

UNIVERZITET U BEOGRADU
Fakultet za fizičku hemiju
B e o g r a d

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU
FAKULTETA ZA FIZIČKU HEMIJU

Predmet: Izveštaj Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Jadranke Milikić, master fizikohemičara

Odlukom Nastavno-naučnog veća Fakulteta za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu, sa IX vanredne sednice održane 16. septembra 2016. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **mastera fizikohemičara Jadranke Milikić**, pod naslovom: **Elektrokatalitički materijali za oksidaciju borhidrida**.

Izrada doktorske disertacije pod navedenim naslovom odobrena je odlukom Nastavno-naučnog veća sa VI redovne sednice od 13. marta 2015. godine. Na osnovu te odluke, Veće naučnih oblasti prirodnih nauka Univerziteta u Beogradu je na svojoj XV sednici od 23. marta 2015. godine dalo saglasnost da se prihvati predložena tema doktorske disertacije.

I Z V E Š T A J

A. Prikaz sadržaja disertacije

Doktorska disertacija mastera fizikohemičara Jadranke Milikić napisana na 105 strana, a u skladu sa *Uputstvom za oblikovanje doktorske disertacije Univerziteta u Beogradu*. Sastoji se od sledećih celina: **Rezime** (4 strane), **Pregled literature** (23 strane), **Cilj rada** (2 strane), **Eksperimentalni deo** (8 strana), **Rezultati i diskusija** (47 strana), **Zaključak** (3 strane), **Literatura** – 149 navoda (7 strana), **Biografija** (3 strane). Disertacija sadrži ukupno 32 slike i 3 tabele.

U delu **Rezime**, na srpskom i engleskom jeziku, predstavljene su problematika kojom se disertacija bavi i najvažniji zaključci.

U poglavlju **Pregled literature** je predstavljen štetan uticaj fosilnih goriva kako na zdravlje čoveka tako i na životnu okolinu. Detaljno je opisana sinteza, opšte karakteristike i upotreba natrijum borhidrida. Takođe je opisan i princip rada direktne borhidridne gorivne ćelije, zatim su opisani anodni, katodni materijali i membrane koje se koriste u toj gorivnoj ćeliji, kao i parametri koji utiču na njen rad i efikasnost.

U poglavlju **Cilj rada** je ukratko napisan značaj upotrebe natrijum borhidrida kao potencijalnog goriva budućnosti. Pored toga, istaknuti su kriterijumi za određivanje efikasnosti

elektrokatalitičkih materijala za oksidaciju borhidrida, i navedeni su materijali testirani za oksidaciju borhidrida.

U poglavlju *Eksperimentalni deo* je opisana sinteza odgovarajućih elektrokatalizatora i navedene metode karakterizacije koje su korišćene u disertaciji. Opisane su i elektrohemijske metode primenjene za detaljnu elektrohemijsku karakterizaciju katalitičkih materijala.

U poglavlju **Rezultati i diskusija** je navedeno pet celina, i to su: Rezultati i diskusija elektrokatalizatora $Pt_{0.75}M_{0.25}$ (M= Ni i Co) sintetisanih na ugljeniku, Rezultati i diskusija platina-disprozijum (Pt-Dy) legura, *Rezultati i diskusija nikal-retke zemlje (Ni-RE) legura*, *Rezultati i diskusija paladijum na ugljeniku (Pd/C) elektrokatalizatora*, *Rezultati i diskusija srebrnih (Ag) elektrokatalizatora*. U delu **Rezultati i diskusija elektrokatalizatora $Pt_{0.75}M_{0.25}$ (M= Ni i Co) sintetisanih na ugljeniku** testirana su tri komercijalna elektrokatalizatora, i to: platina na ugljeniku (Pt/C), zatim, legure platine sa niklom i kobaltom, takođe, sintetisane na ugljeniku u određenom masenom odnosu. U sledećem delu **Rezultati i diskusija Pt-Dy legura** analizirane su dve Pt-Dy legure sa različitim sadržajem Dy, zatim, u delu **Rezultati i diskusija Ni-RE legura** je detaljno opisana procedura elektrohemijskog testiranja četiri Ni-RE legura, od koji su dve nikal-samarijum (Ni-Sm) i preostale dve nikal-disprozijum (Ni-Dy), takođe, sa različitim masenim udelom navedenih elementata. *Rezultati i diskusija Pd/C elektrokatalizatora* se odnose na detaljnu elektrohemijsku karakterizaciju četiri Pd/C elektrokatalizatora, od koji su dva uzorka paladijuma sintetisana, dvema različitim procedurama, na jednoj ugljeničnoj osnovi, i preostala dva na drugoj ugljeničnoj osnovi, takođe, istim procedurama. U poslednjem delu **Rezultati i diskusija Ag elektrokatalizatora** je analizirano pet srebrnih katalizatora, od kojih je jedan čisto srebro dok se preostala četiri elektrokatalizatora razlikuju po sadržaju srebra, ugljenika i određenog polimera. U svakom od navedenih delova je detaljno diskutovano o dobijenim rezultatima i ti rezultati su poređeni sa literaturnim podacima.

U poglavlju *Zaključak* su sumirani svi rezultati, tj. izvršeno je međusobno poređenje dobijenih rezultata analiziranih elektrokatalizatora i navedeni su elektrokatalizatori sa najboljim performansama za oksidaciju borhidrida.

B. Opis rezultata teze

Predmet rada ove doktorske teze je elektrohemijsko ispitivanje katalizatora za reakciju oksidacije $NaBH_4$ radi određivanja kinetičkih parametara (broj razmenjenih elektrona, n , energija aktivacije, E_a , red reakcije, r , i koeficijenta prenosa naleketrisanja, α , itd.). Ovi parametri su značajni jer pokazuju koliko je neki matrijal stabilan i efikasan za elektrooksidaciju borhidrida.

Od anodnih materijala su ispitani komercijalni PtM/C (M = Ni,Co) elektrokatalizatori, legure platine i disprozijuma (Pt-Dy), potom, Ni-RE legure, kao i nanočestice Pd sintetisane na Vulkanu i karbpnizovanom polianilinu pripremljenom u prisustvu 3,5-dinitrosalicilne kiseline (c-PANI-DNSA) i na kraju elektrokatalizatori na bazi srebra.

Vršena je elektrohemijska analiza **Pt/C i $Pt_{0.75}M_{0.25}/C$ elektrokatalizatora** pri čemu je

otkriven delotvoran uticaj Pt legura sa prelaznim metalima na performanse reakcije oksidacije borhidrida, tj. veće gustine struje, veći broj razmenjenih elektrona i nižu energiju aktivacije za bimetalne legure Pt u odnosu na čistu Pt. Pretpostavlja se da različitost u ponašanju ova tri elektrokatalizatora verovatno potiče od manjih razlika u mehanizmu oksidacije borhidrida (BH_4^-), zapravo zahvaljujući njihovoj različitoj katalitičkoj aktivnosti za elektrooksidaciju BH_4^- i hemijsku hidrolizu BH_4^- , tj. oksidaciju borhidridnih intermedijera i vodonika (produkti hidrolize). Navedeno je da ove različitosti potiču i od promena u elektronskim osobinama usled prisustva drugih metala gde se usled prisustva drugih metala karakteristike Pt d- vakancija rastu a energija d nivoa opada. Niži energetski nivo dovodi do nižeg afiniteta metala ka apsorpciji. Prema tome, bimetalne Pt legure imaju nižu energiju od čiste Pt.

Elektrokatalizatori, **legure platine i disprozijuma** su detaljno elektrohemijski analizirane odgovarajućim metodama. Ustanovljeno je da se upotrebom jeftinijih Pt-Dy legura postiže bolja efikasnost gorivne ćelije nego kada se koristi čista platina, kao anodni materijal, koja je daleko skuplja. Potvrđena je stabilnost elektroda i njihova nepromenjenost primenom određenih eksperimentalnih uslova, zapravo, primenom specifične analiza rastvora elektrolita koja je vršena posle ispitivanja oksidacije BH_4^- . Nisu pronađeni tragovi ni Dy ni Pt, što ukazuje na dobru stabilnost elektroda. Pokazano je da povećanjem temperature za samo 10 °C tj. na 35 °C broj razmenjenih elektrona se poveća na 3,8 za PtDy elektrodu. Napomenuto je da je ova izračunata vrednost za n veća od vrednosti dobijene na čistoj platini (2,6) u istim radnim uslovima. Primećeno je da su pomenute elektrode aktivnije za oksidaciju BH_4^- na višim temperaturama.

Odgovarajućim elektrohemijskim analizama oksidacije BH_4^- na **Ni-Dy i Ni-Sm legurama** pokazano je da veću katalitičku aktivnost za oksidaciju BH_4^- daju legure sa manjim masenim udelom RE elementa (po 5%), zapravo, kao što je već pomenuto, pokazuju veće vrednosti gustine struje, niže vrednosti energije aktivacije, i kraće vreme prelaza. Takođe, legure Ni-Dy imaju veću katalitičku aktivnost za oksidaciju BH_4^- od legura Ni-Sm. Jakšićev model jasno teorijski objašnjava pojavu veće katalitičke aktivnosti Ni-RE legura za oksidaciju BH_4^- od čistog Ni, što znači da aktivnost Ni-RE elektroda zavisi od prirode same legure.

U delu gde je **paladijum** sintetisan na dve različite ugljenične osnove, dvema različitim metodama sinteze, pokazano je da elektrokatalizatori Pd sintetisani na Vulkanu daju veću Kulonovu efikasnost od elektrokatalizatora sintetisanih na c-PANI-DNSA, što može biti posledica izraženije hidrolize na elektrokatalizatorima sintetisanih na c-PANI-DNSA. Pored toga, pomenuto je da ponašanje elektrokatalizatora može biti posledica značajno veće električne provodljivosti Vulkanu (4,0 S/cm) u odnosu na električnu provodljivost c-PANI-DNSA (0,35 S/cm). Dobijene su veće gustine struje za elektrokatalizatore na bazi c-PANI-DNSA od elektrokatalizatora sintetisanih na Vulkanu, pokazana je veoma dobra stabilnost Pd elektrokatalizatora. Takođe, uočeno je da se gustina struje povećava sa povećanjem temperature, što je jako izraženo u intervalu od 45 do 55 °C.

Pokazano je da su i **Ag elektrokatalizatori** aktivni za oksidaciju borhidrida, međutim, ovi elektrokatalizatori pokazuju i značajnu aktivnost za hidrolizu borhidrida što samnjuje njihovu

efikasnost. takođe, uočeno je da sa povećanjem temeprature sistema dodatno povećava hidroliza borhidrida. Međutim, dobijene su zadovoljavajuće vrednosti energije aktivacije.

C. Uporedna analiza rezultata disertacije sa rezultatima iz literature

U potrazi za novim izvorima energije, direktne borhidridne gorivne ćelije (DBGĆ) su privukle veliku pažnju poslednjih godina. Ova vrsta gorivnih ćelija koristi alkalni rastvor NaBH_4 kao gorivo i O_2 ili H_2O_2 kao oksidans. Danas su DBGĆ vrlo atraktivan izazov u naučnim istraživanjima jer se zasnivaju na jednostavnoj elektrooksidaciji BH_4^- , primenjuju niskotemperaturski režim rada, imaju visok napon otvorenog kola, kao i gustinu struje. Stoga postoji veliki broj radova koji se odnose na testiranje različitih elektrokatalizatora za elektrooksidaciju BH_4^- koji su u korelaciji sa rezultatima prikazanim u ovoj doktorskoj tezi.

U delu gde su detaljno diskutovani rezultati *PtM/C (M = Ni,Co) elektrokatalizatora* navedeno je da na 25°C vrednost za n u 0,01 M NaBH_4 rastvoru iznosi 3,5, 6,6 i 4,5 za Pt/C, $\text{Pt}_{0.75}\text{Ni}_{0.25}/\text{C}$ i $\text{Pt}_{0.75}\text{Co}_{0.25}/\text{C}$ elektrokatalizatore, redom. Takođe, uočeno je i da se n smanjuje sa povećanjem koncentracije borhidrida kao što je i već pokazano u literaturi [J. Ma, N. A. Choudhury, Y. Sahai, *Renew. Sust. Energy Rev.* 14 (2010) 183]. Dobijene vrednosti E_a , naročito za $\text{Pt}_{0.75}\text{M}_{0.25}/\text{C}$ elektrokatalizatore su znatno niže od dobijenih vrednosti E_a za oksidaciju borhidrida na Au [D. M. F. Santos, C. A. C. Sequeira, *Electrochim. Acta* 55 (2010) 6775.].

Na osnovu literaturnih podataka [H. Cheng, K. Scott, *J. Power Sources* 160 (2006) 407. J. H. Kim, H. S. Kim, Y. M. Kang, M. S. Song, S. Rajendran, S. C. Han, D. H. Jung, J. Y. Lee, *J. Electrochem. Soc.* 151 (2004), A1039. N. Duteanu, G. Vlachogiannopoulos, M. R. Shivhare, E. H. Yu, K. Scott, *J. Appl. Electrochem.* 37 (2007) 1085.] zaključeno je da sastav elektrolita utiče kako na oksidaciju BH_4^- , tako i na stabilnost i performanse DBGĆ što je i pokazano u ovoj disertaciji. Istraživanja su pokazala da je sa povećanjem koncentracije BH_4^- poboljšan transfer BH_4^- do elektrode, što znači da je poboljšana i kinetika elektrooksidacije, što dovodi do povećanja gustine struje, samim tim i gustine snage. Međutim, povećana je i hidroliza BH_4^- što za posledicu ima gubitak goriva u gorivnoj ćeliji, smanjenje napona ćelije i negativan uticaj na katodno ponašanje [D. M. F. Santos, P. G. Saturnino, R. F. M. Lobo, C. A. C. Sequeira, *J. Power Sources* 208 (2012) 131.]. Pri testiranju *Pt-Dy legura* primećeno je da se napon otvorenog kola neznatno pomera ka negativnijim vrednostima sa povećanjem koncentracije BH_4^- , što je i uobičajena pojava u literaturnim rezultatima [D. M. F. Santos, C. A. C. Sequeira, *J. Electroanal. Chem.* 627 (2009) 1.]. Izračunate su vrednost β u opsegu od 0,85-0,93. U literaturi je pokazano da je reakcija oksidacije BH_4^- i na drugim materijalima kao što je npr. Au reakcija prvog reda [D. M. F. Santos, C. A. C. Sequeira, *Electrochim. Acta* 55 (2010) 6775.]. Primenom odgovarajućih elektrohemijskih metoda dobijeni rezultati oksidacije borhidrida na Pt-Dy elektrodama su

pokazali da Dy u pomenutim legurama katalizuje reakciju oksidacije, tako da Pt-Dy elektrode pokazuju ponašanje koje je uporedivo sa čistom Pt [D. M. F. Santos, P.G. Saturnino, D. Maccio, A. Saccone, C.A.C. Sequeira, *Catal. Today* 170 (2011) 134.] s tim što daju veće vrednosti n u donosu na Pt elektrodu.

Dobijene vrednosti α za **Ni-Re legure** su slične vrednosti dobijenoj na prethodno analiziranoj Pt₅₀Ce₅₀ elektrodi (0,50) [A. Tegou, S. Papadimitriou, I. Mintsouli, S. Armyanov, E. Valova, G. Kokkinidis, S. Sotiropoulos, *Catal. Today* 170 (2011) 126.]. Ni-Dy i Ni-Sm legure su pokazale nešto veću aktivnost za oksidaciju BH₄⁻ nego Ni-Ce legure [A. Tegou, S. Papadimitriou, I. Mintsouli, S. Armyanov, E. Valova, G. Kokkinidis, S. Sotiropoulos, *Catal. Today* 170 (2011) 126. D. M. F. Santos, B. Šljukić, L. Amaral, D. Macciò, A. Saccone and C. A. C. Sequeira, *J. Electrochem. Soc.* 161 (2014) F594.]. Vrednosti za n dobijene na Ni-Dy legurama su slične vrednostima dobijenim na prethodno testiranim legurama Ni-Ce (do 1) i Pt₅₀Ce₅₀ elektrodi (1,4) [A. Tegou, S. Papadimitriou, I. Mintsouli, S. Armyanov, E. Valova, G. Kokkinidis, S. Sotiropoulos, *Catal. Today* 170 (2011) 126. D. M. F. Santos, B. Šljukić, L. Amaral, D. Macciò, A. Saccone and C. A. C. Sequeira, *J. Electrochem. Soc.* 161 (2014) F594.]. Pokazano je da legure Ni-Dy imaju veću katalitičku aktivnost za oksidaciju BH₄⁻ od legura Ni-Sm. Jakšićev model teorijski objašnjava pojavu veće katalitičke aktivnosti Ni-RE legura za oksidaciju BH₄⁻ od čistog Ni [M. M. Jakšić, *Int. J. Hydrogen Energy* 12 (1987) 727. M. M. Jakšić, *Int. J. Hydrogen Energy* 11 (1986) 519. M. M. Jakšić, *Int. J. Hydrogen Energy* 12 (1987) 727.].

Dobijene vrednosti za n (od 2,4 do 4,8) na **Pd/C elektrokatalizatorima** su slične sa literaturnim podacima za druge Pd elektrokatalizatore. [M. H. Atwan, D. O. Northwood, E. L. Gyenge, *Int.J. Hydrogen Energy* 32 (2007) 3116.] i veće u poređenju sa n vrednostima dobijenim na elektrokatalizatorima na bazi Pt.

Uticaj primene nižih brzina rotacije radne elektrode je primećen kod svih pet analiziranih **srebrnih elektrokatalizatora**, dok se kod većih brzina rotacije javlja kinetičko ograničenje reakcije, kao što je prethodno opisao Atwan sa saradnicima [M. H. Atwan, D. O. Northwood, E. L. Gyenge, *Int.J. Hydrogen Energy* 32 (2007) 3116.]. Chatenet i ostali [M. Chatenet, F. Micoud, I. Roche, E. Chainet, *Electrochim. Acta* 51 (2006) 5452.] su pokazali da Ag daje malu aktivnost za direktnu oksidaciju BH₄⁻, ali veliku aktivnost za hidrolizu BH₄⁻. I u ovoj disertaciji je pokayano da Ag nanočestice katalizuju hirdolizu BH₄⁻. E_a na čistom srebru je određena i iznosi 35 kJ/mol. Ova vrednost za E_a je uporediva sa vrednošću dobijenom na Pt/C elektrokatalizatoru.

D. Naučni radovi i saopštenja u kojima su publikovani rezultati iz doktorske disertacije

Radovi u međunarodnim časopisima izuzetnih vrednosti (M_{21A})

1. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo M. F. Santos, César A. C. Sequeira, Daniele Macciò, Adriana Saccone, *Electrocatalytic Performance of Pt-Dy Alloys for Direct Borohydride Fuel Cells*, Journal of Power Sources 272 (2014) 335 – 343.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.08.080> IF(2014) 6.227

Radovi u vrhunskim međunarodnim časopisima (M₂₁)

1. **Jadranka Milikić**, Gordana Ćirić-Marjanović, Slavko Mentus, Diogo M. F. Santos, César A. C. Sequeira, Biljana Šljukić, *Pd/c-PANI electrocatalysts for direct borohydride fuel cells*, Electrochimica Acta 213 (2016) 298–306.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2016.07.109> IF(2015) 4.803
2. Ivan Stosevski, Jelena Krstić, **Jadranka Milikić**, Biljana Šljukić, Zorica Kacarević Popović, Slavko Mentus, Scepam Miljanić, *Radiolotically synthesized nano Ag/C catalysts for oxygen reduction and borohydride oxidation reactions in alkaline media, for potential applications in fuel cells*, Energy, 101 (2016) 79-90.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.003> IF(2015) 4.292
3. Diogo M. F. Santos, Biljana Šljukić, Luis Amaral, **Jadranka Milikić**, César A. C. Sequeira, Daniel Macciò, Adriana Saccone, *Nickel–rare earth electrodes for sodium borohydride electrooxidation*, Electrochimica Acta 190 (2016) 1050–1056.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2015.12.218> IF(2015) 4.803
4. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo F. M. Santos, Cesar A. C. Sequeira, *Carbon-Supported Pt_xM_y Electrocatalysts for Borohydride Oxidation*, Electrochimica Acta 107 (2013) 577-583.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2013.06.040> IF(2013) 4.086

Zbornici sa međunarodnih naučnih skupova

Saopštenja na skupovima međunarodnog značaja štampani u izvodu (M₃₄)

1. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo M.F. Santos and César A. C. Sequeira, *Palladium-based electrocatalysts for direct borohydride fuel cells*, EHEC 2014 - European Hydrogen Energy Conference, P-184, Seville, Spain, March 12-14, 2014.
2. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo M.F. Santos and César A. C. Sequeira, *Rotating disc electrode study of the borohydride oxidation at Pt electrocatalysts*, HYCELTEC 2013: IV Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and Advanced Batteries, Estoril, Portugal, June 26-28 2013.

E. Zaključak komisije

Na osnovu izloženog izveštaja komisija zaključuje da rezultati kandidata mastera fizikohemičara Jadranke Milikić prikazani u okviru ove doktorske disertacije predstavljaju originalan i značajan naučni doprinos oblasti fizičke hemije. Delovi disertacije kandidata objavljeni su u okviru jednog naučnog rada kategorije M21a i četiri naučna rada kategorije M21.

Na osnovu izloženog, Komisija pozitivno ocenjuje doktorsku disertaciju mastera fizikohemičara Jadranke Milikić pod naslovom „**Elektrokatalitički materijali za oksidaciju borhidrida**” i predlaže Nastavno-naučnom veću Fakulteta za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu da je prihvati i odobri njegnu javnu odbranu, čime bi bili ispunjeni svi uslovi da kandidat stekne zvanje doktor fizičko-hemijskih nauka.

U Beogradu, 10. oktobra 2016.

ČLANOVI KOMISIJE:

dr Biljana Šljukić Paunković, docent
Fakultet za fizičku hemiju Univerzitet u Beogradu

dr Slavko Mentus,
redovni član SANU i redovni profesor u penziji

dr Igor Pašti, vanredni profesor
Fakultet za fizičku hemiju Univerzitet u Beogradu

dr Milica Vujković, naučni saradnik
Fakultet za fizičku hemiju Univerzitet u Beogradu

Prilog 1 - Kompletna bibliografija kandidata

Radovi u međunarodnim časopisima izuzetnih vrednosti (M_{21A})

1. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo M. F. Santos, César A. C. Sequeira, Daniele Macciò, Adriana Saccone, *Electrocatalytic Performance of Pt-Dy Alloys for Direct Borohydride Fuel Cells*, Journal of Power Sources 272 (2014) 335 – 343.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.08.080> IF(2014) 6.227

Radovi u vrhunskim međunarodnim časopisima (M₂₁)

1. **Jadranka Milikić**, Gordana Ćirić-Marjanović, Slavko Mentus, Diogo M. F. Santos, César A. C. Sequeira, Biljana Šljukić, *Pd/c-PANI electrocatalysts for direct borohydride fuel cells*, Electrochimica Acta 213 (2016) 298–306.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2016.07.109> IF(2015) 4.803
2. Ivan Stosevski, Jelena Krstić, **Jadranka Milikić**, Biljana Šljukić, Zorica Kačarević Popović, Slavko Mentus, Sčepan Miljanić, *Radiolotically synthesized nano Ag/C catalysts for oxygen reduction and borohydride oxidation reactions in alkaline media, for potential applications in fuel cells*, Energy, 101 (2016) 79-90.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2016.02.003> IF(2015) 4.292
3. Diogo M. F. Santos, Biljana Šljukić, Luis Amaral, **Jadranka Milikić**, César A. C. Sequeira, Daniel Macciò, Adriana Saccone, *Nickel–rare earth electrodes for sodium borohydride electrooxidation*, Electrochimica Acta 190 (2016) 1050–1056.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2015.12.218> IF(2015) 4.803
4. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo F. M. Santos, Cesar A. C. Sequeira, *Carbon-Supported Pt_xM_y Electrocatalysts for Borohydride Oxidation*, Electrochimica Acta 107 (2013) 577-583.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2013.06.040> IF(2013) 4.086

Radovi u istaknutim međunarodnim časopisima (M₂₂)

1. **Jadranka Milikić**, Nevena Markičević, Aleksandar Jović, Radmila Hercigonja, Biljana Šljukić, *Glass-like carbon, pyrolytic graphite or nanostructured carbon for electrochemical sensing of bismuth ion?*, Processing and Application of Ceramics 10(2) (2016) 87–95.
<http://dx.doi.org/10.2298/PAC1602087M> IF(2015) 0.994

Zbornici sa međunarodnih naučnih skupova

Saopštenja na skupovima međunarodnog značaja štampana u celini (M₃₃)

1. **Jadranka Milikić**, Ivan Stoševski, Jelena Krstić, Zorica Kačarević–Popović, Sčepan Miljanić, Biljana Šljukić, *Electroanalytical sensing of bromides using silver nanoparticle electrocatalyst*, 13th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of

Physical Chemistry, September 26-30, 2016, Belgrade, Serbia, The Book of Abstracts , proceeding Volume I p. 403-406.

2. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo. M. F. Santos, Cesar A. C. Sequeira, *Alternative, non-Pt electrocatalysts for O₂ reduction*, 11th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, September 24-28, 2012, Belgrade, Serbia, The Book of Abstracts , proceeding Volume I p. 327-329.

Saopštenja na skupovima međunarodnog značaja štampana u izvodu (M₃₄)

1. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo M.F. Santos and César A. C. Sequeira, *Palladium-based electrocatalysts for direct borohydride fuel cells*, EHEC 2014 - European Hydrogen Energy Conference, P-184, Seville, Spain, March 12-14, 2014.
2. Biljana Šljukić, **Jadranka Milikić**, Diogo M.F. Santos and César A. C. Sequeira, *Rotating disc electrode study of the borohydride oxidation at Pt electrocatalysts*, HYCELTEC 2013: IV Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and Advanced Batteries, Estoril, Portugal, June 26-28 2013.