

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

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 20.10.2011. imenovani smo za članove Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije Željke Jovanović, dipl. inž. tehnologije pod naslovom:

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

O predloženoj temi i njenoj naučnoj zasnovanosti podnosimo sledeći

IZVEŠTAJ

1. PODACI O KANDIDATU

Željka Jovanović 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 Biohemijsko inženjerstvo i biotehnologiju. Diplomirala je juna 2007. godine na Katedri za fizičku hemiju i elektrohemiju, radom na temu „*Prevlake viniltrioksasilana i metakriloksipropil-trimetoksasilana na aluminijumu*“, sa ocenom 10, i srednjom ocenom tokom studija 8,78.

Školske 2007/08. se upisala na doktorske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu, studijski program Hemija i hemijska tehnologija, profil Elektrohemija i elektrohemijsko 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 (spisak je u prilogu), i 29.septembra 2009. godine odbranila Završni ispit pod nazivom „*Nanokompoziti srebra i poli(N-vinil-2-pirolidon)-a dobijeni elektrohemijskim postupkom*“ sa ocenom 10, pred komisijom u sastavu prof. dr Vesna Mišković-Stanković, prof. dr Katarina Jeremić i prof. dr Bojana Obradović.

Željka Jovanović 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.

Oblast naučno-istraživačkog rada Željke Jovanović obuhvata elektrohemijske postupke dobijanja novih materijala, tj. elektrohemijsku 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 je koautor poglavlja u monografiji međunarodnog značaja, devet radova u naučnim časopisima, od čega 7 radova u časopisima međunarodnog značaja i 2 rada u časopisima nacionalnog značaja, 33 naučna saopštenja u zbornicima međunarodnih (20) i nacionalnih skupova (13), i jedne patentne prijave. Iz oblasti istraživanja iz koje je predložena tema doktorske disertacije kandidat je koautor poglavlja u monografiji međunarodnog značaja, 4 naučna rada objavljena u međunarodnim časopisima (oznaka grupe **M20**: vrsta rezultata **M21–3** rada, **M23–1** rad), 25 saopštenja prikazanih na domaćim i međunarodnim skupovima (oznaka grupe **M30**: vrsta rezultata **M33–2** rada, **M34–15** radova, oznaka grupe **M60**: vrsta rezultata **M63–2** rada, **M64–6** radova,) i jedne patentne prijave (spisak je u prilogu).

Željka Jovanović učestvuje u realizaciji pet međunarodnih projekata: *Nanoscale Radiation Engineering of Advanced Materials for Potential Biomedical Applications* i *Supporting Radiation Synthesis and the Characterization of Nanomaterials for Health Care, Environmental Protection and Clean Energy Applications*, International Atomic Energy Agency (2009-2012), *“Electrodes modifiées à base de carbonate de calcium”* Projet de coopération scientifique interuniversitaire, Programme Renforcement de l'excellence universitaire, partenariats, relations avec les entreprises, Agence Universitaire de la Francophonie (AUF, 2010-2012), *From nano to macro biomaterials (design, processing, characterization, modeling) and applications to stem cells regenerative orthopedic and dental medicine* (NAMABIO), COST Action MP1005 (2011-2015), kao i projekta međunarodne bilateralne saradnje *“Electrochemical non-metallic coatings on modified metal surfaces”*, između Republike Srbije i Republike Slovenije (2010-2012).

Pohađala je međunarodne letnje škole *“Advanced Biomedical Technologies for Treatment of Osteochondral Defects”*, 2008 (4 ESPB), i *“Stem Cells and Regenerative Medicine”*, 2009, održane u Piranu, Slovenija, u organizaciji Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Zavoda za transfuziju krvi Republike Slovenije, Nacionalnog instituta za biologiju Republike Slovenije i međunarodnog društva Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society, kao i međunarodne letnje škole *“Biopolymers as constituents of novel biocomposites”* (4 ESPB), i *“Corrosion of Mild Steel in Weak Acids”*, u organizaciji Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu (2010). Učestvovala je na sledećim trening kursovima: *Regional Training Course on Nanomaterials & Radiation: Synthesis, Characterization, Applications*, Rems, Francuska, 2009, i *Regional Training Course on Characterization of Nano-structures*, Ankara, Turska, 2010, u okviru projekta regionalne tehničke saradnje Međunarodne agencije za atomsku energiju *“Supporting Radiation Synthesis and Characterisation of Nanomaterials for health Care, Environmental Protection and Clean Energy Application”*. Takođe, pohađala je četiri seminaru u organizaciji Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj: *Komunikacija nauke*, u saradnji sa organizacijom British council, *Elektronski izvori informacija u nauci/pretreživanje elektronskih baza podataka za naučne publikacije*, u saradnji sa Narodnom bibliotekom Srbije, *Writing an FP7 proposal* i *Od ideje do licence*, u saradnji sa Zavodom za intelektualnu svojinu RS.

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

Željka Jovanović je član Srpskog hemijskog društva, Međunarodnog društva za elektrohemijsku, Američkog elektrohemijskog društva i Srpskog društva istraživača raka.

Bila je predsednik Naučnog i Organizacionog odbora međunarodnog skupa studenata elektrohemijske 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.

Školske 2006/07. je pohađala jednogodišnje dodiplomske studije Beogradske otvorene škole na Glavnom programu Odeljenja za napredne dodiplomske studije.

Govori engleski jezik. Koristi francuski i nemački jezik.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija

	ESPB
1. Elektrohemijska kinetika i metode merenja	6
2. Viši kurs elektrohemijskog inženjerstva	6
3. Matematička obrada eksperimentalnih podataka	5
4. Termodinamika čvrstog stanja	5
5. Hemijska kinetika	5
6. Nemetalne prevlake	5

7.	Biokompozitni materijali	4
8.	Metode karakterizacije keramičkih i staklastih materijala	4
9.	Sinteza, svojstva i primena biokeramičkih materijala	4
10.	Polimerni biomaterijali	4
11.	Fizička hemija polimera	4
12.	Završni ispit – pristupni rad za izradu doktorske disertacije	30
	Ukupno	82

Fakultativno

14.	Letnja škola “ <i>Advanced Biomedical Technologies for Treatment of Osteochondral Defects</i> “, Piran, Slovenija, 2008.	4
15.	Letnja škola “ <i>Biopolymers as constituents of novel biocomposites</i> “, TMF Beograd, Srbija, 2010.	4
	Ukupno	90

Objavljeni naučni radovi i saopštenja

MONOGRAFIJE, MONOGRAFSKE STUDIJE, TEMATSKI ZBORNICI, LEKSIKOGRFSKE 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**, J. B. Bajat, R. M. Jančić-Heinemann, M. Dimitrijević, V. B. Mišković-Stanković, “Methacryloxypropyltrimethoxysilane films on aluminium: Electrochemical characteristics, adhesion and morphology”, *Progress in Organic Coatings*, **66** (2009) 393–399 (Materials Science, Coatings & Films, 5/17, IF (2009) = 1,669), ISSN 0300-9440.
2. J. B. Bajat, I. Milošev, **Ž. Jovanović**, R. M. Jančić-Heinemann, M. Dimitrijević, V. B. Mišković-Stanković, “Corrosion protection of aluminium pretreated by Vinyltriethoxysilane in sodium chloride solution“, *Corrosion Science*, **52** (2010) 1060–1069 (Materials Science, Multidisciplinary, 42/211, IF (2010) = 3,265), ISSN 0010-938X.
3. **Ž. Jovanović**, A. Krklješ, J. Stojkovska, 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 (2010) = 1,132), ISSN 0969-806X.
4. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Bojana Obradović, Vesna Mišković-Stanković, “Novel electrochemical procedure for production of alginate hydrogel microbeads with

incorporated Ag nanoparticles“, *Materials Chemistry and Physics*, (Materials Science, Multidisciplinary, 43/220, IF (2010) = 2,353), ISSN 0254-0584, *accepted with minor revisions*.

5. Bojana Obradović, Jasmina Stojkovska, **Željka Jovanović**, Vesna Mišković-Stanković, “Novel alginate based nanocomposite hydrogels with incorporated silver nanoparticles“, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine – special issue*, (Engineering, Biomedical, 20/69, IF (2010) = 2,325), ISSN 0957-4530, *accepted with minor revisions*.

Rad u istaknutom međunarodnom časopisu – M22

1. Jelena B. Bajat, Ingrid Milošev, **Željka Jovanović**, Vesna B. Mišković-Stanković, “Studies on adhesion characteristics and corrosion behaviour of vinyltriethoxysilane/epoxy coating protective system on aluminium“, *Applied Surface Science*, **256** (2010) 3508–3517, (Materials Science, Coatings & Films, 4/16, IF (2010) = 1,795), ISSN 0169-4332.

Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. **Željka Jovanović**, Aleksandra Krklješ, Zorica Kačarević-Popović, Vesna Mišković-Stanković, „Srebro/poli(*N*-vinil-2-pirolidon) nanokompoziti dobijeni elektrohemijском sintezom“, *Hemijska industrija*, **65** (2011), doi:10.2298/HEMIND110915064J (Engineering, Chemical, 123/134, IF (2010) = 0,137), ISSN 0367-598X.

ZBORNICI MEĐUNARODNIH NAUČNIH SKUPOVA – M30

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini – M33

1. **Ž. Jovanović**, V. B. Mišković-Stanković, J. B. Bajat, “Vinyltriethoxysilane Coatings on Aluminum“, First Regional Symposium on Electrochemistry of South-East Europe (RSE-SEE) Crveni otok, Rovinj, Croatia, 2008, Book of Abstracts, p. 372-374.
2. **Željka Jovanović**, Vladimir V. Panić, Aleksandra Krklješ, Zorica Kačarević-Popović, Branislav Nikolić, Vesna B. Mišković-Stanković, “Cyclic voltammetry study of electrochemically synthesized Ag/PVP nanocomposite“, 2nd 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.
3. 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. **Ž. Jovanović**, V. B. Mišković-Stanković, J. B. Bajat, “The Comparative Study of Silane Films on Aluminum: Electrochemical and Adhesion Characteristics“, 59th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Seville, Spain, 2008, Book of Abstracts (CD Rom), s06 – P – 034, p. 116.
2. **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)“, 60th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Beijing, China, 2009, Book of Abstracts (CD Rom), s08 – P – 027, p. 123.
3. **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“, 216th Electrochemical Society Meeting, Vienna 2009, abstract #1614 (CD Rom).

4. Z. Kačarević-Popović, M. Dragašević, A. Krklješ, S. Popović, **Ž. Jovanović**, S. Tomić, V. Mišković-Stanković, ICDDT2010: The 2nd 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.
5. **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.
6. **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.
7. Jasmina Stojkovska, **Željka Jovanović**, Danijela Kostić, Vesna Mišković-Stanković, Bojana Obradović, "Bioreactor characterization of novel alginate nanocomposites for biomedical applications", YUCOMAT, Herceg Novi 2010, Book of Abstracts, *P.S.E.8.*, p. 170.
8. Obradović B., Stojkovska J., **Jovanovic Ž.**, Mišković-Stanković V., Bioreactor Studies of Alginate Hydrogels for Potential Applications in Biomedicine, 14th International Biotechnology Symposium and Exhibition: Biotechnology for the Sustainability of Human Society, Rimini 2010, Italy, on CD: P-M.46, doi:10.1016/j.jbiotec.2010.09.634, Special Abstracts / Journal of Biotechnology 150S (2010) S1–S576.
9. **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", 61st Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry, Nice, France, 2010, Book of Abstracts (CD Rom), s03-P-049.
10. **Željka Jovanović**, Jelena Bajat, Ingrid Milošev, Radmila Jančić-Heinemann, Marija Dimitrijević, Vesna Mišković-Stanković, "The Influence of Porosity on the Corrosion Protection of Aluminium by Vinyltriethoxysilane Films", International Workshop on Processing of Nanostructured Ceramics, Polymers, and Composites, TMF, Belgrade 2010, Book of Abstracts, P8, p. 52.
11. 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.
12. Jasmina Stojkovska, **Željka Jovanović**, Jovana Zvicer, Ivana Jevremović, Vesna Mišković-Stanković, Bojana Obradović, "Studies of alginate solutions and hydrogels containing silver nanoparticles", International Workshop on Processing of Nanostructured Ceramics, Polymers, and Composites, TMF, Belgrade 2010, Book of Abstracts, P24, p. 68.
13. Stojkovska J., **Jovanović Ž.**, Zvicer J., Kostić D., Vukašinović-Sekulić M., Mišković-Stanković V., Obradović B., Characterization of novel alginate nanocomposites with silver nanoparticles for biomedical applications, the Annual meeting of the European Chapter of the Tissue Engineering and Regenerative Medicine International Society (TERMIS), Granada 2011, Spain, Histology and histopathology, Cellular and Molecular Biology, 26 (supplement 1) 30.P3.

14. Stojkovska J., **Jovanović Ž.**, Mišković-Stanković V., Obradović B., Novel alginate hydrogel microbeads with incorporated Ag nanoparticles for tissue engineering and regenerative medicine, 2nd TOPEA Summer School 2011, Barcelona, Spain, p. 17.
15. Bojana Obradović, Jasmina Stojkovska, **Željka Jovanović**, Vesna Mišković-Stanković, Novel Hydrogel Nanocomposites Based on Alginate and Silver Nanoparticles, 24th European Conference on Biomaterials, *The Cycle of Biomaterials – Back to our Roots*, September 2011, Dublin, Ireland, Book of Abstracts, poster/rapid fire presentation VII – 324.
16. **Željka Jovanović**, Jasmina Stojkovska, Bojana Obradović, Vesna Mišković-Stanković, "Silver/alginate nanocomposites: the stabilization of silver nanoparticles and biomedical potential of silver/alginate microbeads", 2nd International Workshop on Characterization, Properties and Applications of Nanostructured Ceramics, Polymers and Composites, TMF, Belgrade 2011, Book of Abstracts, P7, p. 37.
17. Bojana Obradović, Jasmina Stojkovska, **Željka Jovanović**, Milena Nemet, Vesna Mišković-Stanković, "Production of Novel Hydrogel Nanocomposites Based on Alginate and Silver Nanoparticles Aimed for Biomedical Applications", 2nd International Workshop on Characterization, Properties and Applications of Nanostructured Ceramics, Polymers and Composites, TMF, Belgrade 2011, Book of Abstracts, P21, p. 51.

NAUČNI RADOVI OBJAVLJENI U ČASOPISIMA NACIONALNOG ZNAČAJA – M50

Rad u časopisu nacionalnog značaja – M52

1. **Ž. Jovanović**, V. B. Mišković-Stanković, J. B. Bajat, „Korozijska stabilnost prevlaka viniltrioksosilana“, *Zaštita materijala*, **49**, 1 (2008) 15-22.
2. **Ž. Jovanović**, V. B. Mišković-Stanković, J. B. Bajat, „Elektrohemijske i sorpcione karakteristike prevlaka metakriloksipropiltrimetoksosilana“, *Zaštita materijala*, **49**, 1 (2008) 23-30.

ZBORNICI SKUPOVA NACIONALNOG ZNAČAJA – M60

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini – M63

1. **Ž. Jovanović**, V. B. Mišković-Stanković, J. B. Bajat, „Uticaj parametara taloženja na korozijsku stabilnost prevlaka metakriloksipropiltrimetoksosilana na aluminijumu“, XLVI Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, 2008, Zbornik radova (CD Rom), str. 131-134.
2. **Željka S. Jovanović**, Jelena B. Bajat, Radmila M. Jančić-Heinemann, Marija Dimitrijević, Tatjana Volkov-Husović, Vesna B. Mišković-Stanković, „Elektrohemijske i morfološke karakteristike prevlaka metakriloksipropiltri-metoksosilana na aluminijumu“, XLVII Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, 2009, Zbornik radova (CD Rom), str. 47-50.
3. **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* γ -zračenjem“, XLVII Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, 2009, Zbornik radova (CD Rom), str. 202-205 (*IUPAC Poster Prize*).
4. **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 elektrohemijskom sintezom“, XLIX Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 2011, Zbornik radova (CD Rom), str. 60-63.
5. **Željka S. Jovanović**, Ingrid Milošev, Radmila M. Jančić-Heinemann, Jelena B. Bajat, Vesna B. Mišković-Stanković, „Korozijska stabilnost prevlaka viniltrioksosilana na

aluminijumu u rastvorima NaCl“, XLIX Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 2011, Zbornik radova (CD Rom), str. 76-79.

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu – M64

1. J. B. Bajat, **Ž. Jovanović**, V. B. Mišković-Stanković, „Koroziono ponašanje prevlake silana i silan/epoksidne prevlake na aluminijumu u rastvoru natrijum hlorida“, „Čistije tehnologije i novi materijali – put u održivi razvoj“, TMF, Beograd, 2008, Knjiga izvoda radova, str. 48.
2. **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 γ -zračenjem“, Sedma konferencija mladih istraživača – Nauka i inženjerstvo novih materijala, SANU, Beograd, 2008, Zbornik apstrakata, I/5, str. 3.
3. **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.
4. 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 elektrohemijaskog i radijaciono-hemijaskog postupka sinteze“, „Silver/poly(*N*-vinyl-2-pyrrolidone) nanocomposite biomaterial: the comparison of the electrochemical and γ -irradiation method of synthesis“, Biotehnologija za održivi razvoj, TMF, Beograd, 2010, Knjiga izvoda radova, str. 94-95.
5. **Željka Jovanović**, Jelena Bajat, Ingrid Milošev, Vesna Mišković-Stanković, „Nano-sized silane coatings as new materials in corrosion protection and adhesion promotion: the study of composition and electrochemical properties“, Ninth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, SASA, Belgrade 2010, Serbia, Book of Abstracts, I/4, p. 3.
6. Jasmina Stojkovska, **Željka Jovanović**, Danijela Kostić, Jovana Zvicer, Ivana Jevremović, Maja Vukašinović-Sekulić, Vesna Mišković-Stanković, Bojana Obradović, „Evaluation of novel alginate nanocomposites for biomedical applications“, Ninth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, SASA, Belgrade, 2010, Serbia, Book of Abstracts, III/6, p. 13.
7. 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.
8. Obradović Bojana, Mišković-Stanković Vesna, **Jovanović Željka**, Stojkovska Jasmina, Mikročestice hidrogela alginata sa inkorporisanim nanočesticama srebra NanoAktiv, Katalog 31. međunarodne izložbe pronalazaka, novih tehnologija i industrijskog dizajna „Pronalazaštvo – Beograd 2011“, str. 89-90, Beograd, 23-27. 05. 2011., ISBN 978-86-910813-5-5. (zlatna medalja u oblasti novih tehnologija)

PATENTI, AUTORSKE IZLOŽBE, TESTOVI – M90

Patentne prijave

Obradović B., Mišković-Stanković V., **Jovanović Ž.**, Stojkowska J., Dobijanje mikročestica hidrogela alginata sa inkorporisanim nanočesticama srebra, patentna prijava br. P-2010/0499, Zavod za intelektualnu svojinu Republike Srbije, od 17.11.2010.

Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada na projektima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj, odnosno Ministarstva za prosvetu i nauku Republike Srbije, O142061 (2007-2010) i III45019 (2011-), Željka Jovanović, dipl. inž. tehnologije, je pokazala izrazitu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. Takođe, iz oblasti doktorske disertacije je objavila 4 štampana naučna rada u međunarodnim časopisima i 25 saopštenja na međunarodnim i domaćim skupovima, što ukazuje na njen veoma kvalitetan rad, pa tako ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. PREDMET I CILJ ISTRAŽIVANJA

Nanočestice srebra su u žiži naučnih istraživanja zbog svoje primenljivosti u različitim oblastima, uključujući i biomedicinu, jer nanokristalno srebro ispoljava antimikrobno dejstvo prema širokom spektru različitih mikroorganizama, pa i streptomycin-rezistentnim vrstama. Pri tome je naročito atraktivna mogućnost kontrolisanog otpuštanja nanočestica srebra što se može postići inkorporacijom ovih čestica u određene nosače kao što su hidrogelovi. Stoga, se kombinovanjem nanočestica srebra sa biokompatibilnim hidrogelovima, kao što su poli(*N*-vinil-2-pirolidon) ili alginat, omogućava dobijanje poboljšanih medicinskih terapeutika i pomoćnih sredstava (npr. obloge za rane sa antimikrobnim svojstvima, implantati za meka tkiva). Jedna od atraktivnih metoda za dobijanje nanočestica srebra je elektrohemijska sinteza koja ima više prednosti u odnosu na hemijske metode kao što su visoka čistoća metala, što je posebno važno prilikom primene u medicinske svrhe, kao i mogućnost precizne kontrole veličine i oblika čestica metala, podešavanjem vrednosti gustine struje ili primenjenog napona. Na ovaj način se mogu dobiti biomaterijali sa definisanim svojstvima.

Osnovni cilj istraživanja ove doktorske disertacije je optimizacija uslova elektrohemijske sinteze nanočestica srebra radi dobijanja nanokompozita srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata. Cilj je da se prvo utvrdi mogućnost dobijanja nanočestica srebra u rastvoru poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata, ili unutar hidrogela poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a elektrohemijskim putem. Zatim će se ispitati uticaj uslova elektrohemijske sinteze kako bi se dobile nanočestice srebra željenog oblika i veličine, što je veoma značajno za biomedicinsku primenu, s obzirom da antimikrobna aktivnost nanočestica varira u funkciji ovih parametara.

Najzad, novodobijeni nanokompoziti srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata će biti ispitani sa stanovišta biokompatibilnosti, kinetike otpuštanja nanočestica srebra i antimikrobnih svojstava.

Rezultat istraživanja ove doktorske disertacije će biti dobijanje novih materijala sa definisanim svojstvima, potencijalno primenljivih kao nosači ćelija u inženjerstvu tkiva, obloge za rane, ili implantati za meka tkiva.

Kompoziti nanočestica metala i polimera se istražuju zbog inovativnih svojstava nanokompozitnih sistema. Najnovija istraživanja obuhvataju metode *in situ* sinteze metalnih nanočestica unutar polimerne mreže, kao i sinteze u rastvoru [1,2,3]. Polimeri, osim što povećavaju prinos nanočestica metala, stabilišu nanočestice i sprečavaju njihov rast [4]. Hidrogelovi, trodimenzionalne mreže polimera, predstavljaju dobre matrice za sintezu

nanočestica srebra za primenu u biomedicini, zbog svoje biokompatibilnosti sa biološkim molekulima [1,2]. Takođe, hidrogelovi omogućavaju kontrolisano otpuštanje nanočestica, obezbeđujući sterilnost sistema tokom vremena. Za biomedicinsku primenu neophodno je koristiti biokompatibilne polimere, kakvi su poli(*N*-vinil-2-pirolidon) i alginat [5,6]. Poli(*N*-vinil-2-pirolidon) je do sada korišćen za elektrohemijsku sintezu nanočestica metala u rastvoru [4,7], ali nikada do sada direktno u gelu. Alginat će sada prvi put biti korišćen u elektrohemijskoj sintezi nanočestica srebra. Specifična svojstva ovih polimera u obliku hidrogelova, kao što su hidrofilnost, biokompatibilnost i biodegradibilnost kod alginata, kao i lako oblikovanje, čine ih pogodnim za imobilizaciju ćelija za različite primene, od prehrambene tehnologije do farmacije i medicine, gde je posebno atraktivna potencijalna primena u inženjerstvu tkiva [8]. Veliki sadržaj vode u hidrogelovima omogućava efikasan transport nutrijenata i gasova i obezbeđuje hidrofilnu sredinu sličnu onoj u mekim tkivima, kakva je hrskavica, što ih čini potencijalno primenjivim u obliku implantata za ova tkiva [9,10].

Literatura

1. Y.M. Mohan, K. Lee, T. Premkumar, K.E. Geckeler, *Polymer*, **48** (2007) 158.
2. V. Thomas, M.M. Yallapu, B. Sreedhar, S.K. Bajpai, *J. Colloid Interf. Sci.* **315** (2007) 389.
3. M.T. Reetz, M. Winter, R. Breinbauer, T. Thurn-Albrecht, W. Vogel, *Chem. Eur. J.* **7** (2000) 1084.
4. B. Yin, H. Ma, S. Wang, S. Chen, *J. Phys. Chem. B* **107** (2003) 8898.
5. M.T. Razzak, E. Zainuddin, S. Dewi, H. Lely, S. Taty, *Radiat. Phys. Chem.* **55** (1999) 153.
6. K. Masuda, R. Sah, M. Hejna, E.J. Thonar, *J. Orthopaed. Res.* **21** (2003) 139.
7. L. Rodrigues-Sanchez, M.C. Blanco, M.A. Lopez-Quintela, *J. Phys. Chem. B* **104** (2000) 9683.
8. M. Wong, u *Methodes in molecular biology. Biopolymer methodes in tissue engineering*, A.P. Hollander, P.V. Hatton, Eds., Human Press Inc., Totowa, New York, USA, 2004, str. 77.
9. S.H. Sontjens, D.L. Nettles, M.A. Carnahan, L.A. Setton, M.W. Grinstaff, *Biomacromolecules*, **7** (2006) 310.
10. J. Park, R.S. Lakes, *Biomaterials: An introduction*, Springer Science & Bussines media, New York, USA, 2007, poglavlje 11.

3. POLAZNE HIPOTEZE

Rad na ovoj doktorskoj disertaciji je osmišljen pod pretpostavkom da se elektrohemijskom sintezom mogu dobiti nanokompoziti srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata, željenih svojstava za biomedicinsku primenu. Mogućnost dobijanja nanočestica srebra u rastvoru poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata, elektrohemijskim putem se može videti u ranije navedenim literaturnim podacima [4,7], pri čemu se mora izvršiti optimizacija eksperimentalnih uslova, za svaki polimer pojedinačno. Sa druge strane, sinteza nanočestica srebra unutar hidrogela poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a elektrohemijskim putem nema literaturnu podlogu, već se zasniva na činjenici da do 90 % hidrogela čini voda u kojoj provodljivost električne struje zavisi od prisutnih jona.

Takođe, potencijalna primena nanokompozita srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata, zavisi od njihove biokompatibilnosti, odnosno pogodnosti primene u živim organizmima (odsustvo citotoksičnosti, odgovarajuća biomehanička svojstva), i antimikrobne aktivnosti koja zavisi od kinetike otpuštanja srebra.

4. NAUČNE METODE ISTRAŽIVANJA

Nanočestice srebra dobijene elektrohemijom sintezom će biti ispitane ultraljubičastom i vidljivom (UV-Vis) spektroskopijom, za dokazivanje prisustva nanočestica srebra, transmisijom elektronskom mikroskopijom (TEM) i ispitivanjem raspodele veličina nanočestica (PSD), za određivanje veličine i morfologije nanočestica srebra, cikličnom voltametrijom i infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom (*Fourier*) transformacijom (FTIR), za utvrđivanje vrste interakcija između nanočestica srebra i polimera.

Nanokompoziti srebra i polimera će biti dobijeni elektrohemijom sintezom nanočestica srebra unutar hidrogela poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno elektrostatičkom ekstruzijom koloidnog rastvora nanočestica srebra u alginatu dobijenog takođe elektrohemijom sintezom. Biomehanička svojstva elektrohemijom dobijenih nanokompozitnih hidrogelova, biće ispitana u bioreaktoru sa mehaničkom simulacijom *in vivo* uslova u artikulanoj hrskavici. Takođe, ispitaće se i kinetika otpuštanja srebra primenom atomske apsorpcione spektroskopije (AAS), kao i citotoksičnost nanokompozitnih hidrogelova (MTT test) i antimikrobna aktivnost (agar difuzioni test i test u suspenziji). U radu će biti pokazana efikasnost elektrohemijske sinteze radi dobijanja materijala definisanih svojstava variranjem parametara sinteze, a takođe i potencijal dobijenih materijala za primenu u biomedicini.

5. OČEKIVANI NAUČNI DOPRINOS

Rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije će omogućiti efikasno dobijanje novih nanokompozitnih materijala na bazi srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata primenom elektrohemijskih postupaka. Metoda elektrohemijske sinteze će biti razvijena i optimizovana kako bi se dobila zavisnost oblika i veličine nanočestica srebra od parametara sinteze što će predstavljati osnovu i za dalju primenu ove metode za dobijanje nanočestica drugih metala kao što su zlato i bakar. Posebno će biti ispitane interakcije nanočestica srebra i molekula polimera što će dati uvid u mehanizme stabilizacije nanočestica. U radu će zatim biti razvijeno više tipova nanokompozitnih materijala različitog sastava i u različitim oblicima (koloidni rastvor, ploče hidrogelova, mikročestice hidrogela) koji su atraktivni za široki spektar potencijalnih primena od katalize u organskoj hemiji do biomedicine i to posebno kao antimikrobne prevlake, implantati za meka tkiva i obloge za rane. U tu svrhu novi nanokompozitni materijali će biti okarakterisani sa stanovišta biokompatibilnosti, kinetike otpuštanja srebra u različitim hidridonamičkim uslovima i antimikrobne aktivnosti što će predstavljati osnovu za razvoj novih i poboljšanih medicinskih proizvoda.

6. PLAN ISTRAŽIVANJA I STRUKTURA RADA

Predmet rada ove doktorske disertacije je elektrohemijom dobijanje nanokompozita srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata. U literaturi su poznati postupci hemijskog i radijaciono-hemijskog dobijanja nanokompozita metalnih čestica i polimera, dok je elektrohemijom sinteza nanočestica srebra ispitana samo u rastvoru, i to malog broja polimera. Sinteza nanočestica srebra će u ovom radu biti vršena u rastvorima navedenih polimera, kao i u hidrogelu poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a. Biće ispitan uticaj režima sinteze nanočestica (galvanostatski ili potenciostatski režim) i elektrohemijskih parametara (sastav rastvora, gustina struje, napon, vreme implementacije) na veličinu i oblik nanočestica, kao i način stabilizacije nanočestica polimerom.

U drugom delu istraživanja ispitaće se biokompatibilnost nanokompozita srebra i polimera dobijenih elektrohemijom postupcima (antimikrobna aktivnost, citotoksičnost, ponašanje materijala u bioreaktoru koji simulira *in vivo* uslove u artikulanoj hrskavici), kao i kinetika otpuštanja srebra, a sve u cilju utvrđivanja funkcionalnosti ovih nanokompozitnih materijala za potencijalnu primenu u biomedicinske svrhe (kao obloge za rane ili implantati za meka tkiva). Preliminarna istraživanja sistema nanočestica srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a

biće vršena i na nanokompozitnim sistemima dobijenim radijaciono-hemijskom sintezom, radi poređenja sa elektrohemijски dobijenim nanokompozitnim sistemima.

Predviđa se da će u doktorskoj disertaciji biti obrađena sledeća poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak, Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće reči o nanokompozitima metalnih nanočestica i polimera, sa akcentom na nanočesticama srebra, cilju rada, i potencijalnoj primeni.

Teorijski deo doktorske disertacije obuhvatiće analizu prethodnih istraživanja koja se odnose na:

- komponente nanokompozita: nanočestice srebra, polimeri, poli(*N*-vinil-2-pirolidon), alginat, hidrogelovi,
- svojstva nanokompozita: mehaničke karakteristike, biokompatibilnost, kinetika otpuštanja nanočestica srebra, antimikrobna svojstva,
- načine sinteze nanokompozita: sinteza nanočestica srebra u rastvoru hemijskom, elektrohemijskom (galvanostatski ili potenciostatski režim), fotohemijskom, radijaciono-hemijskom sintezom, i sinteza nanočestica srebra u hidrogelu hemijskom, fotohemijskom ili radijaciono-hemijskom sintezom.

Teorijski deo će takođe sadržati i kratak opis metoda karakterizacije nanokompozita.

U *Eksperimentalnom delu* će biti navedeni:

- materijali korišćeni za sintezu nanokompozita srebra i polimera,
- uslovi dobijanja nanokompozita srebra i polimera elektrohemijskom sintezom nanočestica srebra u rastvorima poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata,
- uslovi dobijanja nanokompozita srebra i polimera elektrohemijskom sintezom nanočestica srebra unutar hidrogela poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a,
- uslovi dobijanja nanokompozita srebra i polimera elektrostatičkom ekstruzijom koloidnog rastvora nanočestica srebra u alginatu,
- metode karakterizacije nanokompozita.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće prikazani i diskutovani rezultati ispitivanja strukture nanokompozita:

- prisustvo nanočestica srebra ultraljubičastom i vidljivom (UV-Vis) spektroskopijom,
- veličina i morfologija nanočestica srebra transmisijom elektronskom mikroskopijom (TEM) i raspodelom veličina nanočestica (PSD),
- vrste interakcija između nanočestica srebra i polimera utvrđene cikličnom voltametrijom i infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom (*Fourier*) transformacijom (FTIR).

Drugi deo rezultata će se odnositi na dokazivanje karakterističnih, željenih, svojstava nanokompozita srebra i poli(*N*-vinil-2-pirolidon)-a, odnosno alginata:

- u bioreктору sa mehaničkom simulacijom *in vivo* uslova u artikularnoj hrskavici radi utvrđivanja biomehaničkih svojstava,
- kinetike otpuštanja srebra primenom atomske apsorpcione spektroskopije (AAS),
- citotoksičnosti nanokompozitnih hidrogelova MTT testom,
- antimikrobne aktivnosti, utvrđene agar difuzionim testom i testom u suspenziji.

U *Zaključku* sumiraće se dobijeni rezultati, uz osvrt na njihovu inovativnost, i potencijalnu primenu.

Literatura će sadržati navode citirane u disertaciji, kao i radove proistekle istraživanjem u okviru ove doktorske disertacije.

7. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu iznetih podataka Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Željke Jovanović **Nanokompoziti srebro/poli(N-vinil-2-pirolidon) i srebro/alginat dobijeni elektrohemijским postupcima** naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentora se predlaže Dr Vesna Mišković-Stanković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo (Hemija i hemijska tehnologija) za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu, 7. novembra 2011.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Vesna Mišković-Stanković, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Bojana Obradović, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Katarina Jeremić, red. prof.
Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd

Dr Zorica Kačarević-Popović, naučni savetnik
INN Vinča, Beograd
