

UNIVERZITET U BEOGRADU
TEHNOLOŠKO-METALURŠKI FAKULTET
NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije

Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu održanoj 9.04.2015. godine u skladu sa izmenom odluke 35/74 br. od 26.02.2015. godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije, pod naslovom „**Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja**“.

Posle pregleda dostavljene disertacije i drugih pratećih materijala Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

06.07.2007. Kandidat je odbranio magistarski rad pod nazivom: „Sinteza metil estara masnih kiselina sa heterogenim katalizatorom tipa kalijum-oksidi ili cink-oksidi na alumosilikatnom nosaču“ na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu.

21.06.2012. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka o imenovanju Komisije za ocenu naučne zasnovanosti teme doktorske disertacije mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja“.

31.01.2013. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka o prihvatanju teme i odobrenju izrade doktorske disertacije mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja“, a za mentora ove doktorske disertacije je imenovan dr Željko Grbavčić, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu, a kao komentor Dr Dejan Skala, naučni savetnik IHTM Univerziteta u Beogradu.

04.03.2013. Na sednici Veća naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu data je saglasnost na predlog teme doktorske disertacije mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja“.

26.02.2015. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je Odluka o imenovanju članova Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom: „Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja“.

09.04.2015. Na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta u Beogradu doneta je odluka o zameni člana Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije i umesto preminulog dr Željka Grbavčića, profesor emeritusa TMF-a, imenovana je dr Irena Žižović, vanredni profesor TMF.

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Hemija i hemijska tehnologija za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova. Za mentora ove doktorske disertacije bio je određen dr Željko Grbavčić, profesor emeritus TMF-a, a za komentora dr Dejan Skala, naučni savetnik IHTM u penziji.

Utvrđeno je da su oni na osnovu objavljenih publikacija i iskustva kompetentni da rukovode izradom ove doktorske disertacije.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Ivana Lukić je rođena 08.03.1979. godine u Beogradu, gde je završila osnovnu školu i gimnaziju. Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je školske 1997/1998. godine. Diplomirala je septembra 2004. sa prosečnom ocenom 8,31 i ocenom 10 na diplomskom radu. Nakon diplomiranja upisala je poslediplomske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu na Katedri za Organsku hemijsku tehnologiju i položila sve predviđene ispite sa ocenom 10. Magistrirala je u julu 2007. godine odbranivši magistarski rad "Sinteza metil estara masnih kiselina sa heterogenim katalizatorom tipa kalijum-oksidi ili cink-oksidi na aluminosilikatnom nosaču" kod mentora prof. dr Dejana Skale.

Od 2005. do 2007. godine Ivana Lukić je kao istraživač pripravnik bila angažovana na naučno-istraživačkom projektu TR6742 u okviru programa za tehnološki razvoj Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije pod nazivom "Razvoj tehnologije sinteze biodizela". Od aprila 2008. do 2011. godine bila je zaposlena kao istraživač saradnik na projektu TR 19062 tehnološkog razvoja "Razvoj kontinualnih postupaka alkoholize biljnih ulja na niskoj, umerenoj i povišenoj temperaturi". Trenutno je angažovana na projektu interdisciplinarnih istraživanja koje finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja III 45001 "Nanostrukturni funkcionalni i kompozitni materijali u katalitičkim i sorpcionim procesima". Od novembra 2014. godine angažovana je na bilateralnom naučno-istraživačkom projektu između Republike Srbije i Narodne Republike Kine, pod nazivom "Pilot research on heterogeneous biodiesel production".

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija napisana je na 158 strana, sa 40 slika, 20 tabela i 301 literaturnim navodom. Doktorska disertacija sadrži sledeća poglavlja: Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultate i diskusiju i Zaključak. Na početku disertacije su Izvodi rada na srpskom i engleskom jeziku i Lista simbola, dok su na kraju disertacije navedeni Literatura, Prilozi i Biografija autora.

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U **Uvodu** disertacije u kratkim crtama dat je prikaz problematike koja je obrađivana u disertaciji. Pretstavljene su osnovne prednosti biogoriva, pre svega biodizela, u odnosu na fosilna goriva. Takođe je navedena prednost heterogeno katalizovane sinteze metil estara masnih kiselina (MEMK) u odnosu na konvencionalni alkalni (homogeni) postupak sinteze, posebno kada se kao sirovina koristi jeftinije ulje lošeg kvaliteta, kakvo je korišćeno biljno ulje. Ukazano je i na kompleksnost procesa heterogeno katalizovane metanolize koju je neophodno uzeti u obzir pri definisanju kinetike procesa metanolize. Na kraju ovog poglavlja se navodi predmet istraživanja doktorske disertacije kao i ciljevi rada.

U **Teorijskom delu** prikazane su karakteristike biodizela i opisan razvoj primene biodizela kao alternativnog goriva. Dat je detaljan pregled sirovina koje se najčešće koriste za dobijanje biodizela, kao i njihov sastav i karakteristike. Prikazana je reakcija metanolize, kao najčešće primenjivan postupak sinteze MEMK, odnosno biodizela i opisani postupci sinteze biodizela: homogeno bazno i kiselo katalizovane metanolize, enzimski katalizovane i

nekatalizovane metanolize, uz poseban osvrt na heterogeno katalizovanu metanolizu. Predstavljene su njene prednosti u odnosu na ostale postupke sinteze biodizela, izložene vrste katalizatora koje su do sada korišćene, sa akcentom na CaO i katalizatore na bazi Ca, i reakcioni uslovi koji najviše utiču na brzinu reakcije i prinos MEMK. Posebno je obrađena metanoliza korišćenog biljnog ulja (KBU) i dat literaturni pregled korišćenih katalizatora i primenjenih reakcionih uslova. Poseban deo u ovom poglavlju posvećen je kinetici heterogeno katalizovane metanolize, gde su opisani osnovni otpori koji utiču na brzinu procesa ovako složenih sistema – otpor prenosu mase i otpor hemijskoj reakciji. Predstavljene su modeli koji su u literaturi korišćeni za opisivanje kinetike i dat literaturni pregled dosadašnjih ispitivanja kinetike heterogeno katalizovane metanolize.

U **Eksperimentalnom delu** navedeni su materijali koji su korišćeni u toku istraživanja i prikazane karakteristike i sastav suncokretovog i korišćenog biljnog ulja. Opisana je priprema CaO·ZnO katalizatora mehanohemijским putem u planetarnom mlinu. Opisane su i metode korišćene za karakterizaciju sintetizovanog katalizatora: rendgenska strukturalna analiza (XRD), termogravimetrijska analiza i diferencijalna skenirajuća kalorimetrija (TGA/DSC), infracrvena spektroskopija sa Furijeovom transformacijom (FTIR), skenirajuća elektronska mikroskopija (SEM) i energetska disperziona spektroskopija X-zračenja (EDS), analiza baznosti titracijom pomoću Hammetovih indikatora, analiza raspodele veličina čestica katalizatora i rastvorljivosti katalizatora u metanolu. Prikazana je laboratorijska oprema korišćena za sintezu MEMK i dati uslovi na kojima je analiziran uticaj temperature, molarnog odnosa metanol:ulje, mase katalizatora i intenziteta mešanja na brzinu procesa. Opisana je i metoda korišćena za određivanje sastava proizvoda metanolize primenom gasne hromatografije (GC-FID).

Poglavlje **Rezultati i diskusija** obuhvata prikaz rezultata dobijenih u eksperimentalnom radu u ovoj disertaciji, njihovu analizu i diskusiju koja uključuje poređenje sa podacima iz literature, i sastoji se od četiri dela. U prvom su dati detaljni rezultati karakterizacije sintetizovanog katalizatora. Utvrđeno je da je mehanohemijским sintezom nastao kalcijum cink hidroksid dihidrat, $\text{CaZn}_2(\text{OH})_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, čijim je žarenjem na $700\text{ }^\circ\text{C}$ došlo do formiranja smeše oksida CaO i ZnO. U drugom delu detaljno je obrađena metanoliza suncokretovog ulja. Analizirana je promena sastava reakcione smeše u toku procesa metanolize i utvrđen je sigmoidni oblik krive koji ukazuje na to da dolazi do promene mehanizma, odnosno da nakon sporog perioda u kom prenos mase određuje brzinu procesa, sledi brzi period kada brzinu procesa metanolize određuje brzina hemijske reakcije. Kompleksan heterogeni proces metanolize definisan je sistemom jednačina zasnovanih na Eley–Rideal-ovom mehanizmu i uvedene su pretpostavke u cilju određivanja kinetičkih parametara i modelovanja procesa metanolize. Za opisivanje brzine procesa predložen je kinetički model nepovratne reakcije prvog reda sa promenljivom prividnom konstantom brzine koja uzima u obzir i prenos mase triglicerida (TG) i brzinu hemijske reakcije između TG i metanola. Teorijskom analizom pokazano je da se glavni otpor prenosu mase nalazi u metanolnoj fazi oko čestice katalizatora i posledica je male rastvorljivosti TG i metanola. Predložena je korekcija literaturne korelacije za izračunavanje Sauter-ovog prečnika kapi koja uzima u obzir i prisustvo čvrste faze, odnosno početnu masu katalizatora korišćenog u metanolizi. Ispitan je uticaj temperature, brzine mešanja, količine katalizatora i molarnog odnosa metanola i ulja na brzinu metanolize. Simulacijom procesa metanolize pokazano je dobro slaganje predloženog kinetičkog modela sa eksperimentalnim rezultatima. U trećem delu ovog poglavlja prikazani su rezultati metanolize KBU. Analizom sastava polazne sirovine zaključeno je da je velika brzina metanolize KBU posledica prisustva male količine mono- (MG) i di-glicerida (DG) u polaznom KBU, kao i različitog masno kiselinskog sastava TG ulja. MG i DG su površinski aktivna jedinjenja koja utiču na povećanje specifične međufazne površine, tako što smanjuju međufazni napon između ulja i metanola, i

povećavaju rastvorljivost ulja u metanolu. U četvrtom delu obrađena je deaktivacija heterogenog katalizatora u procesu metanolize korišćenog, odnosno svežeg biljnog ulja. Ispitana je mogućnost ponovnog korišćenja katalizatora i izvršena njegova karakterizacija u cilju utvrđivanja uzroka pada aktivnosti.

U **Zaključku** su ukratko sumirani svi rezultati proistekli iz ove doktorske disertacije i iznet je njihov značaj i naučni doprinos.

Poglavlje **Literatura** sadrži sve literaturne navode citirane u doktorskoj disertaciji.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Svetske zalihe nafte se neprekidno smanjuju, resursi su ograničeni, što će neminovno uticati i na povećanje njene cene u budućnosti. Još jedan veliki nedostatak upotrebe nafte i njenih derivata je zagađenje životne sredine kao posledica emisije velikih količina oksida azota, sumpora i ugljenika, kao i čađi i drugih čvrstih čestica koje nastaju prilikom sagorevanja ovakvih fosilnih goriva. Zbog svega toga, poslednjih nekoliko decenija velika pažnja usmerena je na iznalaženje mogućnosti za smanjenje potrošnje fosilnih goriva i zamenu alternativnim i obnovljivim izvorima energije. Biodizel predstavlja perspektivno alternativno gorivo koje ima karakteristike slične karakteristikama dizel goriva i može koristiti u standardnim dizel motorima, bez ili uz male modifikacije, a ima i niz prednosti sa stanovišta očuvanja životne sredine. Usvojenom deklaracijom EU iz 2003. godine podstiče se upotreba biogoriva i korišćenje svih drugih obnovljivih izvora za proizvodnju energije za transport, a ova direktiva je dopunjena Direktivom 2009/28/EC koja ima za cilj da do 2020. godine oko 10% alternativnog goriva bude zastupljeno u ukupnoj potrošnji goriva.

Cena biodizela je jedna od glavnih prepreka njegove šire primene i može biti smanjena ili razvojem nove, efikasnije tehnologije za proizvodnju MEMK ili smanjenjem cene sirovine koja se koristi za njegovu proizvodnju. Upotrebom heterogenih katalizatora nerastvornih u reakcionoj smeši značajno se pojednostavljuje postupak izdvajanja i prečišćavanja proizvoda, smanjuju ekološki problemi, omogućava ponovno korišćenje katalizatora, čime se postiže i pozitivan ekonomski efekat. Cena sirovine ima dominantan uticaj na cenu biodizela i iznosi od 60 do 80% od ukupne cene biodizela u zavisnosti od toga koja se sirovina koristi. Korišćeno biljno ulje prikupljeno pre svega u objektima za pripremu hrane, restorana i hotela predstavlja jeftinu sirovinu koja može značajno da utiče i na smanjenje ukupnih troškova sinteze biodizela.

U ovoj doktorskoj disertaciji je jednostavnom procedurom dobijen heterogeni katalizator koji je uspešno primenjen u procesu metanolize svežeg suncokretovog, ali i korišćenog biljnog ulja, tj. jeftine, otpadne sirovine. Razvijen je kinetički model koji se može iskoristiti za određivanje brzine procesa metanolize pri različitim uslovima čime se omogućava kvalitetno projektovanje industrijskog postrojenja za proizvodnju biodizela.

Na osnovu opsežnog pregleda najnovije naučne literature, istraživanja u okviru ove doktorske disertacije spadaju u veoma aktuelno polje istraživanja u ovoj oblasti i uklapaju se u svetske trendove što potvrđuje njihov značaj.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U okviru doktorske disertacije citiran je 301 literaturni navod koji je omogućio da se prikaže stanje u ispitivanoj oblasti. Većina navoda je novijeg datuma i predstavlja radove objavljene u vrhunskim međunarodnim časopisima, što ukazuje na aktuelnost teme disertacije. Savremena istraživanja objavljena u navedenim naučnim radovima su opisana i

prodiskutovana, eksperimentalni podaci drugih autora prikazani u literaturnom pregledu su analizirani i poređeni sa rezultatima koje je kandidat dobio u svom eksperimentalnom radu. Iz obrazloženja predložene teme doktorske disertacije i objavljenih radova koje je kandidat priložio, kao i iz popisa literature koja je korišćena u istraživanju, uočava se adekvatno poznavanje predmetne oblasti istraživanja, kao i poznavanje aktuelnog stanja istraživanja u ovoj oblasti u svetu.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U doktorskoj disertaciji su korišćene savremene i standardne metode sinteze katalizatora, njegove karakterizacije, kao i hemijske analize proizvoda metanolize. Heterogeni katalizator CaO/ZnO dobijen je mehanohemijском sintezom u planetarnom mlinu i naknadnim termijskim tretmanom. Fazni sastav pripremljenog katalizatora, kao i katalizatora nakon reakcije, kao i promene koje se odigravaju pri kalcinaciji mehanohemijски dobijenog prekursora utvrđene su rendgenskom strukturnom analizom (XRD) i termogravimetrijskom analizom (TGA/DSC). Infracrvena spektroskopija (FTIR) korišćena je za određivanje funkcionalnih grupa, dok su morfologija i površinska struktura katalizatora posle žarenja analizirani skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM), a sastav na površini čestica katalizatora pomoću energetske disperzione spektroskopije (EDS). Za karakterizaciju katalizatora određena je i raspodela veličine čestica, baznost titracijom pomoću Hammetovih indikatora kao i rastvorljivost katalizatora u metanolu. Kinetička ispitivanja realizovana su u šaržnim uslovima na laboratorijskim postrojenjima Autoclave Engineers SCE Screening System i Series 5100 Parr, uz variranje različitih parametara čiji se uticaj na brzinu procesa metanolize proučavao. Sastav proizvoda metanolize određivan je primenom gasne hromatografije (GC-FID), sadržaj mono- i diglicerida u polaznom ulju primenom tečne hromatografije (HPLC), a masno kiseliniski sastav korišćenog ulja primenom kombinacije GC-MS. U cilju simulacije i modelovanja procesa metanolize korišćen je programski paket Polymath Educational 6.10. Primenjene metode istraživanja su adekvatne oblastima obuhvaćenim doktorskom disertacijom.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Na osnovu eksperimentalnih rezultata i objavljenih radova iz ove doktorske disertacije, može se zaključiti da je ostvaren značajan doprinos u razvoju heterogenog procesa sinteze biodizela. Razvijen je kinetički model koji opisuje proces metanolize koji uključuje dva otpora od kojih zavisi brzina procesa metanolize, otpor prenosu mase triglicerida do površine katalizatora i otpor od koga zavisi brzina hemijske reakcije na površini katalizatora. Pokazano je da se definisan matematički model može iskoristiti za određivanje brzine procesa metanolize pri različitim operativnim uslovima. Rezultati dobijeni u istraživanjima iz ove doktorske disertacije verifikovani su objavljivanjem radova u međunarodnim časopisima iz ove oblasti, kao i prezentovanjem dobijenih rezultata na međunarodnim konferencijama.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni rad

U svom dosadašnjem istraživačkom radu, kandidat mr Ivana Lukić, dipl. inž. tehnologije pokazala je stručnost i samostalnost u pretraživanju i korišćenju naučne literature, pripremi i realizaciji eksperimenata, obradi i analizi dobijenih podataka, matematičkom

modelovanju sistema, diskusiji rezultata i pripremi publikacija. Komisija je na osnovu dosadašnjeg zalaganja i postignutih rezultata, kao i na osnovu podnete doktorske disertacije utvrdila da kandidat poseduje sve kvalitete neophodne za samostalni naučno-istraživački rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Naučni doprinos rezultata istraživanja ostvarenih u ovoj doktorskoj disertaciji, ogleda se u sledećem:

- Pokazano je da je moguće efikasno sintetizovati katalizator mehanohemijским tretmanom odgovarajućih prahova CaO i ZnO i da ovako pripremljen katalizator ima manju rastvorljivost u metanolu nego kada se koristi samo CaO.
- Analizirana je kinetika procesa metanolize i određeni parametri koji u potpunosti definišu ukupnu brzinu metanolize i ukazuju na osnovne otpore od kojih zavisi brzina procesa.
- Za opisivanje procesa metanolize predložen je kinetički model nepovratne reakcije prvog reda sa promenljivom prividnom konstantom brzine koja uzima u obzir i prenos mase triglicerida i brzinu hemijske reakcije između triglicerida i metanola.
- Pokazano je da brzina metanolize veoma zavisi od prenosa mase TG na početku procesa, odnosno dok se ne dostigne određena kritična konverzija TG, kao posledica stvaranja prvih količina MG, DG i MEMK. Nakon dostizanja kritične konverzije TG otpor brzini prenosa mase je manji od otpora brzine hemijske reakcije na površini katalizatora i tada brzina procesa zavisi samo od brzine reakcije na površini katalizatora. Predložena je korelacija koja definiše ukupan zapreminski koeficijent prenosa mase, $k_{mt,TG}$, kao funkciju konverzije TG i zavisi od specifične međufazne površine između metanola i ulja.
- Teorijskom analizom pokazano je da se glavni otpor prenosu mase nalazi u metanolnoj fazi oko čestice katalizatora i posledica je male rastvorljivosti TG i metanola. Predložena je korekcija literaturne korelacije za izračunavanje Sauter-ovog prečnika kapi dispergovane faze tj. metanola.
- Analizom sastava KBU kao polazne sirovine zaključeno je da prisustvo male količine MG i DG ima pozitivan uticaj na brzinu metanolize, za razliku od slobodnih masnih kiselina koje dovode do blokiranja aktivnih centara katalizatora i imaju negativan uticaj na brzinu procesa.
- Pokazano je da veliki uticaj na ukupnu brzinu procesa metanolize imaju temperatura, brzina mešanja, količina katalizatora i molarni odnos metanola i ulja.
- Ispitana je mogućnost ponovnog korišćenja katalizatora u procesu metanolize suncokretovog i korišćenog ulja i utvrđeno je da do deaktivacije dolazi zbog adsorpcije produkata metanolize i formiranja kompleksa Ca i glicerola i blokiranja aktivnih centara katalizatora, što dovodi i do aglomeracije sitnih čestica katalizatora, smanjujući tako aktivnu površinu katalizatora.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Pregledom dostupne literature iz oblasti istraživanja koja razmatra sintezu biodizela, kao i razmatranjem rezultata istraživanja dobijenih u ovoj doktorskoj disertaciji, može se uočiti da se dobijeni rezultati nadovezuju na već stečena znanja, ali i značajno dopunjuju

postojeće rezultate. Ova doktorska disertacija svojim teorijskim postavkama koje su potvrđene eksperimentima na najbolji način objašnjava ulogu i značaj primene heterogenih katalizatora u postupcima dobijanja biodizela. Sinteza katalizatora realizovana je jednostavnom procedurom – mehanohemijским i naknadnim termijskim tretmanom, sa ciljem da se dobije aktivan i stabilan katalizator. Ispitana je i mogućnost korišćenja jeftine sirovine za sintezu biodizela, kao što je korišćeno biljno ulje, što omogućava smanjenje ukupnih troškova sinteze biodizela, pa samim tim i njegove konačne cene. Određeni su parametri koji u potpunosti definišu ukupnu brzinu procesa metanolize i razvijen kinetički model koji se može iskoristiti za određivanje brzine heterogenog procesa metanolize pri različitim uslovima čime se omogućava kvalitetno projektovanje industrijskog postrojenja za proizvodnju biodizela.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat mr Ivana Lukić, dipl. inž. tehnologije potvrdila je rezultate istraživanja, koji su prikazani u ovoj doktorskoj disertaciji, publikacijama u međunarodnim časopisima, kao i kroz saopštenja na međunarodnim konferencijama. Iz ove doktorske disertacije proistekla su dva rada štampana u naučnim časopisima međunarodnog značaja i tri saopštenja na međunarodnim skupovima gde je kandidat prvi autor.

Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu (M21)

1. **Ivana Lukić**, Željka Kesić, Svetolik Maksimović, Miodrag Zdujić, Hui Liu, Jugoslav Krstić, Dejan Skala, Kinetics of sunflower and used vegetable oil methanolysis catalyzed by CaO·ZnO, Fuel 113 (2013) 367–378, ISSN: 0016-2361; (IF=3.357)

Rad u međunarodnom časopisu (M23)

1. **Ivana Lukić**, Željka Kesić, Svetolik Maksimović, Miodrag Zdujić, Jugoslav Krstić, Dejan Skala, Kinetics of heterogeneous methanolysis of sunflower oil with CaO·ZnO catalyst: Influence of different hydrodynamic conditions, Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 20 (3) (2014) 425–439, ISSN: 217-7434; (IF=0.533)

Saopštenje sa međunarodnih skupova štampano u izvodu (M34)

1. **I. Lukić**, Ž. Kesić, M. Zdujić, D. Skala, Pretreatment of used vegetable oil using CaO and CaO·ZnO for biodiesel production, 21st International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA 2014, August 23-27, 2014, Prague, Czech Republic, Book Of Abstracts, pp. 89, P 3.82 Number 0474.
2. **I. Lukić**, Ž. Kesić, S. Maksimović, M. Zdujić, H. Liu, D. Skala, Kinetics of sunflower oil methanolysis catalyzed by CaO·ZnO, International Symposium on "Catalysis for Clean Energy and Sustainable Chemistry", CCESC 2012, Madrid, Spain, June 27-29 2012, abstract USB
3. **I. Lukić**, Ž. Kesić, M. Zdujić, D. Jovanović, H. Liu, D. Skala, Mechanochemical preparation of CaO·ZnO – catalyst for fatty acids methyl esters synthesis, The First Serbian Ceramic Society Conference, Advanced Ceramics and Application Conference, Beograd, May 10-11th, 2012, S3.6, Book of abstracts, 18.

4. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu svega izloženog, Komisija smatra da doktorska disertacija kandidata mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije, pod nazivom „Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja“ predstavlja značajan i originalan naučni doprinos u oblasti Hemije i

hemijske tehnologije, što je potvrđeno objavljivanjem radova u časopisima međunarodnog značaja i saopštenjima na međunarodnim konferencijama. Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da prihvati ovaj izveštaj i da se doktorska disertacija pod nazivom „Kinetika heterogene metanolize svežeg i korišćenog biljnog ulja“ kandidata mr Ivane Lukić, dipl. inž. tehnologije, prihvati, izloži na uvid javnosti i nakon isteka zakonom predviđenog roka, uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, te da nakon završetka ove procedure, pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije, pred komisijom u istom sastavu.

U Beogradu, 15.04.2015.

ČLANOVI KOMISIJE

Dr Irena Žižović, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Nikola Nikačević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Dejan Skala, naučni savetnik u penziji
Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd

Dr Vlada Veljković, redovni profesor
Univerzitet u Nišu, Tehnološki fakultet u Leskovcu

Dr Miodrag Zdujić, naučni savetnik
Institut tehničkih nauka SANU, Beograd