

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

МАЈЕ (Бранко) БОЛИЋ, дипл. инж. технол.,

КАНДИДАТ: **МАЈА (Бранко) БОЛИЋ, дипл. инж. технологије,**

пријавила је докторску дисертацију под називом:

„Антимикробно дејство површински активираних сорбената модификованих јонима метала“

Из научне области: **ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ**

Универзитет је дана **23.11.2015.** године, својим актом **02 број: 61206-5062/2-15,** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„Антимикробно дејство површински активираних сорбената модификованих јонима метала“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

МАЈЕ (Бранко) БОЛИЋ, дипл. инж.,
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној **23.06.2016.** године Одлуком Факултета под бр. **35/350** у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1. Др Љубинка Рајаковић	Редовни професор	Аналитичка хемија
2. Др Антоније Оџа	Научни саветник	Аналитичка хемија
3. Др Владана Рајаковић-Огњановић	Доцент	Комунално и санитарно инжењерство и еколошко инжењерство
4. Др Сузана Димитријевић Бранковић	Ванредни професор	Биохемијско инжењерство и биотехнологија
5. Др Душан Антоновић	Редовни професор	Инжењерство заштите животне средине

На захтев студента, а на основу поднетих докумената, декан Факултета донео је Решење **05 бр. 10/2 од 20.02.2013.** године о одобрењу мировања права и обавеза у шк. 2012/2013. години због неге детета до годину дана.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **15.09.2016.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаковић

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 15.09.2016. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Љубинка Рајаковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Антоније Оџија, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, др Владана Рајаковић-Огњановић, доцент Универзитета у Београду, Грађевински факултет, др Сузана Димитријевић Бранковић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Душан Антоновић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: „**Антимикробно дејство површински активираних сорбената модификованих јонима метала**“ коју је поднела **МАЈА ЂОЛИЋ**, дипл. инж. технол. и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Маје Ђолић под називом „**Антимикробно дејство површински активираних сорбената модификованих јонима метала**“ Одлуком 02 број: 61206-5062/2-15 од 23.11.2015. године.

Верификација научних доприноса:

Kategorija M21a

1. **Maја Đolić**, Vladana N. Rajaković-Ognjanović, Svetlana B. Štrbac, Zlatko Lj. Rakočević, Đorđe N. Veljović, Suzana I. Dimitrijević, Ljubinka V. Rajaković, The antimicrobial efficiency of silver activated sorbents, Applied Surface Science, Vol. 357, Part A, 2015, pp. 819-831, IF (2015) =3,150. ISSN: 0169-4332.
2. **Maја Đolić**, V.N. Rajaković-Ognjanović, J.P. Marković, Lj.J. Janković-Mandić, M.N. Mitrić, A. E. Onjia, Lj. V. Rajaković, The effect of different extractants on lead desorption from a natural mineral, Applied Surface Science, Vol. 324, 2015, pp. 221-231, IF(2015)=3,150. ISSN: 0169-4332.

Kategorija M21

1. A. Djukić, B. Lekić, V. N. Rajaković-Ognjanović, Dj. Veljović, T. Vulić, **M. Djolić**, Z. Naunovic, J. Despotović, D. Prodanović, Further Insight into the Mechanism of Heavy Metals Partitioning in Stormwater Runoff, Journal of Environmental Management 168 (2016) 104-110. JEMA-D-15-00977R2, doi:10.1016/j.jenvman.2015.11.035. IF(2015)= 3,131. ISSN: 0301-4797.

Kategorija M22

1. Lj. Janković-Mandić, **Maја Đolić**, D. Marković, D. Todorović, A. Onjia, S. Dragović, Natural radionuclides in cigarette tobacco from serbian market and effective dose estimate from smoke inhalation, Radiation Protection Dosimetry. doi: 10.1093/rpd/ncv010, IF(2014)=0,913. ISSN: 0144-8420.

Kategorija M23

1. Lj. Janković-Mandić., R. Dragović, M. Đorđević, **Maja Đolić**, A. Onjia, S. Dragović, G. Bačić, Spatial variability of ^{137}Cs in the soil of Belgrade region (Serbia), Hem. Ind., Vol. 68, No.4, 2014, pp. 448–455, IF(2014)=0,314. ISSN: 0367-598X.
2. M. Danijela D., Kljajević S.O., **Đolić Maja.**, Marković J.P., Ekmečić B.M., Onjia A.E., Nastasović A.B., Kinetic modeling of heavy metal sorption by vinyl pyridine based copolymer, Hem. Ind., Vol. 66, No. 6, 2012, pp. 795–804, IF(2014)=0,314. ISSN: 0367-598X.

Докторска дисертација и Реферат о оцени докторске дисертације достављају се на увид јавности, а по истеку рока од 30 дана, на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

**UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Maje B. Đolić

Odlukom br. 35/350 od 23.06.2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Maje B. Đolić pod naslovom:

„Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala”.

Posle pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

2010/2011. Kandidat Maja B. Đolić upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, smer Inženjerstvo zaštite životne sredine.

17.09.2015. Kandidat Maja B. Đolić prijavila je temu doktorske disertacije pod naslovom: „Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala” na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu.

23.09.2015. Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, donelo je odluku broj 35/383 o imenovanju članova Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije pod naslovom: „Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala”.

27.10.2015. Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, po odluci broj 35/495, prihvatilo je ocenu Komisije o podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije pod naslovom „Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala”, kandidata Maje B. Đolić, dipl. inž.tehn. Za mentora je imenovana dr Ljubinka Rajaković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, a za komentora dr Vladana Rajaković-Ognjanović, docent Građevinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

23.11.2015. Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je

saglasnost na predlog teme doktorske disertacije kandidata Maje B. Đolić pod naslovom „Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala” (Odluka 02 br. 61206-5062/2-15)

23.06.2016. Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, donelo je odluku broj 35/350 o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Maje B. Đolić, pod naslovom „Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala”, u sastavu: dr Ljubinka Rajaković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, dr Antonije Onjia, naučni savetnik Instituta za nuklearne nauke Vinča, Univerziteta u Beogradu, dr Vladana Rajaković-Ognjanović, docent Građevinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, dr Suzana Dimitrijević, vanredni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu i dr Dušan Antonović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstva zaštite životne sredine, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Mentor disertacije je dr Ljubinka Rajaković, dipl.inž.tehn., redovni profesor na Katedri za analitičku hemiju i kontrolu kvaliteta, Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, koja je na osnovu objavljenih publikacija i iskustva kompetentna da rukovodi izradom ove disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Maja B. Đolić rođena 15. juna 1983. god. u Beogradu, Republika Srbija. Završila je X Beogradsku gimnaziju i 2002. godine upisala je Tehnološko-metalurški fakultet, Univerziteta u Beogradu. Diplomirala je 2009. godine sa prosečnom ocenom 9,15 i odbranila diplomski rad sa ocenom 10,0, na Katedri za inženjerstvo zaštite životne sredine. Tokom osnovnih studija, u periodu od septembra do novembra 2006. godine, radila je u Institutu za automatizaciju i merenje, PIAP, Varšava, Poljska, u okviru stručne prakse pod pokroviteljstvom međunarodne studentske organizacije IAESTE. Oktobra 2010. godine kandidatkinja je upisala doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, na odseku za Inženjerstvo zaštite životne sredine, položila sve studijskim programom predviđene ispite (12 ispita, sa prosečnom ocenom 9,50) i odbranila završni rad sa ocenom 10,0, kao dokaz o naučnoj osposobljenosti kandidata da pristupi izradi doktorske disertacije.

Od januara 2011. godine do sada, zaposlena je u Institutu za nuklerane nauke Vinča, Univerziteta u Beogradu, kao istraživač pripravnik, a od aprila 2013. godine kao istraživač saradnik. Istraživač je, u periodu od 2011. godine do danas, angažovan na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, evidencioni broj III43009, pod nazivom: „Nove tehnologije za monitoring i zaštitu životnog okruženja od štetnih hemijskih supstanci i radijacionog opterećenja”. U septembru 2013. godine, Maja B. Đolić boravila je na tronedeljnom stručnom usavršavanju u Institutu Democritos, Atina, Grčka, iz oblasti primene instrumentalnih analitičkih tehnika u praćenju aerozagađenja. Školske 2013/14 godine, Maja B. Đolić je bila uključena u nastavnim aktivnostima, kao asistent na vežbama iz Analitičke hemije, odseka za Analitičku hemiju i kontrolu kvaliteta, Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu. U zimskom semestru školske 2015/16 i 2016/17 godine, angažovana je kao demonstrator na vežbama iz Kvaliteta voda, na odseku za Hidrotehniku i vodno ekološko inženjerstvo, Građevinskog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Naučno-istraživačka aktivnost Maje B. Đolić pripada oblasti analitičkih metoda u inženjerstvu zaštite životne sredine. Objekat istraživanja stručnog rada obuhvata modifikaciju i analizu materijala – mogućnost aktivacije sorbenata u cilju uklanjanja jona teških metala iz vodene sredine, kao i impregnaciju materijala u cilju antimikrobnog delovanja. Maja B. Đolić autor je i koautor: jednog poglavlja u knjizi M11 (M13), dva rada u međunarodnom časopisu izuzetnih vrednosti (M21a), jednog rada u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21), jednog rada u istaknutom međunarodnom časopisu (M22), dva rada u časopisu međunarodnog značaja (M23), dvadeset naučnih saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih skupova (M33 i M34) i deset radova u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51). Maja B. Đolić je do sada bila angažovana na pet (5) međunarodnih projekata i član je Evropske federacije biotehnologije – biotehnologije životne sredine (*eng.* European Federation of Biotechnology – Environmental Biotechnology (EFB-EB)).

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Maje B. Đolić, dipl. inž. tehn., napisana je na 145 strana, podeljena na 7 poglavlja, sadrži ukupno 40 slika, 13 tabela i 157 literaturna navoda. Na početku disertacije dati su izvodi na srpskom i engleskom jeziku, kao i spisak skraćenica i simbola.

Doktorska disertacija sadrži: Uvod (poglavlje I; prikazano na 4 strane), Teorijski deo (poglavlje II, 2.1 -2.7; prikazano na 38 strana), Eksperimentalni deo (poglavlje III, 3.1 -3.6;

prikazano na 11 strana), Rezultate i diskusija (poglavlje IV, 4.1-4.5 i 5.1–5.8; prikazano na 61 strani), Zaključak (poglavlje V; prikazano na 5 strana), Literaturu (poglavlje VI; prikazano na 12 strana) i Priloge (poglavlje VII, 7.1-7.6; prikazano na 14 strana).

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

Naslov doktorske disertacije jasno je formulisan i ukazuje na temu i sadržaj istraživanja. U rezimeu je prikazan kratak pregled ostvarenih rezultata, kao i naučni doprinos rezultata istraživanja.

U Uvodu je obrazložen predmet i ciljevi istraživanja, naučna zasnovanost i aktuelnost studije, kao i naučni doprinos doktorske disertacije. Predmet istraživanja ove doktorske disertacije je aktivacija prirodnih i modifikovanih materijala jonima metala i ispitivanje njihovog antimikrobnog dejstva. Poseban akcenat u ovom radu stavljen je na antimikrobno dejstvo jona imobilisanih na aktivnoj površini sorbenta. Dosadašnjim istraživanjima nije dovoljno ispitan mehanizam antimikrobnog dejstva metal-aktivnih mesta na površini sorbenta (jona u čvrstoj fazi). Ovim istraživanjem bili su obuhvaćeni antimikrobni testovi jona desorbovanih sa površine sorbenta i jona imobilisanih na aktivnom nosaču, odnosno njihov pojedinačni doprinos u ukupnom antimikrobnom dejstvu metal-aktiviranog sorbenta.

Hipoteze koje su prethodile ovom istraživanju, a i koje su dokazane tokom izrade disertacije:

1. Antimikrobno dejstvo sorbenta ispoljava se usled dejstva jona imobilisanih na aktivnoj površini sorbenta (ne samo slobodnih jona koji desorbuju sa aktivne površine nosača),
2. Strukturna svojstva sorbenta, kao i hemijski oblik i raspodela antimikrobnog agensa utiču na efikasnost inhibitornog delovanja aktiviranog materijala.

U okviru Teorijskog dela disertacije dat je literaturni pregled iz predmetne oblasti, izložen kroz sedam potpoglavlja. Prikazani su i opisani mikrobiološki postupci prečišćavanja vode - konvencionalni (fizički i hemijski) i savremeni (dezinfekcija aktivnom filtracijom). Dat je pregled hemijskih procesa koji se koriste u procesu aktivne filtracije, kao i analitičkih tehnika i primenjenih metoda za karakterizaciju metal-aktiviranih sorbenata. Opisani su korišćeni sorpcioni materijali (prirodni, modifikovani i sintetički), odabrani hemijski agensi (srebro, bakar i cink), kao i mikrobiološka analitika koja je primenjena u okviru istraživanja.

U trećem poglavlju opisani su eksperimentalni uslovi adsorpcionog i desorpcionog procesa, analitički postupci određivanja koncentracije jona u vodenom rastvoru, kao i radni režimi instrumentalnih tehnika za površinsku i strukturnu analizu prirodnih i modifikovanih materijala. Ispitana je kinetika i mehanizam procesa sorpcije i desorpcije, analizirani su različiti parametri, poput: pH vrednosti, provodljivosti, uticaj prisutnih funkcionalnih grupa i jonskih vrsta. Pored sorpcionih karakteristika, akcenat je stavljen na antimikrobna svojstva

modifikovanih materijala. Detaljno su opisane mikrobiološke analize i testovi na odabranim kulturama: Gram-negativnoj bakteriji, *Escherichia coli* (*E. coli*), Gram-pozitivnoj bakteriji, *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) i plesni *Candida albicans* (*C. albicans*).

Rezultati i diskusija prikazani su u četvrtom poglavlju. U preliminarnim istraživanjima, testirano je više vrsta materijala različitog porekla (5 prirodnih, 3 modifikovana i 3 sintetička). Kao hemijski agensi korišćeni su Ag^+ -, Cu^{2+} - i Zn^{2+} - joni sa poznatim antimikrobnim svojstvima. Na osnovu vrednosti sorpcionih i desorpcionih kapaciteta izabrani su reprezentativni sorbenti iz svake grupe materijala. Antimikrobni testovi obuhvatili su sledeće materijale: zeolit, aktivni ugalj i titanijum dioksid, u svom originalnom obliku i modifikovanom (Ag/Cu/Zn – aktiviranom) obliku. Cilj istraživanja je otkrivanje i definisanje mehanizma antimikrobnog dejstva metal-aktiviranih sorbenata. Mehanizam antimikrobnog dejstva aktiviranih sorbenata ispitan je primenom odvojenih antimikrobnih testova: dejstva jona desorbovanih sa aktivne površine sorbenta u vodenu sredinu (hidratizani joni) i jona imobilisanih na čvrstoj površini (joni na aktivnim površinskim mestima). Vreme kontakta aktiviranog sorbenta i mikrobne kulture, u svim testovima, bilo je ograničeno na 15 min, kako se bi se omogućio što niži stepen desorpcije. Na ovaj način, uticaj jona sa čvrste faze (aktivne površine) je dominantan u odnosu na malu koncentraciju slobodnih (desorbovanih) jona sa površine sorbenta. Otkriveno je da ukupno antimikrobno dejstvo jeste posledica dejstva jona sa aktivne površine nosača, ali da u velikoj meri zavisi od izraženosti procesa desorpcije, kao i od strukturnih karakteristika materijala. Na osnovu ostvarenih rezultata detaljno je obrazložen mehanizam antimikrobnog delovanja metal-aktivne površine nosača sa svaki pojedinačni slučaj primenjene modifikacije.

U okviru Zaključka nabrojani su pojedinačni i opšti zaključci. Utvrđene su pojedinačne zavisnosti aktiviranih materijala i određenih funkcionalnih grupa (jona metala i njihovih oksidacionih stanja) u odnosu na specifične mikrobne zajednice. Opšte gledano, antimikrobno dejstvo metal-aktiviranih materijala u velikoj meri posledica je dejstva jona metala imobilisanih na aktivnim mestima na površini sorbenta i zavisi od prirode i površinskih svojstava materijala. U ovom delu dati su predlozi i pravci daljeg antimikrobnog istraživanja površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala.

U šestom poglavlju pobrojana je korišćena literatura, koja je citirana u radu.

U okviru Priloga prikazana je biografija kandidata sa spiskom objavljenih radova proisteklih iz doktorske disertacije, kao i pregled svih stručnih i naučnih radova kandidata. Priloženi su svi dodaci koji su propisani pravilima Univerziteta u Beogradu o podnošenju

doktorskih teza na odobravanje (Izjava o autorstvu, Izjava o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada i Izjava o korišćenju).

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Istraživanja u okviru disertacije: „Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala” fokusirana su na površinsku modifikaciju sorbenata koji su ispitani kao antimikrobni nosači u mikrobiološkom prečišćavanju voda. Izmena strukture, odnosno površine materijala i uvođenje funkcionalnih grupa značajno je kako sa aspekta analitičke hemije, tako i za praktičnu primenu materijala. Materijal koji se koristi kao sorbent za uklanjanje jona teških metala iz vodenih rastvora, može se koristiti kao aktivirani nosač za dezinfekciju vode. Ovim postupkom ponovo se upotrebljava isti materijal, u skladu sa principima zaštite životne sredine i njenog održivog razvoja.

Pregled literature ukazuje da su hipoteze planiranog istraživanja u trendu sa globalnim aktivnostima u nauci. Rezultati istraživanja u okviru ove disertacije doprineli su razjašnjenju mehanizma antimikrobnog delovanja jona imobilisanih na aktivnoj površini nosača i primeni procesa aktivne filtracije u procesima biološkog prečišćavanja vode.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Pri izradi disertacije korišćena je brojna literatura što se ogleda kroz 157 citirana rada. Citirani stručni i naučni radovi korišćeni su prilikom planiranja eksperimentalnog rada i u tumačenju i analizi rezultata istraživanja, diskusiji i izvođenju zaključaka. Broj navedenih referenci ukazuje na temeljan pristup temi i obradi rezultata.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Istraživanja u okviru ove disertacije usko su povezana sa oblašću opšte, analitičke i fizičke hemije (kroz analizu materijala primenom različitih instrumentalnih tehnika za ispitivanje strukturnih svojstava materijala) kao i sa biohemijom, odnosno mikrobiologijom, sa aspekta primene materijala (antimikrobnog dejstva metal-aktiviranih sorbenata) u funkciji zaštite životne sredine (mikrobiološkog prečišćavanja vode).

Strukturna analiza prirodnih i modifikovanih materijala izvršena je pomoću rendgenske strukturne analize (*eng.* X-ray diffraction, XRD), rendgenske fotoelektronske spektroskopije (*eng.* X-ray photoelectron spectroscopy, XPS) i skenirajuće elektronske mikroskopije (*eng.* scanning electron microscopy, SEM). Za proveru sadržaja prirodnih radionuklida u materijalima korišćena je gama spektrometrija. Za određivanje koncentracije jona metala korišćen je sistem indukovano spregnute plazme sa optičkom emisijom

spektroskopijom (*eng.* inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy, ICP-OES) i masenom spektrometrijom (*eng.* inductively coupled plasma mass spectrometry, ICP-MS). Antimikrobna aktivnost modifikovanih sorbenata proverena je primenom standardnog testa razblaženja, na Gram-negativnu bakteriju *Escherichia coli* (*E. coli*), Gram-pozitivnu bakteriju *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*) i plesan *Candida albicans* (*C. albicans*).

3.4. Primenjivost ostvarenih rezultata

Originalni rezultati koji su ostvareni pri izradi ove disertacije pružaju mogućnost primene metal-aktiviranih sorbenata i unapređenja procesa aktivne filtracije kao savremenog postupka u mikrobiološkom tretmanu otpadnih voda.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Na osnovu dosadašnjeg rada, postignutih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u periodu od 2011. godine do danas, Maja B. Đolić, dipl. inž. tehn., pokazala je savesnost, samostalnost i kreativnost u realizaciji istraživanja. Objavljeni radovi iz doktorske disertacije ukazuju na kvalitet naučno-istraživačkog rada i potvrđuju sposobnost i podobnost kandidata. U toku dosadašnjeg rada Maja B. Đolić pokazala je izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Iz ove doktorske disertacije proistekla su dva (2) rada u međunarodnom časopisu izuzetnih vrednosti, kategorije M21a. U toku je objavljivanje jednog (1) rada u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21). Doprinos ovog istraživanja ogleda se u sledećem:

- jednostavna aktivacija različitih materijala jonima metala srebra, bakra i cinka;
- ispitivanje kinetike sorpcionog i desorpcionog procesa;
- analiza strukturnih i površinskih svojstava prirodnih i modifikovanih materijala;
- testiranje dobijenih aktiviranih sorbenata u procesima dezinfekcije;
- uticaj pojedinačnih oksidacionih stanja jona metala na antimikrobno dejstvo;
- razjašnjenje mehanizma antimikrobnog procesa na aktivnoj površini sorbenta.

Istraživanje antimikrobnog dejstva metal-aktiviranih sorbenata obuhvatilo je pojedinačne antimikrobne testove jona desorbovanih sa površine sorbenta (u kontaktu sa mikrobnom kulturom) i jona imobilisanih na aktivnom nosaču, odnosno njihov pojedinačni doprinos u ukupnom inhibitornom delovanju. Razjašnjenje mehanizma antimikrobnog dejstva

površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala predstavlja ključni doprinos ove doktorske disertacije.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

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 zaključiti da su korišćene metode u skladu sa savremenim metodama i da su postignuti rezultati značajni ne samo sa naučnog, već i praktičnog aspekta.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Maja B. Đolić, dipl. inž. tehn., do sada je, kao autor i koautor, objavila i saopštila sledeće radove koji uključuju i rezultate proizašle iz rada na ovoj disertaciji:

Poglavlje u knjizi M11 (M13)

1. Lj. Janković-Mandić, **Maja Đolić**, J. Petrović, M. Čujić, S. Dragović, Mosses As Biomonitors of Atmospheric Pollution: Review of Methodologies, Advances in Environmental Research. J.A. Daniels (Ed.), 27 (2015) 159-177. New York, USA, ISBN 978-1-63463-631-5.

Radovi u međunarodnim časopisima izuzetnih vrednosti (M21a)

1. **Maja Đolić**, Vladana N. Rajaković-Ognjanović, Svetlana B. Štrbac, Zlatko Lj. Rakočević, Đorđe N. Veljović, Suzana I. Dimitrijević, Ljubinka V. Rajaković, The antimicrobial efficiency of silver activated sorbents, Applied Surface Science, Vol. 357, Part A, 2015, pp. 819-831, IF (2015) =3,150. ISSN: 0169-4332.
2. **Maja Đolić**, V.N. Rajaković-Ognjanović, J.P. Marković, Lj.J. Janković-Mandić, M.N. Mitrić, A. E. Onjia, Lj. V. Rajaković, The effect of different extractants on lead desorption from a natural mineral, Applied Surface Science, Vol. 324, 2015, pp. 221-231, IF(2015)=3,150. ISSN: 0169-4332.

Radovi u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21)

1. A. Djukić, B. Lekić, V. N. Rajaković-Ognjanović, Dj. Veljović, T. Vulić, **M. Đolić**, Z. Naunovic, J. Despotović, D. Prodanović, Further Insight into the Mechanism of Heavy Metals Partitioning in Stormwater Runoff, Journal of Environmental Management 168 (2016) 104-110. JEMA-D-15-00977R2, doi:10.1016/j.jenvman.2015.11.035. IF(2015)= 3,131. ISSN: 0301-4797.

Radovi u istaknutim međunarodnim časopisima (M22)

1. Lj. Janković-Mandić, **Maja Đolić**, D. Marković, D. Todorović, A. Onjia, S. Dragović, Natural radionuclides in cigarette tobacco from serbian market and effective dose estimate from smoke inhalation, Radiation Protection Dosimetry. doi: 10.1093/rpd/ncv010, IF(2014)=0,913. ISSN: 0144-8420.

Radovi u međunarodnim časopisima (M23)

1. Lj. Janković-Mandić., R. Dragović, M. Đorđević, **Maja Đolić**, A. Onjia, S. Dragović, G. Bačić, Spatial variability of ¹³⁷Cs in the soil of Belgrade region (Serbia), Hem. Ind., Vol. 68, No.4, 2014, pp. 448–455, IF(2014)=0,314. ISSN: 0367-598X.
2. M. Danijela D., Kljajević S.O., **Đolić Maja.**, Marković J.P., Ekmečić B.M., Onjia A.E., Nastasović A.B., Kinetic modeling of heavy metal sorption by vinyl pyridine based copolymer, Hem. Ind., Vol. 66, No. 6, 2012, pp. 795–804, IF(2014)=0,314. ISSN: 0367-598X.

Zbornici međunarodnih naučnih skupova (M30)

Radovi saopšteni na skupovima međunarodnog značaja, štampani u celini (M33)

1. M. Karanac, **M. Đolić**, V. N. Rajaković-Ognjanović, J. Despotović, S. Mandić-Rajčević, D. Povrenović, „Uklanjanje teških metala iz vodenih rastvora primenom modifikovanih oblika pepela i šljake iz termoelektrana“, 29. Međunarodni kongres o procesnoj industriji Procesing '16, 2. i 3. jun 2016. godine, Beograd, Srbija, str. 227-234, ISBN 978-86-81505-81-6.
2. Milica Karanac, Dragan Povrenović, **Maja Đolić**, Jovan Despotović, Vladana N. Rajaković-Ognjanović, Primena pepela i šljake iz termoelektrane za uklanjanje teških metala, Konferencija Otpadne vode, komunalni čvrst otpad i opasan otpad, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 12–15. april 2016. godine, Vršac, Srbija, Zbornik radova, str. 82-86, ISBN: 978-86-82931-77-5.
3. Milica Karanac, **Maja Đolić**, Jovan Despotović, Vladana N. Rajaković-Ognjanović, Potencijalna primena pepela i šljake iz termoelektrana, Konferencija Otpadne vode, komunalni čvrst otpad i opasan otpad, Udruženje za tehnologiju vode i sanitarno inženjerstvo, 12–15. april 2016 godine, Vršac, Srbija, Zbornik radova, str. 226-230, ISBN: 978-86-82931-77-5.
4. Ljiljana Janković-Mandić, Vesna Protić-Đokić, **Maja Đolić**, Radijaciono-higijenska kontrola hrane za životinje, Sedmi međunarodni kongres 'Ekologija, zdravlje, rad,

- sport', Banja Luka, Republika Srpska, 21–23. maj 2015. Zbornik radova, str. 302-305, ISBN: 978-99955-619-5-6.
5. Slađana Meseldžija, Ljiljana Janković-Mandić, Jelena Marković, **Maja Đolić**, Đuro Čokesa, Uticaj brzine vetra na koncentraciju suspendovanih čestica PM₁₀ u ambijentalnom vazduhu, 7. međunarodni kongres 'Ekologija, zdravlje, rad, sport', Banja Luka, Republika Srpska, 21–23. maj 2015.godine, Zbornik radova, 459-461, ISBN: 978-99955-619-5-6.
 6. Sonja Pisanjuk, **Maja Đolić**, Ljiljana Janković-Mandić, Natural radioactivity in the soil samples of Subotica, Serbia, 12th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia, 22-26 of September, 2014, Proceedings, pp. 941-944, ISBN 978-86-82371-66-3.
 7. **Maja Đolić**, Ljiljana Janković-Mandić, Antonije Onjia, Toksičnost dioksina kao ekoloških polutanata (Dioxins Toxicity as Environmental pollutants) Šesti međunarodni kongres: „Ekologija, zdravlje, rad, sport“, Banja Luka, Republika Srpska, 6–8. septembar 2013. godine, Zbornik radova, str. 374–378, ISBN 987-99955-789-3-6.
 8. Ljiljana Janković-Mandić, Snežana Dragović, **Maja Đolić**, Faktori radijacionog rizika od terestrijalnog izlaganja u Beogradu (Radioation Risk Factors Due To Terrestrial Exposure in Belgrade) Šesti međunarodni kongres: „Ekologija, zdravlje, rad, sport“, Banja Luka, Republika Srpska, 6–8. septembar 2013. godine, Zbornik radova, str. 491–494, ISBN 987-99955-789-3-6.
 9. Ljiljana Janković-Mandić, Slađana Meseldžija, **Maja Đolić**, Dragana Trajković borove iglice kao bioindikatori ¹³⁷Cs u vazduhu (Pine Needles As Bioindicators ¹³⁷Cs in the Air) Šesti međunarodni kongres: „Ekologija, zdravlje, rad, sport“, Banja Luka, Republika Srpska, 6–8. septembar 2013. godine, Zbornik radova, str. 495–498, ISBN 987-99955-789-3-6 .
 10. **Maja Đolić**, Tatjana Vasiljević, Ljiljana Janković-Mandić, Tatjana Mraović, Antonije Onjia, Uticaj dioksina na životnu sredinu i zdravlje ljudi, Prvi međunarodni kongres higijene i preventivne medicine, Beograd, Srbija, 22–24. maj 2013. godine, Zbornik radova, str. 353–359, ISBN 987- 86-6061-034-0.
 11. Ljiljana Janković-Mandić, Ranko Dragović, Milan Đorđević, **Maja Đolić**, Antonije Onjia, Snežana Dragović, Spatial variability of ¹³⁷Cs activities in the soil of Belgrade region (Serbia), 11th International Conference on Fundamental and Applied Aspects

of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia, 24–28 of September, 2012, Proceedings, pp. 621–623, ISBN 978-86-82475-28-6.

12. Ljiljana Janković-Mandić, Ranko Dragović, **Maja Đolić**, Antonije Onjia, Snežana Dragović, Population doses from terrestrial gamma exposure in Belgrade (Serbia) and their relation to geological setting, The First International Conference on Radiation and Dosimetry in Various Fields of Research RAD2012, Niš, Serbia, April 25–27, 2012, Proceedings, pp. 295–298, ISBN 978-86-6125-063-7.

Radovi saopšteni na skupovima međunarodnog značaja, štampani u obliku kratkog izvoda (M34)

1. **Maja B. Đolić**, Vladana N. Rajaković-Ognjanović, Antonije E. Onjia and Ljubinka V. Rajaković, Natural sorbents modified by divalent Zn^{2+} -ions and their antimicrobial activity, Abstracts of the conference of COST Action TD1304 - ZincNet “Dietary supplements vs food biofortification and the gut microbiome: human and animal health outcomes”, Abstract of posters, Session 3 – P17, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, 22–23 of March 2016.
2. **M. Đolić**, V. Rajaković-Ognjanović, B. Lekic, A. Onjia, Lj. Rajaković, Cu^{2+} and Zn^{2+} activated natural sorbents and their antimicrobial activity, Environmental engineering and management, Conferință internațională (8;2015;Iasi, Romania), Proceedings of the 8th International Conference Environmental Engineering and Management, 9–12 of September 2015, Iasi, Romania Iaș : Ecozone, 2015. Conference Abstracts Book, pages: 289-291. ISSN 2457-7057 ISSN-L 2457-7049.
3. Sonja Pisanjuk, Ljiljana Janković Mandić, Ranko Dragović, Snežana Dragović, **Maja Đolić**, Distribucija radionuklida u neobradivom zemljištu Subotice, 7. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine, sa međunarodnim učešćem, Palić, Srbija, 9–12. jun 2015. godine, Srpsko hemijsko društvo, Knjiga izvoda, str. 320-321, ISBN 978-86-7132-058-0320-321.
4. **Maja Đolić**, Vladana Rajaković-Ognjanović, Ljiljana Janković-Mandić, Ljubinka Rajaković, Efficiency of the lead desorption from raw mineral materials with different extractants, 7th Symposium Chemistry and Environmental Protection, Palić, Serbia, 9 –12 of Jun 2015. The Serbian Chemical Society, Book of abstracts, pp. 113-114. ISBN 978-86-7132-058-0.
5. Ljiljana Janković Mandić, **Maja Đolić**, Vesna Protić Đokić, Slađana Meseldžija Određivanje i praćenje zagađenja vazduha u urbanim sredinama, Međunarodna naučna

konferencija Životna sredina i adaptacija privrede na klimatske promene, Beograd, Srbija, 22–24. april 2015. godine, Knjiga izvoda, str 154, ISBN 978-86-89061-07-9.

6. **M. Đolić**, V. Rajaković-Ognjanović, B. Lekić, Lj. Janković-Mandić, Lj. Rajaković, Uklanjanje štetnih supstanci iz vode primenom modifikovanih sorbenata, Međunarodna naučna konferencija Životna sredina i adaptacija privrede na klimatske promene, Beograd, Srbija, 22–24. april 2015. godine, Knjiga izvoda, str. 191, ISBN 978-86-89061-07-9.
7. Ljiljana Janković-Mandić, Ranko Dragović, **Maja Đolić**, Antonije Onjia, Snežana Dragović, Masene koncentracije kalijuma, torijuma i uranijuma u zemljištu Beograda (Mass concentrations of potassium, thorium and uranium in soil Belgrade), 6. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine, konferencija sa međunarodnim učešćem, Vršac, Srbija, 21–24. maj 2013. godine, Knjiga izvoda, str. 352-353, ISBN 978-86-7132-052-8.
8. **Maja Đolić**, Ljiljana Janković-Mandić, Tatjana Mraović, Antonije Onjia, Dioksini u hrani, 12. Kongres o ishrani sa međunarodnim učešćem Beograd, Srbija, 31.10. – 3.11.2012. godine, Knjiga izvoda, str. 409–410. ISBN 978-86-909633-2-4.

Radovi u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51)

1. Alen Guša, **Maja Đolić**, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Komparativna sorpcija jona teških metala na različitim tipovima sorbenata, Vodoprivreda 47 (2015), broj 273-275, str. 67-77, Izdavač Srpsko društvo za odvodnjavanje i navodnjavanje. ISSN: 0350-0519, UDK: 626/627.
2. Slađana Meseldžija, Ljiljana Janković-Mandić, Jelena Marković, **Maja Đolić**, Antonije Onjia, *Praćenje stanja kvaliteta ambijentalnog vazduha tokom zimskog perioda u Vinči*, Ecologica 22 (2015) broj 79, str. 456-460, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine “Ecologica“, Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.
3. Ljiljana Janković-Mandić, **Maja Đolić**, Vesna Đokić Protić, Slađana Meseldžija,, Određivanje i praćenje zagađenja vazduha u urbanim sredinama, Ecologica 22 (2015), broj 79, str. 456-460, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine “Ecologica“, Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.
4. Mihajlo Jović, Jelena Marković, **Maja Đolić**, Ljiljana Janković-Mandić Antonije Onjia, Slavka Stanković, Mogući rizik po zdravlje ljudi zbog konzumiranja dagnji *Mytilus galloprovincialis* iz Bokokotorskog zaliva, Ecologica 21 (2014) broj 74, str.

283-287, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine "Ecologica", Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.

5. Ranko Dragović, Milan Đorđević, Miodrag Đorđević, Boško Gajić **Maja Đolić**, Ljiljana Janković-Mandić, Snežana Dragović, Nevena Mihailović, Regresiona i geostatistička analiza uticaja geografskih faktorana prostornu distribuciju teških metala u zemljištu industrijske zone Smederevo, Ecologica 21 (2014) broj 74, str. 326-331, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine "Ecologica", Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.
6. Slađana Meseldžija, **Maja Đolić**, Ljiljana Janković-Mandić, Mihajlo Jović, Jelena Marković, Antonije Onjia, Bioakumulacija ¹³⁷Cs u borovim iglicama, Ecologica 21 (2014) broj 75, str. 407-410, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine "Ecologica", Beograd, Srbija ISSN: 0354-3285.
7. **Maja Đolić**, Branislava Lekić, Vladana Rajaković-Ognjanović, Ljiljana Janković-Mandić, Mihajlo Jović, Antonije Onjia, Ljubinka Rajaković, Mogućnosti primene sorbenata aktiviranih jonima metala za mikrobiološko precišćavanje vode, Ecologica 21 (2014) broj 76, str. 791-795, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine "Ecologica", Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.
8. **Maja Đolić**, Tatjana Vasiljević, Ljiljana Janković-Mandić, Antonije Onjia, Dioksini u zemljištu – izvori zagađenja i raspodela (Dioxins in Soil - Sources of Pollution and Distribution), Ecologica 20 (2013) broj 70, str. 271-274, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine "Ecologica", Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.
9. Ljiljana Janković-Mandić, Ranko Dragović, **Maja Đolić**, Antonije Onjia, Snežana Dragović, Distribucija litogenih radionuklida u površinskim zemljištima Beograda (Distribution of Lithogenic Radionuclides in Surface Soils from Belgrade), Ecologica 20 (2013) broj 70, str. 280-284, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine "Ecologica", Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.
10. **Maja Đolić**, Ljiljana Janković-Mandić, Antonije Onjia, Upotreba prirodnog gasa kao ekološkog goriva – gasna industrija u Srbiji (Energetic perspective of natural gas usage as ecological fuel – gas industry in Serbia), Ecologica 20 (2013), broj 72 (2013), str. 741-745, Izdavač: Naučno stručno društvo za zaštitu životne sredine "Ecologica", Beograd, Srbija. ISSN: 0354-3285.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Predmetna doktorska disertacija predstavlja značajan i originalan naučni doprinos, što je potvrđeno publikovanjem delova disertacije u vidu dva (2) rada u međunarodnom časopisu izuzetnih vrednosti (M21a), četiri (4) rada kroz saopštenja na međunarodnim skupovima, štampanim u kratkom izvodu (M34) i dva (2) rada u vodećim časopisima nacionalnog značaja. Kandidat Maja B. Đolić je pokazala izraženu samostalnost i potrebne veštine u izradi doktorske disertacije i poseduje sve neophodne sposobnosti za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu da se doktorska disertacija pod nazivom „Antimikrobno dejstvo površinski aktiviranih sorbenata modifikovanih jonima metala”, kandidata Maje B. Đolić prihvati, izloži na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu.

ČLANOVI KOMISIJE

dr Ljubinka Rajaković, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet.

dr Antonije Onjia, naučni savetnik
Univerzitet u Beogradu,
Institut za nuklearne nauke Vinča.

dr Vladana Rajaković-Ognjanović, docent
Univerzitet u Beogradu,
Građevinski fakultet.

dr Suzana Dimitrijević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet.

dr Dušan Antonović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu,
Tehnološko-metalurški fakultet.