

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/142
(Број захтева)

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

12.04.2019.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

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

**„Сепарација/стабилизација одабраних тешких метала из воде и земљишта
применом отпадних љуштурских шкољки“**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

МАРИЈА (Слободан) ЕГЕРИЋ, мастер инжењер заштите животне средине

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

3. Година дипломирања: 2012.

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

5. Година дипломирања: 2014.

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2014/2015. године.

Обавештавамо Вас да је **Наставно-научно веће**, на седници одржаној **11.04.2019. године** размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

Прилог:

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Марију Егерић,**

Име и презиме ментора: **Александра Перић-Грујић**

Звање: **редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Milica Tomašević, Davor Antanasijević, Mira Aničić, Isidora Deljanin, **Aleksandra Perić-Grujić**, Mirjana Ristić, Lead concentrations and isotope ratios in urban tree leaves, *Ecol. Indic.* 24 (2013) 504-509; ISSN 1470-160X, IF(2013) 3,230.
2. Isidora Deljanin, Davor Antanasijević, Gordana Vuković, Mira Aničić Urošević, Milica Tomašević, **Aleksandra Perić-Grujić**, Mirjana Ristić, Lead spatio-temporal pattern identification in urban microenvironments using moss bags and the Kohonen self-organizing maps, *Atmospheric Environment* 117 (2015) 180-186, ISSN 1352-2310, IF (2014) = 3,281.
3. Isidora Deljanin, Davor Antanasijević, Mira Aničić Urošević, Milica Tomašević, **Aleksandra Perić-Grujić**, Mirjana Ristić, The novel approach to the biomonitor survey using one- and two-dimensional Kohonen networks, *Environmental Monitoring and Assessment* 187 (2015) 617 1-11, ISSN 0167-6369, IF (2014) = 1,679.
4. Davor Antanasijević, Viktor Pocajt, Jelena Antanasijević, **Aleksandra Perić-Grujić**, Mirjana Ristić, A novel SON2-based similarity index and its application for the rationalization of river water quality monitoring network, *River Research and Applications* 34 (2018) 144-152, ISSN 1535-1459, IF (2017) = 2,067.
5. Tatjana Mitrović, Davor Antanasijević, Saša Lazović, **Aleksandra Perić-Grujić**, Mirjana Ristić, Virtual water quality monitoring at inactive monitoring sites using Monte Carlo optimized artificial neural networks: A case study of Danube River (Serbia), *Science of the Total Environment* 654 (2019) 1000-1009, ISSN 0048-9697, IF (2017) = 4,610.

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: 13.03.2019.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Марију Егерић**

Име и презиме ментора: **Ивана Смичиклас**

Звање: **Научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча”**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. J. Marković, M. Jović, **I. Smičiklas**, M. Šljivić-Ivanović, A. Onjia, K. Trivunac, A. Popović, Cadmium retention and distribution in contaminated soil: effects and interactions of soil properties, contamination level, aging time and in situ immobilization agents, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 174 (2019) 305-314, ISSN 0147-6513, IF (2017) 3.974.
2. M. Šljivić-Ivanović, I. Jelić, S. Dimović, D. Antonijević, M. Jović, A. Mraković, **I. Smičiklas**, Exploring innovative solutions for aged concrete utilization: treatment of liquid radioactive waste, *Clean Technologies and Environmental Policy*, 20/6, (2018) 1343–1354, ISSN 1618-954X, IF (2016) 3.331.
3. M. Jović, M. Šljivić-Ivanović, S. Dimović, J. Marković, **I. Smičiklas**, Sorption and mobility of Co(II) in relation to soil properties, *Geoderma*, 297 (2017) 38-47, ISSN 0016-7061, IF(2016) 4.036.
4. M. Šljivić-Ivanović, **I. Smičiklas**, S. Dimović, M. Jović, B. Dojčinović, Study of simultaneous radionuclide sorption by mixture design methodology, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 54 (44) (2015) 11212–11221, ISSN 0888-5885, IF(2015) 2,567.
5. **I. Smičiklas**, S. Smiljanić, A. Perić-Grujić, M. Šljivić-Ivanović, M. Mitrić, D. Antonović, Effect of acid treatment on red mud properties with implications on Ni(II) sorption and stability, *Chemical Engineering Journal*, 242 (2014) 27–35, ISSN 1385-8947, IF (2014) 4.321.

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: 13.03.2019.

М.П.

Проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 31. и 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 11.04.2019. 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 **Марији Егерић**, мастер инжењеру, под називом: „**Сепарација/стабилизација одабраних тешких метала из воде и земљишта применом отпадних љуштура шкољки**“.

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

За менторе се одређују др Александра Перић Грујић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и Ивана Смичиклас, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

Predmet: Podobnost teme i kandidata Marije Egerić za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/34 od 31.01.2019. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata **Marije Egerić**, master inženjera zaštite životne sredine, za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „**Separacija/stabilizacija odabranih teških metala iz vode i zemljišta primenom otpadnih ljuštura školjki**“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Marija Egerić rođena je u Kruševcu 11.03.1987. godine. Osnovnu i srednju školu završila je u Trsteniku, nakon čega je 2006. godine upisala Biološki fakultet u Beogradu, smer Ekologija i zaštita životne sredine. Diplomski rad sa temom „Isхрана nekih vrsta šaranki na području Dunava, nizvodno od Beograda” odbranila je 2012. godine sa ocenom 10, diplomirala je sa prosečnom ocenom 8,89 i stekla zvanje diplomirani biolog zaštite životne sredine. Master studije upisala je 2013. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, na studijkom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine. Master rad na temu „Sadržaj teških metala u sedimentima Dunava uzvodno od Beograda“ odbranila je 2014. godine sa ocenom 10, prosečnom ocenom 9,63 i stekla zvanje master inženjer zaštite životne sredine. Doktorske studije upisala je školske 2014/2015. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Inženjerstvo zaštite životne sredine. Na izradi doktorske disertacije sarađuje sa kolegama iz Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ od 2016. godine, gde je i zaposlena od 2017. godine u Laboratoriji za zaštitu životne sredine i zaštitu od zračenja, a od marta 2018. godine u Laboratoriji za materijale.

Marija Egerić je radila kao nastavnik biologije u osnovnoj školi „Kneginja Milica“ u Beogradu i „Miodrag Čajetinac Čajka“ u Trsteniku, dok je u srednjoj školi „Artimedia“ u Beogradu završila radnu praksu za nastavnika biologije. Za vreme i nakon studija, aktivno se bavila volonterskim radom u okviru različitih organizacija. Volontirala je na Univerzijadi u Beogradu 2009. godine, kao i na manifestacijama koje je organizovao Svetski fond za prirodu (World Wildlife Fund -WWF). Učestvovala je kao promoter nauke na Festivalu nauke u Beogradu i radionicama „Vinčine Naučionice“ i „Otvorena vrata“ u INN „Vinča“. U novembru 2018. godine pohađala je seminar i radionicu pod nazivom „Zaštita životne sredine - prevencija, monitoring i remedijacija – svetska i naša iskustva“, gde je stekla teorijsku i praktičnu obuku o modernim tehnikama monitoringa i bioremedijacije organskih zagađujućih materija.

Kandidat se služi engleskim jezikom. Za potrebe naučno-istraživačkog rada odlično se služi računarom i koristi odgovarajuće softverske pakete.

1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo

Marija Egerić je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu upisala školske 2014/2015. godine na studijskom programu Inženjerstvo zaštite životne sredine. Kandidat je položio sve ispite predviđene planom i programom doktorskih studija, sa prosečnom ocenom 9,25 (devet i 25/100). Završni ispit pod nazivom „Primena otpadnih materijala kao aditiva/sorbenata u remedijaciji zemljišta zagađenog teškim metalima“ odbranila je 2016. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Aleksandra Perić-Grujić, dr Mirjana Ristić i dr Viktor Pocajt.

Spisak položenih ispita, ocena i ostvarenih ESP bodova prikazan je u Tabeli:

	Predmet	Ocena	ESPB
1	Engleski jezik	10	-
2	Kreativni inženjering	10	5
3	Tehnologija pripreme vode	10	5
4	Tehnologija prečišćavanja otpadnih voda	10	5
5	Strukturna analiza organskih molekula	10	6
6	Organske zagađujuće supstance	10	4
7	Masena spektrometrija	10	5
8	Hemijska kinetika	6	5
9	Viši kurs analitičke hemije	7	5
10	Industrijska ekologija	9	5
11	Ekonomija životne sredine i održivi razvoj	9	4
12	Matematička obrada eksperimentalnih podataka	10	5
13	Završni ispit - pristupni rad za izradu doktorske disertacije	10	30
Prosečna ocena / Ukupno bodova		9,25	84

Od septembra 2017. godine angažovana je na projektu integralnih i interdisciplinarnih istraživanja Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije broj III 43009 „Nove tehnologije za monitoring i zaštitu životnog okruženja od štetnih hemijskih supstanci i radijacionog opterećenja“. Zvanje istraživač pripravnik stekla je 30.05.2017. godine, Odlukom o sticanju istraživačkog zvanja broj: 1271/19 Naučnog veća Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ Univerziteta u Beogradu.

Eksperimentalni deo doktorske teze izvodi se u Institutu za nuklearne nauke „Vinča“ u Laboratoriji za zaštitu životne sredine i zaštitu od zračenja, pod mentorstvom dr Ivane Smičiklas, naučnog savetnika INN „Vinča“.

Osim istraživanjima usko povezanim sa temom doktorata, bavi se i ispitivanjem fizičko-hemijskih i sorpcionih svojstava drugih otpadnih materijala i mogućnostima njihove primene u prečišćavanju voda i remedijaciji zemljišta, kao i ispitivanjem fizičko-hemijskih svojstava i potencijala primene ugljeničnih materijala za uklanjanje pesticida i teških metala iz vodene sredine.

U toku svog dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada, kao autor ili koautor, objavila je 1 rad u vrhunskom časopisu međunarodnog značaja (M21), 1 rad u istaknutom međunarodnom časopisu (M22), 1 rad u vodećem nacionalnom časopisu (M51) i 10 saopštenja na međunarodnim naučnim skupovima štampanim u celini ili izvodu (M33 i M34).

SPISAK OBJAVLJENIH NAUČNIH RADOVA:

Radovi u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21)

1. **Egerić M.**, Smičiklas I., Mraković A., Jović M., Šljivić-Ivanović M., Antanasijević D., Ristić M.: *Experimental and theoretical consideration of the factors influencing cationic pollutants retention by seashell waste*, Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol. 93, No. 5, 2017, pp. 1477–1487, ISSN 0268-2575, IF(2016)=3.135.

Radovi u istaknutom međunarodnom časopisu (M22)

1. **Egerić M.**, Smičiklas I., Mraković A., Jović M., Šljivić-Ivanović M., Sokolović J., Ristić M.: *Separation of Cu(II) ions from synthetic solutions and wastewater by raw and calcined seashell waste*, Desalination and Water Treatment, Vol. 132, 2018, pp. 205–214, ISSN: 1944-3994, IF(2016)=1,631.

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. Šljivić-Ivanović M., **Egerić M.**, Smičiklas I., Dimović S., Jović M.: *Kinetic study of Cu(II) and Zn(II) ions sorption onto recycled concrete*, Proceedings of the XXV International Conference "ECOLOGICAL TRUTH" ECO-IST'17", Vrnjačka Banja 2017, pp. 113–118, ISBN: 978-86-6305-062-4.
2. Kumrić K., **Egerić M.**, Vujasin R., Petrović Đ., Devečerski A., Matović Lj.: *Simultaneous removal of selected pesticides from aqueous solutions by coconut shell activated carbon*, Proceedings of the 55th Meeting of the Serbian Chemical Society, Novi Sad 2018, pp. 102–107, ISBN: 978-86-7132-070-2.
3. **Egerić M.**, Smičiklas I., Mraković A., Jović M., Šljivić-Ivanović M.: *Competitive removal of divalent Pb, Zn, Cu and Sr ions by aragonite seashell waste*, Proceedings of the Physical Chemistry 2018, Belgrade 2018, pp. 789–792, ISBN: 978-86-82475-37-8.
4. Kumrić K., Vujasin R., **Egerić M.**, Omerašević M., Devečerski A., Matović Lj.: *Preconcentration of targeted pesticides from aqueous solutions by the solid phase extraction on activated carbon derived from coconut shell*, Proceedings of the Physical Chemistry, Belgrade 2018, pp. 813–816, ISBN: 978-86-82475-37-8.

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu (M34)

1. **Egerić M.**, Smičiklas I., Ristić M.: *Properties of seashell waste as a sorbent material for cationic pollutants*, Book of Abstracts of the Fifteenth Young Researchers' Conference - Materials Sciences and Engineering, Belgrade 2016, p. 19, ISBN 978-86-80321-32-5.
2. **Egerić M.**, Smičiklas I., Antanasijević D.: *Modelling of cation removal by seashell waste based on GRNN architecture*, Book of Abstracts of the Sixteenth Young Researchers' Conference - Materials Sciences and Engineering, Book of Abstracts, Belgrade 2017, p. 20, ISBN 978-86-80321-33-2.
3. Kumrić K., Vujasin R., Petrović Đ., **Egerić M.**, Matović Lj.: *Determination of targeted pesticides in aqueous samples using coconut shell activated carbon for preconcentration prior to high performance liquid chromatography*, Journal of Environmental Analytical Chemistry, Amsterdam 2018, p. 66, DOI: 10.4172/2380-2391-C2-006.
4. Vujasin R., Matović Lj., Kumrić K., **Egerić M.**, Omerašević M., Devečerski A.: *Use of waste sludge from Ni/Cr plating as raw material for obtaining the inorganic pigments*, Journal of Environmental Analytical Chemistry, Amsterdam 2018, p. 67, DOI: 10.4172/2380-2391-C2-006.
5. Matović Lj., Kumrić K., Vujasin R., Devečerski A., Omerašević M., **Egerić M.**, Petrović Đ.: *Synergetic effect of ionizing radiation and adsorption on methylene blue degradation*, Journal of Environmental Analytical Chemistry, Amsterdam 2018, p. 68, DOI: 10.4172/2380-2391-C2-006.

6. **Egerić M.**, Smičiklas I., Jović M., Šljivić-Ivanović M.: *Assessment of the applicability of raw and calcined seashells for the treatment of industrial wastewater*, Book of Abstracts of the Seventeenth Young Researchers' Conference Materials Sciences and Engineering, Belgrade 2018, p. 85, ISBN: 978-86-80321-34-9.

Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51)

1. **Egerić M.**, Škraba D. Ilić, M., Marković V., Nikolić V.: *Notes on Feeding Preferences of Some Cyprinids (Osteichthyes, Cyprinidae) in the Danube Downstream from Belgrade*, Water Research and Management, Vol 5, No 3, 2015, pp. 35–40, UDK: 597.551.2-153(282.243.7)(497.11).

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i prikazanih rezultata ostvarenih tokom doktorskih studija, Marija Egerić je pokazala izuzetno interesovanje, sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom, što se ogleda u samostalnom osmišljavanju, kreiranju i realizaciji istraživanja, sagledavanju i obradi rezultata i pisanju naučnih radova. Iz oblasti kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, kandidat je autor ili koautor 2 rada publikovana u međunarodnim časopisima i 5 saopštenja na međunarodnim naučnim skupovima. Na osnovu biografskih i bibliografskih podataka kandidata i dosadašnjih naučno-istraživačkih aktivnosti, Komisija smatra da je kandidat podoban za efikasan teorijski i eksperimentalni rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet istraživanja u okviru predložene teme doktorata je mogućnost primene otpadnih ljuštura morskih školjki u separaciji odabranih teških metala iz vodene sredine i njihovoj stabilizaciji u zemljištu.

Usled ubrzanog industrijskog razvoja savremeno društvo se suočava sa globalnim problemima iscrpljivanja prirodnih rezervi, zagađenja životne sredine, generisanja i akumulacije otpada. Rastuća saznanja o uzročno-posledničnim vezama između ljudskih aktivnosti, kvaliteta životne sredine i zdravlja, podstakla su razvoj i implementaciju tehnologija i mera koje imaju za cilj smanjenje efekata zagađenja. Članice Evropske unije su se usvajanjem odgovarajućih paketa direktiva fokusirale na sprečavanje, minimiziranje i kontrolu zagađenja, dok je implementacija takozvanog „4R“ koncepta (*Eng. Reduce, Reuse, Recycle and Recovery*) prepoznata kao osnova za dalje održivo upravljanje otpadom i zaštitu ograničenih prirodnih resursa. Kao rezultat, otpadni materijali i nusproizvodi iz različitih privrednih sektora, okarakterisani kao bogati izvori energije ili sekundarnih sirovina, sve se više ispituju u cilju praktične primene u konvencionalnim i novim tehnologijama.

Egzoskeleti morskih organizama, posebno školjki, sadrže veoma veliki procenat kalcijum karbonata, dok ostatak čini organski matriks. Prirodna akumulacija ljuštura školjki u priobalnim područjima rezultat je kretanja morske vode. Pored toga, uzgoj različitih vrsta školjki za potrebe ljudske ishrane predstavlja sektor ekonomije sa ubrzanim razvojem širom sveta i doprinosi generisanju ljuštura kao glavnog čvrstog otpada koji predstavlja i do 75% ukupne mase školjke. Primera radi, uzgajališta smeštena u Galiciji (Španija) generišu više od 80.000 tona ljuštura godišnje, a podaci za Kinu pokazuju da se na deponijama odloži oko 10 miliona tona ljuštura godišnje. Dugogodišnje deponovanje ljuštura u priobalnim područjima izaziva zagađenje priobalnih voda, pojavu neprijatnih mirisa usled raspadanja ostataka mesa na ljušturama, oštećenje prirodnog pejzaža i ugrožavanje nativnih biljnih i životinjskih vrsta.

S obzirom da je prirodni krečnjak strateški značajan mineral sa velikom i ekstremno raznovrsnom primenom, upotreba otpadnih ljuštura školjki kao sekundarnog izvora kalcijum karbonata privukla je pažnju naučne zajednice. Dosadašnja ispitivanja su pokazala da je, u zavisnosti od tretmana, oblika i veličine zrna, veliki potencijal primene ljuštura u proizvodnji

građevinskih materijala, dekorativnih predmeta, stočne hrane, papira, gume, boja, farmaceutskih proizvoda i različitih jedinjenja kalcijuma.

Takođe, sorpcioni i neutralizacioni kapacitet kalcijum-karbonata se vekovima koriste za prečišćavanje voda zagađenih teškim metalima, za njihovu stabilizaciju u zemljištu, kao i za korekciju agrohemijskih svojstava kiselog zemljišta. Prethodna istraživanja vezana za primenu ljuštura školjki kao alternativnog karbonatnog sorbenta, su pokazala da, nakon minimalnog tretmana (usitnjavanja), ovaj materijal iz vodenog rastvora efikasno vezuje jone metala kao što su Pb, Zn, Cd, Cu, Zn, Ni, Cs, Co i Hg. U zavisnosti od eksperimentalnih uslova i ispitivanog jona metala, detektovani su različiti mehanizmi separacije, uključujući jonsku izmenu, hemisorpciju i precipitaciju novih kristalnih faza. Pokazano je da tretmani kiselinama povoljno utiču na vezivanje jona Cu, a žarenjem na 550°C dobijen je materijal sa povećanim kapacitetom sorpcije jona Hg.

Literaturni podaci o efektima primene ljuštura školjki kao aditiva kiselom zemljištu pokazuju povećanje pH vrednosti i koncentracije izmenljivog Ca, smanjenje koncentracije izmenljivog Al i povećanje dostupnosti nutrijenata (C i N), što je imalo pozitivan uticaj na biološka svojstva zemljišta, kao i na biljke. Utvrđeno je da dodatak ljuštura školjki smanjuje mobilnost i biodostupnost jona Cu u zemljištu vinograda, kao i biodostupnost jona Pb na poligonima za testiranje municije.

Joni teških metala su značajna grupa polutanata zbog velike emisije, akumulacije u životnoj sredini i štetnog uticaja na živi svet i zdravlje ljudi. Savremena istraživanja su usmerena na pronalaženje ekonomičnih materijala-sorbenata koji omogućavaju brzo, jednostavno i efikasno uklanjanje i stabilizaciju teških metala. Iako dosadašnja ispitivanja ljuštura školjki kao alternativnog sorbenta ili aditiva zemljištu ukazuju na veliki potencijal primene, sa istom ili većom efikasnošću u odnosu na prirodni krečnjak, neophodna su dalja istraživanja. Do sada nisu rađene sistematske studije uticaja faktora procesa na efikasnost separacije različitih jonskih vrsta iz sintetičkih rastvora i realnih otpadnih voda. Termogravimetrijska analiza ljuštura je često korišćena za karakterizaciju ovog materijala u svrhu dalje primene, ali efikasnost uklanjanja jona metala iz vodene sredine ljušturama koje su prethodno modifikovane na različitim temperaturama nije ispitana. Takođe, praktična primena ljuštura kao aditiva zemljištu zahteva detaljno poznavanje uticaja na distribuciju i biodostupnost jona teških metala, ali i na dostupnost mikroelemenata i ostala esencijalna svojstva različitih tipova zemljišta.

Glavni ciljevi istraživanja su ispitivanje uticaja različitih procesnih faktora i efekata temperaturnih tretmana ljuštura na separaciju odabranih jona metala iz vodene sredine, kao i ispitivanje efekata dodavanja ljuštura školjki u kiselo i zagađeno zemljište na mobilnost odabranih jona metala i esencijalna agrohemijska svojstva zemljišta.

Spisak stručne literature koja će se koristiti:

1. Yao Y., Xia M., Li H., Chen T., Ye Y., Zheng H.: *Bivalve Shell: Not an Abundant Useless Waste but a Functional and Versatile Biomaterial*, - Critical Reviews in Environmental Science and Technology, Vol 44, 2014, pp. 2502–2530.
2. Ahmad M., Lee S.S., Lim J.E., Lee S.E., Cho J.S., Moon D.H., Hashimoto Y., Ok Y.S.: *Speciation and phytoavailability of lead and antimony in a small arms range soil amended with mussel shell, cow bone and biochar: EXAFS spectroscopy and chemical extractions*. – Chemosphere. Vol 95, 2014, pp. 433–441.
3. Bozbaş S.K., Boz Y.: *Low-cost biosorbent: Anadara inaequalis shells for removal of Pb(II) and Cu(II) from aqueous solution*, - Process Safety and Environmental Protection, Vol 103, 2016, pp. 144–152.
4. Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., De Deyn G., De Goede R., Flesskens L., Geissen V., Kuyper T.W., Mäder P., Pulleman M., Sukkel W., Willem Van Groenigen J., Brussaard L.: *Soil quality - A critical review*, - Soil Biology and Biochemistry, Vol 120, 2018, pp. 105–125.
5. Dutta M., Basu J.K.: *Application of artificial neural network for prediction of Pb(II) adsorption characteristics*, - Environmental Science and Pollution Research, Vol 20 No 5, 2013, pp. 3322–

6. Esfandian H., Parvini M., Khoshandam B., Samadi-Maybodi A.: *Artificial neural network (ANN) technique for modeling the mercury adsorption from aqueous solution using Sargassum Bevanom algae*, - Desalination and Water Treatment, Vol 57, No 37, 2016, pp. 17206–17219.
7. Fernández-Calviño D., Cutillas-Barreiro L., Núñez-Delgado A., Fernández-Sanjurjo M.J., Álvarez-Rodríguez E., Nóvoa-Muñoz J.C., Arias-Estévez M.: *Cu Immobilization and Lolium perenne Development in an Acid Vineyard Soil Amended with Crushed Mussel Shell*, - Land Degradation & Development, Vol 28, No 2, 2017, pp. 762–772.
8. Francisca F.M., Glatstein D.A.: *Influence of pH on cadmium, copper, and lead removal from wastewater by steel slag*, - Desalination and Water Treatment, Vol 57, No 45, 2016, pp. 21610–21618.
9. Garrido-Rodríguez B., Fernández-Calviño D., Nóvoa Muñoz J.C., Arias-Estévez M., Díaz-Raviña M., Álvarez-Rodríguez E., Fernández-Sanjurjo M.J., Núñez-Delgado A.: *pH-dependent copper release in acid soils treated with crushed mussel shell*, - International Journal of Environmental Science and Technology, Vol 10, No 8, 2013, pp. 983–994.
10. Goulding K.W.T.: *Soil acidification and the importance of liming agricultural soils with particular reference to the United Kingdom*, - Soil Use and Management, Vol 32, No 3, 2016, pp. 390–399.
11. Labastida I., Armienta M.A., Lara-Castro R.H., Aguayo A., Cruz O., Cenicerros N.: *Treatment of mining acidic leachates with indigenous limestone, Zimapan Mexico*, - Journal of Hazardous Materials, Vol 262, 2013, pp. 1187–1195.
12. Lu J., Lu Z., Li X., Xu H., Li X.: *Recycling of shell wastes into nanosized calcium carbonate powders with different phase compositions*, - Journal of Cleaner Production, Vol 92, 2015, pp. 223–229.
13. Masukume M., Onyango M.S., Maree J.P.: *Sea shell derived adsorbent and its potential for treating acid mine drainage*, - International Journal of Mineral Processing, Vol 133, 2014, pp. 52–59.
14. Mendoza-Castillo D.I., Villalobos-Ortega N., Bonilla-Petriciolet A., Tapia-Picazo J.C.: *Neural network modeling of heavy metal sorption on lignocellulosic biomasses: Effect of metallic ion properties and sorbent characteristics*, - Industrial & Engineering Chemistry Research, Vol 54, No 1, 2015, pp. 443–453.
15. Nag S., Mondal A., Bar N., Das S.K.: *Biosorption of chromium(VI) from aqueous solutions and ANN modeling*, - Environmental Science and Pollution Research, Vol 24, No 23, 2017, pp. 18817–18835.
16. Papadimitriou C.A., Krey G., Stamatis N., Kallianiotis A.: *The use of waste mussel shells for the adsorption of dyes and heavy metals*, - Journal of Chemical Technology and Biotechnology, Vol 92, No 8, 2017, pp. 1943–1947.
17. Podstawczyk D., Witek-Krowiak A., Dawiec A., Bhatnagar A.: *Biosorption of copper(II) ions by flax meal: Empirical modeling and process optimization by response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) simulation*, - Ecological Engineering, Vol 83, 2015, pp. 364–379.
18. Sdiri, A., Bouaziz S.: *Re-evaluation of several heavy metals removal by natural limestones*, - Frontiers of Chemical Science and Engineering, Vol 8, No 4, 2014, pp. 418–432.
19. Trinkunaite-Felsen J., Birkedal H., Zarkov A., Tautkus S., Stankeviciute Z., Kareiva A.: *Environmentally benign fabrication of calcium hydroxyapatite using seashells collected in Baltic Sea countries: A comparative study*, - Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements, Vol 191, No 6, 2016, pp. 919–925.
20. Tóth G., Hermann T., Da Silva M.R., Montanarella L.: *Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety*, - Environment International, Vol 88, 2016, pp. 299–309.

21. Uster B., O'Sullivan A.D., Ko S.Y., Evans A., Pope J., Trumm D., Caruso B.: *The Use of Mussel Shells in Upward-Flow Sulfate-Reducing Bioreactors Treating Acid Mine Drainage*, - Mine Water and the Environment, Vol 34, No 4, 2015, pp. 442–454.
22. Wu Q., Chen J., Clark M., Yu Y.: *Adsorption of copper to different biogenic oyster shell structures*, - Applied Surface Science, Vol 311, 2014, pp. 264–272.
23. Barros M.C., Bello P.M., Bao, M., Torrado, J.J.: *From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate*, - Journal of Cleaner Production Vol 17, 2009, 400–407.

3. Polazne hipoteze

Pregled literature pokazuje trend porasta broja istraživanja sa sinergijskim pristupom rešavanju problema otpada i zagađenja, tj. primenom jednog otpadnog materijala ili nus-proizvoda u sanaciji druge vrste otpada ili zagađenja. Sa aspekta zaštite životne sredine i očuvanja prirodnih resursa, dobijanje sorbenata i aditiva za zemljište iz odgovarajućih otpadnih materijala i nus-proizvoda je od posebnog značaja i u skladu je sa Okvirnim programom EU za istraživanje i inovacije, kao i sa Strategijom naučnog i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

Polazne hipoteze koje su osnova za započinjanje naučno-istraživačkog rada u okviru ove doktorske disertacije su sledeće:

- S obzirom na visok procentni sadržaj kalcijum-karbonata u ljušturama školjki (95-99%), očekuje se da će ovaj materijal biti efikasan u separaciji i stabilizaciji odabranih jona teških metala;
- Temperaturski tretmani ljuštura školjki će prouzrokovati promene u sastavu čvrste faze. U zavisnosti od primenjene temperature, očekuje se smanjenje/gubitak organske materije, parcijalna ili totalna konverzija kalcijum-karbonata u kalcijum-oksidi, što može doprineti efikasnijem uklanjanju jona teških metala iz vodene sredine;
- Ispitivanje uticaja parametara procesa, kao što su jonska vrsta u rastvoru, vreme reakcije, polazna koncentracija jona metala, polazna pH vrednost rastvora, količina sorbenta, kompeticija između jona u rastvoru, doprineće razumevanju procesa separacije i optimizaciji uslova odvijanja procesa u cilju postizanja maksimalne efikasnosti;
- Razvoj modela opšte regresione neuronske mreže (eng. *General Regression Neural Network - GRNN*) na osnovu eksperimentalnih rezultata sorpcije odabranih jona metala i fizičko-hemijskih svojstava jona metala, omogućiće poređenje efekata različitih faktora i predikciju sorpcionih kapaciteta;
- Primena metode eksperimentalnog dizajna u variranju faktora procesa prečišćavanja realne otpadne vode biće od značaja za optimizaciju uslova odvijanja procesa i praktičnu primenu ljuštura školjki;
- Dodatak ljuštura školjki kao aditiva kiselom zemljištu doprineće korekciji pH vrednosti i uticati na distribuciju, mobilnost i biodostupnost odabranih jona teških metala;
- Analiza promene esencijalnih agrohemijskih svojstava zemljišta nakon dodavanja različitih količina ljuštura školjki omogućiće uspostavljanje korelacija i procenu optimalnih doza.

4. Naučne metode istraživanja

Za ispitivanje mogućnosti separacije i stabilizacije odabranih teških metala iz vode i zemljišta biće upotrebljene ljušture školjki sakupljene na obali Egejskog mora u severnoj Grčkoj 2016. godine. S obzirom da je sa aspekta primene izdvajanja ljuštura pojedinih vrsta školjki nepraktično, u eksperimentalnom radu biće korišćen kompozitni uzorak. Ljušture su nakon sakupljanja oprane destilovanom vodom u cilju odstranjivanja čestica peska i drugih nečistoća, osušene na 50°C, samlevene u laboratorijskom mlinu i prosejane kroz sita različite veličine otvora.

Fizičko-hemijska karakterizacija polaznog materijala obuhvatiće određivanje mineraloškog sastava rendgenskom difrakcionom analizom (XRD), identifikaciju površinskih funkcionalnih grupa tehnikom infracrvene spektroskopije sa Furijeovom (Fourier) transformacijom (FTIR), određivanje specifične površine (BET metoda), a ukupan sadržaj ispitivanih elemenata metodom optičke emisije spektrometrije sa induktivno spregnutom plazmom (ICP-OES) nakon mikrotalasne digestije uzorka po metodi US EPA 3051A. Temperaturski tretmani ljuštura školjki biće izvršeni žarenjem u širokom opsegu temperatura (300°C-900°C) u električnoj peći, u atmosferi vazduha. Pored praćenja gubitka mase uzorka na različitim temperaturama, fazne promene sastava biće registrovane metodom XRD.

Potencijal različito tretiranih ljuštura morskih školjki za uklanjanje katjona teških metala iz vodenog rastvora će biti ispitan u šaržnim uslovima na sobnoj temperaturi. U prvoj fazi biće korišćeni sintetički rastvori odabranih jona metala, pripremljeni rastvaranjem odgovarajućih nitratnih soli p.a. čistoće. Nakon dodavanja čvrste faze u rastvor, suspezijske će biti mešane pomoću orbitalnog laboratorijskog mešača sa kontrolisanjem broja obrta u minuti, a nakon svakog eksperimenta razdvajanje faza će biti izvršeno centrifugiranjem. Prilikom izvođenja eksperimenata biće varirani faktori procesa kao što su vreme kontakta između sorbenta i rastvora, početna koncentracija metala i početna pH vrednost rastvora. Biće ispitana i kompetitivna sorpcija jona metala iz rastvora različitih koncentracija metala. Koncentracija jona metala pre i nakon sorpcije biće određena metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS), a sorbovane količine će biti određene iz razlike ove dve koncentracije. Konvencionalni matematički modeli biće korišćeni za modelovanje sorpcionih izoterma i kinetike procesa. U cilju određivanja mehanizma sorpcije, osim promene koncentracije odabranih jona metala, biće praćene promene pH vrednosti rastvora, kao i koncentracija jona Ca oslobođenih iz ljuštura školjki, a odabrane čvrste faze nakon sorpcije jona metala biće analizirane XRD metodom u cilju detekcije novih kristalnih faza.

Eksperimentalni podaci o efikasnosti separacije odabranih jona metala pri različitim uslovima i fizičko-hemijska svojstva samih jona metala, biće upotrebljeni kao polazni parametri za razvijanje modela opšte regresione neuronske mreže (engl. General Regression Neural Network - GRNN) u cilju određivanja i poređenja značaja različitih faktora na ovaj proces i predviđanja efikasnosti sorpcije. U cilju analize različitih faktora koji utiču na separaciju odabranih teških metala iz realne otpadne vode, poređenja njihovih efekata i optimizacije uslova odvijanja procesa, eksperimentalni uslovi će biti varirani prema matrici potpunog faktorskog dizajna, a rezultati obrađeni u softveru za statističku analizu (MINITAB).

Uticaj dodavanja ljuštura školjki na stabilizaciju jona teških metala i druga svojstva zemljišta biće ispitani na zemljištu uzorkovanom u okolini Rudarsko-topioničarskog basena Bor. Uzorak zemljišta uzet sa je dubine od 20 cm, osušen je na sobnoj temperaturi, usitnjen, homogenizovan i prosejan u cilju dobijanja frakcije čestica <2 mm. Preliminarne analize su pokazale da je zemljište kisele reakcije, sa koncentracijom bakra iznad remedijacione vrednosti i da agrohemijska svojstva nisu optimalna, pre svega količina dostupnog fosfora. Različite doze pripremljenih ljuštura morskih školjki biće pomešane sa zemljištem u plastičnim posudama, a vreme inkubacije biće 2 meseca.

Agrohemijska svojstva zemljišta će biti ispitana pre i posle interakcije sa ljušturama školjki, a iste metode će biti primenjene i za određivanje odgovarajućih svojstava samih ljuštura. Vrednost pH(H₂O) biće određena metodom EPA 9045D koja je predviđena za zemljište i otpadne materijale; električna provodljivost (EC) metodom konduktometrije; kapacitet katjonske izmene (CEC) metodom sa amonijum-acetatom; dostupan fosfor i kalijum pomoću takozvane amonijum-laktatne (AL-metode); ukupan sadržaj ugljenika, azota i sumpora pomoću CHNOS elementarnog analizatora; kalcimetrom po Scheibler-u će biti određen sadržaj CaCO₃, dok će sadržaj ukupnog organskog ugljenika biti izračunat iz razlike ukupnog i neorganskog ugljenika. Raspodela veličina čestica biće određena kombinovanom metodom prosejavanja i pipetiranja, a na osnovu procentnog sadržaja pojedinih frakcija biće definisana tekstura zemljišta. Ukupna koncentracija ispitivanih elemenata nakon mikrotalasne digestije uzoraka zemljišta, biće određena ICP-OES metodom. Distribucija odabranih elemenata u različitim frakcijama zemljišta biće određena metodom

sekvencijalne ekstrakcije po Tessier-u, dok će biodostupnost elemenata biti određena ekstrakcijom uzoraka zemljišta sa dietiltriaminopentasilicijnom kiselinom (DTPA).

5. Očekivani naučni doprinos

Uzimajući u obzir aktuelnost problematike u svetu, do sada publikovane rezultate u ovoj oblasti, kao i predmet i ciljeve ovog istraživanja, očekuje se da će rezultati predložene doktorske disertacije doprineti:

- Povećanju fundamentalnih znanja o kapacitetima, kinetici i mehanizmima vezivanja odabranih jona teških metala ljušturama školjki;
- Povećanju znanja o uticaju parametara procesa i parametara karakterističnih za vrstu metala, na efikasnost separacije jona teških metala iz vodenih rastvora;
- Unapređenju procesa prečišćavanja voda prethodnim termičkim tretmanima ljuštura školjki i poznavanju odnosa između primenjene temperature, sastava materijala i efikasnosti separacije jona teških metala;
- Optimizaciji faktora koji utiču na efikasnost tretmana otpadne vode;
- Potpunijoj karakterizaciji ljuštura školjki sa aspekta primene u zemljištu;
- Određivanju efekata ljuštura školjki na distribuciju i biodostupnost odabranih teških metala, kao i drugih elemenata od interesa;
- Boljem razumevanju uticaja dodavanja ljuštura školjki na esencijalna svojstva zemljišta, kao što su pH, TOC, EC, sadržaj karbonata i dostupnost fosfata;
- Uspostavljanju korelacija između fizičko-hemijskih svojstava zemljišta tretiranog različitim dozama ljuštura školjki i distribucije odabranih jona teških metala.

Takođe se očekuje da će rezultati istraživanja, posebno oni koji proističu iz eksperimenata sa realnim uzorcima otpadne vode i zagađenog zemljišta, doprineti valorizaciji ljuštura školjki, kao i njihovoj potencijalnoj primeni, a time i smanjenju ekoloških problema izazvanih njihovim odlaganjem.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Istraživanja u okviru predložene teme doktorske disertacije odvijaću se u okviru sledećih faza:

- Analiza postojeće stručne i naučne literature u svetu i kod nas u vezi sa temom doktorata, zakonske regulative i praktične primene ljuštura školjki i drugih otpadnih materijala u separaciji/stabilizaciji jona teških metala u vodi i zemljištu;
- Uzorkovanje i priprema ljuštura školjki i kontaminiranog zemljišta za potrebe daljih analiza i eksperimentalnog rada;
- Modifikacija ljuštura školjki termičkim tretmanima;
- Fizičko-hemijska karakterizacija ljuštura školjki i zemljišta;
- Ispitivanje uticaja različitih faktora (vrste i koncentracije jona teških metala, pH vrednosti rastvora, vremena interakcije, kompeticije jona metala u rastvoru, termičkog tretmana i granulacije ljuštura) na sorbovanu količinu jona teških metala iz sintetičkih rastvora i realne otpadne vode u šaržnim uslovima;
- Analiza i matematičko modelovanje rezultata;
- Tretman kontaminiranog zemljišta dodavanjem različitih doza pripremljenih ljuštura školjki;
- Fizičko-hemijska karakterizacija tretiranog zemljišta nakon perioda inkubacije od dva meseca;
- Obrada eksperimentalnih rezultata i analiza uspešnosti tretmana.

Planom istraživanja predviđeno je da će doktorska disertacija sadržati šest poglavlja. U poglavlju 1. *Uvod* - biće definisan značaj, predmet, glavni ciljevi istraživanja i biće istaknut naučni doprinos disertacije. U poglavlju 2. *Teorijski deo* - biće prikazani relevantni i najnoviji literaturni podaci vezani za problematiku predložene disertacije. Poglavlje 3. *Eksperimentalni deo* - obuhvatiće podatke o korišćenim materijalima, tretmanima, metodama i uređajima za fizičko-hemijsku karakterizaciju, kao i eksperimentalnim metodama za ispitivanje efekata separacije/stabilizacije odabranih jona teških metala ljušturama školjki u vodenim rastvorima i zemljištu pod različitim uslovima. U poglavlju 4. *Rezultati i diskusija* - biće dati rezultati eksperimentalnih istraživanja, statističke analize i matematičkog modelovanja, poređenje sa postojećom literaturom i naučna diskusija rezultata. U poglavlju 5. *Zaključak* - biće sumirani najvažniji zaključci proistekli iz eksperimentalnog rada i teorijske analize rezultata, dok će poglavlje 6. *Literatura* - obuhvatiti korišćenu naučnu, stručnu literaturu, radove koji budu proistekli iz istraživanja u okviru ove doktorske disertacije i druge citirane izvore.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu izloženog Komisija smatra da je tema doktorske disertacije pod naslovom „**Separacija/stabilizacija odabranih teških metala iz vode i zemljišta primenom otpadnih ljuštura školjki**“, koju je predložila Marija Egerić, master inženjer zaštite životne sredine, naučno zasnovana i da će rezultati istraživanja u okviru predložene teme dati značajan doprinos naučnoj oblasti Inženjerstvo zaštite životne sredine za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da kandidatu Mariji Egerić odobri izradu doktorske disertacije pod navedenim naslovom. Za mentore doktorske disertacije Komisija predlaže dr Aleksandru Perić-Grujić, redovnog profesora Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu i dr Ivanu Smičiklas, naučnog savetnika Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ Univerziteta u Beogradu.

U Beogradu, 13. 03. 2019. god.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
dr Aleksandra Perić-Grujić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Ivana Smičiklas, naučni savetnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“

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

.....
dr Mihajlo Jović, viši naučni saradnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke „Vinča“