

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/190

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

01.06.2018.

(Датум)

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Композитни материјал на бази био-обновљиве незасићене полиестарске смоле и
рециклираног поли(етилена терефталата)**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Бојана (Зоран) Фидановски

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Основне студије, Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2008.

4. Година уписа на докторске студије: **2017. (Поновни упис на ДАС, трећа година)**
-

5. Назив студијског програма докторских студија:

Инжењерство материјала

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: Иванка Поповић

Звање: редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. B.Z. Fidanovski, P.M. Spasojevic, V.V. Panic, S.I. Seslija, J.P. Spasojevic, **I.G. Popovic**, Synthesis and characterization of fully bio-based unsaturated polyester resins, Journal of Materials Science, (2017) 1-10, IF 2,599, ISSN 0022-2461
2. V.V. Panic, S.I. Seslija, **I.G. Popovic**, V.D. Spasojevic, A.R. Popovic, V.B. Nikolic, P.M. Spasojevic, Simple One-Pot Synthesis of Fully Biobased Unsaturated Polyester Resins Based on Itaconic Acid, Biomacromolecules, 18 (2017) 3881-3891, IF 5,246, ISSN 1525-7797
3. Spasojevic Pavle M Panic Vesna V Dzunuzovic Jasna V Marinkovic Aleksandar D Woortman AJJ Loos K **Popovic Ivanka G**, High performance alkyd resins synthesized from postconsumer PET bottles, RSC ADVANCES, (2015), vol. 5 br. 76, str. 62273-62283, IF=3,840; ISSN: 2046-2069.
4. Radoman Tijana S Dzunuzovic Jasna V Jeremic Katarina B Grgur Branimir N Milicevic Dejan S **Popovic Ivanka G**, Dzunuzovic Enis S, Improvement of epoxy resin properties by incorporation of TiO₂ nanoparticles surface modified with gallic acid esters, MATERIALS & DESIGN, (2014), vol. 62 br. , str. 158-167, IF=3,501; ISSN: 0261-3069.
5. Antanasijevic Davor Z, Pocajt Viktor V, **Popovic Ivanka G**, Redzic Nebojsa D, Ristic Mirjana Dj, The forecasting of municipal waste generation using artificial neural networks and sustainability indicators, SUSTAINABILITY SCIENCE, (2013), vol. 8 br. 1, str. 37-46, IF=3,119; ISSN: 1862-4065.

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 односно дисертације.

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

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: Павле Спасојевић

Звање: Доцент Универзитета у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. B.Z. Fidanovski, **P.M. Spasojevic**, V.V. Panic, S.I. Seslija, J.P. Spasojevic, I.G. Popovic, Synthesis and characterization of fully bio-based unsaturated polyester resins, Journal of Materials Science, (2017) 1-10, IF 2,599, ISSN 0022-2461
2. V.V. Panic, S.I. Seslija, I.G. Popovic, V.D. Spasojevic, A.R. Popovic, V.B. Nikolic, **P.M. Spasojevic**, Simple One-Pot Synthesis of Fully Biobased Unsaturated Polyester Resins Based on Itaconic Acid, Biomacromolecules, 18 (2017) 3881-3891, IF 5,246, ISSN 1525-7797
3. **Spasojevic Pavle M**, Panic Vesna V, Dzunuzovic Jasna V, Marinkovic Aleksandar D, Woortman AJJ, Loos K, Popovic Ivanka G, High performance alkyd resins synthesized from postconsumer PET bottles, RSC ADVANCES, (2015), vol. 5 br. 76, str. 62273-62283, IF=3,840; ISSN: 2046-2069.
4. **Spasojevic P**, Panic V, Jovic M, Markovic J, Van Roost C, Popovic I, Velickovic S, Biomimic hybrid polymer networks based on casein and poly(methacrylic acid). Case study: Ni²⁺ removal, Journal of Materials Chemistry A, 2016, 4, 1680-1693, ISSN 2050-7488, IF 8.262
5. Panic V, **Spasojevic P**, Radoman T, Dzunuzovic E, Popovic I, Velickovic S, Methacrylic acid based polymer networks with a high content of unfunctionalized nanosilica: Particle distribution, swelling, and rheological properties, Journal of Physical Chemistry C, 2015, 119, 610-622, ISSN 1932-7447, IF 4.509

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.

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Факултета

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 31.05.2018. године размотрило предложену тему и закључило да је
тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од
значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

ДП

На основу чл. 40. Закона о високом образовању, чл. 104. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 31.05.2018. 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 **Бојани Фидановски**, дипломираном инжењеру технологије, под називом: „Композитни материјал на бази био-обновљиве незасићене полиестарске смоле и рециклираног поли(етилена терефталата)“.

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

За менторе се одређују др Иванка Поповић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Павле Спасојевић доцент Универзитета у Крагујевцу, Факултет техничких наука у Чачку

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

Predmet: Podobnost teme i kandidata Bojane Fidanovski za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta br. 35/162 od 26.04.2018. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidatkinje Bojane Fidanovski, dipl.inž.tehnologije za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme „Kompozitni materijal na bazi bio-obnovljive nezasićene poliestarske smole i recikliranog poli(etilen tereftalata)“.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

R E F E R A T

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Bojana Fidanovski, dipl.inž.tehnologije, rođena je 21.03.1983. godine u Beogradu, gde je završila osnovnu i srednju školu sa odličnim uspehom. Osnovne studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu Univerziteta u Beogradu, na odseku za Organsku hemijsku tehnologiju i polimerno inženjerstvo upisala je školske 2002/2003. godine. Diplomirala je 2008. godine sa prosečnom ocenom 8,35 (8 i 35/100). Doktorske akademske studije na Tehnološko-metalurškom fakultetu u Beogradu upisala je školske 2017/2018. godine, na smeru Inženjerstvo materijala.

U Vojnotehničkom institutu je zaposlena od 19.04.2010. godine, gde je vršila funkciju istraživača-saradnika, a trenutno je na mesto višeg istraživača u Sektoru za materijale i zaštitu, u Odeljenju za energetske materijale, odnosno u Odsek za ispitivanje energetskih materijala. Pored redovnih dužnosti na mestu višeg istraživača u Odseku za ispitivanje energetskih materijala, angažovana je kao referent za metrološku delatnost, a u periodu od oktobra 2013. godine do marta 2015. godine je bila angažovana kao sekretar Naučnog veća Vojnotehničkog instituta.

Pohađala je kurs "Savremene metode i tehnike praćenja stanja municije u cilju produženja veka upotrebe, pravci delovanja razvoja municije, savremeni energetski materijali i njihova primena u proizvodnji municije" na Univerzitetu Krenfield, Velika Britanija, od 23. do 27. 09. 2013. godine.

Tokom 2012. godine usavršila je poznavanje engleskog jezika, pohađanjem i uspešnim završetkom intenzivnog kursa u skladu sa STANAG 2 standardom u organizaciji Uprave za obuku i doktrinu GŠ VS (J-7).

U 2014. godine je izabrana, odlukom Nastavno-naučnog veća Vojne akademije, u zvanje asistenta za užu naučnu oblast "Opasne materije", a 2017. godine je reizabrana u isto zvanje za istu naučnu oblast.

1.2. Stečeno naučnoistraživačko iskustvo

U okviru doktorskih studija položila je 12 ispita, kao i završni ispit, predviđenih studijskim planom i programom sa prosečnom ocenom 9,82 (9 i 82/100). Spisak položenih ispita i ocena prikazan je u tabeli:

R.br.	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Termodinamika čvrstog stanja	10 (deset)	5
2.	Fizička hemija polimera	10 (deset)	4
3.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10 (deset)	5
4.	Hemijska kinetika	10 (deset)	5
5.	Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10 (deset)	6
6.	Otpadni organski proizvodi kao sekundarne sirovine	10 (deset)	5
7.	Postupci prerade polimera	10 (deset)	5
8.	Principi organske sinteze – savremene metode i reakcije	10 (deset)	6
9.	Degradacija i stabilizacija polimera	10 (deset)	5
10.	Viši kurs karakterisanja makromolekula	8 (osam)	4
11.	Engleski jezik	10 (deset)	
12.	Završni ispit	10 (deset)	30
Ukupno		9,82	80

Na Vojnotehničkom institutu je samostalno organizovala i izvodila praktičnu nastavu iz predmeta: „Karakterizacija eksplozivnih materija“ i „Analiza i praćenje stanja eksplozivnih materija“ u letnjem semestru školske 2013/2014. godine na master akademskim studijama, studijski program Vojna-hemijsko inženjerstvo za pripadnike Ministarstva nacionalne odbrane DNR Alžir.

U okviru studijskog programa Vojnomašinsko inženjerstvo, za kadete 140. klase SP VMI, u letnjem semestru školske 2017/2018. godine samostalno je organizovala i izvodila praktičnu nastavu iz predmeta „Osnovi eksplozivnih materija“.

Bojana Fidanovski je autor radova objavljenih u: časopisu međunarodnog značaja (M22-1), saopštenju sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33-1), rada objavljenog u vodećem časopisu nacionalnog značaja (M51-1), saopštenju sa skupa nacionalnog značaja štampanog u izvodu (M64-1) ali je i koautor radova objavljenog u časopisu međunarodnog značaja (M23-1), kao i 5 saopštenja na naučnim skupovima (M33-2 saopštenja, M34-2 i M64-1), i 3 rada objavljena u vodećim časopisima nacionalnog značaja (M51-3).

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenjaza časopise:

Rad objavljen u međunarodnom časopisu (M22)

1. **Fidanovski B.**, Spasojević P., Panić V., Šeslija S., Spasojević J., Popović I.: *Synthesis and characterization of fully bio-based unsaturated polyester resins*, Journal of Materials Science 53(6), 4635-4644, (2018). DOI: 10.1007/s10853-017-1822-y, ISSN 0022-2461

Rad objavljen u međunarodnom časopisu (M23)

1. Brzić S., Ušćumlić G., Dimić M., Tomić M., Rodić V., **Fidanovski B.**: *Viscoelastic behavior of carboxyl-terminated (butadiene-co-acrylonitrile) based composite rocket*

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33)

1. Dimić M., **Fidanovski V.**, Jelisavac LJ., Stojiljković S., Karišik N.: *Determination compatibility of double base propellant with polymer materials using different test methods*, Proceedings of the 7th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2016, Belgrade, 2016.
2. **Fidanovski B.**, Dimić M., Milojković A., Karišik N.: *Define method Vacuum stability test for chemical stability of single base and double base propellants*, Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2014, Belgrade, 2014., pp. 368-371. ISBN: 987-86-81123-71-3
3. Jelisavac LJ., Bobić N., Stojiljković S., Koibš A., Brzić S., **Fidanovski B.**: *Chemical Stability Assessment of Unusual Double-Base Propellants Compositions Without a Stabilizer*, Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Defensive Technologies, OTEH 2014, Belgrade, 2014., pp. 241-246, ISBN: 987-86-81123-71-3

Radovi saopšteni na skupu međunarodnog značaja štampani u izvodu (M34)

1. Simić D., **Fidanovski B.**, Anđelić U.: *Processability of cast composite explosives*, Processing '17, Belgrade, 01-02. June 2017., pp 83-92, ISBN: 987-86-81505-83-0
2. Dimić M., Simić D., Terzić S., **Fidanovski B.**, Anđelić U.: *Recycled explosive characterization and estimation of processing possibilities*, Processing '16, Belgrade, 2-3. June 2016., pp 87-102, ISBN: 987-86-81505-81-6

Radovi objavljeni u vodećim časopisima nacionalnog značaja (M51)

1. Rodić V., Bogosavljević M., Milojković A., Brzić S., **Fidanovski B.**, Gligorijević N.: *Preliminary research of composite rocket propellants including octogene*, Scientific-Technical Review, Military Technical Institute, vol. 67, No 1, pp 3-60 Beograd, 2017. ISSN 1820-0206
2. **Fidanovski B.**, Dimić M., Milojković A., Rodić V.: *Determination of chemical stability of propellants using the vacuum stability test method*, Scientific-Technical Review, Military Technical Institute, Beograd, 2016., vol. 66, No 1, pp 18-22, ISSN 1820-0206
3. Rodić V., **Fidanovski B.**: *Burning Stability of Composite Solid Propellants Including Zirconium Carbide*, Scientific-Technical Review, Military Technical Institute, Beograd, 2013., vol. LVIII, No 3, pp 33-40, ISSN 1820-0206
4. Srećković M., Fidanovski Z., Hribšek M., Milosavljević A., Jevtić S., **Fidanovski B.**, Ivanović N., Janićijević A., Nešić I., Negovanović V.: *Savremene metrološke tehnike i kvantni generatori u energetici i ekologiji*, Energija 5, Beograd, 2012., pp. 7-21, ISSN 03548651

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu (M64)

1. **Fidanovski B.**, Spasojević P., Panić V., Šeslija S., Popović I.: *Composite materials from unsaturated polyester resin and waste PET particals*, 54. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Kratki izvodi radova, r. 69, Beograd, 2017.
2. Trišović N., **Fidanovski B.**, Valentić N., Ušćumlić G.: *Sinteza, struktura i solvatohromizam potencijalno farmakološki aktivnih 3-alkil-5-etil-5-fenilhidantoina*, 47. savetovanje Srpskog hemijskog društva, Beograd, 2009., Kratki izvodi radova, r. 138, ISBN 978-86-7132-038-2

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i pokazanih rezultata tokom doktorskih studija i u okviru naučno-istraživačkog rada, kandidatkinja Bojana Fidanovski, diplomirani inženjer tehnologije, postigla je značajne rezultate, pokazavši visok stepen samostalnosti i sposobnosti za naučno-istraživački rad. Položila je sve ispite na doktorskim studijama kao i završni rad vezan za temu disertacije. Kandidatkinja je autor i koautor dva rada objavljena u međunarodnim časopisima, saopštila je pet radova na međunarodnim naučnim skupovima, četiri rada u vodećim časopisima nacionalnog značaja, a i saopštila je i dva rada na skupa nacionalnog značaja štampanog u izvodu. Na osnovu izloženog Komisija smatra da je Bojana Fidanovski kvalitetom ostvarenih naučnih rezultata, kao i svojom kompetentnošću i zalaganjem, ispunila sve uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

Predmet naučnog istraživanja u okviru predložene teme ove doktorske disertacije jeste razvoj novih kompozitnih polimernih materijala poboljšanih fizičko-mehaničkih karakteristika baziranih na nezasićenoj poliestarskoj smoli, dobijenoj iz bio-obnovljivih izvora, ojačanoj puniocima dobijenih od recikliranog polimera.

Prethodnu deceniju je obeležilo veliko interesovanje akademske javnosti za prelazak sa fosilnih izvora na bio-obnovljive izvore. Ovakav trend je zastupljen kako iz razloga smanjenja zavisnosti od nafte, tako i zbog smanjenja uticaja na klimatske promene. U nekim industrijskim oblastima dolazi do fundamentalnih promena u proizvodnji koja počinje sve više da se zasniva na bio-obnovljivim izvorima. Jedna od tih oblasti jeste hemijska industrija, odnosno, proizvodnja hemijskih industrijskih proizvoda za široku potrošnju, kao što su polimerne smole [1].

Nezasićene poliestarske smole predstavljaju jedan od najvažnijih reaktivnih polimernih materijala. Kombinacija dobrih mehaničkih karakteristika, niske gustine, niske cene i lakoće prerade čini da su ovi materijali veoma popularni u raznim oblastima [2]. Godišnje se oko 2,2 miliona tona nezasićenih poliestarskih smola koristi za proizvodnju širokog asortimana proizvoda, kao što su krovne konstrukcije, veštački mermeri i gitovi. Druge značajne primene nezasićenih poliesterskih smola uključuju rezervoare i cevi, propelere za vetrogeneratore kao i razni delovi u automobilskoj industriji. Tokom poslednje dve godine, potrošnja nezasićenih poliesterskih smola stalno raste zbog povećanja potražnje [3]. Najčešće korišćene sirovine za proizvodnju ovih smola dobijaju se iz petrohemijskih izvora i njihova toksičnost i isparljivost zahtevaju strogi nadzor uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi, pa se iz tog razloga teži zameni petrohemijskih polimera polimerima dobijenih iz bio-obnovljivih izvora. Potrebno je istaći da svi reaktanti koji se koriste u sintezi utiču na svojstva ovih smola uključujući mehaničke karakteristike, sorpciju vode, hemijsku otpornost i otpornost na gorenje, i td. Prema tome, kao jedan od značajnih pomaka, sa stanovišta istraživanja u okviru ove doktorske disertacije, bila bi zamena neželjenih reaktanata u smolama dobijenim iz bio-obnovljivih izvora, a da se pritom željena svojstva zadrže.

Kako se poliestri često koriste za dobijanje kompozitnih materijala, odličnih mehaničkih karakteristika, poliestri iz bio-obnovljivih izvora postaju zanimljiva alternativna sirovina. Mnoga istraživanja su pokazala da nezasićeni poliestri iz bio-obnovljivih izvora imaju lošije mehaničke karakteristike od poliestara iz petrohemijskih sirovina [4-6]. Jedan od glavnih ciljeva ove doktorske disertacije je poboljšanje svojstava poliestarskih smola dobijenih iz bio-obnovljivih izvora ojačavanjem vlaknima recikliranog poli(etilen tereftalata) (r-PET).

Sintetski, takozvani „virdžin“ (engleski „virgin“) PET se smatra jednim od najzastupljenijih i najiskorišćenijih inženjerskih polimera u poslednjih nekoliko decenija. Zbog svojih izuzetnih mehaničkih, barijernih, hemijskih i estetskih karakteristika značajnu primenu je našao u proizvodnji

ambalaže, odnosno u proizvodnji plastičnih boca za tečnosti. Takođe, ovaj polimer sve više zamenjuje tradicionalne inženjerske materijale, kao što su čelik i aluminijum, zbog svojih svojstava kao što su: bolja otpornost na koroziju, visoka specifična čvrstoća, relativno niska cena i lako recikliranje [7-11].

Sa druge strane, trenutna potrošnja PET ambalaže proizvodi ogromnu količinu otpada. Da bi se smanjio i predupredio problem zagađenja životne sredine, hemijska reciklaža polimera i razvoj novih materijala baziranih na recikliranim sirovinama dobija na izuzetnom značaju. Taj značaj se ogleda i u ostvarenju tehničkih, ekoloških i ekonomskih dobiti koje odlikuju ušteda prirodnih resursa, smanjena količina otpada i potrošnje energije, što je u skladu sa principom održivog razvoja [12,13].

Međutim, reciklirani PET je hidrofoban polimer, ima nisku površinsku energiju i nije kompatibilan sa drugim materijalima. Potrebno je modifikovati površinu recikliranog PET-a, da bi se obezbedila bolja interakcija između čestica punioca i smole. Iz tog razloga, je dobijeni punioc tj. vlakno funkcionalizovano putem dvostepene modifikacije. U prvom stupnju se postupkom aminolize na površinu r-PET-a uvedi amino grupa. U okviru ove doktorske disertacije korišćena su dva različita diamina: 1,6-diaminoheksana i 3,6-dioksa-1,8-diaminooktana, za dobijanje modifikovanih recikliranih PET punioci [14]. U drugom stupnju se vršila dalja aktivacija r-PET čestica tako što se uvela itakonil grupa. Uvođenje itakonil grupe je vršeno reakcijom diitakonil hlorida sa amino grupom uvedenom u prvom stupnju. Ovako modifikovana vlakna su potom umešavana sa nezasićenom poliestarskom smolom.

U poslednje vreme sve veća pažnja je posvećena kompozitnim materijalima ojačanih sa vlaknima dobijenih od recikliranog polimera. Ovako dobijeni polimerni kompozitni materijali imaju daleko bolje mehanička svojstva. Dobre fizičko-mehaničke osobine ovakvih kompozitnih materijala su posledica dobre disperzije vlakana dobijenih od recikliranog polimera u matrici, kao i povećane zatezne čvrstoće i sile istezanja vlakana dobijenih od recikliranog polimera koja su bila hemijski tretirana u odnosu na polimerna vlakna koja nisu tretirana na ovaj način [15-18]. S obzirom da je oblast ispitivanja kompozitnih materijala baziranih na recikliranim sirovinama koji su podvrgnuti dvostepenoj modifikaciji, još uvek nova i nije do kraja izanalizirana, rezultati istraživanja koji će biti obuhvaćeni ovom doktorskom disertacijom daće doprinos i u ovom segmentu.

Cilj rada je ispitivanje uticaja tretiranih i netretiranih recikliranih PET vlakana (punioca) na fizička i hemijska svojstva dobijenih polimernih kompozita. R-PET vlakna će se dobiti ekstruzijom r-PET ljspica, pod jasno definisanim-optimalnim uslovima (pritisak, temperatura). Ekstrudovana vlakna će se potom funkcionalizovati putem dvostepene modifikacije. Time će doći do promene u površinskoj topografiji r-PET vlakana, čime će biti uvedeni reaktivni centri koji će omogućiti umrežavanje kompozitnih materijala intramolekulskim interakcijama sa poliestarskim polimernim lancima. Na ovaj način će se postići bolja kompatibilnost i disperzija vlakana u polimernoj matrici, doći će do poboljšanja mehaničkih karakteristika, a biće i poboljšan uticaj na kvašljivost. Izvršiće se ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika novo dobijenih kompozitnih polimernih materijala, koji su na bazi ne tretiranih r-PET vlakana i nezasićene poliestarske smole, dobijene sintezom iz bio-obnovljivih izvora, sa kompozitnim materijalima koji su dobijeni od tretiranih r-PET vlakana, postupkom aminolize, i iste smole.

Literatura:

- [1] S. Cousinet, A. Ghadban, E. Fleury, F. Lortie, J. P. Pascault and D. Portinha, Eur. Polym. J., 67, 539 (2015).
- [2] J. K. Fink, Reactive polymers fundamentals and application, Elsevier, Oxford, UK, Second edition, (2013).
- [3] Unsaturated polyester resin market: global industry analysis, size, share, growth, trends and forecast, 2013 - 2019, Dublin, Ireland, (2014).
- [4] J. Cousinet, A. Ghadban, I. Allaoua, F. Lortie, D. Portinha, E. Drockenmuller and J.-P. Pascault, J. Polym. Sci. Part A: Polym.Chem., 52, 3356 (2014).

- [5] V. Besse, F. Camara, C. Voirin, R. Auvergne, S. Caillol and B. Boutevin, *Polym. Chem.*, 4, 4545 (2013).
- [6] J. M. Sadler, F. R. Toulan, A.-P. T. Nguyen, R. V. Kayea Iii, S. Ziaee, G. R. Palmese and J. J. La Scala, *Carbohydr. Polym.*, 100, 97 (2014).
- [7] F. Awaja, D. Pavel, *Eur. Polym. J.*, 41, 1453 (2005).
- [8] G. Akovali, Z. M. O. Rzaev, D. H. Mamedov, *J. Appl. Polym. Sci.*, 58, 645 (1995).
- [9] D. S. Bag, V. P. Kumar, S. Maiti, *J. Appl. Polym. Sci.*, 71, 1041 (1999).
- [10] M. R. Sanchis, V. Blanes, M. Blanes, D. Garcia, R. Balart, *Eur. Polym. J.*, 42, 1558, (2006).
- [11] M. Firedman, G. Walsh, *Polym. Eng. Sci.*, 42, 1756, (2002).
- [12] M. Atta, M. E. Abdel-Raouf, S. M. Elsaed, and A.-A. A. Abdel-Azim, *J. Appl. Polym. Sci.*, 103, 3175 (2007).
- [13] S. M. Al-Salem, P. Lettieri, and J. Baeyens, *Waste Manage*, 29, 2625 (2009).
- [14] L. Bech, T. Meylheuc, B. Lepoittevin, P. Roger, Chemical surface modification of poly(ethylene terephthalate) fibers by aminolysis and grafting of carbohydrates, *J. Polym. Sci. A*, 45, 11, 2172-2183 (2007).
- [15] S.-Y. Chen, W.-M. Liang, P.-S. Yen, Reinforcement of Acrylic Denture Base Resin by Incorporation of Various Fibers, 58, 2, 203–208 (2001).
- [16] M. Evstatiev, S. Fakirov, B. Krasteva, K. Frtedfuch, J. A. Covas And A. M. Cunha, Recycling of Poly(ethylene terephthalate) as Polymer-Polymer Composites, *Polym. Engin. And Scie.*, 42, 4, 826-835 (2002).
- [17] Z. Wang, W. Xi, J. Zhou, J. Xu and G. Li, Preparation and Properties of Recycled PET Fibers Filled Polyethylene Composites, *Mat. Scien. Forum*, 848, (2016), 89-93.
- [18] W. Dehas, M. Guessoum, A. Douibi, J. A. Jofre-Reche, J. M. Martin-Martinez, Thermal, Mechanical, and Viscoelastic Properties of Recycled Poly(ethylene terephthalate) Fiber-Reinforced Unsaturated Polyester Composites, *Polymer Composites*, (2016).

3. Polazne hipoteze

Uzimajući u obzir primarni cilj doktorske disertacije, a to je ispitivanje uticaja površinske modifikacije r-PET vlakana na fizičko-hemijska svojstva dobijenih polimernih kompozita, polazna hipoteza jeste da se hemijskom modifikacijom pruža dovoljno mogućnosti za ostvarenje takvog cilja.

Imajući u vidu da su polimerni materijali zbog svoje ogromne primene, a samim tim i zbog njihovog dugog procesa razgradnje postali veliki problem u pogledu zaštite životnoj sredini, potreba za njihovom reciklažom, odnosno ponovnom primenom, je postala sve zastupljenija. Takođe je trend prelaska sa fosilnih izvora na bio-obnovljive izvore, počeo da uzima primat, kako zbog ekonomskih tako i zbog ekoloških razloga. Najbolji način da se povežu ovakva dva polimera (r-PET i polimeri dobijeni iz bio-obnovljivih izvora) jeste dobijanje kompozitnih polimernih materijala sa odgovarajućim fizičko-hemijskim karakteristikama. S obzirom da je u pitanju nezasićena poliestarska smola dobijena iz bio-obnovljivih izvora sa lošijim hemijskim i mehaničkim karakteristikama u odnosu na smolu dobijenu iz petrohemijskih polimera, potrebno je izvršiti modifikaciju r-PET kako bi se tražene karakteristike poboljšale. Modifikacija r-PET se vrši putem dvostepene modifikacije, odnosno postupkom aminolize. Postupak hemijske modifikacije se zasniva na uvođenju hemijskih grupa na r-PET punioc, čime će se izvršiti promene u njihovoj topografiji, uvođenjem reaktivni centri koji će omogućiti umrežavanje kompozitnih materijala intramolekulskim inetrakcijama sa poliestarskim polimernim lancima. Ovakav tretman r-PET doprineće boljoj disperziji u polimernoj matrici što će doprineti i zadovoljavajućim fizičko-hemijskim svojstvima. Ujedno, ovako dobijeni kompozitni polimerni materijali će pronaći svoju

primenu kako iz vrlo ekoloških razloga njihove proizvodnje, tako i zbog svojih poboljšanih karakteristika i niske cene što je od posebnog značaja za tehnološku primenu.

4. Naučne metode istraživanja

Predpolimer nezasićenih poliestarskih smola će se sintetisati postupkom polikondenzacije i biće okarakterisan primenom gel propusne hromatografije (GPC). Predpolimer će se zatim rastvoriti u dimetil itakonatu (DMI) (40 mas.%), i proveriće se količina eventualnog zaostalog neumrženog reaktivnog rastvarača u uzorcima očvrslе NPS, korišćenjem tečne hromatografije visokih performansi (HPLC). Reološke karakteristike dobijenih očvrslih poliestarskih smola će biti ispitane korišćenjem: dinamičko-mehaničke analize (DMA) i termo-mehaničke analize (TMA). Ispitaće se i viskozitet očvrslih uzoraka smole, kao i sadržaja gela faze.

Od ljuspica predhodno prečišćenog i hemijski tretiranog recikliranog PET-a, dobijenog iz PET boca, dobiće se vlakna postupkom ekstruzije kroz diznu prečnika 2 mm i pri konstantnom atmosferskom pritisku i temperaturi od 265 °C. Dobijena vlakna od recikliranog PET-a, će se dalje usitnjavati na željenu dimenziju i izvršiće se njegova karakterizacija raspodele dimenzija vlakana pomoću optičkog mikroskopa.

Jedan deo dobijena vlakna od recikliranog PET-a će biti podvrgnuta hemijskom tretmanu, tj. postupku aminolize. Na ovaj način će se na površinu recikliranog PET-a uvoditi amino grupa, korišćenjem dvostepene modifikaciji, u prisustvu dva različita diamina: 1,6-diaminoheksana i 3,6-dioksa-1,8-diaminooktana.

U svrhu ispitivanja uticaja tretiranih i ne tretiranih vlakana dobijenih od recikliranog PET-a na karakteristike ojačanog polimernog kompozita biće izvršeni eksperimenti jednoosnog istezanja (standardna metoda ASTM D638). Krive napon-deformacija odrediće se za ispitivane uzorke umreženih poliestara i kompozitnih materijala sa različitim koncentracijama tretiranih i ne-tretiranih vlakana.

Karakterizacija dobijenih ojačanih polimernih kompozita, sa aspekta prirode loma (nakon izvršenog ispitivanja zatezanjem) i sa aspekta postignutog nivoa disperznosti recikliranih PET punioca izvršiće se mikrostrukturna analiza pomoću skenirajućem elektronskom mikroskopijom (SEM).

Određivanje mehaničkih svojstava tj. modula sačuvane i izgubljene energije u zavisnosti od vremena i temperature biće određeni dinamičko-mehaničkom analizom.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije dati naučni doprinos, koji se ogleda u sledećem:

- definisanju novih kompozitnih materijala sa specifičnim i poboljšanim fizičko-mehaničkim svojstvima,
- doprinošenju proširenja fundamentalnih znanja iz oblasti funkcionalizacije i upotrebe recikliranog PET kao i njegove primene u kompozitnim materijalima,
- doprinosu saznanjima o postupku modifikacije površine r-PET postupkom aminolize i amidacije,
- doprinosu o saznanjima o svojstvima koja funkcionalizovana vlakna dobijena od r-PET poseduju,

- doprinosu boljem razumevanju intramolekulskih interakcija modifikovanih vlakana sa nezasićenom poliestarskom smolom čime se postiže bolja kompatibilnost i disperzija tretiranih vlakana u polimernoj matrici,
- rezultati istraživanja obuhvaćeni temom doprineće saznanjima o mogućnostima primene funkcionalizovanih vlakana dobijenih iz r-PET.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predviđa se da će doktorska disertacija biti sačinjena od sledećih poglavlja: *Uvod, Teorijski deo, Eksperimentalni deo, Rezultati i diskusija, Zaključak i Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće razmotreni aktuelni trendovi, predmet i cilj istraživanja, kao i očekivani doprinos disertacije.

Poglavljje *Teorijski deo* sadržaće relevantne podatke koji se odnose na:

- strukturu i svojstva: nezasićenih poliestarskih smola dobijenih iz bio-obnovljivih izvora,
- sintezu postupkom polikondenzacije,
- strukturu, svojstva i uticaj punioca na kompozitne materijale,
- strukturu i svojstva punioca: „virdžin“ i recikliranog PET polimera,
- metode karakterizacije kompozitnog materijala.

U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni materijali i metode korišćene u eksperimentalnom radu:

- priprema i proces sinteze nezasićenih poliestarskih smola iz bio-obnovljivih izvora postupkom polikondenzacije,
- priprema i proces ekstruzije r-PET polimera,
- metode karakterizacije nezasićenih poliestarskih smola,
- metode karakterizacije vlakana dobijenih od r-PET polimera postupkom ekstruzije,
- priprema i proces hemijskog tretmana aminoliza i amidacija na vlaknima dobijenim od r-PET polimera,
- priprema i proces polimerizacije kompozitnih materijala na bazi modifikovanih i nemodifikovanih vlakana dobijenih od r-PET polimera,
- ispitivanje fizičko-mehanijskih karakteristika i hemijskih svojstava dobijenih kompozitnih materijala.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće detaljno analizirani dobijeni rezultati eksperimentalnog rada, njihova diskusija i upoređeni sa literaturnim podacima.

U *Zaključku* će biti sumirano celokupno istraživanje uz osvrt na inovativne metode i pristupe problemu, zaključci na osnovu dobijenih rezultata izvedenih istraživanja, kao i prednosti koje se tiču potencijalne primene.

U *Literaturi* će biti navedeni radovi i literaturni izvori citirani u disertaciji, kao i publikacije koje su nastale kao rezultat istraživačkog rada vezanog za ovu doktorsku disertaciju.

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima može se zaključiti da kandidatkinja Bojana Fidanovski, dipl.inž. tehnologije, ispunjava sve potrebne uslove za rad na

predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe, na osnovu svega što je rečeno, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Bojane Fidanovski pod nazivom „Kompozitni materijal na bazi bio-obnovljive nezasićene poliestarske smole i recikliranog poli(etilen tereftalata)“ naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati. Za mentore se predlažu dr Ivanka Popović, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, a za komentora dr Pavle Spasojević, docent na Fakultetu tehničkih nauka u Čačku Univerziteta u Kragujevcu. Istraživanja u okviru ove disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, uža naučna oblast Inženjerstvo materijala za koju je matična ustanova Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu.

U Beograd, 09.05.2018.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
dr Ivanka Popović, redovni profesor,
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Pavle Spasojević, docent,
Univerziteta u Kragujevcu, Fakultet tehničkih nauka u Čačku

.....
dr Vesna Radojević, redovni profesor,
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Melina Kalagasidis Krušić, vanredni profesor,
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Zijah Burzić, naučni savetnik
Vojnotehnički institut u Beogradu