

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/242
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

15.08.2018.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Синтеза и карактеризација структурно уређених интерактивних електрокаталитичких композита заснованих на оксидима метала и платини“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

МИЛИЦА (Гојко) КОШЕВИЋ, дипломирани инжењер технологије

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: /

5. Година дипломирања: /

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2013/2014. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној 06.07.2018. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Милицу Кошевић

Име и презиме ментора: Снежана Гојковић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. M.D. Obradović, Z.M. Stančić, U.Č. Lačnjevac, V.V. Radmilović, A. Gavrilović-Wohlmuther, V.R. Radmilović, **S.Lj. Gojković**, "Electrochemical oxidation of ethanol on palladium-nickel nanocatalyst in alkaline media", *Appl. Catal. B-Environ.*, **189** (2016) 110–118. (IF 9.446, ISSN: 0926-3373)
2. M.D. Obradović, U.Č. Lačnjevac, B.M. Babić, P. Ercius, V.R. Radmilović, N.V. Krstajić, **S.Lj. Gojković**, "Ru_xTi_{1-x}O₂ as the support for Pt nanoparticles: Electrocatalysis of methanol oxidation", *Appl. Catal. B-Environ.*, **170–171** (2015) 144–152. (IF 8.328, ISSN: 0926-3373)
3. M.D. Obradović, B.M. Babić, V.R. Radmilović, N.V. Krstajić and **S.Lj. Gojković**, "Core-shell structured tungsten-tungsten carbide as a Pt catalyst support and its activity for methanol electrooxidation", *Int. J. Hydrogen Energy*, **37** (2012) 10671–10679. (IF 3.548, ISSN: 0360-3199)
4. **S.Lj. Gojković**, B.M. Babić, V.R. Radmilović, N.V. Krstajić, "Nb-doped TiO₂ as a support of Pt and Pt-Ru anode catalyst for PEMFCs", *J. Electroanal. Chem.*, **639** (2010) 161–166. (IF 2.733, ISSN: 1572-6657)
5. V. Panić, T. Vidaković, **S. Gojković**, A. Dekanski, S. Milonjić, B. Nikolić, "The properties of carbon-supported hydrous ruthenium oxide obtained from RuO_xH_y sol", *Electrochim. Acta*, **48** (2003) 3805-3813. (IF 1.996, ISSN: 0013-4686)

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 25.06.2018.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Милицу Кошевић

Име и презиме ментора: Владимир Панић

Звање: научни саветник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. М. Кошевић, S. Stopić, A. Bulan, J. Kintrup, R. Weber, J. Stevanović, **V. Panić**, B. Friedrich, “A continuous process for the ultrasonic spray pyrolysis synthesis of RuO₂/TiO₂ particles and their application as a coating of activated titanium anode”, *Adv. Powder Technol.*, **28** (2017) 43–49. (IF 2,659, ISSN: 0921-8831)
2. G. Šekularac, M. Košević, I. Drvenica, A. Dekanski, **V. Panić**, B. Nikolić, “Titanium coated with high-performance nanocrystalline ruthenium oxide synthesized by the microwave-assisted sol–gel procedure”, *J. Solid State Electrochem.*, **20** (2016) 3115–3123. (IF 2,316, ISSN: 1432-8488)
3. S. Stevanović, **V. Panić**, D. Tripković, V.M. Jovanović, “Promoting effect of carbon functional groups in methanol oxidation on supported Pt catalyst”, *Electrochem. Commun.*, 11(2009) 18–21. (IF 4,243, ISSN: 1388-2481)
4. S.I. Stevanović, D.V. Tripković, **V.V. Panić**, A.B. Dekanski, V.M. Jovanović, “Platinum electrocatalyst supported on glassy carbon: A dynamic response analysis of Pt activity promoted by substrate anodization”, *RSC Adv.*, **4** (2014) 3051–3059. (IF 3,840, ISSN: 2046-2069)
5. **V.V. Panić**, A.B. Dekanski, M. Mitrić, S.K. Milonjić, V.B. Mišković-Stanković, B.Ž. Nikolić, “The effect of the addition of colloidal iridium oxide into sol-gel obtained titanium and ruthenium oxide coatings on titanium on their electrochemical properties”, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **12** (2010) 7521–7528. (IF 4,116, ISSN: 1463-9076)

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

А) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

Б) У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

В) У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односне дисертације.

Г) У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 25.06.2018.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 06.07.2018. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Милице Кошевић**, дипломираног инжењера технологије, под називом: „**Синтеза и карактеризација структурно уређених интерактивних електрокаталитичких композита заснованих на оксидима метала и платини**“.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Снежана Гојковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Владимир Панић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA
UNIVERZITETA U BEOGRADU

Predmet: Podobnost teme i kandidata Milice Košević, diplomiranog inženjera tehnologije, za izradu doktorske disertacije.

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/169 od 26. 04. 2018. imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata **Milice Košević** za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme pod nazivom **"Sinteza i karakterizacija stukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini"**.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Milica (Gojko) Košević, dipl. inž. tehnologije, rođena je 05.05.1985. godine u Benkovcu, Hrvatska. Osmu beogradsku gimnaziju je završila 2004. godine. Diplomirala je 2011. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerzitet u Beogradu, smer Hemijsko inženjerstvo, sa prosečnom ocenom 8,03.

Doktorske akademske studije upisala je 2013. godine na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu, na smeru Hemijsko inženjerstvo. Položila je sve ispite predviđene planom i programom i ostvarila prosečnu ocenu 9,60. Od januara 2014. zaposlena je u NU Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju Univerziteta u Beogradu, Centar za elektrohemiju, kada je angažovana na projektu "Geološka i ekotoksikološka istraživanja u identifikaciji geopatogenih zona toksičnih elemenata u akumulacijama vode za piće – istraživanje metoda i postupaka smanjivanja uticaja biogeoheimijskih anomalija", rukovodioca dr Milke Vidović. Od januara 2018. godine angažovana je na projektu: „Nov pristup dizajniranju materijala za konverziju i skladištenje energije“, i u okviru njega učestvovala u realizaciji dva bilateralna međunarodna projekta. U okviru izrade doktorske disertacije radi na sintezi elektrokatalizatora u vidu mešovitog oksida $\text{TiO}_2/\text{RuO}_2$ metodom ultrazvučne sprej-pirolize, kao i na hidrotermalnoj i pirolitičkoj sintezi TiO_2 kao nosača elektrokatalizatora Pt.

Milica G. Košević je koautor ukupno 20 radova i saopštenja, od čega je sedam radova objavljeno u časopisima međunarodnog značaja (dva u vrhunskom međunarodnom časopisu kategorije M21, jedan u istaknutom međunarodnom časopisu – kategorije M22, tri u časopisima međunarodnog značaja – kategorije M23 i jedan rad u domaćem časopisu međunarodnog značaja verifikovanog odlukom Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije – kategorija M24), jedan rad u međunarodnom nekategorisanom časopisu, a 12 saopštenja je prikazano na domaćim i međunarodnim naučnim skupovima.

Na konferenciji The 4th Regional Symposium on Electrochemistry – South East Europe (RSE-SEE 2015) dobitnik je nagrade za najbolje postersko saopštenje.

Temu za izradu doktorske disertacije „Sinteza i karakterizacija stukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini“ prijavila je Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta 26. 04. 2018.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

Milica Košević je doktorske studije na Katedri za fizičku hemiju i elektrohemiju Tehnološko-metalurškog fakulteta, pod mentorstvom prof. dr Snežane Gojković, upisala 2013. godine. U zadatom roku je položila sve ispite predviđene planom i programom, sa prosečnom ocenom 9,60. Završni ispit na doktorskim studijama pod nazivom „Sinteza elektrokatalizatora na bazi platine i oksida titana za primenu u gorivnim ćelijama“ odbranila je sa ocenom 10.

Položeni ispiti i ostvareni bodovi na doktorskim studijama

		ocena	ESPB
1.	Hemijska termodinamika	10	5
2.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10	5
3.	Fenomeni prenosa u inženjerstvu materijala	10	5
4.	Viši kurs elektrohemijskog inženjerstva	10	6
5.	Elektrohemijska kinetika i metode merenja	9	6
6.	Korozija	8	5
7.	Elektrohemijski i alternativni izvori električne energije	10	5
8.	Elektrokataliza	10	5
9.	Elektrodni materijali	10	5
10.	Hemijska kinetika	9	5
11.	Engleski jezik	10	-
12.	Završni ispit	10	30
	Prosek/Ukupno	9,60	82

Objavljeni naučni radovi i saopštenja:

1. M21 – Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

- **Milica Košević**, Srecko Stopic, Andreas Bulan, Jürgen Kintrop, Reiner Weber, Jasmina Stevanović, Vladimir Panić, Bernd Friedrich, *A continuous process for the ultrasonic spray pyrolysis synthesis of RuO₂/TiO₂ particles and their application as a coating of activated titanium anode*, Advanced Powder Technology, 28, 2017, 43-49, ISSN: 0921-8831, IF 2.659
- Gavrilko Šekularac, **Milica Košević**, Aleksandar Dekanski, Veljko Djokić, Matjaž Panjan, Vladimir Panić, *High Energy/Power Supercapacitor Performances of Intrinsically Ordered Ruthenium Oxide Prepared through Fast Hydrothermal Synthesis*, ChemElectroChem, 4, 2017, 2535-2541, ISSN: 2196-0216, IF 4.136

2. M22 – Rad u istaknutom međunarodnom časopisu

- Gavrilko Šekularac, **Milica Košević**, Ivana Drvenica, Aleksandar Dekanski, Vladimir Panić, Branislav Nikolić, *Titanium coated with high-performance nanocrystalline ruthenium oxide synthesized by the microwave-assisted sol-gel procedure*, Journal of Solid State Electrochemistry, 20, 2016, 3115–3123, ISSN: 1432-8488, IF 2.250

3. M23 – Rad u međunarodnom časopisu

- **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Ljiljana Živković, Vladimir Panić, Branislav Nikolić, *TiO₂ From Colloidal Dispersion as Support in Pt/TiO₂ Nanocomposite for Electrochemical Applications*, Croatica Chemica Acta, 90, 2017, IF 0.586, ISSN: 0011-1643
- Denis Sačer, Magdalena Kralj, Suzana Sopčić, **Milica Košević**, Aleksandar Dekanski, Marijana Kraljić Roković, *Supercapacitors based on graphene/pseudocapacitive materials*, Journal of the Serbian Chemical Society, 82, 2017, 411-416
- Vesna Pavelkić, Tanja Brdarić, Marija Petrović, Gavrilko Šekularac, **Milica Košević**, Lato Pezo, Marija Ilić, *Application of Peleg model on mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pear cubes in sucrose solution*, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 21, 2015, 485-492, ISSN 1451-9372, IF 0.664

4. M24 – Rad u domaćem časopisu međunarodnog značaja verifikovanog odlukom
 - **Milica Košević**, Vladimir Panić, Jelena Bajat, Vesna Mišković-Stanković, *Impedansni odgovor aluminijuma sa zaštitnom prevlakom oksida cerijuma tokom izlaganja hloridnoj korozijskoj sredini*, Zaštita Materijala, 57, 2016, 305 – 313, ISSN: 0351-9465
5. M33 – Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini
 - Marijana Pantović, Zoran Stević, Mirjana Rajačić-Vujasinović, Dejan Antić, **Milica Košević**, Gavril Šekularac, Marko Jonović, *Computer system for electrochemical investigations of materials*, 47th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor, 04-06.10.2015, Mining and Metallurgy Institute Bor, Bor, 2015, 523-528, ISBN 978-86-7827-047-5
 - **Milica Košević**, Gavril Šekularac, Vladimir Panić, Vladislava Jovanović, *Stabilnost platinskih katalizatora na različitim nosačima*, 17th XVII YUCORR Internacional Conference, Tara, 08-11.2015, Serbian Society of Corrosion and Materials Protection (UISKoZaM), Beograd, 2015, 100, ISBN 978-86-82343-23-3
6. M34 – Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu
 - **Milica Košević**, Srećko Stopić, Bernd Friedrich, Jasmina Stevanović, Vesna Pavelkić, Sanja Krstić, Vladimir Panić, *Elektrokatalitička svojstva u reakcijama izdvajanja kiseonika i hlora i stabilnost titanijumskih anoda sa RuO₂/TiO₂ prevlakama dobijenih ultrazvučnom sprej pirolizom u elektrostatičkom polju*, 18. Yucorr International Conference, Tara, 12-15.2016, Serbian Society of Corrosion and Materials Protection (UISKoZaM), Beograd, ISBN 978-86-82343-24-0
 - **Milica Košević**, Gavril Šekularac, *Synthesis procedures and electrochemical properties of TiO₂ supported electrocatalysts of ordered structures*, 6th ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry, Zagreb, Hrvatska, 08.07.2016, University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Zagreb, 2016, 23, ISBN 978-954-92483-4-0
 - Denis Sačer, Magdalena Kralj, Suzana Sopčić, **Milica Košević**, Aleksandar Dekanski, Marijana Kraljić Roković, *Microwave-assisted synthesis of graphene/SnO₂ composite material and its supercapacitive properties*, 6th RSE-SEE Conference, Balaton, Mađarska, 11-15.6.2017, 2017, 125, ISBN 978-615-5270-33-8
 - Magdalena Kralj, Denis Sačer, Marijana Kraljić Roković, Suzana Sopčić, **Milica Košević**, Aleksandar Dekanski, *Hidrotermalna sinteza kompozitnog materijala grafen/SnO₂ potpomognuta mikrovalovima i njegova superkapativna svojstva*, 7th ISE Satellite Regional Symposium on Electrochemistry, Zagreb, Hrvatska, 07.07.2017, University of Zagreb, Faculty of Chemical Engineering and Technology, Zagreb, 2017, 15-16, ISBN: 978-953-6470-82-2
 - Gavril Šekularac, Aleksandar Dekanski, Vesna Pavelkić, Sanja Stevanović, **Milica Košević**, Saša Drmanić, Ivana Kostić, Vladimir Panić, *Microwave Synthesis of Unusually-Shaped Crystalline RuO₂ Supercapacitor*, 5th Regional Symposium on Electrochemistry South-East Europe, Pravec, Bugarska, 07-11.2015, Academician Evgeni Budevski Institute of Electrochemistry and Energy Systems Bulgarian Academy of Sciences, Sofija, Bugarska, 2015, 93, ISBN 978-954-92483-4-0
 - Gavril Šekularac, Aleksandar Dekanski, **Milica Košević**, Vladimir Panić, *Microwave Synthesis of Crystalline RuO₂ Supercapacitor Materials*, 5th Regional Symposium on Electrochemistry South-East Europe, Pravec, Bugarska, 07-11.2015, Academician Evgeni Budevski Institute of Electrochemistry, 228, ISBN 978-954-92483-4-0
 - **Milica Košević**, Sanja Stevanović, Gavril Šekularac, Vesna Pavelkić, Vladislava Jovanović, Vladimir Panić, *Controlled Colloidal Synthesis and Basic Electrochemical Properties of TiO₂-Supported Pt*, 5th Regional Symposium on Electrochemistry South-East Europe, Pravec, Bugarska, 07-11.2015, Academician Evgeni Budevski Institute of Electrochemistry, 118, ISBN 978-954-92483-4-0

7. M63 – Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini
- **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Milka Vidović, Vladimir Panić, *Spectrophotometric determination of Pt in Pt/TiO₂ composite catalyst*, 52nd Meeting of the Serbian Chemical Society, Novi Sad, 29-30.05.2015, Srpsko hemijsko društvo, Beograd, 2015, 12, ISBN 978-86-7132-057-3
 - Gavrilko Šekularac, Aleksandar Dekanski, **Milica Košević**, Sanja Stevanović, Saša Drmanić, Ivana Kostić, Vladimir Panić, *Pseudocapacitive characteristics of the unusually-shaped nano-crystalline ruthenium oxide prepared by hydrothermal synthesis in a microwave reactor*, 52nd Meeting of the Serbian Chemical Society, Novi Sad, 29-30.05.2015, Srpsko hemijsko društvo, Beograd, 2015, 31, ISBN 978-86-7132-057-3
 - **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Ivana Drvenica, Aleksandar Dekanski, Branislav Nikolić, Vladimir Panić, *Nanocrystalline ruthenium oxide coating on titanium, prepared by the sol-gel procedure from colloidal oxide dispersions synthesized in the microwave reactor*, 53. Savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kragujevac, 10-11.6.2016, Srpsko hemijsko društvo, Beograd, 2016, 37, ISBN 978-86-7132-061-0
8. M64 – Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu
- **Milica Košević**, Vesna Radojević, *Uticaj parametara procesa rasta kristala iz rastopa na oblik granice faza tečno-čvrsto*, Druga konferencija mladih hemičara Srbije, Niš, 05-06.2014, Srpsko hemijsko društvo, Beograd, 2014, 142, ISBN 978-86-7132-054-2
9. Bez kategorije – Međunarodni nekategorisani časopis
- **Milica Košević**, Gavrilko Šekularac, Vladimir Panić, *On the stability of platinum-composite electrocatalysts prepared with different substrate materials*, Journal of Electrochemical Science and Engineering, 6, 2016, 29-35, ISSN 1847-9286

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Tokom poslediplomskih studija i kroz naučno-istraživački rad na projektima, Milica Košević je stekla osnovne veštine u planiranju i realizaciji eksperimentalnog rada i studioznoj obradi dobijenih podataka, pokazujući zadovoljavajući stepen sklonosti ka bavljenju naučno-istraživačkim radom. Kandidatkinja pokazuje izrazitu želju da primeni stečene veštine u različitim oblastima i temama istraživanja, što se ogleda i u predloženoj temi doktorske disertacije. Kroz učešće u dva međunarodna projekta, kandidatkinja je pokazala posebnu sklonost i sposobnost za multidisciplinarni timski rad i međunarodnu saradnju. Iz oblasti elektrokatalize reakcija od značaja za industrijske procese, hemijske izvore energije i uređaje za njeno skladištenje, iz koje je predložena tema doktorske disertacije, do sada je objavila tri naučna rada, od čega je jedan štampan u istaknutom međunarodnom časopisu. Na osnovu izloženog, Komisija smatra da Milica Košević ispunjava potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Savremeni pravci istraživanja u elektrokatalizi skoro potpuno su usmereni ka sintezi i karakterizaciji višekomponentnih materijala definisane strukture i raspodele čestica katalizatora, kojima se traži alternativa jedinjenjima zasnovanim na plemenitim metalima. Usled ograničenog pristupa i ograničenih količina fosilnih goriva, poslednjih nekoliko decenija se intenzivno istražuju novi, lako dostupni i jeftini elektroodni materijali za alternativne izvore energije. Jedan od bitnih vidova alternativnih izvora energije su elektrohemijski uređaji koji konvertuju hemijsku energiju u električnu [1]. Važan segment istraživanja elektrokatalitičkih materijala čine i elektroodni materijali u industrijskim procesima elektrohemijske sinteze i tretmana otpadnih voda i zemljišta, posebno tzv. aktivirane titanske anode, odnosno dimenziono stabilne anode (DSA). DSA su jedno od najznačajnijih otkrića u oblasti primenjene elektrohemijske u 20. veku [2], zbog najveće aktivnosti u reakcijama izdvajanja hlora i kiseonika [3,4]. DSA se sastoji od mešoviti rutenijum-titan oksidnih (RuO₂-TiO₂) prevlaka na Ti [5], često dopiranim sa drugim oksidima plemenitih i prelaznih metala.

Platina je jedan od najboljih elektrokatalitičkih materijala za katodnu i anodnu reakciju u niskotemperaturnim gorivnim ćelijama sa elektroprovodnim polimerom kao elektrolitom [6,7]. Međutim, usled visoke cene i rutenijuma i platine, postoji stalna potreba da se smanji njihov udeo kao aktivne komponente u elektrokatalizatoru i poveća aktivnost/stabilnost anoda uz održanje isplativosti. Zbog toga se ovi materijali kombinuju u kompozite sa drugim jeftinijim materijalima visoke specifične površine koji služe kao nosač u elektrokatalizatoru. Uloga nosača bi trebalo da bude da poveća ukupnu specifičnu elektrohemijski aktivnu površinu kompozita i da doprinese njegovoj stabilnosti, ali i aktivnosti [8]. Na taj način se interaktivnim dejstvom nosača elektrokatalitičkog materijala mogu, uz uređenu i u visokom stepenu kontrolisanu strukturu kompozitna, poboljšati elektrokatalitička svojstva izvorne elektrokatalitičke komponente.

Neki od osnovnih uslova koje bi dobar kompozitni elektrokatalizator trebalo da zadovoljava su dobra električna provodnost, struktura koja omogućava lak pristup reaktanta aktivnim mestima i zadovoljavajuća stabilnost (sa zanemarljivim gubitkom aktivnosti tokom odigravanja određene reakcije). Ugljenik se zbog svoje velike specifične površine, velike provodljivosti, niske cene i dostupnosti, široko istražuje i primenjuje kao nosač elektrokatalizatora. Svojim fizičko-hemijskim svojstvima kao nosač elektrokatalizatora omogućava veliku iskorišćenost elektrokatalizatora. Ugljenik takođe doprinosi boljem transferu elektrona i boljem prenosu mase reaktanata do elektrokatalizatora [9]. Stoga su čestice platinske grupe metala nanete na ugljeni prah trenutno najzastupljeniji elektrokatalizator i za katodnu i za anodnu reakciju u gorivnim ćelijama [5,6,10]. Ipak, i pored pomenutih prednosti ugljenika kao nosača, njegov osnovni nedostak je nestabilnost pri radnim režimima gorivnih ćelija. Promene u strukturi ugljeničnog nosača dovode do gubitka elektrohemijski aktivne površine, odnosno smanjenja aktivnosti elektrokatalizatora do koje dolazi usled aglomeracije čestica metala i njihovog odvajanja od površine nosača [11,12]. Zbog toga se istražuju materijali koji bi služili kao alternativa ugljenu, a TiO_2 se pokazao kao dobar kandidat iz grupe interaktivnih oksida d-elemenata, pre svega zbog svoje visoke stabilnosti i niske cene [13]. Međutim, TiO_2 ima poluprovodnička svojstva, te je stoga potrebno pažljivo voditi procese sinteze TiO_2 i nanošenja elektrokatalizatora, koji bi obezbedili interaktivnost i dobru provodnost kompozita [14-17].

U okviru izrade disertacije, metodom ultrazvučne sprej pirolize (USP) će se sintetisati mešoviti oksid $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$. Ova metoda omogućava sintezu materijala uređene strukture u kojoj bi RuO_2 čestice formirale sloj (ljusku) na česticama TiO_2 koje čine jezgro [18]. Za razliku od strukture sa nasumično raspoređenim česticama komponenti kroz masu $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompozita koje nastaju standardnim postupcima sinteze (termička razgradnja hlorida metala, sol-gel postupak, itd.), struktura jezgro/ljuska poseduje strukturno-morfološka svojstva jezgra, ali i punu aktivnost materijala ljuske. Formiranjem strukture jezgro/ljuska može se značajno poboljšati dostupnost aktivne površine katalizatora, i tako povećati elektrokatalitičko iskorišćenje unete mase aktivne komponente u odnosu na nasumičan raspored komponenti kompozitnog elektrokatalizatora. Kao prekursor će se koristiti smeša rastvora tetra-n-butil ortotitanata i RuCl_3 . Finim raspršivanjem smeše prekursora uz pomoć ultrazvučne agitacije i uvođenja formiranog medijuma od fino raspršenih kapljica (*spray*) u pirolitički reaktor pomoću O_2 gasa, dolazi do istovremenog otparavanja rastvarača i konverzije prekursora u željeni proizvod. Ispitivaće se uticaj temperature u pirolitičkom reaktoru na morfologiju dobijenog $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompozita i stabilnost anoda koje će se pripremiti nanošenjem ovako dobijenog $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompozita na Ti podlogu.

USP metoda će se koristiti i za sintezu kompozita Pt/TiO_2 . Kao prekursor za TiO_2 će se koristiti rastvor tetra-n-butil ortotitanata ili prethodno sintetisani TiO_2 sol, dok će izvor Pt u oba slučaja biti hloroplatinasta kiselina. Sol TiO_2 će se pripremiti forsiranom hidrolizom rastvora TiCl_3 . Poći će se od vodenih rastvora u kome su prisutni joni metala (Ti^{3+} iz rastvora TiCl_3). Podešavanjem pH vrednosti rastvora TiCl_3 rastvorom HCl i zagrevanjem, sintetisaće se TiO_2 forsiranom hidrolizom Ti^{3+} . Po dostizanju zasićenja trenutno će se formirati nukleusi nove čvrste oksidne faze (TiO_2). Na ovaj način će se dobiti visoko monodisperzni oksidni sol kod kojeg veličina čestica zavisi od broja nukleusa i koncentracije metalnih i hidroksidnih jona. Obrazovanje nove stabilne faze u rastvoru prema tome uključuje dva stupnja: obrazovanje centara kristalizacije, nukleusa, i rast formiranih centara kristalizacije. Brzine oba procesa zavise od prirode sistema i stepena njegovog presićenja. Ovako

dobijen sol će se mešati sa H_2PtCl_6 . Finim raspršivanjem smeše prekursora uz pomoć ultrazvučne agitacije i uvođenjem formiranog medijuma od fino raspršenih kapljica (*spray*) u pirolitički reaktor gasnom smešom N_2/H_2 , dolazi do istovremenog otparavanja rastvarača i konverzije prekursora u željeni proizvod. Ispitivaće se uticaj temperature sinteze i koncentracije prekursora, odnosno udela Pt u kompozitu, na morfoloska svojstva dobijenog kompozita i njegovu elektrokatalitičku aktivnost.

Na sol TiO_2 dobijen forsiranom hidrolizom nanosiće se i platina iz koloidne disperzije, prethodno sintetisana klasičnim poliol postupkom gde se kao redukciono sredstvo koristi etilen-glikol.

Sinteza kompozita Pt/ TiO_2 vršiće se istovremenom hidrolizom $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$ i redukcijom Pt pomoću Ti^{3+} . Variranjem temperature i pH vrednosti, može se uticati na brzine oksido-redukcionih procesa i posledično na strukturu, morfologiju i sastav Pt/ TiO_2 kompozita.

I u slučaju $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ i Pt/ TiO_2 kompozita TiO_2 služi kao stabilizujuće jezgro, a Pt i RuO_2 kao elektrokatalitički aktivna komponenta.

Naučni ciljevi predloženih istraživanja obuhvataju:

- Definisanje uslova za formiranje kompozita Pt/ TiO_2 i $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ uređenih tako da elektrokatalizator (Pt odnosno RuO_2 sloj) bude ravnomerno raspoređen na česticama TiO_2 kao interaktivnom nosaču. U cilju određivanja strukture koja ima najveću elektrokatalitičku aktivnost, ispitaće se karakteristike kompozita dobijenih sintezom u jednom koraku sa vremenski pomećenim formiranjem centara nukleacije nosača i nukleusa aktivne komponente nastale od prekursora adsorbovanog na čestici nosača, ili dvostepenom sintezom, prvo definisane strukture nosača, a zatim i aktivne komponente redukcijom prekursora u matrici nosača.
- Dobijanje nosača, elektrokatalizatora i njihovih kompozita takvih strukturno-morfoloških karakteristika koje bi omogućile primenu ovih materijala uz zadovoljavajuću aktivnost i stabilnost uz minimalnu količinu skupog elektrokatalizatora.
- Doprinosa do sada poznatim načinima sinteze sličnih materijala i razumevanju uzročno-posledičnih odnosa struktura/aktivnost/stabilnost.

Literatura:

1. M. Winter, R. Brodd, What Are Batteries, Fuel Cells, and Supercapacitors?, *Chem. Rev.* 104 (2004) 4245–4269.
2. H. Beer, Method of Making an Electrode Having a Coating Containing a Platinum Metal Oxide Thereon. U.S. Patent 4052271, 1977.
3. R.K. Karlsson, A. Cornell, Selectivity between Oxygen and Chlorine Evolution in the Chlor-Alkali and Chlorate Processes, *Chem. Rev.* 116 (2016) 2982–3028.
4. V. Panić, A. Dekanski, S. Milonjić, R. Atanasoski, B. Nikolić, The influence of the aging time of RuO_2 and TiO_2 sols on the electrochemical properties and behavior for the chlorine evolution reaction of activated titanium anodes obtained by the sol-gel procedure, *Electrochim. Acta* 46 (2000) 415–421.
5. S. Trasatti, Electrocatalysis: understanding the success of DSA[®], *Electrochim. Acta* 45 (2000) 2377–2385.
6. J. Wu, Y. Hong, Platinum-Based Oxygen Reduction Electrocatalysts, *Acc. Chem. Res.* 46 (2013) 1848–1857.
7. P. Vesborg, B. Seger, I. Chorkendorf, Recent Development in Hydrogen Evolution Reaction Catalysts and Their Practical Implementation, *J. Phys. Chem. Lett.* 6 (2015), 951–957.
8. S. Sharma, B. Pollet, Support materials for PEMFC and DMFC electrocatalysts—A review, *J. Power Sources* 208 (2012) 96–119.
9. P. Trogadas, T. Fuller, P. Strasser, Carbon as catalyst and support for electrochemical energy conversion, *Carbon* 75 (2014) 5–42.
10. E. Antolini, Carbon supports for low-temperature fuel cell catalysts, *Appl. Catal. B* 88 (2009) 1–24.

11. S. Yuyan, Y. Geping, Y. Gao, Understanding and approaches for the durability issues of Pt-based catalysts for PEM fuel cell, *J. Power Sources* 171 (2007) 558–566.
12. Y. Xingwen, Y. Siyu, Recent advances in activity and durability enhancement of Pt/C catalytic cathode in PEMFC Part I. Physico-chemical and electronic interaction between Pt and carbon support, and activity enhancement of Pt/C catalyst, *J. Power Sources* 172 (2007) 133–144.
13. Lewera, L. Timperman, A. Roguska, N. Alonso-Vante, Metal–Support Interactions between Nanosized Pt and Metal Oxides (WO_3 and TiO_2) Studied Using X-ray Photoelectron Spectroscopy *J. Phys. Chem. C* 115 (2011) 20153–20159.
14. S. Bagheri, N. Julkapli, S. Hamid, Titanium Dioxide as a Catalyst Support in Heterogeneous Catalysis, *Sci. World J* 2014, Article ID 727496.
15. S. Shanmugam, A. Gedanken, Synthesis and Electrochemical Oxygen Reduction of Platinum Nanoparticles Supported on Mesoporous TiO_2 , *J. Phys. Chem. C* 113 (2009) 18707–18712.
16. S. Gojković, B. Babić, V. Radmilović, N. Krstajić, Nb-doped TiO_2 as a support of Pt and Pt–Ru anode catalyst for PEMFCs, *J. Electroanal. Chem.* 639 (2010) 161–166.
17. Hayden, D. Malevich, D. Pletcher, Platinum catalysed nanoporous titanium dioxide electrodes in H_2SO_4 solutions, *Electrochem. Commun.* 3 (2001), 395–399.
18. J. Ho Bang, K. Suslick, Applications of Ultrasound to the Synthesis of Nanostructured Materials, *Adv. Mater.* 2010, 22, 1039–1059.

3. Polazne hipoteze

Oksid rutenijuma u dimenzionu stabilnim anodama ima ulogu aktivne materije, dok TiO_2 služi kao stabilizujuća komponenta. Sintezom korišćenjem metode ultrazvučne sprej pirolize moguće je u kontrolisanim uslovima dobiti uređenu strukturu $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompozita, koja bi mogla znatno da utiče na stabilnost prevlake titanske anode i produži njen radni vek. Pored ovoga, sinteza oksidnog kompozita uređene i definisane strukture koja prethodi dobijanju prevlake na Ti omogućuje nezavisno ispitivanje karakteristika mešanog oksida, lišenih uticaja procesa koji se neminovno odigravaju tokom formiranja prevlake (oksidacija Ti podloge, preraspodela sadržaja TiO_2 kroz prevlaku, difuzija komponenti u čvrstom stanju, itd.). Ovakva ispitivanja bi znatno doprinela boljem razumevanju izvorne aktivnosti oksida i definisanja procesa dobijanja aktivne prevlake najboljih mogućih karakteristika.

Platina kao plemeniti metal pripada grupi hiper d-metalu sa valentnim elektronima u spoljnoj elektronskoj ljusci, što je čini veoma aktivnim elektrokatalitičkim materijalom. Sa druge strane, oksidi hipo d-prelaznih metala, kao što je titan(IV)-oksid, poseduju nepopunjene d-orbitale. Ovo svojstvo čini TiO_2 pogodnim nosačem plemenitih metala kao elektrokatalitičkog materijala sa velikim interaktivnim kapacitetom. Kombinacijom TiO_2 i Pt dolazi do stvaranja jakih interakcija između nosača i elektroaktivnog materijala usled preklapanja nepopunjenih d-orbitala oksida prelaznih metala i delimično popunjenih d-orbitala platine. Na taj način dolazi do promene elektronske strukture platine, pa se pravilnim izborom nosača može uticati na poboljšanje elektrokatalitičkih svojstava materijala. Iako provodljivost TiO_2 može da bude poboljšana površinskim defektima i/ili dopovanjem, poluprovodnička svojstva TiO_2 i dalje su osnovni ograničavajući faktor kod upotrebe TiO_2 kao nosača u elektrokatalizi. Naime, za razliku od uobičajene ugljenične podloge koja obezbeđuje dobru elektronsku provodnost kompozitnog katalizatora, bez obzira na raspodelu faza kroz zapreminu kompozita, kod TiO_2 kao poluprovodničke podloge su neophodne modifikacije u smislu diskretnog uređenog rasporeda aktivne komponente na njenoj površini čime se prevazilazi nedostatak loše provodnosti nosača.

Usled poluprovodničkih svojstava TiO_2 , mnoga istraživanja su usmerena na poboljšanje svojstava TiO_2 kao nosača (uglavnom njegove provodnosti) dodavanjem novih faza u strukturu nosača (dopovanjem). Međutim, nepovoljna poluprovodnička svojstva TiO_2 mogu da se prevaziđu kontrolisanom sintezom kompozita koja bi dovela do takve raspodele Pt na TiO_2 u kojoj bi sve čestice Pt bile u međusobnom kontaktu, odnosno ukoliko bi one činile kompaktnu ljusku nosećih TiO_2 čestica.

Takvom strukturom se postiže da ljuska od platine igra ulogu i isključivog elektronskog provodnika u kompozitu Pt/TiO₂, pored očekivanih poboljšanja njene elektrokatalitičke aktivnosti. Forsirana hidroliza i ultrazvučna sprej piroliza su metode koje omogućavaju kontrolisano vođenje termičke sinteze pojedinačnih komponenti kompozitnih materijala i njihovu raspodelu kroz kompozit u strukturi jezgro/ljuska.

4. Naučne metode istraživanja

Elektrohemijskim tehnikama će se ispitati elektrokatalitička aktivnosti i mehanizam gubitka elektrokatalitičke aktivnosti (ciklična voltametrij, polarizaciona merenja i spektroskopija elektrohemijske impedancije). Ciklična voltametrij i spektroskopija elektrohemijske impedancije će se koristiti za ispitivanje faradejskih i nefaradejskih procesa na sintetisanim materijalima, kao i za određivanje strukturno-zavisne raspodele otpornosti i kapacitivnosti kroz porozni sloj elektrodnih materijala. Takođe će se procenjivati pad aktivnosti dimenziono stabilnih anoda, snimanjem cikličnih voltamograma pre testa stabilnosti, kao i posle njega. Uz pomoć polarizacionih merenja istraživaće se aktivnost platine za redukciju kiseonika i aktivnost dimenziono stabilnih anoda u reakcijama izdvajanja hlora i kiseonika.

Difrakcija X-zraka (engl. *X-ray diffraction*, XRD) će se koristiti za ispitivanje kristalne strukture sintetisanog materijala, odnosno za indentifikaciju faza u kompozitima RuO₂/TiO₂ i prahu TiO₂ sintetisanom sol-gel metodom. Uz pomoć ove metode će se i procenjivati veličina kristalita kompozitnih čestica RuO₂/TiO₂

Metodom dinamičkog rasipanja svetlosti (engl. *Dynamic light scattering*, DLS) određivaće se raspodela koloidnih čestica po veličini i njihov ceta potencijal koji određuje potencijalni stepen interakcija komponenti kompozita.

Skenirajuća elektronska mikroskopija (engl. *Scanning electron microscopy*, SEM) i tunelirajuća elektronska mikroskopija (engl. *Transmission electron microscopy*, TEM) će se upotrebiti za određivanje oblika i veličine čestica TiO₂ i kompozita Pt/TiO₂ i RuO₂/TiO₂.

Energetska disperzivna spektroskopija X-zraka (*Energy-dispersive X-ray spectroscopy*, EDX) – radiće se kvalitativna analiza uzoraka u cilju određivanja sastava i sadržaja komponenti u Pt/TiO₂ i RuO₂/TiO₂ kompozita

Infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (engl. *Fourier-transform infrared spectroscopy*, FTIR) – koristiće se za određivanje prisustva kiseoničnih grupa u kompozitima RuO₂/TiO₂. Uz pomoć FTIR metode proveriće se i strukturna razlika u površinskim vezama metal-kiseonične grupe između termički tretiranog i netretiranog praha TiO₂.

Ultraljubičastom i vidljivom spektroskopijom (*Ultraviolet-visible spectroscopy*) će se određivati udeo Pt u Pt/TiO₂ kompozitu.

5. Očekivani naučni doprinos

Naučni doprinos koji se može očekivati od predložene teme:

- Usavršavanje metode ultrazvučne sprej pirolize (USP) za sintezu kompozita RuO₂/TiO₂ i Pt/TiO₂ i definisanje uticaja parametara USP sinteze na karakteristike dobijenih kompozita.
- Dobijanje kompozita RuO₂/TiO₂ strukturno-morfoloških karakteristika povoljnih za formiranje oksidne prevlake na Ti podlozi u cilju dobijanja dimenziono stabilnih anoda poboljšanih elektrokatalitičkih svojstava u reakciji dobijanja hlora i redukcije kiseonika.
- Postavka sinteze kompozita Pt/TiO₂ metodom USP, gde bi se prethodnom sintezom čestica TiO₂ sol-gel metodom kontrolisala njihova veličina, a zatim na takve čestice u toku USP sinteze nanosila platina radi postizanja maksimalne pokrivenosti čestica TiO₂ platinskim česticama u strukturi jezgro/ljuska.
- Postavka i unapređenje sol-gel metode za dobijanje kompozita Pt/TiO₂ variranjem temperature i pH vrednosti prekursora, gde bi se postigla istovremena međusobna oksidacija i redukcija dva

prekursora kojom se dobijaju uredene strukture sa poboljšanim elektrokatalitičkim svojstvima kompozita.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Istraživanja koja će biti rađena u okviru predložene disertacije obuhvatiće sledeće faze:

A. Sinteza kompozita

1. Sinteza $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ mešovito oksida ultrazvučnom sprej pirolizom. Kao prekursor će služiti smeša rastvora tetra-n-butil ortotitanata i RuCl_3 , dok će se varirati temperatura sinteze.
2. Dvostepena sinteza Pt/TiO_2 kompozita:
Sinteza TiO_2 čestica sol-gel metodom forsiranom hidrolizom Ti^{3+} u kiselom rastvoru TiCl_3 . Podešavanjem pH vrednosti prekursora uz pomoć rastvora HCl , jedan deo TiO_2 čestica se destabiliši i nalazi se u obliku praha (taloga), dok je drugi deo u obliku stabilnog sola.
 - a) Na prah TiO_2 će se nanositi platina iz koloidne disperzije, prethodno sintetisane klasičnim poliol postupkom, u kome etilen-glikol služi kao redukciono sredstvo. Nanošenje će se obavljati hemijskim putem, mešanjem TiO_2 praha i metalne platine u prisustvu sumporne kiseline.
 - b) Stabilan sol TiO_2 će se mešati sa rastvorom hloroplatinaste kiseline, a tehnikom ultrazvučne sprej pirolize će se u pristustvu vodonika na povišenim temperaturama obaviti redukcija jona platine i nanošenje na koloidne TiO_2 čestice. Variraće se temperatura sinteze i udeo platine u početnoj smeši, odnosno u očekivanom kompozitu.
3. Jednostepena sinteza Pt/TiO_2 kompozita:
Rastvori TiCl_3 i H_2PtCl_6 će se mešati na različitim temperaturama i pri različitim pH vrednostima. Kompozit Pt/TiO_2 će se dobijati međusobnom oksido-redukcijom Ti^{3+} i Pt^{4+} i hidrolizom $\text{Ti}^{3+}/\text{Ti}^{4+}$.

B. Elektrohemijsko ispitivanje sintetisanih Pt/TiO_2 i $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompozita

1. Uzorci Pt/TiO_2 i $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompozita će se pripremiti za elektrohemijsko ispitivanje suspendovanjem prahova, naknadno termički tretiranih ili netretiranih, u vodi, i nanošenjem u tankom sloju na elektrodu od staklastog ugljenika.
 - a) Pt/TiO_2 i $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ na staklastom ugljeniku će se elektrohemijski ispitati metodom ciklične voltametrije.
 - b) $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ će se dodatno ispitati i metodom spektroskopije elektrohemijske impedancije
 - c) Uzorak Pt/TiO_2 će se ispitati i metodom linearne polarizacije i spektroskopije elektrohemijske impedancije u reakciji redukcije kiseonika iz kisele sredine.
2. Uzorci $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ će se dodatno ispitati i kao prevlaka na Ti anodi. Nanošenje na Ti šipku će se obaviti iz suspenzije $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ u 2-propanolu. Dobijene anode će se podvrgnuti sledećim elektrohemijskim merenjima:
 - a) Ubrzani test stabilnosti u rastvoru NaCl
 - b) Linearne polarizacije u reakcijama izdvajanja kiseonika i hlora
 - c) Ciklična voltametrija pre testa stabilnosti i nakon njega.
 - d) Spektroskopija elektrohemijske impedancije

C. Fizičko-hemijska karakterizacija kompozita

1. Veličina i morfologija sintetisanih čestica će se ispitivati SEM i TEM metodama
2. Kristalna struktura čestica TiO_2 na koji će se nanositi platina i kompozita $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ će se odrediti metodom XRD
3. EDS metodom će se odrediti udeli pojedinih faza u Pt/TiO_2 i $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompozita
4. FTIR analizom će se ispitivati sintetisani $\text{RuO}_2/\text{TiO}_2$ kompoziti, kao i TiO_2 prahovi.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetog, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Milice Košević pod nazivom "Sinteza i karakterizacija strukturno uređenih interaktivnih elektrokatalitičkih kompozita zasnovanih na oksidima metala i platini,, naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Komisija takođe smatra da je kandidatkinja poseduje odgovarajuća znanja i veštine za realizaciju ove disertacije. Za mentore se predlažu dr Vladimir Panić, naučni savetnik IHTM i dr Snežana Gojković, redovni profesor, Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Hemijsko inženjerstvo, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

Beograd, 20. 6. 2018.

ČLANOVI KOMISIJE

.....

dr Snežana Gojković, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....

dr Vladimir Panić, naučni savetnik
Univerzitet u Beogradu, IHTM

.....

dr Vladislava Jovanović, naučni savetnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za hemiju, tehnologiju i
metalurgiju

.....

dr Branimir Grgur, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet