorkovano i nakon povlačenja poplavnog talasa. Uzorkovanje zemljišta će se sprovoditi na dubini (0–30 cm), gde se nalazi većina biomase korenja kultivisanih biljnih vrsta. Simultano, na istim lokacijama uzorkovanja poljoprivrednog zemljišta sakupiće se uzorci krompira i kukuruza, kao dve najfrekventnije vrste u području istraživanja.

Rad na doktorskoj disertaciji će obuhvatiti detaljnu analizu literature i prethodnih istraživanja koja se odnose na predmet rada doktorske disertacije, problem prisustva teških metala u životnoj sredini, način vezivanja i imobilizacije teških metala u zemljištu i zakonske regulative. Eksperimentalni rad će obuhvatiti: uzorkovanje zemljišta i biljnih vrsti, karakterizaciju uzoraka zemljišta, sekvencijalnu ekstrakciju zemljišta, mikrotalasnu digestiju uzoraka zemljišta i biljnih

vrsta, određivanje koncentracije odabranih elemenata primenom metode ICP-OES i obradu rezultata statističkim metodama. Detaljno će biti diskutovani dobijeni rezultati i upoređeni sa prethodnim i/ili sličnim istraživanjima. Na kraju će biti sumarno predstavljeni rezultati dobijeni na osnovu prikazanih istraživanja.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije kandidata Nemanje Baraća, dipl. inž. tehnologije-master, pod nazivom „Mobilnost i biodostupnost odabranih elemenata u poljoprivrednom zemljištu aluviona reke Ibar”, naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati i odobri kandidatu izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom. Za mentora se predlaže dr Rada Petrović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu, 12.10.2015. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Rada Petrović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Aleksandar Ćorac, vanredni profesor,
Univerzitet u Prištini, Medicinski fakultet

Dr Mirjana Ristić, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Dragana Živojinović, docent,
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Dragan Manojlović, redovni profesor,
Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet