

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
ФАКУЛТЕТ
35/187
(Број захтева)

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

18.04. 2016.
(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 46. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Примена модификоване наноцелулозе за побољшање својстава вишеслојних филмова на бази полиетилена мале густине“.
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

НЕНАД (Јован) ЂОРЂЕВИЋ, дипл инж.

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

3. Година дипломирања: 2003.

6. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

Студент је уписан на докторске академске студије шк. 2009/2010. године.

На захтев студента, а уз сагласност ментора, Наставно-научно веће Факултета донело је Одлуку бр. 35/427 од 29.09.2015. године о продужењу рока за завршетак студија за још два семестра шк. 2015/2016. године.

Година одбране магистарске тезе: /

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће,
(назив надлежног тела Факултета)

на седници одржаној 14.04.2016. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата **Ненада Ђорђевића**

Име и презиме ментора: Петар Ускоковић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. M. Grkovic, D.B. Stojanovic, A. Kojovic, S. Strnad, T. Kreze, R. Aleksic, **P.S. Uskokovic**, Keratin-polyethylene oxide bio-nanocomposites reinforced with ultrasonically functionalized graphene, RSC Advances, 5 (2015) pp. 91280-91287. IF 3,840; ISSN 2046-2069.
2. F.A. Alzarrug, M.M. Dimitrijević, R.M. Jančić Heinemann, V. Radojević, D.B. Stojanović, **P.S. Uskoković**, R. Aleksić, The use of different alumina fillers for improvement of the mechanical properties of hybrid PMMA composites, Materials and Design, 86 (2015) pp. 575-581. IF 3,501; ISSN 0261-3069.
3. D. Brkovic, V.V. Kovacevic, G.B. Sretenovic, M.M. Kuraica, N. Trišovic, L. Valentini, A. Marinkovic, J.M. Kenny, **P.S. Uskokovic**, Effects of dielectric barrier discharge in air on morphological and electrical properties of graphene nanoplatelets and multi-walled carbon nanotubes, Journal of Physics and Chemistry of Solids, 75 (2014) pp. 858-868. IF 1,853; ISSN 0022-3697.
4. D.B. Stojanovic, A. Orlovic, M. Zrilic, I. Balac, C.Y. Tang, **P.S. Uskokovic**, R. Aleksic, The effects of functionalization on the thermal and tribo-mechanical behaviors of neat and grafted polyethylene nanocomposites, Polymer Composites, 34 (2013) pp. 1710-1719. IF 1,482; ISSN: 0272-8397.
5. D.B. Stojanovic, Ljiljana Brajovic, A. Orlovic, D. Dramlic, V. Radmilovic, **P.S. Uskokovic**, R. Aleksic, Transparent PMMA/silica nanocomposites containing silica nanoparticles coating under supercritical conditions, Progress in Organic Coatings, 76 (2013) pp. 626-631. IF 2,302; ISSN 0300-9440.

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 М24 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 М11, М12, М13, М14, М41 и М51.)

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: 04.04.2016.

М.П.

Проф. др Ђорђе Јанаћковић

ДП

На основу чл. 30. став 3. Закона о високом образовању, чл. 40. Статута ТМФ-а и чл. 32. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 14.04.2016. 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 **НЕНАДА ЂОРЂЕВИЋА**, дипл. инж., под називом: **„Примена модификоване наноцелулозе за побољшање својстава вишеслојних филмова на бази полиетилена мале густине“**.

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

За ментора се одређује др Петар Ускоковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Одлуку доставити: Универзитету у Београду на сагласност, кандидату, ментору, 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 Nenada Đorđevića za izradu doktorske disertacije

Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu br. 35/15 od 28.01.2016.godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata Nenada Đorđevića za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme **„Primena modifikovane nanoceluloze za poboljšanje svojstava višeslojnih filmova na bazi polietilena male gustine“**.

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

REFERAT

1. Podaci o kandidatu

1.1. Biografski podaci

Nenad Đorđević je rođen 05.05.1974. godine u Pirotu, Srbija, gde je završio osnovno obrazovanje i gimnaziju. Osnovne studije na Tehnološko metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, upisao je 1993/1994 i uspešno završio sa prosečnom ocenom 8,46. Diplomski rad pod nazivom "Kvalitet otiska kao element zaštite dokumenata i novčanica od falsifikata" odbranio je 2002 godine na katedri za Grafičko inženjerstvo sa ocenom 10.

Doktorske studije upisao je školske 2009/10. Na Tehnološko-metalurškom fakultetu, Univerziteta u Beogradu, studijski program Inženjerstvo materijala.

U okviru doktorskih studija, položilo je sve ispite, sa prosečnom ocenom 9,7. Završni ispit odbranio je u oktobru 2014. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Petar Uskoković, red. prof., dr Aleksandar Marinković, docent, dr Predrag Živković, van. prof.

1.2. Stečeno naučno istraživačko iskustvo

Nenad Đorđević je u okviru doktorskih studija položio sve ispite (12) predviđene studijskim programom, sa prosečnom ocenom 9,7. Završni ispit (pristupni rad za izradu doktorske disertacije) pod nazivom „Modifikacija ambalažnih materijala nanocelulozom“ je odbranio u oktobru 2014. godine sa ocenom 10 pred komisijom u sastavu: dr Petar Uskoković, red. prof., dr Aleksandar Marinković, docent, dr Predrag Živković, vanr. prof. Položeni ispiti i ostvareni bodovi u okviru doktorskih studija.

R. br.	Naziv predmeta	Ocena	ESPB
1.	Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala	10	6
2.	Termodinamika čvrstog stanja	9	5
3.	Fizičko-mehanička ispitivanja materijala	10	5
4.	Odabrana poglavlja matematičke analize	10	5
5.	Ambalaža za specijalne namene	10	4
6.	Upravljanje kvalitetom i optimizacija procesa u grafičkoj industriji	10	5
7.	Struktura i svojstva kompozitnih materijala	10	5
8.	Hemijska kinetika	8	5
9.	Mehabika laminarnih kompozitnih ploča i ljuski	10	5
10.	Organske boje i pigmenti	10	5
11.	Svetlosno osetljivi slojevi	10	4
12.	Biokompozitni materijali	10	5
13.	Završni ispit – pristupni rad za izradu doktorske disertacije	10	30
	Ukupno		89

Oblast naučno-istraživačkog rada Nenada Đorđevića obuhvata dobijanje polietilenskih ambalažnih materijala sa poboljšanim mehaničkim, barijernim i antibakterijskim svojstvima nanošenjem kompozitnog sloja na bazi nanoceluloze na površinu polietilenskog filma male gustine.

Nenad Đorđević je koautor jednog rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja (M23 – 1 rad) i 10 naučnih saopštenja u zbornicima radova sa međunarodnih (6) i nacionalnih skupova (4). Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, kandidat je koautor jednog naučnog rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja (oznaka grupe **M20**: vrsta rezultata **M23** - 1 rad) i 5 saopštenja na skupovima međunarodnog značaja (oznaka grupe **M30**: vrsta rezultata **M33** – 2 rada, **M34** - 3 rada).

Spisak objavljenih radova i saopštenja

Radovi objavljeni u časopisima međunarodnog značaja - M20

– Rad u međunarodnom časopisu – M23

1. **Đorđević N.**, Marinković A. D., Nikolić J. B., Drmanić S. Ž, Rančić M., Brković D. V., Uskoković P. S.: *A study of the barrier properties of polyethylene coated with nanocellulose/magnetite composite film* Journal of the Serbian Chemical Society, 2015, doi: 10.2298/JSC151217019D

Zbornici međunarodnih naučnih skupova – M30

– Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u celini – M33

1. Stamenović M., Brkić D., **Đorđević N.**, Drmanić S., Putić S.: *Development of method for obtaining recycled glass fibers from grp composite material*, XXIII International Conference "Ecological truth", Eco-Ist 15, June 2015, University of Belgrade-

Technical Faculty in Bor, Kopaonik, Serbia, pp. 121-127. Proceedings, ISBN 978-86-6305-032-7.

2. Brkić D., **Đorđević N.**, Stamenović M., Putić S.: *Obtaining and characterization of modified nanocellulose by FTIR spectroscopy and TGA*, XXIII International Conference "Ecological truth", June 2015, Eco-Ist 15, University of Belgrade-Technical Faculty in Bor, Kopaonik, Serbia, pp. 164-170. Proceedings, ISBN 978-86-6305-032-7.
3. **Nenad Đorđević**, Ivana Stojiljković, Milica Rančić, Petar Uskoković, Aleksandar D. Marinković, „Barrier properties of films based on nanocellulose“, 5th International Conference „Economics and Management-Based on New Technologies“ EMoNT 2015, June 2015, Vrnjačka Banja, Serbia, pp. 18-21. Proceedings, ISBN 987-86-6075-055-8.

– **Saopštenje sa međunarodnog naučnog skupa štampano u izvodu – M34**

1. **Đorđević N.**, Marinković A., Stamenović M., Putić S.: *Characterization of modified nanocellulose*, International Conference "Biopolymer materials and engineering" BiMatE, April 2015, Polymer Technology College, Slovenj Gradec, Slovenia, p. 73. Proceedings of the Conference Biopolymer Materials and Engineering (e-book) ISBN 978-961-6792-09-7.
2. **Đorđević N.**, Marinković A., Stamenović M., Putić S.: *Determination of acid value and micromechanical analysis of modified nanocellulose*, International Conference "Biopolymer materials and engineering" BiMatE, April 2015, Polymer Technology College, Slovenj Gradec, Slovenia, p. 95. Proceedings of the Conference Biopolymer Materials and Engineering (e-book) ISBN 978-961-6792-09-7.
3. Stamenović M., Brkić D., **Đorđević N.**, Putić S.: *Life cycle of biodegradable polymers and their impact on the environment*, International "Biopolymer materials and engineering" BiMatE, April 2015, Polymer Technology College, Slovenj Gradec, Slovenia, p. 103. Proceedings of the Conference Biopolymer Materials and Engineering (e-book) ISBN 978-961-6792-09-7.

Zbornici skupova nacionalnog značaja – M60

– **Saopštenja sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini – M63**

1. Rusmirović J., Božić A., **Đorđević N.**, Brkić D., Stamenović M., Milošević M., Striković Z.: *Fizičko-mehanička svojstva nanokompozitnih materijala baziranih na otpadnom PET-u i nanočesticama SiO₂*, Decembar 2015, Naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2015, Zbornik radova, Beogradska politehnika, Beograd, pp. 249-255. CD ROM ISBN 978-86-7498-064-4
2. Božić A., Rusmirović J., Brkić D., **Đorđević N.**, Stamenović M., Milošević M.: *Sinteza dispergatora (di-alkil tereftalata) za primenu u proizvodnji pigmentnih pasta*, Decembar 2015, Naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2015, Zbornik radova, Beogradska politehnika, Beograd, pp. 256-261. CD ROM ISBN 978-86-7498-064-4
3. **Đorđević N.**, Božić A., Brkić D., Stamenović M., Rusmirović J., Striković Z.: *Sinteza alkiltereftalata iz otpadnog PET-a za zamenu fenolnog fragmenta pri proizvodnji fenol-formaldehidnih smola*, Decembar 2015, Naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2015, Zbornik radova, Beogradska politehnika, Beograd, pp. 262-267. CD ROM ISBN 978-86-7498-064-4

4. Striković Z., Božić A., Rusmirović J., **Dorđević N.**, Daničić I., Nikolić J.: *Tehnologije proizvodnje vezivnih materijala na bazi otpadnog PET-a za kompaktiranje ugljane prašine i biomase*, Decembar 2015, Naučno-stručni skup POLITEHNIKA 2015, Zbornik radova, Beogradska politehnika, Beograd, pp. 320-324. CD ROM ISBN 978-86-7498-064-4.

1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi

Na osnovu dosadašnjeg rada i ostvarenih rezultata tokom doktorskih studija, Nenad Dorđević je pokazao izuzetnu sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. To se ogleda u samostalnom kreiranju i realizaciji istraživanja vezanih za temu doktorske disertacije. Iz oblasti istraživanja kojoj pripada predložena tema doktorske disertacije, kandidat je koautor 1 naučnog rada objavljenog u časopisu međunarodnog značaja i 5 saopštenja prezentovanih na međunarodnim skupovima. Komisija smatra da kandidat ispunjava uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije.

2. Predmet i cilj istraživanja

S obzirom da se u proizvodnji ambalažnih materijala poslednjih godina u najvećoj meri koriste polimerni materijali, sa porastom problema vezanih za odlaganje i reciklažu, dolazi do porasta interesa za razvoj novih biorazgradivih materijala koji bi zamenili konvencionalne ambalažne materijale na bazi nafte. Velika pažnja danas se posvećuje migraciji supstanci iz pakovanja u hranu i iz hrane u pakovanje i njihov uticaj kako na hranu tako i na dugotrajnost i bezbednost pakovanja. Sa druge strane, sve veća primena nanotehnologije u proizvodnji ambalažnih materijala se javlja kao odgovor na potrebu za poboljšanje barijernih, mehaničkih i antibakterijskih svojstava i inkorporacije nanosenzora za praćenje uslova transporta prehrambenih proizvoda. Predviđa se da će u sledećih pet godina proizvodnja polimernih materijala godišnje rasti po prosečnoj stopi od oko 5%. Najveća količina polimera, oko 44 mas%, se koristi upravo za proizvodnju ambalaže [1-4].

Uprkos multifunkcionalnosti i mnogim dobrim svojstvima, nedostaci polimerne ambalaže su propustljivosti na kiseonik, ugljen dioksid, organske pare i vodenu paru. Glavni činioc koji utiče na kvarenje hrane je prisustvo kiseonika koje dovodi do potamnjivanja hrane usled direktne oksidacije te do pojave užeglih ukusa ili indirektna oksidacije koja uzrokuje kvarenje hrane usled pojave mikroorganizama. Povećana potražnja za novim materijalima za pakovanje hrane, unapređenih svojstva i povećane zdravstvene sigurnosti, uslovlja je značajan napredak nauke o materijalima u ovoj oblasti. Sa ekonomskog stanovišta je naročito interesantno unaprediti svojstva jednostavnih polimernih materijala koji su na tržištu prisutni u velikim količinama kao što je to polietilen male gustine (LDPE).

Nanošenje slojeva kompozita na bazi različitih metalnih oksida na polietilensku foliju je jedan od efikasanih načina za unapređenje barijernih, mehaničkih i antibakterijskih svojstava krajnjeg ambalažnog materijala [5].

Nanoceluloza kao prirodni materijal pokazuje odlična barijerna i mehanička svojstva. NC ima dimenzionu stabilnost, visoke module elastičnosti pri zateznom opterećenju. Takođe ima termalnu stabilnost, i pruža mogućnost hemijske kovalentne funkcionalizacije kao i dalje

modifikacije površine organskim ili neorganskim grupama. Jedna od svakako značajnih osobina NC je i antimikrobno dejstvo [6,7]. Taloženje oksida metala može značajno poboljšati barijerna svojstva NC na vodenu paru i učini je hidrofobnom [8-17].

Cilj predložene doktorske disertacije predstavlja proučavanje uticaja nanosenih nanokompozitnih slojeva na barijerna, mehanička i antimikrobna svojstva folije od polietilena male gustine (LDPE). Komercijalno dostupna folija od LDPE, dobijena ekstrudiranjem biće prevučenoj tankim filmom nanoceluloze. Za izradu tankog filma biće korišćena nemodifikovana NC, ali i NC modifikovana na razne načine, uključujući i dodavanje oksida metala. Kao vezivo koristiće se polikaprolakton (PCL) rastvoren u odgovarajućem rastvaraču, a biće ispitana i mogućnost primene drugih veziva.

Osim toga, biće proučena i mogućnost dodatka nanoceluloze u LDPE pre nego što se ekstruzijom proizvede folija, kao i barijerna, mehanička i antimikrobna svojstva tako dobijenog jednoslojnog nanokompozitnog materijala.

Navedena ispitivanja kao rezultat treba da daju nove jednoslojne i dvoslojne nanokompozitne materijale, koji će imati unapređena svojstva u odnosu na LDPE i veću pogodnost za primenu kao ambalažni materijal za pakovanje proizvoda osetljivih na vazduh, njegove pojedinačne komponente ili vodenu paru. Time će se umanjiti potreba za skupim dvoslojnim i troslojnim ambalažnim materijalima koji u svom sastavu, osim LDPE, sadrže i druge materijale koji se dobijaju iz nafte i nisu biodegradabilni.

Literatura

- [1] Siročić A.P., Rešček A., Ščetar M., Krehula L.K., Hrnjak-Murčić Z.: *Development of low density polyethylene nanocomposites films for packaging*, Polym. Bull. Vol 71, 2014, pp. 705–717.
- [2] Budruev A.V., Sinjagina D.Y.: *Photochemical modification of polyethylene surface with aryl azides*, High Energy Chem. Vol 47, 2013, pp. 237–241.
- [3] Hirvikorpi T., Vähä-Nissi M., Harlin A., Karppinen M., *Comparison of some coating techniques to fabricate barrier layers on packaging materials*, Thin Solid Films. Vol 518, 2010 pp. 5463–5466.
- [4] Arora A., Padua G. W.: *Review: Nanocomposites in food packaging*, J. Food Sci. Vol 75, 2010, pp. 43–49.
- [5] Wu C.N., Saito T., Fujisawa S., Fukuzumi H., Isogai A.: *Ultrastrong and high gas-barrier nanocellulose/clay-layered composites*, Biomacromolecules. Vol 13, 2012, pp. 1927–1932.
- [6] Belbekhouche S., Bras J., Siqueira G., Chapepy C., Lebrun L., Khelifi B., et al.: *Water sorption behavior and gas barrier properties of cellulose whiskers and microfibrils films*, Carbohydr. Polym. Vol 83, 2011, pp. 1740–1748.
- [7] Sirvio J.A., Kolehmainen A., Visanko M., Liimatainen H., Niinima J., Hormi O., Strong: *Self-Standing Oxygen Barrier Films from Nanocelluloses Modified with Regioselective Oxidative Treatments*, Appl. Mater. Interfaces. Vol 6, 2014, pp. 14384–14390.
- [8] Anirudhan T.S., Rejeena S.R., *Poly(methacrylic acid-co-vinyl sulfonic acid)-grafted-magnetite/ nanocellulose superabsorbent composite for the selective recovery and*

- separation of immunoglobulin from aqueous solutions*, Sep. Purif. Technol. Vol 119, 2013 pp. 82–93.
- [9] AnandanS., LeeG.J., WuJ.J., *Sonochemical synthesis of CuO nanostructures with different morphology*, Ultrason. Sonochem. Vol 19, 2012, pp. 682–686.
- [10] YangC., XiaoF., WangJ., SuX.:*3D flower- and 2D sheet-like CuO nanostructures: Microwave-assisted synthesis and application in gas sensors*, Sensors Actuators B Chem. Vol 207, 2015, pp.
- [11] PengY., GardnerD.J., HanY., KiziltasA., CaiZ., TshabalalaM. A., *Influence of drying method on the material properties of nanocellulose I: Thermostability and crystallinity*, Cellulose. Vol 20, 2013, pp. 2379–2392.
- [12] Bondeson D., Mathew A, Oksman K.:*Optimization of the isolation of nanocrystals from microcrystalline cellulose by acid hydrolysis*, Vol 13, Cellulose, 2006, pp. 171 –180,
- [13] DuncanT. V.:*Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors*, J. Colloid Interface Sci. Vol 363, 2011, pp. 1–24.
- [14] Lavoine N., Desloges I., Dufresne A., Bras J.:*Microfibrillated cellulose – Its barrier properties and applications in cellulosic materials: A review*, Carbohydr Polym. Vol 90, 2012. pp. 735– 764.
- [15] Klemm D., Kramer F., Moritz S., Lindström T., Ankerfors M., Gray D., Dorris A.:*Nanocelluloses: A New Family of Nature-Based Materials*, Angew. Chem. Int. Ed. Vol 50, 2011, pp. 5438 – 5466.
- [16]Habibi Y.:*Key advances in the chemical modification of nanocelluloses*, Chem. Soc. Rev., Vol 43, 2014, pp. 1519-1542.
- [17] LyB., Thielemans W., DufresneA., ChaussyD., BelgacemM.N.:*Surface functionalization of cellulose fibres and their incorporation in renewable polymeric matrices*, Compos Sci Technol. Vol 68, 2008, pp. 3193–3201.

3. Polazne hipoteze

Osnovne hipoteze na kojima se bazira izrada predložene disertacije su:

- Modifikacije nanoceluloze koje smanjuju njenu inherentnu hidrofilnost pružaju mogućnost upotrebe modifikovane NC kao materijala koji bi smanjio propustljivost vodene pare u vlažnom okruženju.
- Kontrolom uslova taloženja oksida metala i načina sušenja, moguće je postići stepen modifikacije nanoceluloze pri kome se kasnije ostvaruju poboljšana mehanička i barijerna svojstva polietilena male gustine.
- Pregledom aktuelne naučne literature ustanovljeno je da je malo pažnje posvećeno primeni nanoceluloze u kombinaciji sa oksidima metala za unapređenje svojstava ambalažnog polietilena.
- Polikaprolakton (PCL) omogućava formiranje kompozitnog sloja nanoceluloza/istaložen oksid metala na površini polietilenskog filma povećanjem kompatibilnosti i adhezionih svojstava na međupovršini kompozit/PE.

- Formiranje uniformnog kompozitnog filma (PCL/nanoceluloza/oksid metala) na površini polietilenskog filma male gustine se postiže pravilnim izborom rastvarača i tehnike nanošenja kompozita.
- Nanošenje kompozitnog filma (PCL/nanoceluloza/oksid metala) na površinu polietilenskog filma rezultovaće unapređenim mehaničkim, barijernih i antimikrobnih svojstava komercijalnog polietilenskog ambalažnog materijala.

4. Naučne metode istraživanja

Nanoceluloza će biti sintetisana i funkcionalizovana prema originalnim ili modifikovanim postupcima iz literature. Na površini nanoceluloze i funkcionalizovane nanoceluloze biće istaloženi oksidi metala (Fe, Cu). Pripremljeni materijali biće strukturno okarakterisani infracrvenom spektroskopijom sa Furijeovom transformacijom (FT-IR) i difrakcijom rendgenskih zraka (XRD). Uspešnost izvršenih funkcionalizacija biće proverena primenom termogravimetrijske analize (TG). Morfologija pripremljenih materijala biće ispitana skenirajućom elektronskom mikroskopijom (SEM). Određivanje propustljivosti gasova (CO₂, N₂, O₂, vazduh) biće izvedeno prema standardu DIN 53380. Ovaj standard predstavlja izostatičku gas-hromatografsku metodu, upotrebom Lyssy GPM-200 aparata, gas-hromatograma, proizvođača Gasukuro Kogyo GC-320 i HP 3396A integratora. Ispitivanja će biti vršena na 23°C i pri razlici pritiska od 1 bar. Mehanička svojstva biće karakterisana primenom dinamičko – mehaničke analize (DMA). Ispitaće se antibakterijska svojstva pripremljenih filmova.

5. Očekivani naučni doprinos

Očekuje se da će rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije dati sledeće:

- Novi nanokompozitni materijal od modifikovane nanoceluloze, koji će, nanesen u tankom sloju poboljšati svojstva LDPE od značaja za primenu kao ambalažni materijal;
- Novi nanokompozitni materijal od modifikovane nanoceluloze sa dodatkom jona metala, koji će, nanesen u tankom sloju, poboljšati svojstva LDPE od značaja za primenu kao ambalažni materijal;
- Metodu modifikacije nanoceluloze koja će omogućiti dobijanje ekstruzijom, jednoslojnog nanokompozitnog materijala na osnovi LDPE;
- Novi jednoslojni nanokompozitni materijal, dobijen ekstruzijom, od modifikovane nanoceluloze i LDPE, koji će, usled poboljšanih svojstava, moći da zameni neke dvoslojne i troslojne ambalažne materijale;
- Doprinos u proširenju fundamentalnih znanja iz oblasti modifikacije i primene nanoceluloze.

Takođe se očekuje da će razvijena metodologija omogućiti proaktivno i efikasno vođenje politike zaštite i održivog razvoja u cilju poboljšanja kvaliteta životne sredine.

6. Plan istraživanja i struktura rada

Predmet rada ove doktorske disertacije biće proučavanje uticaja nanosenog kompozitnog sloja na mehanička, barijerna i antibakterijska svojstva polietilenske folije i primena višeslojnog filma kao ambalažnog materijala.

U prvom delu doktorske disertacije ispitiće se proces izolovanja i funkcionalizacije nanoceluloze. Zatim će na površinu modifikovane i nemodifikovane NC biti istaloženi oksidi metala. U daljem toku istraživanja izvršiće se potpuna strukturna karakterizacija pripremljenih materijala.

Drugi deo doktorske disertacije obuhvatiće pripremu kompozita NC/oksidi metala u PCL-u i nanošenje ovog polimernog kompozita na površinu LDPE. Odrediće se rastavarač sa kojim se postiže homogeno nanošenje kompozitnog filma i biće definisan optimalan način nanošenja kompozita na površinu LDPE-a. Ispitiće se mehanička, barijerna i antibakterijska svojstva pripremljenih višeslojnih ambalažnih filmova.

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

U poglavlju *Uvod* biće reči o ambalažnim materijalima, o nanocelulozi i njenim barijernim svojstvima kao i o značaju funkcionalizacije i mogućoj primene nanoceluloze kao biorazgradivog polimera za poboljšanje svojstava ambalažnih materijala.

Teorijski deo doktorske disertacije obuhvatiće pregled, u literaturi prikazanih relevantnih istraživanja, vezanih za:

- Opšte osobine i svojstva polimernih ambalažnih materijala;
- Prednosti i nedostatke upotrebe polietilena male gustine kao ambalažnog materijala;
- Mogućnosti za unapređenje nedostataka polietilena male gustine;
- Dobijanje nanoceluloze, karakteristike, funkcionalizacija i primena;
- Primenu oksida metala za unapređenje svojstava LDPE-a;
- Karakteristike biorazgradivog polimera polikaprolaktona;
- Kompozitne višeslojne strukture i načini formiranja filmova.

U *Eksperimentalnom delu* će biti navedeni:

- Materijali korišćeni tokom izrade disertacije;
- Opis izolovanja NC i metode modifikacije;
- Procedura taloženja oksida metala na površinu NC;
- Procedure pripreme kompozitnih filmova NC/oksidi metala/PCL na površini LDPE;
- Metode i uslovi pod kojima je izvršena karakterizacija svih pripremljenih materijala.

U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće prikazani i diskutovani eksperimentalni rezultati karakterizacije nemodifikovane i modifikovane NC sa istaloženim oksidima metala na površini:

- Strukturne promene na osnovu FT-IR spektroskopije;
- Strukturne promene na osnovu XRD analize;
- Strukturne promene na osnovu Raman spektroskopije;
- Gubitak mase i termička stabilnostna osnovu termogravimetrijske analize(TGA);
- Rezultati ispitivanja morfologije i površine nanoceluloze modifikovane oksidima metala primenom skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM);

U okviru *Rezultata i diskusije* biće prikazani i diskutovani eksperimentalni rezultati koji će se odnositi na ispitivanje kompozitnog filma na površini LDPE-a:

- Merenje barijernih svojstva – propustljivost na O₂ CO₂ N₂ H₂O;
- Mehaničkih svojstava - DMA
- Antibakterijska svojstva

U *Zaključku* će biti sumirani rezultati dobijeni nanošenjem kompozita na površinu LDPE-a, uz osvrt na njihovu inovativnost, važnost i primenu, kao i predlog plana budućih istraživanja.

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

7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima može se zaključiti da kandidat Nenad Đorđević ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Takođe na osnovu iznetih podataka, Komisija smatra da je tema predložene doktorske disertacije Nenada Đorđevića pod naslovom „Primena modifikovane nanoceluloze za poboljšanje svojstava višeslojnih filmova na bazi polietilena male gustine“, naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta da je prihvati. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Tehnološko inženjerstvo, za koju je matičan Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu. Za mentora se predlaže dr Petar Uskoković, red. prof. Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Beograd, 01.04.2016. godine

ČLANOVI KOMISIJE:

Dr Petar Uskoković, redovni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Aleksandar Marinković, docent
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Predrag Živković, vanredni profesor
Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

Dr Milica Rančić, docent
Univerziteta u Beogradu, Šumarski fakultet