

**NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU**

**Predmet:** Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije

Odlukom br. 35/184 od 11.05.2015. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije pod naslovom:

**NANOKOMPOZITI SREBRO/POLI(N-VINIL-2-PIROLIDON) I SREBRO/ALGINAT DOBIJENI ELEKTROHEMIJSKIM POSTUPCIMA**

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*

**2007/08 akademske godine** Kandidat Željka (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije, upisala je doktorske studije Tehnološko-metalurškog fakulteta, studijski program Hemija i hemijska tehnologija, profil Elektrohemija i elektrohemijsko inženjerstvo.

**06.10.2011.** - Kandidat Željka (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije, prijavila je temu za doktorsku disertaciju pod naslovom: „Nanokompoziti srebro/poli(N-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijskim postupcima“.

**20.10.2011.** - Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu donelo je odluku o imenovanju Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije pod nazivom: „Nanokompoziti srebro/poli(N-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijskim postupcima“ (broj odluke 35/316 od 27.10.2011. godine) Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije.

**17.11.2011.** - Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta usvojen je izveštaj Komisije za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme doktorske disertacije pod nazivom: „Nanokompoziti srebro/poli(N-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijskim postupcima“, a za mentora ove doktorske disertacije imenovana je dr Vesna Mišković-Stanković, redovni profesor TMF (broj odluke 35/358 od 18.11.2011.godine).

**28.11.2011.** - Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije pod nazivom: „Nanokompoziti srebro/poli(N-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijskim postupcima“ (broj odluke 06-8225/12-11 od 28.11.2011. godine).

**27.06.2013.** - Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu odobrilo je produženje roka za odbranu doktorske disertacije Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije za dva semestra – do 30.09.2014. (broj odluke 35/217 od 03.07.2013.godine).

**02.10.2014.** - Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu odobrilo je produženje roka za odbranu doktorske disertacije Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije za dva semestra – do 30.09.2015. (broj odluke 35/263 od 06.10.2014.godine).

**07.05.2015.** - Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta doneta je odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije pod nazivom: „Nanokompoziti srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijским postupcima“ (broj odluke 35/184 od 11.05.2015. godine).

### *1.2. Naučna oblast disertacije*

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Mentor je dr Vesna Mišković-Stanković, redovni profesor TMF, koja je na osnovu dosadašnjih objavljenih publikacija i iskustva kompetentna da rukovodi izradom ove disertacije.

### *1.3. Biografski podaci o kandidatu*

Željka (Jovanović) Đurđević je rođena 25.3.1981. godine, u Pljevljima. Završila je V beogradsku gimnaziju u Beogradu. Na Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu upisala se 1999. godine, na odsek za Biohemijско inženjerstvo i biotehnologiju. Diplomirala je juna 2007. godine na Katedri za fizičku hemiju i elektrohemiju, radom na temu „*Prevlake viniltrioksisilana i metakriloksiopropil-trimetoksisilana na aluminijumu*“, sa ocenom 10, i srednjom ocenom tokom studija 8,78.

Školske 2007/08. je upisala doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, studijski program Hemija i hemijska tehnologija, profil Elektrohemija i elektrohemijско inženjerstvo, pod rukovodstvom mentora prof. dr Vesne Mišković-Stanković. U okviru doktorskih studija položila je 11/11 ispita predviđenih studijskim programom sa prosečnom ocenom 9,83.

Željka (Jovanović) Đurđević je bila stipendista Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, od 1. februara 2008. do 1. decembra 2009. godine, od kada je zaposlena u Inovacionom centru TMF. U zvanje istraživač-pripravnik izabrana je 22. maja 2009., a u zvanje istraživač-saradnik 2. marta 2010. Januara 2013. godine prelazi u KreativTeh DOO, *spin off* kompaniju TMF, čiji je suosnivač. Od novembra 2014. zaposlena je kao tehnički konsultant u V IT SYSTEMS.

Oblast naučno-istraživačkog rada Željke (Jovanović) Đurđević obuhvata elektrohemijske postupke dobijanja novih materijala, odnosno elektrohemijšku sintezu i karakterizaciju nanočestica srebra u polimernim rastvorima, kao i nanokompozita srebra i polimera (poli(*N*-vinil-2-pirolidon), alginat), i prevlaka silana na aluminijumu.

Željka (Jovanović) Đurđević je koautor poglavlja u monografiji međunarodnog značaja, 19 naučnih radova (14 u časopisima međunarodnog, tri u časopisima nacionalnog značaja, dva u časopisima van SCI liste), 54 naučna saopštenja u zbornicima međunarodnih (34) i nacionalnih skupova (20) i jednog realizovanog patenta. Iz oblasti istraživanja iz koje je urađena doktorska disertacija kandidat je koautor poglavlja u monografiji međunarodnog značaja (oznaka grupe **M10**: vrsta rezultata **M14–1** rad), šest naučnih radova objavljenih u međunarodnim časopisima (oznaka grupe **M20**: vrsta rezultata **M21–5** radova, **M23–1** rad), 24 saopštenja prikazanih na domaćim i međunarodnim skupovima (oznaka grupe **M30**: vrsta rezultata **M33–2** rada, **M34–13** radova, oznaka grupe **M60**: vrsta rezultata **M63–2** rada, **M64–7** radova,) i jednog realizovanog patenta (oznaka grupe **M90**: vrsta rezultata **M92–1** rad, spisak je u prilogu).

Željka (Jovanović) Đurđević je učestvovala u realizaciji pet međunarodnih naučnih projekata, jednog projekta međunarodne bilateralne saradnje RS i Republike Slovenije, i dva nacionalna projekta.

Volontirala je na izvođenju eksperimentalnih vežbi na Katedri za fizičku hemiju i elektrohemiju TMF iz predmeta: Nemetalne prevlake (školske 2009/10, i 2011/12), Fizička hemija I (školske 2009/10) i Fizička hemija II (školske 2010/11). Učestvovala je u rukovođenju izrade tri diplomska rada.

Željka (Jovanović) Đurđević je bila predsednik Naučnog i Organizacionog odbora međunarodnog skupa studenata elektrohemije pod nazivom “*ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry*“ koji je održan u okviru *Second Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe (RSE-SEE)*, u Beogradu, 6. juna 2010.

Maja 2012. godine bila je u studijskoj poseti u trajanju od mesec dana na Politehničkom Univerzitetu u Bukureštu, Rumunija (*Universităţii POLITEHNICA din Bucureşti, UPB*), tokom kog je u grupi prof. dr Eleonore-Mihaele Ungureanu radila na problematici modifikacije elektroda polimernim filmovima, i njihove karakterizacije elektrohemijskim metodama.

Govori engleski jezik. Koristi francuski i nemački jezik.

## 2. OPIS DISERTACIJE

### 2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije, napisana je na 151 strani, u okviru kojih se nalaze 44 slike, 8 tabela, i 272 literaturna navoda, i organizovana je u sedam celina: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Cilj istraživanja*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključci* i *Literatura*. Na početku disertacije dat je kratak Izvod na srpskom i engleskom jeziku, a Biografija kandidata je data na kraju. Po svojoj formi i sadržaju, podneti rad zadovoljava sve standarde za doktorsku disertaciju.

### 2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

**Uvod** i **Teorijski deo** opisuju nanokompozite nanočestica metala i polimera, sa posebnim osvrtom na nanokompozite polimera sa nanočesticama srebra. Ukazano je na antibakterijsku aktivnost srebra, i poseban oblik polimernih nanokompozita – hidrogel. **Teorijski deo** se sastoji od tri poglavlja: Metal/polimer nanokompoziti, Srebro/polimer nanokompoziti, Hidrogelovi kao nosači aktivnih supstanci, dok je **Cilj istraživanja** opisan u posebnom poglavlju. U poglavlju pod nazivom *Metal/polimer nanokompoziti* opisana su svojstva, sastav i primena ovih nanokompozita, uz poseban osvrt na nanočestice metala, njihova svojstva, načine sinteze i primenu u nanokompozitima. Poglavlje pod nazivom *Srebro/polimer nanokompoziti* opisuje fizičko-hemijska svojstva i načine sinteze nanočestica srebra u cilju dobijanja srebro/polimernih nanokompozita – u rastvorima polimera, i u hidrogelovima. Takođe, opisane su karakteristike nanočestica srebra značajne za njihovu najčešću primenu, u medicini, i to antimikrobno dejstvo, sa posebnim akcentom na antibakterijsko dejstvo, uz kratak opis mehanizma delovanja, i citotoksičnost, uz koju je opisano i antikancerogeno dejstvo nanočestica srebra. Dat je i kratak prikaz polimera koji se koriste za sintezu nanočestica srebra. U poglavlju pod nazivom **Hidrogelovi kao nosači aktivnih supstanci** opisana su fizičko-hemijska svojstva hidrogelova, značajna za njihovu primenu u medicini, kao i primeri potencijalne primene u toj oblasti. Poseban je osvrt dat na hidrogelove koji kao aktivnu supstancu imaju nanočestice srebra, i na hidrogelove polimera korišćenih u radu na ovoj doktorskoj disertaciji, poli(*N*-vinil-2-pirolidona) i alginata. Ukazano je da je Cilj istraživanja ove doktorske disertacije elektrohemijsko dobijanje i karakterizacija nanokompozitnih sistema srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon), Ag/PVP, i srebro/alginat, Ag/alginat, u obliku koloidnih rastvora i hidrogelova, za biomedicinsku primenu.

U **Eksperimentalnom delu** su navedeni materijali korišćeni u eksperimentalnom radu na disertaciji, i metode sinteze nanokompozitnih sistema srebr/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) i srebr/alginat, koloidnih rastvora i nanokompozita hidrogela poli(*N*-vinil-2-pirolidona) i nanočestica srebra, kao i mikročestica alginatnog hidrogela sa inkorporisanim nanočesticama srebra. Navedeni nanokompozitni sistemi su karakterisani različitim tehnikama karakterizacije, detaljno opisan u ovom poglavlju. UV-vidljiva spektroskopija je korišćena za potvrdu prisustva nanočestica srebra u koloidnim rastvorima i hidrogelovima. Transmissionom elektronskom mikroskopijom su ispitane raspodela veličina i morfologija nanočestica srebra u Ag/PVP i Ag/alginatnim koloidnim rastvorima, dok je ispitivanje polimerne mreže PVP hidrogela i Ag/PVP nanokompozitnih hidrogelova je izvršeno visokorezolucionom skenirajućom elektronskom mikroskopijom. Raspodela veličina nanočestica srebra u Ag/PVP i Ag/alginatnim koloidnim rastvorima je takođe ispitana metodom raspodele veličina čestica na principu analize difraktovane svetlosti. Ciklična voltametrija je korišćena za ispitivanje interakcija između nanočestica srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidona), odnosno alginata. Infracrvena spektroskopija sa Furijeovom (Fourier) transformacijom je upotrebljena kao metoda kompatibilna sa cikličnom voltametrijom, za ispitivanje interakcija između nanočestica srebra i polimera. Optičkom mikroskopijom su snimljeni Ag/alginatni nanokompozitni hidrogelovi u obliku mikročestica, dok su prečnici mikročestica određeni korišćenjem programa za analizu slike. Potencijal primene dobijenih nanokompozitnih sistema u medicini je procenjen na osnovu ispitivanja mehaničkih svojstava PVP i alginatnih hidrogelova, Ag/PVP i Ag/alginatnih nanokompozitnih hidrogelova u biorektorskim uslovima, ispitivanjem otpuštanja srebra u različitim hidrodinamičkim uslovima, ispitivanjem citotoksičnosti Ag/PVP i Ag/alginatnih nanokompozitnih hidrogelova u funkciji koncentracije nanočestica srebra, i ispitivanjem antibakterijskih svojstava. Sve navedene metode su detaljno opisane.

U delu **Rezultati i diskusija** eksperimentalno dobijeni rezultati detaljno su analizirani i diskutovani u okviru četiri poglavlja. U poglavlju *Koloidni rastvori nanočestica srebra i polimera dobijeni elektrohemijskom sintezom* prikazana je sinteza i karakterizacija nanočestica srebra u rastvorima poli(*N*-vinil-2-pirolidona) i alginata. Sinteza nanočestica srebra u rastvoru PVP je optimizovana, variranjem režima i uslova sinteze. Rezultati UV-vidljive spektroskopije su ukazali da se galvanostatskom sintezom u rastvoru PVP na gustini struje od  $62 \text{ mA cm}^{-2}$ , tokom 10 min dobijaju nanočestice srebra sfernog oblika, u najvećoj koncentraciji. Na osnovu optimizacije u rastvoru PVP, sinteza nanočestica srebra u rastvoru alginata je vršena galvanostatski. Pokazano je da sa povećanjem koncentracije jona srebra u početnom rastvoru, gustine struje i vremena implementacije raste i koncentracija dobijenih nanočestica srebra. Na osnovu ovih rezultata izabrani su radni uslovi sinteze: koncentracija jona srebra u početnom rastvoru od  $3,9 \text{ mmol dm}^{-3}$ , gustina struje od  $50 \text{ mA cm}^{-2}$  i vreme implementacije od 10 min. Transmissionom elektronskom mikroskopijom (TEM) je utvrđena veličina nanočestica srebra u koloidnim rastvorima dobijenim pod izabranim uslovima. Nanočestice srebra u Ag/PVP koloidnom rastvoru su imale prečnik oko 75 nm, dok su nanočestice srebra u Ag/alginat koloidnom rastvoru bile prečnika 10 – 30 nm. Ispitivanjem raspodele veličina nanočestica srebra metodom raspodele veličina čestica na principu analize difraktovane svetlosti dobijena je ista vrednost za srednji prečnik nanočestica srebra u Ag/PVP koloidnom rastvoru (75 nm), dok je vrednost dobijena u ispitivanom Ag/alginat koloidnom rastvoru bila nešto veća od dobijene TEM analizom – oko 65 nm. Ciklična voltametrija i infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom su potvrdile postojanje interakcija između nanočestica srebra i polimera, što oba upotrebljena polimera čini pogodnim za dobijanje nanočestica srebra. Naime, ukazano je na koordinativno vezivanje između nanočestica srebra i atoma azota i/ili kiseonika iz pirolidonskog prstena PVP, odnosno nanočestica srebra i hidroksilnih i etarskih grupa, kao i atoma kiseonika iz ostataka uronskih kiselina molekula alginata. U poglavlju pod nazivom *Ag/alginatni nanokompozitni hidrogel u obliku mikročestica dobijen elektrostatičkom ekstruzijom* opisano je dobijanje ovog nanokompozitnog sistema elektrostatičkom ekstruzijom. UV-vidljivom spektroskopijom je potvrđeno prisustvo nanočestica srebra i u dobijenom nanokompozitu. Ispitana su i

mehanička svojstva alginatnih i Ag/alginatnih mikročestica u biorektorskim uslovima, i pokazano je da prisustvo nanočestica srebra neznatno narušava strukturu hidrogela, ali je ukazano da dobijeno smanjenje vrednosti ravnotežnog modula elastičnosti od ~20 % ne umanjuje mogućnost primene Ag/alginatnih mikročestica u tkivnom inženjerstvu. Takođe, ispitana je i citotoksičnost Ag/alginatnih mikročestica u funkciji koncentracije srebra, i nađeno je da mikročestice dobijene iz Ag/alginatnog koloidnog rastvora sa polaznom koncentracijom jona srebra od 1 mmol dm<sup>-3</sup> pokazuju blago toksično dejstvo prema humanim mononuklearnim ćelijama periferne krvi (PBMC), i kao takve imaju potencijal upotrebe u medicini. Poglavlje *Ag/PVP nanokompozitni hidrogel dobijen elektrohemijском sintezom* prikazuje novu metodu sinteze nanočestica srebra u PVP hidrogelu elektrohemijским putem. Redukcija jona srebra, difundovalih unutar hidrogela njegovim bubrenjem u rastvoru AgNO<sub>3</sub>, se vrši električnom strujom. Izvršena je optimizacija sinteze nanočestica srebra u PVP hidrogelu, i na osnovu rezultata UV-vidljive spektroskopije, izabrani uslovi podrazumevaju sintezu pri konstantnom naponu od 200 V, tokom 4 min, nakon bubrenja hidrogela u rastvoru 3,9 mmol dm<sup>-3</sup> AgNO<sub>3</sub> sa 0,1 mol dm<sup>-3</sup> KNO<sub>3</sub>. Visokorezolucionom skenirajućom elektronskom mikroskopijom je utvrđena veličina šupljina PVP hidrogela od 449 ± 72 nm, kao i prisustvo kako pojedinačnih nanočestica Ag (75 ± 19 nm), tako i klastera (209 ± 33 nm) u nanokompozitnim Ag/PVP hidrogelovima. Ciklična voltometrija i infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom su ponovo potvrdile postojanje interakcija između nanočestica srebra i PVP, i to na atomima azota i/ili kiseonika iz pirolidonskog prstena PVP. Rezultati evaluacije mehaničkih svojstava u biorektoru ukazuju da nanočestice srebra verovatno utiču na veće zadržavanje vode unutar hidrogelova u dinamičkim uslovima, blago povećavajući modul elastičnosti. Upotreba Ag/PVP nanokompozitnog hidrogela u medicini je obećavajuća, s obzirom da vrednosti Jangovog (*Young*) modula elastičnosti odgovaraju potrebnim vrednostima za primenu hidrogelova kao obloga za rane. Rezultati analize sorpcionih karakteristika su u saglasnosti sa blagim razlikama u biomehaničkim karakteristikama PVP hidrogela i Ag/PVP nanokompozitnog hidrogela. U poglavlju *Citotoksičnost i otpuštanje srebra iz Ag/PVP nanokompozitnih hidrogelova kao parametri predviđanja primene u in vivo uslovima* se razmatra mogućnost upotrebe ovih materijala u medicini. Ispitivanjem citotoksičnosti Ag/PVP u funkciji koncentracije srebra utvrđeno je da nanokompoziti dobijeni iz polaznog rastvora za bubrenje koji je sadržao AgNO<sub>3</sub> u koncentraciji od 1 mmol dm<sup>-3</sup> ispoljavaju samo blago toksično dejstvo prema PBMC ćelijama, istovremeno pokazujući antibakterijsko dejstvo prema *S. aureus*. Otpuštanje srebra ispitivano u različitim hidrodinamičkim uslovima (statički, u perfuzionom biorektoru, u biorektoru sa dinamičkom kompresijom spregnutom sa perfuzijom simulirane telesne tečnosti). Pokazano je da hidrodinamički uslovi nemaju presudan značaj za dinamiku otpuštanja, i da je u svim sistemima difuzija dominantni način prenosa mase. Rezultati ispitivanja citotoksičnosti i otpuštanja srebra su modelovani difuzionim modelom, u cilju predviđanja performansi i moguće dužine primene Ag/PVP nanokompozitnih hidrogelova u različitim sredinama. Navedeno je da se iz dobijenih rezultata može zaključiti da bi Ag/PVP nanokompozitni hidrogelovi mogli biti primenljivi i kao obloge za tretman rana, i kao implantati za hrskavicu, bez nepovoljnih efekata u odnosu na okolno tkivo, a kako se Ag/alginatne mikročestice mogu koristiti u inženjerstvu tkiva, rezultat ove doktorske disertacije predstavljaju obećavajući biokompatibilni materijali na bazi nanočestica srebra i polimera čiji potencijal primene treba istražiti i u *in vivo* uslovima.

Analiza Rezultata i diskusije je sumirana u delu **Zaključci** u kojima su sažeto izneti postignuti rezultati istraživanja, a koji odgovaraju postavljenim ciljevima disertacije. Na kraju rada dat je spisak korišćene literature, potom biografija kandidata, kao i izjave o autorstvu i istovetnosti štampane i elektronske verzije rada.

### 3. OCENA DISERTACIJE

#### 3.1. Savremenost i originalnost

Nanočestice srebra se koriste u različitim oblastima, od elektronike, skladištenja podataka, optike, do biomedicine. Biomedicinska primena je pre svega posledica izuzetnog antimikrobnog dejstva nanočestica srebra. Nanočestice srebra deluju antibakterijski, antifungalno, antiviralno, prema velikom broju mikroorganizama. Budućnost primene nanočestica srebra se pre svega vidi u dejstvu prema mikroorganizmima rezistentnim na postojeće antibiotske lekove. Smatra se da mikroorganizmi teže razvijaju rezistentnost prema srebru, nego prema drugim antibiotskim preparatima, jer srebro deluje na više aktivnih mesta u mikroorganizmima, i to putem nekoliko mehanizama. Brojni su primeri preparata na bazi srebra i polimera sa antimikrobnim dejstvom. Ipak, istraživanja su i dalje u razvitku, jer se još uvek traže nanokompoziti sa adekvatnim odnosom *antimikrobno dejstvo/citotoksičnost*, s obzirom da biomedicinska primena podrazumeva izostanak toksičnosti materijala prema okolnom tkivu. Kako dejstvo nanočestica srebra zavisi od više faktora (veličine, oblika, modifikacije površine), a njihova antimikrobna aktivnost i citotoksičnost i od koncentracije nanočestica srebra, oblika u kom se otpušta, vrsta ćelija na koje deluje i dužine izlaganja, velike su mogućnosti za optimizaciju dobijanja proizvoda (nanokompozita) sa željenim svojstvima. Takođe, s obzirom na raznovrsnost u uslovima sinteze, a samim tim i karakteristikama dobijenih nanočestica/nanokompozita, ispitivanja antimikrobnog dejstva i citotoksičnosti je potrebno vršiti ponaosob od slučaja do slučaja.

U ovoj disertaciji nanočestice srebra su dobijene elektrohemijom sintezom u rastvorima polimera, PVP i alginata, i u polimernom PVP hidrogelu. Prvi put je za dobijanje nanočestica srebra elektrohemijom sintezom korišćen alginat. Izvršene su optimizacije elektrohemijske sinteze u rastvorima polimera. Osmišljena je i primenjena nova metoda elektrohemijske sinteze nanočestica srebra u polimernom hidrogelu PVP. Iskorišćene su prednosti elektrohemijske sinteze, koje se ogledaju u dobijanju malih čestica metala visoke čistoće, sa manjim brojem hemikalija, što je od izuzetnog značaja za primenu u biomedicini, i u mogućnosti precizne kontrole veličine nanočestica, podešavanjem vrednosti gustine struje ili potencijala. Dobijeni materijali su pokazali biomehanička svojstva adekvatna za primenu u inženjerstvu tkiva (Ag/alginatne mikročestice) i u vidu obloga za rane (Ag/PVP hidrogelovi). Paralelnim ispitivanjem citotoksičnosti i antibakterijskog dejstva, pronađena je optimalna koncentracija nanočestica srebra koja omogućava antibakterijsko dejstvo uz blagu citotoksičnost ( $1 \text{ mmol dm}^{-3} \text{ AgNO}_3$ , u polaznom rastvoru za sintezu). Inkorporisanje nanočestica srebra u polimernom hidrogelu omogućava njihovo produženo otpuštanje, što obezbeđuje sterilnost biomaterijala duži vremenski period.

#### 3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U doktorskoj disertaciji citirana su 272 literaturna navoda, od kojih najveći broj čine najnoviji radovi iz međunarodnih časopisa sa tematikom značajnom za izradu doktorske disertacije. Tokom izrade doktorske disertacije kandidat je pregledao dostupnu literaturu vezanu za metode sinteze nanočestica srebra u polimernim rastvorima i hidrogelovima, karakterizaciju i primenu dobijenih nanokompozita. Na osnovu detaljnog pregleda literature predložena je metoda elektrohemijske sinteze nanočestica srebra u polimernim rastvorima PVP i alginata, kao i prvi put primenjena metoda elektrohemijske sinteze nanočestica srebra u PVP hidrogelu. Navedene reference su novijeg datuma i sadrže eksperimentalne rezultate istraživanja različitih istraživačkih grupa, analizu i diskusiju dobijenih rezultata i izvedene zaključke u oblasti istraživanja dobijanja polimernih nanokompozita, svojstava njihovih komponenata i primene. U okviru korišćenih literaturnih navoda nalaze se i reference kandidata Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije, proistekle iz rezultata istraživanja u oblasti doktorske disertacije, a koje su objavljene u časopisima međunarodnog značaja. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova koje je kandidat priložio, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se

adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja i aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

### 3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

Nanokompoziti srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat, dobijeni elektrohemijskim postupcima, u obliku koloidnih rastvora i hidrogelova, karakterisani su savremenim tehnikama. UV-vidljiva spektroskopija je korišćena za potvrdu prisustva nanočestica srebra u nanokompozitima, kao i za optimizaciju eksperimentalnih uslova dobijanja nanočestica u polimernim rastvorima i hidrogelu. Transmissionom elektronskom mikroskopijom je utvrđen oblik i morfologija nanočestica srebra dobijenih u rastvorima PVP i alginata, kao i raspodela veličina nanočestica, koja je potvrđena metodom raspodele veličina čestica na principu analize difraktovane svetlosti. Visoko-rezolucionom skenirajućom mikroskopijom je utvrđena veličina šupljina PVP hidrogela, kao i veličina pojedinačnih nanočestica srebra, i nastalih klastera. Ciklična voltametrijia i infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom su korišćene za utvrđivanje interakcija između nanočestica srebra i PVP, odnosno alginata, pa posledično i njihove primenljivosti za sintezu nanočestica srebra. Biomehanička svojstva Ag/PVP i Ag/alginatnih hidrogelova su ispitana u bioreaktoru. Citotoksičnost Ag/PVP i Ag/alginatnih nanokompozita je ispitivana MTT-testom, metodom izbora za ovu vrstu ispitivanja, dok je antibakterijska aktivnost Ag/PVP nanokompozita određena klasičnim agar-difuzionim testom. Sorpcione karakteristike su određene gravimetrijski, dok je otpuštanje srebra vršeno u različitim hidrodinamičkim uslovima, a koncentracija srebra određivana atomskom apsorpcionom spektroskopijom.

### 3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Na osnovu pregleda do sada objavljenih eksperimentalnih podataka i rezultata prikazanih u okviru ove doktorske disertacije ostvaren je značajan doprinos u oblasti dobijanja srebro/polimer nanokompozita, i njihovoj karakterizaciji. Optimizovani su uslovi sinteze nanočestica srebra u rastvorima PVP i alginata. Postavljena je i optimizovana nova metoda elektrohemijske sinteze nanočestica srebra u PVP hidrogelu. Karakterizacijom dobijenih kompozitnih sistema pokazano je da Ag/PVP i Ag/alginatni nanokompoziti imaju značajan potencijal primene u medicini. Verifikacija ostvarenih rezultata disertacije postignuta je objavljivanjem radova u vodećim međunarodnim časopisima iz domena ove problematike, kao i saopštenjima na međunarodnim konferencijama. Takođe je prepoznata i mogućnost primene, jer je postavljena inovativna metoda elektrohemijske sinteze nanočestica srebra u PVP hidrogelu *Elektrohemijska sinteza nanočestica metala unutar polimernih hidrogelova* dobila godišnju nagradu Privredne komore Beograda za najbolji pronalazak u 2013. godini.

### 3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalan naučni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom radu, kandidat Željka (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije, pokazala je samostalnost i stručnost u pretraživanju literature, pripremi i realizaciji eksperimenata, korišćenju različitih tehnika karakterizacije i analizi i obradi rezultata. Na osnovu dosadašnjeg zalaganja i postignutih rezultata Komisija je mišljenja da kandidat poseduje sve kvalitete neophodne za samostalan naučno-istraživački rad.

## 4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

### 4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

U okviru ove doktorske disertacije:

- optimizovani su uslovi elektrohemijskog dobijanja nanočestica srebra u rastvorima PVP i alginata;
- postavljena je i optimizovana nova metoda elektrohemijskog dobijanja nanočestica srebra u PVP hidrogelu;
- karakterizacijom dobijenih kompozitnih sistema pokazano je da Ag/PVP i Ag/alginatni nanokompoziti imaju značajan potencijal primene u medicini;
- ispitivanjem otpuštanja srebra u različitim hidrodinamičkim uslovima, antibakterijske aktivnosti i citotoksičnosti Ag/PVP nanokompozita, i modelovanjem dobijenih rezultata difuzionim modelom omogućen je uvid u praktičnu primenu ovih nanokompozita, kako u obliku obloga za rane, tako i u vidu implantata za zamenu artikularne hrskavice.

Rezultati ove doktorske disertacije su postavili dobru osnovu za dalje ispitivanje dobijenih nanokompozitnih sistema u *in vivo* uslovima.

#### 4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Istraživanja u okviru ove disertacije su osmišljena na osnovu definisanih ciljeva i detaljne analize literature iz oblasti sinteze i karakterizacije nanokompozitnih srebro/polimer biomaterijala. U okviru ove doktorske disertacije primenjena je metodologija istraživanja i karakterizacije kakva je i prethodno opisana u literaturi. Takođe, optimizovana je elektrohemijska metoda dobijanja nanočestica srebra u rastvoru PVP i u rastvoru alginata, i osmišljena je i primenjena nova metoda dobijanja nanočestica srebra u hidrogelu elektrohemijskim putem. Uvidom u dostupnu literaturu iz ove oblasti istraživanja i rezultate istraživanja dobijene u okviru ovog rada, uočeno je da dobijeni rezultati predstavljaju korak za dalji razvoj i potencijalnu primenu inovativnih biomaterijala na bazi nanočestica srebra i polimera, PVP i alginata, ali i za proširenje ovih tehnika sinteze i na druge sisteme metal/polimer. Elektrohemijska sinteza bi trebalo da zauzme značajno mesto u dobijanju nanokompozitnih materijala za biomedicinsku primenu zbog jednostavnosti primene i čistoće sistema.

#### 4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Željka (Jovanović) Đurđević je rezultate svoje doktorske disertacije potvrdila objavljivanjem, kao koautor, poglavlja u monografiji međunarodnog značaja, pet radova u vrhunskim međunarodnim časopisima, jednog rada u časopisu međunarodnog značaja, jednog rada u časopisu van SCI liste, 15 radova saopštenih na skupovima međunarodnog značaja, 9 radova saopštenih na skupovima nacionalnog značaja i jednog realizovanog patenta.

### **MONOGRAFIJE, MONOGRAFSKE STUDIJE, TEMATSKI ZBORNICI, LEKSIKOGRAFSKE I KARTOGRAFSKE PUBLIKACIJE MEĐUNARODNOG ZNAČAJA – M10**

#### **Monografska studija/poglavlje u knjizi M12 (monografija međunarodnog značaja) ili rad u tematskom zborniku međunarodnog značaja – M14**

1. **Ž. Jovanović**, A. Krklješ, S. Tomić, V. Mišković-Stanković, S. Popović, M. Dragašević, Z. Kačarević-Popović, "Properties of Ag/PVP Hydrogel Nanocomposite Synthesized In Situ by Gamma Irradiation" in Trends in Nanophysics: Theory, Experiment and Technology. Editors: Alexandru Aldea, Victor Bârsan. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, p. 315-328, (ISBN: 978-3-642-12069-5).



## RADOVI OBJAVLJENI U NAUČNIM ČASOPISIMA MEĐUNARODNOG ZNAČAJA – M20

### Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu – M21

1. **Ž. Jovanović**, A. Krklješ, J. Stojkowska, S. Tomić, B. Obradović, V. Mišković-Stanković, Z. Kačarević-Popović, “Synthesis and characterization of Ag/PVP hydrogel nanocomposites obtained by *in situ* radiolytic method”, *Radiation Physics and Chemistry*, **80** (2011) 1208–1215, (Nuclear Science & Technology, 10/35, IF (2011) = 1,227), ISSN 0969-806X.
2. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkowska, Bojana Obradovic, Vesna Mišković-Stanković, “Alginate hydrogel microbeads incorporated with Ag nanoparticles obtained by electrochemical method”, *Materials Chemistry and Physics*, **133** (2012) 182–189 (Materials Science, Multidisciplinary, 61/241, IF (2012) = 2,072), ISSN 0254-0584.
3. **Željka Jovanović**, Aleksandra N. Radosavljević, Milorad Šiljegović, Nataša Bibić, Vesna B. Mišković-Stanković, Zorica M. Kačarević-Popović, “Silver nanoparticles synthesized *in situ* using poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) as a capping agent”, *Radiation Physics and Chemistry*, **81** (2012) 1720-1728 (Nuclear Science & Technology, 5/34, IF (2012) = 1,375), ISSN 0969-806X.
4. **Željka Jovanović**, Aleksandra Radosavljević, Zorica Kačarević-Popović, Jasmina Stojkowska, Aleksandra Perić-Grujić, Mirjana Ristić, Ivana Z. Matić, Zorica D. Juranić, Bojana Obradovic, Vesna Mišković-Stanković, “Bioreactor validation and biocompatibility of Ag/poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) hydrogel nanocomposites”, *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, **105** (2013) 230 – 235 (Materials Science, Biomaterials, 7/32, IF (2013) = 4,287), ISSN 0927-7765.
5. **Željka Jovanović**, Aleksandra Radosavljević, Jasmina Stojkowska, Branislav Nikolić, Bojana Obradovic, Zorica Kačarević-Popović, Vesna Mišković-Stanković, “Silver/poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) hydrogel nanocomposites obtained by electrochemical synthesis of silver nanoparticles inside the polymer hydrogel aimed for biomedical applications”, *Polymer Composites*, **35** (2014) 217 – 226 (Materials Science, Composites, 7/24, IF (2013) = 1,455), ISSN 0272-8397.

### Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. **Željka Jovanović**, Aleksandra Radosavljević, Zorica Kačarević-Popović, Vesna Mišković-Stanković, „Srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) nanokompoziti dobijeni elektrohemijskom sintezom“, *Hemijska industrija*, **65** (2011) 687–696, (Engineering, Chemical, 120/133, IF (2011) = 0,205), ISSN 0367-598X.

## ZBORNICI MEĐUNARODNIH NAUČNIH SKUPOVA – M30

### Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini – M33

1. **Željka Jovanović**, Vladimir V. Panić, Aleksandra Krklješ, Zorica Kačarević-Popović, Branislav Nikolić, Vesna B. Mišković-Stanković, “Cyclic voltammetry study of electrochemically synthesized Ag/PVP nanocomposites”, 2<sup>nd</sup> Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe (RSE-SEE 2), Belgrade, Serbia, 2010, Book of Abstracts (CD Rom), BEH – P – 04, p. 29-32.
2. Z. Kačarević-Popović, M. Dragašević, A. Krklješ, S. Popović, **Ž. Jovanović**, S. Tomić, V. Mišković-Stanković, “On the Use of Radiation Technology for Nanoscale Engineering of Silver/Hydrogel Based Nanocomposites for Potential Biomedical Application”, The Open Conference Proceedings Journal, **1** (2010) 200-206.

### Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu – M34

1. **Željka S. Jovanović**, Vladimir V. Panić, Vesna B. Mišković-Stanković, Aleksandra N. Krklješ, Zorica M. Kačarević-Popović, “Electrochemical Synthesis of Silver

- Nanoparticles Stabilized by Poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone)”, 60<sup>th</sup> Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Beijing, China, 2009, Book of Abstracts (CD Rom), s08 – P – 027, p. 123.
2. **Željka S. Jovanović**, Vladimir V. Panić, Vesna B. Mišković-Stanković, Aleksandra N. Krklješ, Zorica M. Kačarević-Popović, “*In situ* Electrochemical Synthesis of Silver/Poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) Hydrogel Nanocomposites”, 216<sup>th</sup> Electrochemical Society Meeting, Vienna 2009, abstract #1614 (CD Rom).
  3. Z. Kačarević-Popović, M. Dragašević, A. Krklješ, S. Popović, **Ž. Jovanović**, S. Tomić, V. Mišković-Stanković, ICDDT2010: The 2<sup>nd</sup> International Conference on Drug Discovery & Therapy: Dubai, 2010, “*On the Use of Radiation Technology for Nanoscale Engineering of Silver/Hydrogel Based Nanocomposites for Potential Biomedical Application*”, Book of Abstracts, SL-319, p. 117-118.
  4. **Željka Jovanović**, Vladimir Panić, Vesna Mišković-Stanković, Branislav Nikolić, “The electrochemical synthesis of different Ag/PVP nanocomposites”, ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry (ISE SSRSE), 2010, Belgrade, Serbia, 2010, Book of Abstracts (CD Rom), O-12, p. 155.
  5. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Bojana Obradović, Vesna B. Mišković-Stanković, “The investigation of mechanical properties in bioreactor conditions of electrochemically synthesized silver/poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) nanocomposites”, Book of abstracts, Atelier scientifique Nouveaux Matériaux pour la Reconnaissance Electrochimique des Minéraux et des Espèces Biologiques «NOMARES» 2010, Bucarest, Roumanie, P12, p. 55.
  6. **Željka Jovanović**, Vladimir V. Panić, Aleksandra Krklješ, Zorica Kačarević-Popović, Branislav Nikolić, Vesna B. Mišković-Stanković, “Electrochemical synthesis of a novel silver/poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) nanocomposite characterized by cyclic voltammetry”, 61<sup>st</sup> Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Nice, France, 2010, Book of Abstracts (CD Rom), s03-P-049.
  7. I. Jevremović, **Ž. Jovanović**, J. Stojkovska, B. Obradović, M. Vukašinović-Sekulić, A. Perić-Grujić, M. Ristić, V. Mišković-Stanković, “Electrochemically Synthesized Ag/PVP Nanocomposites for Medical Applications”, International Workshop on Processing of Nanostructured Ceramics, Polymers, and Composites, TMF, Belgrade 2010, Book of Abstracts, P7, p. 51.
  8. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Bojana Obradović, Vesna Mišković-Stanković, “Silver/alginate nanocomposites: the stabilization of silver nanoparticles and biomedical potential of silver/alginate microbeads”, 2<sup>nd</sup> International Workshop on Characterization, Properties and Applications of Nanostructured Ceramics, Polymers and Composites, TMF, Belgrade 2011, Book of Abstracts, P7, p. 37.
  9. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Maja Vukašinović-Sekulić, Ivana Matić, Zorica Juranić, Bojana Obradović, Vesna Mišković-Stanković, “Silver/alginate nanocomposites: Biomedical potential of silver/alginate microbeads”, Tenth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, SASA, Belgrade 2011, Serbia, Book of Abstracts, II/8, p. 10.
  10. **Ž. Jovanović**, J. Stojkovska, M. Vukašinović-Sekulić, I. Matić, Z. Juranić, B. Obradović, V. Mišković-Stanković, “*In vitro* investigation of cytotoxicity and antimicrobial activity of silver/alginate nanocomposite microbeads”, 3<sup>rd</sup> TERMIS World Congress, Vienna, Austria, 2012, 33.P01, Journal of Tissue Engineering and Regenerative Medicine 2012, 6 (suppl. 1), p. 218.
  11. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Milena Nemet, Bojana Obradović, Vesna Mišković-Stanković, “The electrochemical synthesis of silver nanoparticles in polymer hydrogel networks”, First International Conference on Processing,

characterisation and application of nanostructured materials and nanotechnology (NanoBelgrade 2012), Belgrade, Serbia, 2012, Book of Abstracts, OP 17, p. 67.

12. **Željka Jovanović**, Branislav Nikolić, Vesna Mišković Stanković, “New procedure in electrochemical synthesis of silver nanoparticles: inside poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) hydrogel“, Fourth Regional Symposium on Electrochemistry South East Europe (RSE-SEE), Ljubljana, 2013, Slovenia, Book of abstracts, p. 89.
13. Vesna Miskovic-Stankovic, **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Branislav Nikolic, Bojana Obradovic, “Electrochemically synthesized Ag/poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) hydrogel nanocomposites for biomedical applications”, The European Chapter Meeting of the Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (TERMIS-EU 2013), Istanbul, 2013, Book of Abstracts, p. 632.

#### **ZBORNICI SKUPOVA NACIONALNOG ZNAČAJA – M60**

##### **Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini – M63**

1. **Željka S. Jovanović**, Aleksandra N. Krklješ, Nataša Bibić, Miodrag Mitrić, Simonida Lj. Tomić, Zorica M. Kačarević-Popović, Vesna B. Mišković-Stanković, „Nanokompoziti na bazi nanočestica srebra u poli(*N*-vinil-2-pirolidon) hidrogelu dobijeni *in situ*  $\gamma$ -zračenjem“, XLVII Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, 2009, Zbornik radova (CD Rom), str. 202-205 (*IUPAC Poster Prize*).
2. **Ž. Jovanović**, J. Stojkovska, A. Krklješ, N. Bibić, B. Obradović, Z. Kačarević-Popović, V. Mišković-Stanković, „Uticaj vrste polimera na oblik i veličinu nanočestica srebra dobijenih elektrohemijском sintezom“, XLIX Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 2011, Zbornik radova (CD Rom), str. 60-63.

##### **Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu – M64**

1. **Željka Jovanović**, Aleksandra Krklješ, Nataša Bibić, Miodrag Mitrić, Simonida Tomić, Zorica Kačarević-Popović, Vesna Mišković-Stanković, „*In situ* sinteza Ag/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) hidrogel nanokompozita  $\gamma$ -zračenjem“, Sedma konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala, SANU, Beograd, 2008, Zbornik apstrakata, I/5, str. 3.
2. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Bojana Obradović, Aleksandra Perić-Grujić, Mirjana Ristić, Ivana Matić, Zorica Juranić, Vesna Mišković-Stanković, „Ag/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) nanokompozitni biomaterijal: ponašanje u bioreaktoru, kinetika otpuštanja srebra i citotoksičnost“, Osmo konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala, SANU, Beograd, 2009, Knjiga apstrakata, V/6, str. 22.
3. Ivana Jevremović, **Željka Jovanović**, Aleksandra Krklješ, Jasmina Stojkovska, Bojana Obradović, Zorica Kačarević-Popović, Vesna Mišković-Stanković, „Srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) nanokompozitni biomaterijal: poređenje elektrohemijского i radijaciono-hemijского postupka sinteze“, “Silver/poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) nanocomposite biomaterial: the comparison of the electrochemical and  $\gamma$ -irradiation method of synthesis”, Biotehnologija za održivi razvoj, TMF, Beograd, 2010, Knjiga izvoda radova, str. 94-95.
4. Ivana Jevremović, **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Bojana Obradović, Vesna Mišković-Stanković, “Investigation of electrochemically synthesized Ag/PVP nanocomposites: Biomimetic approach”, Ninth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, SASA, Belgrade, 2010, Serbia, Book of Abstracts, III/8, p. 14.
5. Obradović Bojana, Mišković-Stanković Vesna, **Jovanović Željka**, Stojkovska Jasmina, „Mikročestice hidrogela alginata sa inkorporisanim nanočesticama srebra NanoAktiv“, 31. Međunarodna izložba pronalazaka, novih tehnologija i industrijskog dizajna „Pronalazaštvo-Beograd 2011“, Savez pronalazača Beograda, Katalog 31. međunarodne izložbe pronalazaka, novih tehnologija i industrijskog dizajna

„Pronalazaštvo – Beograd 2012“, str. 89-90, Beograd, 23-27. 05. 2011., ISBN 978-86-910813-5-5 (Zlatna medalja sa likom Nikole Tesle u oblasti novih tehnologija).

6. Vesna Mišković-Stanković, Bojana Obradović, **Jovanović Željka**, Srđan Vidović, Jasmina Stojkowska, „Antimikrobne obloge za rane na bazi polimernih hidrogelova i nanočestica srebra dobijene novim elektrohemijским postupcima“, 32. Međunarodna izložba pronalazaka, novih tehnologija i industrijskog dizajna „Pronalazaštvo-Beograd 2012“, Savez pronalazača Beograda, Katalog 32. međunarodne izložbe pronalazaka, novih tehnologija i industrijskog dizajna „Pronalazaštvo – Beograd 2012“, str. 69-70, Beograd, 21-25. 05. 2012., ISBN 978-86-910813-5-5 (Zlatna medalja sa likom Nikole Tesle u oblasti novih tehnologija).
7. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkowska, Bojana Obradović, Vesna Mišković-Stanković, Elektrohemijška sinteza nanočestica srebra u rastvoru natrijum-alginata, Prva konferencija mladih hemičara Srbije, Beograd, 2012, NM P06, Zbornik radova (CD Rom), str. 94.

#### **NAUČNI RADOVI OBJAVLJENI U ČASOPISIMA BEZ KATEGORIJE**

1. **Željka Jovanović**, Aleksandra Radosavljević, Jasmina Stojkowska, Branislav Nikolić, Bojana Obradović, Zorica Kačarević-Popović, Vesna Mišković-Stanković, "Silver nanoparticles for wound dressings: electrochemical synthesis inside Poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) hydrogel“, *Plastics Research Online* (2013) doi:10.2417/spepro.005186.

#### **PATENTI, AUTORSKE IZLOŽBE, TESTOVI – M90**

##### **Realizovan patent, soj, sorta ili rasa, arhitektonsko, građevinsko ili urbanističko autorsko delo – M92**

1. B. Obradović, V. Mišković-Stanković, **Ž. Jovanović**, J. Stojkowska, Dobijanje mikročestica hidrogela alginata sa inkorporisanim nanočesticama srebra, patent br. 53508, Zavod za intelektualnu svojinu RS, od 04.11.2014.

## 5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

### 5.1. Kratak osvrt na disertaciju u celini

Na osnovu svega iznetog, Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „Nanokompoziti srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijским postupcima“ predstavlja značajan i originalni naučni doprinos u oblasti Hemija i hemijska tehnologija, što je potvrđeno radovima objavljenim u časopisima međunarodnog značaja. Predmet i ciljevi istraživanja su jasno navedeni i ostvareni. Komisija takođe smatra da doktorska disertacija pod nazivom „Nanokompoziti srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijским postupcima“ u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume. Kandidat je ispoljio naučno-istraživačku sposobnost i samostalnost u svim fazama izrade ove disertacije.

### 5.2. Predlog komisije Nastavno-naučnom veću

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću TMF da prihvati ovaj Referat i da ga zajedno sa podnetom disertacijom Željke (Jovanović) Đurđević, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „Nanokompoziti srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijским postupcima“ izloži na uvid javnosti u zakonski predviđenom roku i uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, kao i da nakon završetka procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 22. maja 2015.

### ČLANOVI KOMISIJE

*V. Mišković - Stanković*

Dr Vesna Mišković-Stanković, red. prof.  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

*Katarina Jeremić*

Dr Katarina Jeremić, red. prof.  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

*Jelena Bajat*

Dr Jelena Bajat, red. prof.  
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

*Z. Kačarević - Popović*

Dr Zorica Kačarević-Popović, naučni savetnik  
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča