

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

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Marije Petrović, dipl. ing. tehnologije.

Odlukom br 35/274 Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, od 26.05.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Marije Petrović, diplomiranog inženjera tehnologije, pod nazivom:

„Uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)”

Komisija je pregledala doktorsku disertaciju i podnosi Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1 Hronologija odobravanja i izrade disertacije

29.06.2015. – Kandidat Marija Petrović, dipl. ing., predložio je temu doktorske disertacije pod nazivom: „Uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)“.

20.07.2015. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/304 o imenovanju Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Marije Petrović, dipl. ing. za izradu doktorske disertacije pod nazivom: „Uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)“.

30.10.2015. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/493 o prihvatanju Referata Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata i odobravanju izrade doktorske disertacije Marije Petrović, dipl. ing., pod nazivom: „Uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)“, a za mentora ove doktorske disertacije imenovana je dr Slavka Stanković, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

26.11.2015. – Na sednici Veća naučnih oblasti prrodnih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije Marije Petrović, dipl. ing., Odluka br. 1888/1, pod nazivom: „Uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)“.

26.05.2016. – Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka br. 35/274 o imenovanju Komisije za ocenu i odbranu doktorske

disertacije Marije Petrović, dipl. ing., pod nazivom: „Uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)“.

1.2 Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemijske nauke, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Za mentora ove doktorske disertacije imenovana je dr Slavka Stanković, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, koja je na osnovu objavljenih publikacija i iskustva kompetentna da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3 Biografski podaci o kandidatu

Marija Petrović je rođena 27. novembra 1982. godine u Beogradu. Osnovnu školu i gimnaziju završila je u Mladenovcu. Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu, upisala je školske 2001/2002. godine. Diplomirala je 2007. godine na Katedri za Analitičku hemiju sa prosečnom ocenom 8,06 (osam i nula šest) i ocenom 10 odbranila diplomski rad. Doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, studijski program Hemija, upisala je školske 2011/2012. godine.

Petrović Marija je bila zaposlena u fabrici Stublina d.o.o. kao rukovodilac pogona za površinsku zaštitu i preradu otpadnih voda od marta 2008. do decembra 2011. godine. U Institutu za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, u Laboratoriji za hemijska ispitivanja, zaposlena je od decembra 2011. godine. U zvanje istraživač saradnik izabrana je u novembru 2012. godine.

Od 2006 godine angažovana je na više projekata. U periodu od 2006. do 2008. godine bila je član srpskog naučno-istraživačkog tima na dva međunarodna projekta: projekat finansiran od strane norveške vlade - Norwegian Cooperation Program on Research and Higher Education with the countries on the Western Balkans (CPWB) i projekat finansiran od strane Evropske Agencije za Rekonstrukciju (COWAMA) u okviru kojih je učestvovala na međunarodnim obukama i kursevima: Sediments–From Sampling to Analysis (Pomena, Ostrvo Mljet, Hrvatska, 2007) i Marine Chemistry (Zagreb, Hrvatska, Institut Ruđer Bošković, 2007). Svoja istraživanja u okviru projekata zaokružila je u svom diplomskom radu. Trenutno je angažovana na dva projekta u oblasti tehnološkog razvoja finansiranih od strane Ministarstva za nauku, prosvetu i tehnološki razvoj Republike Srbije (TR 31003, TR 34013).

2. OPIS DISERTACIJE

2.1 Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Marije Petrović pod naslovom „Uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)” napisana je na 170 strana A4 formata (sa proredom 1,5) i sadrži 34 tabele i 49 slika. Tekst disertacije obuhvata sledeća poglavlja: Uvod i teorijski deo (57 strana), Eksperimentalni deo (20 strana), Rezultate i diskusiju (73 strana), Zaključak (3 strane), Literaturu (223 literaturna navoda, 17 strana), Prilog (4 strane) i kratku Biografiju autora. Pored toga, postoji Izvod na srpskom i engleskom jeziku (po 2 strane) i Sadržaj. Po svojoj formi i sadržaju, podneti rad zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

2.2 Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U *Uvodu* je dat osvrt na oblast istraživanja, predmet i cilj ove doktorske disertacije, koji podrazumevaju upotrebu otpadne biomase za uklanjanje jona teških metala iz vodenog rastvora. Kao biomasa korišćen je otpad na bazi kukuruza (kukuruzna svila i oklasak kukuruza). Istaknut je značaj predmetnih istraživanja i ukratko je predstavljen plan istraživanja.

Teorijski deo disertacije je podeljen na tri tematske celine: Zagađenje voda, Proces biosorpcije i Kukuruz (*Zea mays* L.).

- Prva celina sadrži četiri dela: Teški metali u životnoj sredini, Rasprostranjenost i ekotoksičnost odabranih teških metala, Dozvoljene koncentracije teških metala u vodama i Postupci za uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora u kojima su prikazani glavni izazovi u pogledu zagađenja voda teškim metalima.
- Druga celina obuhvata dvanaest delova: Uvod u proces biosorpcije, Struktura biomase i afinitet ka vezivanju jona metala, Faktori koji utiču na proces biosorpcije, Biosorpcione izoterme, Kinetika biosorpcije, Termodinamika biosorpcije, Biosorpcioni mehanizmi, Analitičke tehnike za karakterizaciju biosorbenta, Proces desorpcije, Agro – industrijski ostaci kao biosorbenti, Proces biosorpcije u višekomponentnom rastvoru i Biosorpcija u protočnom sistemu (koloni). U okviru druge celine dat je prikaz strukture biomase kao i detaljno razmatranje dosadašnjih istraživanja u oblasti biosorpcije. Ukazano je na opravdanost upotrebe otpadne biomase za uklanjanje jona metala iz otpadnih voda. Dat je detaljni uvid u proces biosorpcije. Analizirani su različiti modeli izoterme, kinetički i termodinamički modeli. Opisani su mehanizmi koji učestvuju u procesu biosorpcije kao i analitičke tehnike koje se koriste za analizu biosorbentata. Takođe, dat je prikaz različitih agro – industrijskih ostataka koji se primenjuju u procesu biosorpcije, mogućnost njihove regeneracije, primene u višekomponentnim rastvorima kao i u protočnom sistemu.
- Treća celina sadrži četiri dela: Morfološke karakteristike kukuruza, Poreklo kukuruza, Proizvodnja kukuruza u svetu i Srbiji i Kukuruz kao biosorbent. U okviru ove celine dat je prikaz o osnovnim svojstvima, opštoj upotrebi i proizvodnji kukuruza kao i o upotrebi različitih delova kukuruza u procesu biosorpcije.

Eksperimentalni deo sadrži tri celine: Plan eksperimentalnog rada, Materijali i Metode. U okviru prve celine prikazana je metodologija ispitivanja primene otpadne biomase na bazi kukuruza (*Zea mays* L.) za uklanjanje jona olova, bakra i cinka iz njihovih vodenih rastvora. Druga celina sadrži opis pripreme biosorbenta i radnih rastvora koji su korišćeni u biosorpcionim eksperimentima. U trećoj celini dat je detaljan opis metoda kojima je vršena karakterizacija oklaska kukuruza i kukuruzne svile. Takođe, u ovoj celini je dat i opis laboratorijskih eksperimenata izvođenih u šaržnom i protočnom sistemu u cilju ispitivanja upotrebe biomase na bazi kukuruza (*Zea mays* L.) za uklanjanje jona olova, bakra i cinka iz vodenih rastvora.

Poglavlje *Rezultati i diskusija* sastoji se iz tri celine, u kojima su prikazani i detaljno analizirani dobijeni rezultati.

- U prvom potpoglavlju prikazani su i prodiskutovani rezultati koji se odnose na fizičko – hemijsku karakterizaciju kukuruzne svile i oklaska kukuruza. Prikazani su rezultati elementarne analize, određivanja sadržaja vlage, pepela, suve materije, proteina, sirove masti, sirove celuloze, lignina, hemiceluloze, sadržaja makro i mikro neorganskih elemenata. Određen je kapacitet katjonske izmene i tačka nultog

naelektrisanja. Promene fizičkih i hemijskih osobina biomase u zavisnosti od temperature utvrđene su metodom termogravimetrije (TGA) sa diferencijalnom termogravimetrijom (DTA), dok je specifična površina uzoraka određena BET metodom. Uzorci kukuruzne svile i oklaska kukuruza pre i nakon procesa biosorpcije jona olova, bakra i cinka ispitani su metodama skenirajuće elektronske mikroskopije i energijsko – disperzivne rendgenske analize (SEM – EDX) i infracrvene spektroskopije sa Furijeovom transformacijom (FTIR). Promene do kojih dolazi nakon procesa biosorpcije, a uočene su SEM – EDX i FTIR analizom, ukazuju da su za vezivanje jona metala na površinu biosorbenta odgovorni mehanizam jonske izmene i hemisorpcija.

- U drugom potpoglavlju prikazani su i prodiskutovani rezultati koji se odnose na ispitivanje procesa biosorpcije jona metala iz njihovih vodenih rastvora na kukuruznoj svili u šaržnom sistemu. Ispitani su operativni parametri koji utiču na proces biosorpcije: pH vrednost rastvora, masa biosorbenta, inicijalna koncentracija jona metala u rastvoru, vreme kontakta i temperatura. Eksperimentalni rezultati obrađeni su Lengmirovim i Frojhdndlihovim modelom izoterma i kinetičkim modelima pseudo – prvog, pseudo – drugog reda i modelom međučestične difuzije. U ovom delu prikazani su rezultati ispitivanja mogućnosti uklanjanja adsorbovanih jona na kukuruznoj svili kao i ponovna primena ovog biosorbenta u više adsorpciono – desorpcionih ciklusa. Ispitan je međusobni uticaj jona metala u višekomponentnom rastvoru na proces uklanjanja jona od interesa. Na osnovu dobijenih rezultata dat je prikaz mehanizama koji su odgovorni za proces biosorpcije jona olova, bakra i cinka na kukuruznoj svili. Takođe, u ovom delu dat je prikaz rezultata ispitivanja mogućnosti uklanjanja jona metala iz industrijskih otpadnih voda kukuruznom svilom.
- U trećem potpoglavlju prikazani su i prodiskutovani rezultati koji se odnose na ispitivanje procesa biosorpcije jona metala iz višekomponentnog rastvora na kukuruznoj svili u protočnom sistemu. Definisana je procedura imobilizacije kukuruzne svile Na- alginatom i određeni su parametri krive proboja.

U poglavlju *Zaključak* su sumirani izvedeni zaključci proistekli iz rada na ovoj doktorskoj disertaciji.

U poglavlju *Literatura* navedeni su relevantni radovi iz oblasti istraživanja u okviru ove disertacije.

Disertacija sadrži još i kratku biografiju kandidata, izjavu o autorstvu, izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije rada i izjavu o korišćenju.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1 Savremenost i originalnost

Intenzivni tehnološki i industrijski razvoj doveo je do prekomernog iskorišćavanja vodnih resursa kao i do sve većeg zagađenja voda. Teški metali koji dospevaju u čovekovo okruženje predstavljaju veliki problem jer su veoma toksični, nerazgrađivi, imaju sposobnost bioakumulacije u živim organizmima i tim putem dospevaju u lanac ishrane što kod čoveka može izazvati mnoge zdravstvene probleme. Stoga je razumljivo nastojanje da se zaštite vode od bilo kog oblika zagađenja i da se nađu najprihvatljivija rešenja za zaštitu i prečišćavanje vode.

Poslednjih par godina sve više se ispituju različiti biosorpcioni materijali za alternativni tretman zagađenih voda. Upotreba ovih biomaterijala, koji su otpadni materijali ili nusprodukti iz velikih industrijskih proizvodnih faza nalaze sve širu primenu. Ovi materijali zahvaljujući svom strukturnom sastavu (celuloza, hemiceluloza, lignin, proteini, lipidi) i brojnim funkcionalnim grupama (karboksilna, hidroksilna, fenolna, acetamido, karbonilna, amido, amino, sulfhidril, estarska) sposobni su da vezuju teške metale i na taj način ih uklone iz vode. U odnosu na konvencionalne tehnike koje se koriste za tretman otpadnih voda biosorpcija ima niz prednosti kao što su: niski operativni troškovi, visoka efikasnost i selektivnost uklanjanja teških metala, minimalizacija otpadnog mulja kao nus produkta kao i mogućnost regeneracije biosorbenta. Od velikog značaja je i mogućnost njihove primene u postojećim tehnološkim postrojenjima za prečišćavanje voda.

Na svetskoj rang listi Srbija zauzima 15. mesto po proizvodnji kukuruza sa 6,85 miliona tona godišnje. Ostatak nakon berbe kukuruza čine: listovi, šaša, oklasak, cvasti, stabljika i kukuruzna svila. Predmet rada ove doktorske disertacije je ispitivanje mogućnosti upotrebe otpadne biomase na bazi kukuruza kao biosorbenta teških metala (olova, bakra i cinka) dok je cilj ovog rada razvoj biosorbenta na bazi otpadne biomase kukuruza i određivanje optimalnih parametara za uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora.

U okviru doktorske disertacije Marije Petrović, dipl. ing., pod nazivom „**Uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)**”, po prvi put je vršeno ispitivanje kukuruzne svile kao potencijalnog biosorbenta jona olova, bakra i cinka iz njihovih vodenih rastvora. Ustanovljeno je da se ovaj materijal može efikasno primeniti u svrhu biosorbenta teških metala kako u šaržnim tako i u protočnim sistemima.

3.2 Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U toku izrade doktorske disertacije kandidat je pregledao literaturu vezanu za zagađenje vode teškim metalima, prečišćavanje voda procesom adsorpcije, sa posebnim osvrtom na adsorpcione mehanizme i proces biosorpcije. Pregledana je obimna literatura koja se odnosi na uklanjanje jona metala iz vodenih rastvora upotrebom agro – industrijskog otpada, kao i literatura koja se odnosi na različite instrumentalne metode za karakterizaciju biomaterijala. U doktorskoj disertaciji je citirano ukupno 223 reference. Iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, od čega je većina radova novijeg datuma, kao i objavljenih radova kandidata Marije Petrović može se uočiti da kandidat na adekvatnom nivou poznaje predmetnu oblast istraživanja i aktuelno stanje istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

3.3 Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U okviru doktorske disertacije Marije Petrović, dipl. ing, za realizaciju predloženog ispitivanja korišćena je kombinacija detaljne analize prethodno objavljenih literaturnih podataka, teorijske analize i eksperimentalnih ispitivanja.

U okviru eksperimentalnih ispitivanja pripremljena je otpadna biomasa na bazi kukuruza (oklasak kukuruza i kukuruzna svila) za koju su potom utvrđena fizičko – hemijska svojstva primenom odgovarajućih analitičkih metoda. Promene fizičkih i hemijskih osobina biomase u zavisnosti od temperature ispitane su metodom TGA / DTA dok je specifična površina i poroznost biomase određena BET metodom. Karakterizacija površine biomase pre i posle biosorpcije jona olova, bakra i cinka izvršena je SEM – EDX i FTIR analizom.

Ispitan je proces biosorpcije jona olova, bakra i cinka kukuruznom svilom u šaržnom i kontinualnom sistemu. Ispitivanja su vršena u jednodimenzionalnim i višedimenzionalnim sistemima. Izvršena je analiza i obrada eksperimentalnih rezultata i odabir modela koji

najbolje opisuju proces biosorpcije jona olova, bakra i cinka na kukuruznoj svili. Mogućnost primene kukuruzne svile kao potencijalnog biosorbenta u realnim postrojenjima za prečišćavanje otpadnih voda ispitana je u uzorcima otpadnih voda rudarskog kombinata Trepča, rudarsko – topioničarskog basena Bor i iz pogona za uslužno cinkovanje. Metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS) i indukovane kuplovana plazme sa optički emisijom spektrofotometrom (ICP-OES) određen je sadržaj ispitivanih metala pre i nakon procesa biosorpcije kako u vodenim rastvorima tako i u realnim uzorcima otpadne vode.

Uporednom analizom i tumačenjem dobijenih eksperimentalnih podataka dobijen je uvid mogućnost upotrebe kukuruzne svile za uklanjanje jona metala iz vodenih rastvora. Polazeći od teorijske osnove i dobijenih rezultata formulisana su zapažanja i doneti zaključci.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Tematika ove doktorske disertacije je veoma aktuelna i savremena. Rezultati dobijeni tokom izrade ove teze imaju veliki značaj kako sa aspekta ispitivanja i karakterisanja biomase na bazi kukuruza (*Zea mays* L.) kao biosorbenta tako i sa aspekta primene ovog jeftinog i lako dostupnog materijala za uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora.

Proces uklanjanja jona olova, bakra i cinka iz vodenih rastvora pomoću kukuruzne svile je jednostavan i ponovljiv a samim tim se može koristiti za tretman otpadne vode u velikim količinama. Kukuruzna svila nakon imobilizacije sa Na – alginatom je takođe pogodan materijal za primenu u protočnim sistemima za prečišćavanje otpadnih voda. Rezultati koji su postignuti u sistemima sa realnom otpadnom vodom predstavljaju veliki korak u rešavanju ekološkog problema u industrijskim postrojenjima za tretman otpadnih voda. Ovo potvrđuje opravdanost ispitivanja u okviru ove doktorske disertacije i ukazuje na ekonomsku isplativost predloženog postupka za uklanjanje jona metala iz vodenih rastvora kada se uzme u obzir da je kukuruzna svila jeftina sirovina koja je dostupna u velikim količinama.

3.5 Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kandidat Marija Petrović je tokom izrade doktorske disertacije koja podrazumeva pripremu i realizaciju eksperimenata, analizu i obradu dobijenih rezultata, pokazala stručnost, kreativnost i sistematičnost. Komisija smatra da kandidat poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalan naučni rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Ispitivanja u okviru ove disertacije imala su za cilj primenu biomase na bazi kukuruza (*Zea mays* L.) za biosorpciju jona olova, bakra i cinka iz njihovih vodenih rastvora. Specifični naučni doprinosi rezultata istraživanja ostvarenih u okviru ove doktorske disertacije se ogledaju u:

- Razvoju novog biosorbenta teških metala na bazi otpadne biomase kukuruza visoke efikasnosti;

- Razvoju nove tehnologije koja bi doprinela dobijanju novog, efikasnog, ekonomski isplativog i ekološki bezbednog biosorbenta kao filtera za uklanjanje jona teških metala iz vodenih rastvora;
- Definisane mehanizama biosorpcije ispitivanih teških metala na biosorbentu, optimalnih karakteristika na bazi ravnotežnih i kinetičkih ispitivanja;
- Rešavanju problema otpadnih voda.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja kojima se bavi ova doktorska disertacija su koncipirana na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti biosorpcije teških metala iz vodenih rastvora. U okviru ove disertacije je primenjena metodologija istraživanja dostupna u literaturi ali je po prvi put karakterisana i primenjena kukuruzna svila kao biosorbent za uklanjanje jona olova, bakra i cinka iz njihovih vodenih rastvora. Na osnovu rezultata dobijenih u eksperimentalnom delu rada izvedeni su odgovarajući zaključci značajni za objašnjenje mehanizama biosorpcije jona olova, bakra i cinka na kukuruznoj svili.

Sagledavanjem ciljeva i postavljenih hipoteza u odnosu na dobijene rezultate, može se konstatovati da prikazana istraživanja u potpunosti zadovoljavaju kriterijume jedne doktorske disertacije. Uvidom u dostupnu literaturu iz ove oblasti, kao i u rezultate koji su dobijeni primenom adekvatne metodologije, može se konstatovati da su korišćene metode u skladu sa savremenim metodama i da su rezultati u ovoj doktorskoj disertaciji značajni ne samo sa naučnog, već i praktičnog aspekta.

4.3 Verifikacija naučnih doprinosa

Rezultati proistekli iz ove disertacije potvrđeni su kroz objavljene radove u vrhunskom i međunarodnom časopisu, vodećem nacionalnom časopisu i saopštenjima na međunarodnim naučnim konferencijama. Iz rezultata ove doktorske disertacije proizašli su sledeći naučni radovi i saopštenja:

1. Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu M₂₁

- **Petrović Marija**, Šoštarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Stanojević Marija, Stanković Slavka (2016) *Removal of Pb²⁺ ions by raw Corn silk (Zea Mays L.) as a novel biosorbent*, 58, 407–416, (IF (2014) = 3,000 (19/135), Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers); ISSN: 1876-1070.

2. Rad u međunarodnom časopisu M₂₃

- **Petrović Marija**, Šoštarić Tatjana, Pezo Lato, Stanković Slavka, Lačnjevac Časlav, Milojković Jelena, Stojanović Mirjana (2015) *Usefulness of ANN-based model for copper removal from aqueous solutions using agro industrial waste materials*, 21, 249-259 (IF (2014) = 0,881 (89/135), Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly); ISSN 1451-9372.

3. Rad u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom M₂₄

- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Petrović Jelena, Laćnjevac Časlav, Trivunac Katarina, Stanković Slavka (2016) *Karakterizacija i primena oklaska kukuruza za biosorpciju Pb²⁺, Cu²⁺ i Zn²⁺ jona iz vodenog rastvora*, Zaštita materijala (potvrda o prihvatanju rada).
- Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Šošćarić Tatjana, Lopićić Zorica, **Petrović Marija**, Laćnjevac Časlav, Stojanović Mirjana (2014) *Ispitivanje efikasnosti različitih sorpcionih materijala za uklanjanje Cu(II) jona iz vodenog rastvora*, Zaštita materijala, UDC 628.316.12:546.562, ISSN 0351-9465. (3) 281-287.

4. Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini M₃₃

- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Petrović Jelena, Mihajlović Marija, Milojković Jelena, Lopićić Zorica (2016) *Corn cob and corn silk as biosorbent for metal ions removal from aqueous solution: comparative analysis*, XXIV International Conference "Ecological Truth" Eco-Ist'16, Hotel "BREZA" Vrnjaska Banja, Serbia, from 12–15 June 2016.
- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Petrović Jelena, Stanojević Marija, Milojković Jelena, Lopićić Zorica (2015) *Corn silk as novel biosorbent for Cd²⁺ removal from aqueous solution*, X International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, Bor, Serbia, 202–208.
- Milojković Jelena, Stojanović Mirjana, Mihajlović Marija, Lopićić Zorica, **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Petrović Jelena (2015) *Selection of (bio)sorbents for successful Pb(II) removal*, X International Symposium on Recycling Technologies and Sustainable Development, Bor, Serbia, 208–214.
- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Petrović Jelena, Stanojević Marija (2015) *Biosorption of heavy metals by agro waste biomass*, 47th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor Lake, Serbia, 445–449.
- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Petrović Jelena, Stanojević Marija (2015) *Modified corn silk as biosorbent for Pb(II) ions removal from aqueous solution*, XXIII International Conference, "Ecological Truth" Eco-Ist'15, Kopaonik, Serbia, 308–313.
- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Milojković Jelena, Petrović Jelena, Mihajlović Marija, Stojanović Mirjana (2014) *Biosorption of heavy metals from water by modified agricultural by-products*, XXII International Conference "Ecological Truth", Bor, Serbia, 258–265.
- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Lopićić Zorica, Petrović Jelena, Stanojević Marija, Stojanović Mirjana (2014) *Biosorption of methylene blue onto corn cob*, IV International symposium on environmental and material flow management–EMFM 2014, Bor, Serbia, 26–31.
- **Petrović Marija**, Šošćarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Lopićić Zorica, Milojković Jelena, Mihajlović Marija (2013) *The effect of biosorbent granulation on the*

biosorption of copper ions by corn cob, III International Congress "Engineering, Environment and Materials in Processing Industry, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 340–345.

- **Petrović Marija**, Šoštarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Milojković Marija, Lopičić Zorica, Mihajlović Marija, Lačnjevac Časlav (2013) *Improving biosorption efficiency of copper ions by increasing the biosorbent dosage*, 15 YuCorr, Tara, Serbia, 383–388.

5. Saopštenja sa medjunarodnog skupa štampano u izvodu M₃₄

- **Petrović Marija**, Šoštarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Petrović Jelena, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Lopičić Zorica (2016) *Ispitivanje mehanizma jonske izmene koji se dešava prilikom biosorpcije Pb²⁺, Cu²⁺ i Zn²⁺ jona na oklasku kukuruza*, Međunarodna naučna konferencija Ekološka kriza: tehnogeneza i klimatske promene, str 133.
- **Petrović Marija**, Šoštarić Tatjana, Stojanović Mirjana, Petrović Jelena, Koprivica Marija, Milojković Jelena, Lopičić Zorica (2015) *Corn silk (Zea mays L.) as novel biosorbent for heavy metals removal*, Fourteenth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade, Serbia, str 46.
- Milojković Jelena, Stojanović Mirjana, Mihajlović Marija, Lopičić Zorica, **Petrović Marija**, Petrović Jelena, Stanojević Marija (2015) *Application of waste biomass for preventing the negative effects of climate changes*. International Scientific conference on the environment and adaptation of industry to climate change, 69–70.
- **Petrović Marija**, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Šoštarić Tatjana, Lopičić Zorica, Petrović Jelena, Stojanović Mirjana (2013) *Research of application possibilities of different sorption materials for Cu (II) removal from aqueous solutions*. Twelfth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade, Serbia, 39.
- **Petrović Marija**, Šoštarić Tatjana, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Petrović Jelena, Stojanović Mirjana (2013) *Biosorption efficiency of Cu (II) ions from aqueous solution by corn cob*. Twelfth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade, Serbia, str 40.

6. Rad u vodećem časopisu nacionalnog značaja M₅₁

- Milojković Jelena, Stojanović Mirjana, Mihajlović Marija, Lopičić Zorica, **Petrović Marija**, Petrović Jelena, Stanojević Marija (2015) *Primena otpadne biomase za sprečavanje negativnog efekta klimatskih promena*, Ecologica, 79, 498–502.
- Šoštarić Tatjana, **Petrović Marija**, Lopičić Zorica, Milojković Jelena, Mihajlović Marija, Lačnjevac Časlav, Stojanović Mirjana (2013) *Agro-industrijski otpad kao adsorbent jona bakra iz rastvora*, Međunarodna naučna konferencija: Uticaj klimatskih promena na životnu sredinu i privredu, Beograd, Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije: „Ecologica“; 469–474.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG KOMISIJE

Na osnovu izloženog materijala se može zaključiti da doktorska disertacija kandidata Marije Petrović, dipl. ing. pod naslovom „**Uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)**” predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti biosorpcije, tj. uklanjanju jona teških metala iz vodenih rastvora otpadnom biomasom. U okviru ove disertacije, kao biosorbent na bazi kukuruza ispitani su kukuruzna svila i oklasak kukuruza, od čega je kukuruzna svila prvi put primenjena za uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora u ovoj doktorskoj disertaciji. Disertacija daje razvoju novog biosorbenta za tretman otpadnih voda, kao i razumevanju procesa biosorpcije jona metala na biomasi na bazi kukuruza. Rezultati istraživanja sadržani u ovoj doktorskoj disertaciji su do sada valorizovani u jednom radu publikovanom u vrhunskim međunarodnom časopisu (M₂₁), jednom radu publikovanom u međunarodnom časopisu (M₂₃), dva rada u časopisu međunarodnog značaja verifikovanog posebnom odlukom (M₂₄), dva rada publikovana u vodećim nacionalnim časopisima (M₅₁), deset saopštenja sa skupova međunarodnog značaja štampana u celini (M₃₃) i pet saopštenja sa međunarodnog skupa štampana u izvodu (M₃₄).

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da podnetu doktorsku disertaciju Marije Petrović, dipl. ing. pod naslovom „**Uklanjanje teških metala iz njihovih vodenih rastvora otpadnom biomasom na bazi kukuruza (*Zea mays* L.)**” prihvati, izloži na uvid javnosti i nakon isteka zakonom predviđenog roka uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te da nakon završetka ove procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred komisijom u istom sastavu.

Beograd, 13.06.2016.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Slavka Stanković, vanredni profesor
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Katarina Trivunac, docent
Tehnološko-metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dr Mirjana Stojanović, naučni savetnik
Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd