

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidatkinje Jelene Milenković, master inženjera zaštite životne sredine.

Odlukom br. 35/479 od 30. novembra 2017. imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidatkinje Jelene Milenković, master inženjera zaštite životne sredine, pod naslovom

„Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijenasa na bazi zeolita“.

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatkinjom Komisija je sačinila sledeći

REFERAT

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- Šk. 2011/12. god. - Kandidatkinja Jelena Milenković, master inženjer zaštite životne sredine, upisala je doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Hemija, pod mentorstvom dr Nevenke Rajić, redovnog profesora.
- 03. 12. 2015. god. - Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/548 imenovana je Komisija za ocenu podobnosti teme i kandidata Jelene Milenković, master inženjera zaštite životne sredine, pod nazivom „Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijenasa na bazi zeolita“.
- 28. 01. 2016. god. - Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/6 prihvaćen je Referat komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata za izradu doktorske disertacije Jelene Milenković, pod nazivom „Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijenasa na bazi zeolita“. Za mentora ove doktorske disertacije imenovana je dr Nevenka Rajić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.
- 25. 02. 2016. god. - Odlukom Veća naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu br. 61206-659/2-16 MC data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije Jelene Milenković, pod nazivom „Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijenasa na bazi zeolita“ .

- 30. 11. 2017. god. - Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu br. 35/479 imenovana je Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije Jelene Milenković, pod nazivom „Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijensa na bazi zeolita“.

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. Mentor, prof. dr Nevenka Rajić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na osnovu objavljenih radova i iskustva kompetentna je da rukovodi izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Jelena Milenković rođena je 17.11.1985. u Kruševcu gde je završila osnovnu i srednju školu. Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu, smer Biohemijско inženjerstvo i biotehnologija, upisala je školske 2004/2005. godine. Diplomirala je 2010. godine sa temom „Kinetika vezivanja jona bakra za sorbent na bazi alginata i klinoptilolita“ (mentor: prof. dr Nevenka Rajić) a iste godine upisala je master studije, smer Inženjerstvo zaštite životne sredine. U septembru 2011. odbranila je master rad sa temom „Uklanjanje jona bakra iz vodenih rastvora pomoću prirodnog zeolita i antibakterijska aktivnost iskorišćenog sorbenta“ (mentor prof. dr Nevenka Rajić). Doktorske studije, studijski program Hemija, upisala je šk. 2011/2012. god. na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu pod mentorstvom prof. dr Nevenke Rajić.

Jelena Milenković, master inženjer zaštite životne sredine, zaposlena je u Inovacionom centru Tehnološko-metalurškog fakulteta kao istraživač-pripravnik od oktobra 2011., a od aprila 2013. god. kao istraživač saradnik, u okviru projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja „Porozni materijali na bazi oksida u zaštiti životne sredine od genotoksičnih supstanci“ (rukovodilac prof. dr Vera Dondur). Angažovana je u nastavi, na izvođenju laboratoriskih vežbi iz predmeta Hemija životne sredine na master studijama od 2012. god. i iz predmeta Opšta hemija I, na osnovnim studijama od 2017.

U toku doktorskih studija Jelena Milenković bila je angažovana na više međunarodnih projekata: projektu EUREKA „Natural zeolites in water quality system“ (E!4208), HERD projektu „The use of natural zeolite (clinoptilolite) for treatment of farm slurry and as a fertilizer carrier“ (2012-2014). U okviru aktivnosti predviđenih projektom bilateralne saradnje između R. Srbije i R. Hrvatske „Dvojna funkcionalnost prirodnog klinoptilolita u preradi otpadnih voda: antibakterijska aktivnost i svojstvo nosača u bisorpciji“ (2011-2012) boravila je 3 meseca na Biološkom odseku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Trenutno, Jelena Milenković angažovana je na još dva međunarodna projekta: 1) projektu Hrvatske zaklade za znanost „Natural habitat of clinically important *Acinetobacter baumannii*“ (2015- 2019) i 2) projektu između R. Srbije i R. Slovačke „Zeolite-based adsorbents for environmental remediation“ (2017-2018).

Oblast naučno-istraživačkog rada Jelene Milenković obuhvata sintezu, karakterizaciju, modifikaciju i primenu zeolita, pre svega, kao antimikrobnih agenasa.

Jelena Milenković autor je tri i koautor sedam štampanih radova u naučnim časopisima međunarodnog značaja. Održala je predavanje po pozivu na skupu međunarodnog značaja, dva usmena saopštenja na konferencijama nacionalnog značaja i šesnaest posterskih saopštenja na konferencijama međunarodnog i nacionalnog značaja.

Iz oblasti istraživanja iz koje je predložena tema doktorske disertacije do sada je objavila jedan rad u međunarodnom časopisu izuzetne vrednosti (M21a), tri rada u vrhunskim međunarodnim

časopisima (M21), dva rada u istaknutom međunarodnom časopisu (M22) i jedan u časopisu međunarodnog značaja (M23).

Jelena Milenković član je Zeolitskog društva Srbije.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija Jelene Milenković, master inženjera zaštite životne sredine, pod nazivom “Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijenasa na bazi zeolita” pisana je na srpskom jeziku na 166 strana i sadrži 42 slike, 22 tabele, 231 literaturnih navoda kao i Prilog na 8 strana. Disertacija sadrži sledeća poglavlja: Rezime (na srpskom i engleskom jeziku), Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak, Prilog, Literatura, i Biografija autora. Tekst disertacije sadrži i tri izjave: Izjavu o autorstvu, Izjavu o istovetnosti štampane i elektronske verzije doktorskog rada kao i Izjavu o korišćenju. Po svojoj formi i sadržaju, podneti rad zadovoljava sve standarde Univerziteta u Beogradu za doktorsku disertaciju.

2.2 Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U **Uvodu** doktorske disertacije izloženi su cilj i značaj istraživanja. Ukazano je na aktuelnost i značaj pronalazaženja novih vrsta dezinficijenasa koji nisu štetni po čoveka i životnu sredinu kao i na pronalazaženje novih dezinficijenasa koji će biti efikasni u odnosu na patogene, multirezistentne vrste bakterija, čija otpornost na tradicionalne antibiotike predstavlja sve veći problem današnjice.

U **Teorijskom delu** detaljno je objašnjena građa bakterijskih ćelija i osnovne razlike između bakterijskih vrsta. Zatim su prikazane vrste patogenih bakterija koje su najčešći zagađivači vode, kao i najznačajnije vrste patogenih multirezistentnih kliničkih izolata koji se danas javljaju u životnoj sredini (u vodama i zemljištu). Prikazane su najčešće vrste postupaka dezinfekcije kao i mehanizam antibakterijskog delovanja, pre svega katjona pojedinih metala koji su najčešći baktericidni agensi. Osim tradicionalnih, prikazane su i neke nove vrste dezinficijenasa na bazi srebra, oksida metala, hitozana, ugljeničnih nanocevi i minerala (zeoliti i gline). Prikazana su osnovna stuktorna svojstva pojedinih prirodnih i sintetičkih zeolita i glina koja su značajna za njihovu upotrebu kao antibakterijskih agenasa. Dat je i kratak prikaz najnovijih istraživanja iz literature od značaja za doktorsku disertaciju. Takođe, dat je i sažet prikaz pojedinih novih vrsta materijala sa antimikrobnim svojstvima, postupci njihove sinteze kao i mehanizam antibakterijskog delovanja.

U **Esperimentalnom delu** detaljno su opisani korišćeni sojevi i izolati bakterija, materijali i reagensi. Opisan je postupak modifikacije zeolitskih tufova, postupak ispitivanja kinetike vezivanja jona bakra i srebra iz vodenih rastvora za zeolit. Detaljno je opisan i sam postupak dobijanja metal-obogaćenih zeolita koji su u daljem radu ispitivani kao antibakterijski agensi. Takođe, detaljno je opisan i postupak dobijanja kompozita na bazi poli(vinil-hlorid)-a (PVC-a) i metal-modifikovanih zeolita, kao i postupak ispitivanja antibakterijske aktivnosti sintetisanih materijala prema svim različitim sojevima bakterija.

U daljem tekstu opisane su metode i postupci za karakterizaciju kako modifikovanih zeolita, tako i bakterijskih sojeva i izolata. Uzorci tufova okarakterisani su metodama rendgenske difrakcije praha (XRD) u cilju identifikacije mineralnih faza i semi-kvantitativne analize klinoptilolita u uzorcima tufa, termogravimetrijskom analizom (TG/DSC) radi određivanja sadržaja vlage i

ispitivanja procesa dehidratacije, skenirajućom elektronskom mikroskopijom spregnutom sa X-zračnom energetsko-disperzivnom spektroskopijom u cilju detaljne hemijske analize mineralnih faza u tufovima. Proširenom rendgenskom spektroskopijom za detalje strukture (EXAFS i XANES) ispitan je mehanizam baktericidne aktivnosti srebra.

Reološka svojstva kompozita koji su sintetisani kao novi antibakterijski materijali, na bazi PVC-a i zeolita, ispitana su reometrom Discovery Hybrid HR2.

Identifikacija bakterijskih izolata izvršena je pomoću uređaja VITEK-MS dok je antibiotska rezistencija bakterijskih sojeva određena standardnim postupkom pomoću VITEK 2 Compact 15. Analiza oslobođenog ćelijskog materijala određena je merenjem apsorbance na 260 nm. Rezultati antibakterijske aktivnosti obrađeni su pomoću programa Statistica Software 8.0.

U poglavlju **Rezultati i diskusija** detaljno je prikazana karakterizacija zeolitskih tufova koji su korišćeni u sintezi dezinficijensa. Svi tufovi su kao glavnu mineralnu fazu sadržavali zeolit - klinoptilolit. S obzirom da je zeolitska faza (klinoptilolit) uzoraka tufova obogaćivana katjonima Cu, Ni, Zn i Ag postupkom jonske izmene, detaljno je ispitana kinetika jonske izmene za različite početne koncentracije rastvora soli metala, kao i za različite temperature. Pokazano je da se katjoni ispitivanih metala vezuju za klinoptilolit u skladu sa Lagergrenovim modelom pseudo-drugog reda i da se koncentracija metala na zeolitu povećava sa vremenom kontakta, početnom koncentracijom rastvora soli i sa temperaturom. Takođe, u slučaju jona bakra ispitana je termodinamika adsorpcije bakra za klinoptilolit i utvrđeno je da se na eksperimentalne podatke može primeniti Frojndlihovala adsorpciona izoterma. Rezultati antibakterijskog delovanja prikazani su u odnosu na patogene Gram-negativne vrste bakterije *Escherichia coli* (DSM 498 i izolate iz voda) i multirezistentne vrste bakterija *Acinetobacter baumannii* (Internacionalni klon I i II, ST145 i RUH134), kao i patogenu Gram-pozitivnu vrstu bakterija *Staphylococcus aureus* (DSM 799). Utvrđeno je da antibakterijska aktivnost dezinficijensa zavisi od: a) HPK-vrednosti medijuma - što je vrednost HPK veća, antibakterijska aktivnost je manja i b) vrste katjona metala kojim je modifikovan zeolit. Utvrđeno je da najveću antibakterijsku aktivnost pokazuju dezinficijensi koji sadrže srebro, a najmanju dezinficijensi sa niklom. Takođe, utvrđena je i minimalna koncentracija pri kojoj dezinficijensi pokazuju baktericidan efekat prema ispitivanim sojevima u realnim vodama. Među naročito značajnim rezultatima ove disertacije je i taj da dezinficijensi na bazi klinoptilolita, koji sadrže katjone srebra i bakra, pokazuju baktericidni efekat prema multirezistentnoj vrsti bakterija *Acinetobacter baumannii*. Ovaj rezultat objašnjen je činjenicom da mikroporozna rešetka zeolita izmenjuje katjone sa spoljnom sredinom kao i uticajem samog zeolita na ispitivane vrste bakterija.

Mehanizam baktericidne aktivnosti srebra ispitan je detaljno u odnosu na bakterijsku biomasu *A. baumannii* neinvanzivim tehnikama EXAFS/XANES. Pokazano je da se baktericidna aktivnost jona srebra može pripisati uspostavljanju koordinacionih veza ovog katjona, pre svega sa -NH i OH-grupama aminokiselina, ali i sa -SH grupama. Zaključeno je da se katjoni srebra iz zeolitske rešetke vezuju za DNK molekul ispoljavajući genotoksičnost, ali i za spoljnu membranu ćelijskog zida Gram-negativnih bakterija, dovodeći do njenog oštećenja.

Dalje, prikazani su rezultati karakterizacije novog kompozitnog materijala, kao i njegova antibakterijska aktivnost. Pokazano je da u PVC-u, dodatak Ag-zeolita u koncentraciji 1 mas.% doprinosi antibakterijskoj aktivnosti prema *A. baumannii* pri čemu nema uticaja na preradljivost polimera. Ovaj kompozit, impregniran D-tirozinom, ima baktericidni efekat prema *A. baumannii* što je ukazalo na njegovu primenljivost u izradi potrošnog medicinskog materijala.

U poglavlju **Zaključak** sumirani su svi dobijeni rezultati, jasno i pregledno, i istaknut je njihov značaj sa naučnog stanovišta kao i primenljivost.

Poglavlje **Literatura** sadrži 231 literaturni navod iz oblasti istraživanja i pokriva sve delove disertacije.

U poglavlju **Prilozi** prikazani su korišćeni kinetički i termodinamički modeli, postupak metode bojenja pa Gramu, kao i priprema uzoraka za SEM- i EXAFS-analizu.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Istraživanja prikazana u ovoj doktorskoj disertaciji su originalna i u potpunosti usklađena sa savremenim istraživanjima. Veliki problem današnjice su različite vrste patogenih bakterija koje su iz kliničkih uslova prešle u životnu sredinu. Tako, Udruženje za infektivne bolesti SAD posebnu pažnju usmerava ka grupi bakterija koja je nazvana ESKAPE i u kojoj su vrste bakterija *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumoniae*, *Acinetobacter baumannii*, *Pseudomonas aeruginosa* i *Enterobacter* spp. Zbog sve češće prisutnosti u zagađenim vodama, vrsta bakterija *Escherichia coli* predstavlja indikator fekalnog zagađenja. Pored toga, veliki broj patogenih bakterija otporan je prema tradicionalnim antibakterijskim agensima pa se poslednjih godina velika pažnja posvećuje novim vrstama dezinficijensa. S obzirom na jedinstvenu kristalnu građu, dobra adsorpciona i jonoizmenjivačka svojstva, kao i činjenicu da su lako dostupni i ekonomski i ekološki prihvatljivi, zeoliti se poslednjih godina ispituju kao materijali za primenu u različitim oblastima. Klinoptilolit je najrasprostranjeniji prirodni zeolit kojim R. Srbija raspolaže u značajnoj meri. U disertaciji, ovaj zeolit je po prvi put detaljno ispitan kao antibakterijski agens prema najčešće prisutnim patogenim Gram-negativnim i Gram-pozitivnim vrstama bakterija. Po prvi put dokazano je da se efikasan dezinficijens može pripremiti iz jednog prirodnog materijala i da taj dezinficijens pokazuje baktericidnu aktivnost i prema multirezistentnoj patogenoj vrsti bakterija *Acinetobacter baumannii*.

3.2. Ostvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji citiran je 231 literaturni navod od kojih najveći broj čine radovi iz poslednjih pet godina, objavljeni u vodećim naučnim časopisima međunarodnog značaja. Tokom izrade disertacije, kandidatkinja je pregledala i koristila dostupnu literaturu iz oblasti primene savremenih metoda karakterizacije zeolita, sinteze materijala na bazi zeolita, kao i sinteze i karakterizacije novih antimikrobnih agenasa. Takođe, kandidatkinja je dala prikaz literature vezane za strukturu i građu bakterijske ćelije sa gledišta uticaja antimikrobnih agenasa na njihovu strukturu i građu. Najveći broj literaturnih navoda iz ove oblasti je novijeg datuma, i sa velikom je citiranošću. Izloženi rezultati, do kojih su dovela istraživanja prikazana u ovoj disertaciji, detaljno su analizirana, kao i kritički razmatrana u odnosu na literaturne.

Na osnovu obrazloženja teme prikazane doktorske disertacije, imajući u vidu postignute rezultate i objavljene radove kandidatkinje, kao i na osnovu prikaza relevantne literature koja je poslužila kao osnov prikazanim istraživanja, može se zaključiti da kandidatkinja odlično poznaje predmetne oblasti istraživanja i trenutno stanje u ovoj oblasti.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U sprovedenim istraživanjima kandidatkinja je koristila savremene tehnike dostupne ne samo u R. Srbiji već i u inostranstvu i time istakla značaj postignutih rezultata.

Korišćeni zeoliti su najpre okarakterisani rendgenskom difrakcijom praha u cilju ispitivanja kristaliničnosti a zatim je, u zeolitskim tufovima, određen sadržaj klinoptilolita i pratećih mineralnih faza Ritveldovom metodom. Termogravimetrijskom analizom ispitana su termička

svojstva, a elementni sastav određen je metodom spregnute SEM/EDS tehnike. Morfologija mineralnih zrna kao i PVC kompozita ispitana je metodom SEM. Kinetika vezivanja i izluživanja katjona metala iz zeolita i kompozita ispitana je merenjem koncentracije metala u vodenom rastvoru metodom atomske apsorpcione spektroskopije (AAS).

Antibakterijska aktivnost određena je preko ukupnog broja vijabilnih ćelija (CFU cm⁻³ ili CFU cm⁻²). Antibakterijski testovi izvedeni su korišćenjem standardne metode razređivanja. Na uređaju „Micro plate reader“ određena je antibakterijska aktivnost prema soju i izolatima *E. coli* u peptonskoj vodi. Identifikacija bakterijskih izolata izvršena je pomoću uređaja VITEK-MS dok je antibiotska rezistencija bakterijskih sojeva određena standardnim postupkom pomoću VITEK 2 Compact 15. Rezultati antibakterijskih ispitivanja analizirani su korišćenjem ANOVA statističke obrade podataka i upotrebom Duncanovog testa.

Mehanizam baktericidnog dejstva jona srebra prema *A. baumannii* ispitivan je analizom bakterijske biomase tehnikama XANES i EXAFS u Laboratoriji za sinhrotronska ispitivanja ELETTRA u Trstu.

Reološka svojstva PVC-kompozita ispitana su merenjem reoloških parametara u rastopu, kao i dinamičko-mehaničkih u čvrstom stanju.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Na osnovu prikazanih i do sada objavljenih rezultata koji su proistekli iz ove disertacije, može se zaključiti da je kandidatkinja ostvarila značajan naučni doprinos u oblasti sinteze novih materijala sa antibakterijskim delovanjem. Prikazani dezinficijensi mogu se primeniti u procesima obrade vode kao i za dobijanje potrošnog medicinskog materijala (kateteri, tubusi).

Prikazani rezultati i izneti zaključci ukazuju na značajan potencijal koji imaju prirodni zeoliti u oblasti pripreme materijala sa antibakterijskim dejstvom. Pokazano je da dodatak zeolita, u relativno maloj koncentraciji, u jednom tradicionalnom materijalu široke upotrebe, kao što je termoplastični PVC, može da ostvari novo, do sada nepoznato, baktericidno dejstvo.

Rezultati koji su dobijeni u okviru ove disertacije pokazali su svoju vrednost i značaj i kroz objavu u međunarodnim časopisima vrhunskog značaja, kao i kroz zapažen interes na nacionalnim i međunarodnim skupovima.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

U toku izrade doktorske disertacije, kandidatkinja Jelena Milenković pokazala je izrazitu samostalnost pri odabiru relevantne literature, u postupcima sinteze i karakterizacije materijala kao i pri kritičkoj analizi dobijenih rezultata. Na osnovu svega prikazanog, Komisija smatra da kandidatkinja Jelena Milenković poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalan naučno-istaživački rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove doktorske disertacije ostvareni su sledeći naučni doprinosi:

- utvrđeni su jednostavni postupci za dobijanje dezinficijensa iz prirodnog klinoptilolita;
- detaljno je ispitana kinetika adsorpcije i desorpcije različitih katjona metala iz mikroporozne alumosilikatne rešetke;
- detaljno su okarakterisani dezinficijensi na bazi zeolita;
- detaljno je ispitana antibakterijska aktivnost pripremljenih dezinficijensa;

- utvrđena je minimalna inhibitorna i minimalna baktericidna koncentracija dezinficijensa prema multirezistentnoj patogenoj vrsti bakterija *Acinetobacter baumannii*;

- po prvi put sintetisan je nov materijal sa baktericidnim delovanjem prema *Acinetobacter baumannii* na bazi zeolita i termoplastičnog PVC-a.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja obuhvaćena ovom doktorskom disertacijom koncipirana su na osnovu jasno definisanih ciljeva i detaljne kritičke analize relevantnih, do sada objavljenih literaturnih podataka. U tezi su svi materijali okarakterisani savremenim instrumentalnim tehnikama. Detaljno je ispitana kinetika adsorpcije i desorpcije katjona metala za i iz zeolitske rešetke, kao i antibakterijska aktivnost pripremljenih dezinficijensa. Po prvi put sintetisani su kompoziti termoplastičnog PVC-a i zeolita sa baktericidnim dejstvom. Svi dobijeni rezultati detaljno su analizirani i kritički sagledani u odnosu relevantne literaturne podatke. Vredno je istaći da rezultati koji se odnose na multirezistentnu patogenu vrstu bakterija *Acinetobacter baumannii*, predstavljaju značajan iskorak u odnosu na do sada poznate literaturne rezultate. Naime, ova patogena vrsta bakterija nalazi se među šest patogena sa najizraženijom multirezistencijom.

4.3. Verifikacija rezultata u časopisima i saopštenja na konferencijama

Kandidatkinja Jelena Milenković rezultate prikazane u ovoj disertaciji objavila je kako u vrhunskim i istaknutim međunarodnim časopisima, tako i u obliku saopštenja na nekoliko međunarodnih i nacionalnih skupova. Kandidatkinja je autor tri i koautor sedam štampanih radova u naučnim časopisima međunarodnog značaja. Održala je jedno predavanje po pozivu na skupu međunarodnog značaja, dva usmena saopštenja na konferencijama nacionalnog značaja i šesnaest posterskih saopštenja na konferencijama međunarodnog i nacionalnog značaja.

Iz oblasti istraživanja iz koje je tema doktorske disertacije do sada je objavila jedan rad u međunarodnom časopisu izuzetne vrednosti (M21a), tri rada u vrhunskim međunarodnim časopisima (M21), dva rada u istaknutom međunarodnom časopisu (M22) i jedan u časopisu međunarodnog značaja (M23).

Kategorija M21a (Rad objavljen u međunarodnom časopisu izuzetne vrednosti)

1. Jasna Hrenović, **Jelena Milenković**, Tomislav Ivanković, Nevenka Rajić: Antibacterial activity of heavy metal-loaded natural zeolite, -*Journal of Hazardous Materials*, 201– 202, 260-264, 2012 (**IF=4.68**) (ISSN 0304-3894).

Kategorija M21 (Rad objavljen u vrhunskom međunarodnom časopisu)

1. Jasna Hrenović, **Jelena Milenković**, Nina Daneu, Renata Matonickin Kepcija, Nevenka Rajić: Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles supported onto natural clinoptilolite - *Chemosphere*, 88, 1103-1107, 2012 (**IF=3.49**) (ISSN 0045-6535).

2. Jasna Hrenović, **Jelena Milenković**, Ivana Goić-Barišić, Nevenka Rajić: Antibacterial activity of modified natural clinoptilolite against clinical isolates of *Acinetobacter baumannii* - *Microporous and Mesoporous Materials*, 169, 148-152, 2013 (**IF=3.21**) (ISSN 1387-1811)

3. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Ivana Goić-Barišić, Miloš Tomić, Jasna Đonlagić, Nevenka Rajić: Synergistic anti-biofouling effect of Ag-exchanged zeolite and D-Tyrosine on

PVC composite against the clinical isolate of *Acinetobacter baumannii* - *Biofouling*, 30, 965-973, 2014 (**IF=3.70**) (ISSN 0892-7014).

Kategorija M22 (Rad objavljen u istaknutom međunarodnom časopisu)

1. Đorđe Stojaković, **Jelena Milenković**, Nina Daneu, Nevenka Rajić: A study of the removal of the copper ions from aqueous solution using clinoptilolite from Serbia - *Clays and Clay Minerals*, 59, 277–285, 2011 (**IF=1.39**) (ISSN 0009-8604).
2. Đorđe Stojaković, **Jelena Milenković**, Stevan Stupar, Zlate Veličković, Nevenka Rajić: Binary adsorption of nickel and zinc from aqueous solutions onto the Serbian natural clinoptilolite - *Desalination and Water Treatment*, 57, 18748-18754, 2016, (**IF=1.173**) (ISSN 1944-3994).
3. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Danka Matijašević, Miomir Nikšić, Nevenka Rajić: Bactericidal activity of Cu-, Zn-, and Ag-containing zeolites toward *Escherichia coli* isolates - *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 20273–20281, 2017, (**IF=2.741**) (ISSN 0944-1344).

Kategorija M23 (Rad objavljen u međunarodnom časopisu)

1. Jelena B. Pavlović, **Jelena K. Milenković**, Nevenka Z. Rajić: Modification of natural clinoptilolite for nitrate removal from aqueous media - *Journal of Serbian Chemical Society*, 79, 1309–1322, 2014, (**IF=0.89**) (ISSN 0352-5139).
2. Tomislav Ivanković, Jasna Hrenović, Grigorios Itskos, Nikolaos Koukouzas, Davor Kovačević, **Jelena Milenković**-Alkaline disinfection of urban wastewater and landfill leachate by wood fly ash - *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 65, 365-375, 2014, (**IF=0.73**) (ISSN 0004-1254).
3. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Ivana Goić-Barišić, Miloš Tomić, Nevenka Rajić: Antibacterial activity of copper-containing clinoptilolite/PVC composites toward clinical isolate of *Acinetobacter baumannii* - *Journal of Serbian Chemical Society*, 80, 819–826, 2015, (**IF=0.89**) (ISSN 0352-5139).

Kategorija M33 (Rad saopšten na međunarodnoj konferenciji, štampan u celini)

1. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Đorđe Stojaković, Nevenka Rajić: „Copper removal from aqueous solution using natural zeolite and antibacterial activity of the copper-loaded zeolite” 4th Slovenian-Croatian Symposium on Zeolites, 17-18 October 2011., Ljubljana, Slovenia, 2011, pp. 88-92 (ISBN 978-953-55373-3-5).
2. Jasna Hrenović, **Jelena Milenković**, Sanja Jevtić, Ivana Goić-Barišić, Nevenka Rajić: „Modified zeolitized tuffs in control of pathogenic bacteria“ 5th Serbian-Croatian-Slovenian Symposium on Zeolites, 30 May-02 June 2013, Zlatibor, Serbia, pp.15-18 (ISBN 978-86-82139-41-6).
3. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Ivana Goić-Barišić, Nevenka Rajić: „Antibacterial activity of metal-loaded natural zeolite against clinical isolates of *Acinetobacter baumannii*“ 5th

Serbian-Croatian-Slovenian Symposium on Zeolites, 30 May-02 June 2013., Zlatibor, Serbia, pp.52-55 (ISBN 978-86-82139-41-6).

4. Jelena Pavlović, **Jelena Milenković**, Đorđe Stojaković, Nevenka Rajić: „Surface modification of the natural clinoptilolite for its potential use for the nitrate removal from water media“ 5th Serbian-Croatian-Slovenian Symposium on Zeolites, 30 May-02 June 2013., Zlatibor, Serbia, pp.112-115 (ISBN 978-86-82139-41-6).

5. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Maja Vukašinić-Sekulić, Nevenka Rajić: „Antibacterial activity of metal-loaded zeolites against *Escherichia coli*“ 6th Croatian-Slovenian-Serbian Symposium on Zeolites, 01 -03 October 2015, Šibenik, Croatia, pp.49-52 (ISBN 978-953-55373-4-2).

6. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Nevenka Rajić: „On the antibacterial activity of metal-exchanged zeolites“ 7th Slovenian-Serbian-Croatian Symposium on Zeolites, 24-27 May 2017., Ljubljana, Slovenia, pp.43-47 (ISSN 2584-3176).

Kategorija M34 (Rad saopšten na međunarodnoj konferenciji, štampan u izvodu)

1. Jasna Hrenović, Nevenka Rajić, **Jelena Milenković**, Tomislav Ivanković: „Antibacterial activity of zinc containing clinoptilolite in different water media“ IV International Conference on Environmental, Industrial and Applied Microbiology (BioMicroWorld2011), 14-16 September 2011, Torremolinos, Spain, p. 628.

2. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Nevenka Rajić: „Antibacterial activity of the copper-loaded zeolite“, Tenth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, December 21-23, 2011, Belgrade, Serbia, p.6 (ISBN 978-86-80321-27-1).

3. Jasna Hrenović, Ivana Goić-Barišić, **Jelena Milenković**, Nevenka Rajić: „Bactericidal activity of modified zeolites against clinical isolates of *Acinetobacter baumannii*“ 9th International Symposium on the Biology of *Acinetobacter*, June 19–21, 2013, Cologne, Nemačka, p. 111.

4. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Ivana Goić-Barišić, Nevenka Rajić: „Novel material for medical use based on Ag-zeolite/polyvinyl chloride composite“ 6th International FEZA Conference, September 08 – 11, 2014, Leipzig, Germany, p.688.

5. Jasna Hrenović, **Jelena Milenković**, Nevenka Rajić: „Baktericidni efekat zeolita prema Gram negativnim bakterijama“ 11 Kongres mikrobiologa Srbije - MIKROMED 2017, May 11-13, 2017, Belgrade, Serbia, pp.192-193 (ISBN 978-86-914897-4-8).

6. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Danka Matijašević, Miomir Nikšić, Maja Vukašinić-Sekulić, Nevenka Rajić: „On the bactericidal activity of metal-containing zeolites toward *Escherichia coli* isolates“ 7th International FEZA Conference, July 03 – 07, 2017, Sofia, Bulgaria p.323.

Kategorija M63 (Rad saopšten na nacionalnoj konferenciji, štampan u celini)

1. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Nevenka Rajić: „Antibakterijska aktivnost prirodnog zeolita i mogućnost primene u terciarnoj obradi otpadne vode“ Kvalitet vode u sistemima vodovoda i vode u industriji, 08.-09. novembar 2012., Beograd, Srbija, Zbornik radova str. 141-148 (ISBN 978-86-82931-54-6).
2. Jelena Milovanović, Sanja Jevtić, **Jelena Milenković**, Jelena Pavlović, Jasna Hrenović, Nevenka Rajić: „Efikasnost srbijanskog zeolita u poboljšanju kvaliteta pijaće vode“ Trinaesta međunarodna konferencija, Vodovodni i kanalizacioni sistemi, 22.-24. maj 2013., Jahorina, Pale, Zbornik radova str. 67-72 (ISBN 978-86-82931-58-4).

Kategorija M64 (Rad saopšten na nacionalnoj konferenciji, štampan u izvodu)

1. **Jelena Milenković**, Steva Lević, Verica Manojlović, Nevenka Rajić, Mina Jovanović, Branko Bugarski, Viktor Nedović: „Copper adsorption by aginat and alginat/zeolit beads”, 10th International Conference, Research and Development in Mechanical industry, RaDMI 2009, 16-19 September 2010, Donji Milanovac, Serbia, Vol. 2, str. 1153-1157 (CD ROM ISBN 978-6075-016-9).
2. **Jelena Milenković**, Steva Lević, Verica Manojlović, Nevenka Rajić, Branko Bugarski, Mahmoud Suliman, Marija Ječmenica, Viktor Nedović: „Production of alginate/zeolite adsorbent by direct extrusion method”, 10th International Conference, Research and Development in Mechanical industry, RaDMI 2009, 16.-19. septembar 2010, Donji Milanovac, Serbia, Vol. 2, str. 1148-1152, (CD ROM ISBN 978-6075-016-9).
3. **Jelena Milenković**, Steva Lević, Verica Manojlović, Nevenka Rajić, Mina Jovanović, Branko Bugarski, Marija Ječmenica, Viktor Nedović: „Proučavanje adsorpcije bakra pomoću alginata i alginat/zeolit čestica“ IX savetovanje hemičara i tehnologa Republike Srpske, Banja Luka , 12.-13. novembar 2010, Zbornik izvoda radova str.8.
4. **Jelena Milenković**, Jasna Hrenović, Ivana Goić-Barišić, Nevenka Rajić: „Nov materijal za medicinsku upotrebu zasnovan na kompozituzrebro-modifikovan zeolit / polivinil-hlorid“ III konferencija mladih hemičara, 24.oktobar 2015, Beograd, Srbija, str. 82 (ISBN 978-86-7132-059-7).

Rad na međunarodnim projektima:

1. Učešće na projektu EUREKA „Natural zeolites in water quality system“ (E!4208, 2008-2011, rukovodilac prof. dr Nevenka Rajić)
2. Projekat bilateralne saradnje između R. Srbije i R. Hrvatske „ Dvojna funkcionalnost prirodnog klinoptilolita u preradi otpadnih voda: antibakterijska aktivnost i svojstvo nosača u bisorpciji“ (2011-2012, rukovodilac projekta sa srpske strane: prof. dr. Nevenka Rajić).
3. Projekat Norveške vlade-HERD “The use of natural zeolite (clinoptilolite) for treatment of farm slurry and as a fertilizer carrier“ (2012-2014, rukovodilac prof. dr Nevenka Rajić).
4. Učešće na projetku Hrvatske zaklade za znanost „Natural habitat of clinically important *Acinetobacter baumannii*“, (2015 – 2019, rukovodilec prof. dr Jasna Hrenović).

5. Projekat bilateralne saradnje između R. Srbije i R. Slovačke „Zeolite-based adsorbents for environmental remediation“ (2017-2018, rukovodilac projekta sa srpske strane: prof. dr Nevenka Rajić).

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu obrazloženja iznetog u Referatu, doktorska disertacija kandidatkinje Jelene Milenković, master inženjera zaštite životne sredine, pod naslovom „**Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijenasa na bazi zeolita**“ predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u naučnoj oblasti Hemijske nauke što je i potvrđeno objavljivanjem zapaženog broja radova proisteklih iz rezultata ove disertacije u vrhunskim naučnim časopisima, kao i na konferencijama međunarodnog i nacionalnog značaja.

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih rezultata, Komisija sa velikim zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu da ovaj Referat prihvati i da ga zajedno sa doktorskom disertacijom pod naslovom "**Sinteza i karakterizacija alternativnih dezinficijenasa na bazi zeolita**" kandidatkinje Jelene Milenković, master inženjera zaštite životne sredine, preda na uvid javnosti i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu. Predlažemo da nakon završetka navedene procedure, kandidatkinja bude pozvana na usmenu odbranu doktorske disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 19. 01. 2018. godine

ČLANOVI KOMISIJE

Mentor:

dr Nevenka Rajić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Članovi komisije:

dr Maja Vukašinović-Sekulić, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

dr Tibor Sabo, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Hemijski fakultet

dr Jasna Hrenović, redovni profesor
Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet