

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Бојане Вукадиновић, дил. инж. технологије, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/116 од 22.05.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Бојане Вукадиновић, дипломираног инжењера технологије, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме под називом **”Нови модели за унапређење енергетске ефикасности у полимерној и сродним индустријама”**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Бојана Вукадиновић је рођена 24.12.1980. године у Нишу, Република Србија. Завршила је основну школу „Учитељ Таса“ и гимназију „Светозар Марковић“ у Нишу.

Технолошко – металуршки факултет у Београду уписује 1999. године, катедра за Органску хемијску технологију и полимерно инжењерство. Титулу дипломираног инжењера технологије стиче 2006. године, успешном одбраном дипломског рада са оценом 10, под менторством професора др. Иванке Поповић и средњом оценом 8,00 у оквиру основних студија. Постдипломске студије наставља уписом докторских студија 2007. године на Технолошко – металуршком факултету, катедра за Инжењерство материјала, смер полимерни материјали.

Од 2008. године запослена је у Центру за чистију производњу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. Кандидаткиња је у периоду од 2008. године до данас била ангажована на различитим пројектима сировинске и енергетске ефикасности у Србији и Региону. Радила је са преко 70 компанија различитих величина и делатности на увођењу принципа чистије производње и учествовала у обуци 60 националних експерата. Тренутно је запослена као руководилац одсека за чистију производњу са следећим задацима: координација и планирање пројеката чистије производње, посете компанијама (брзе процене и детаљни аудит чистије производње), израда извештаја и акционих планова у компанијама везано за сировинску и енергетску ефикасност, обуке националних експерата и представника

компанија и рад на другим пројектима у области заштите животне средине. Пре Центра за чистију производњу, Бојана Вукадиновић је радила у Министарству заштите животне средине, у Одељењу за управљање отпадом, у 2007. години.

Бојана Вукадиновић је такође потпредседник удружења Japan International Cooperation Agency (JICA) Alumni Serbia и коаутор едукативних програма о рециклажи и заштити животне средине за ученике основних и средњих школа и наставнике у оквиру Српског хемијског друштва.

Бојана Вукадиновић говори и служи се течно енглеским језиком уз познавање руског језика. Кандидаткиња је сертификовани УНИДО експерт за чистију производњу, а такође је завршила обуку о чистијој производњи у Јапану 2008. године и о управљању отпадом у САД 2009. године.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У оквиру докторских студија положила је 11 испита предвиђених студијским програмом са просечном оценом 9,82 и школске 2011/2012. године одбранила Завршни испит под називом "Поступци рециклирања и модификације полимерних материјала за израду хибридних композита" са оценом 10, пред комисијом у саставу др Иванка Поповић, ред. проф, др Радослав Алексић, ред. проф., и др Катарина Јеремић, ред. проф.

Списак положених испита, остварени бодови и оцене на докторским студијама:

Предмет	Број ЕСПБ	Оцена
1. Хемијска кинетика	5	10
2. Термодинамика чврстог стања	5	10
3. Одабрана поглавља математичке анализе	5	10
4. Наука о материјалима и инжењерство материјала	6	10
5. Деградација и стабилизација полимера	5	10
6. Отпадни органски производи као секундарне сировине	5	10
7. Индустијска екологија	5	10
8. Економија животне средине и одрживи развој	4	8
9. Виши курс аналитичке хемије	5	10
10. Управљање чврстим и опасним отпадом	5	10
11. Органске загађујуће супстанце	4	10
12. Завршни испит	30	10
Укупно	84	9,83

У периоду од 2007. године до данас Бојана Вукадиновић је учествовала на више међународних и националних конференција и аутор је или коаутор једног рада у водећем међународном часопису (M21), у научном часопису (M53), пет саопштења са међународног скупа штампано у целини и три саопштења са скупа националног значаја штампано у целини. Такође је коаутор едукативног материјала за ученике основних школа "Не бацај, искористи!" (ISBN 978-86-7132-034-4) на тему правилног управљања отпадом и значају рециклаже.

Spisak objavljenih naučnih radova i saopštenja

Rad u vodećem međunarodnom časopisu (M21)

1. S. Cvetković, T. Kaluđerović, **B. Vukadinović**, M. Kijevčanin, *Potentials and Status of Biogas as Energy Source in the Republic of Serbia*, Renewable and Sustainable Energy Reviews 31 (2014) 407-416 (IF (2012) = 5,627; ISSN: 1364-0321)

Rad u naučnom časopisu (M53) = 1

1. **B. Vukadinović**, A. Jovović, Z. Mančić, M. Nemeš, *Implementacija sistema čistije proizvodnje u industriji Hipol AD*, Časopis Društva inženjera plastičara i gumara Svet polimera, januar 2009. (ISSN: 1450-6734)

Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33) = 1

1. A. Vučinić, **B. Vukadinović**, V. Žikić, J. Tripković: *Monitoring and Reporting – Obligations of the Operators with Integrated Permit and Benefits of Electronic Reporting*, Conference Proceedings of the International Science Conference Reporting for Sustainability 2013, Bečići, Montenegro, May 7-10, 2013, pp. 143-147
2. B. Dunjić, **B. Vukadinović**: *Introduction of Cleaner Production in Enterprises in Serbia*, Conference Proceedings of the Second Regional Conference Energy in Industry and Environmental Protection in Southern and Eastern European Countries, Serbia, 2010, pp. 205-209
3. **B. Vukadinović**, B. Dunjić, S. Zihlerl: *The Principles of Cleaner Production with Special Emphasis on Paper Industry*, Proceedings of the 16th International Symposium in the Fields of Pulp, Paper, Packaging and Graphics, Zlatibor, Serbia, 2010, pp. 123-127
4. S. Vještica, J. Ilić, **B. Vukadinović**, S. Arandelović: *Inertizacija opasnog industrijskog otpada generisanog u proizvodnim procesima Tarkett d.o.o.*, Zbornik radova međunarodne konferencije Otpadne vode, komunalni čvrst otpad i opasan otpad, Zlatibor, Srbija, 06. – 09. april, 2009, str. 323.-326.
5. **B. Vukadinović**, M. Milojević, Z. Tešić, Đ. Jovanović: *Mogućnosti reciklaže PET ambalaže sa osvrtom na zakonsku regulativu u Srbiji i zemljama EU*, Zbornik radova međunarodne konferencije Prva regionalna konferencija o upravljanju industrijskim otpadom”, Kopaonik, Srbija, 22. – 25. oktobar 2007. str. 211.-215.

Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u celini (M63)= 0.5

1. **B. Vukadinović**: *Osnovi uvođenja čistije proizvodnje*, Zbornik radova Konferencije o održivom razvoju i klimatskim promenama, Niš, Srbija, jun 2008. str. 103.-107.
2. S. Arandelović, **B. Vukadinović**: *Neutralizacija opasnog otpada primenom BAT*, Zbornik radova Konferencije o održivom razvoju i klimatskim promenama, Niš, Srbija, jun 2008. str. 93.-97.
3. **B. Vukadinović**, B. Dunjić, A. Vučinić, *Veza između čistije proizvodnje i zakona o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađenja*, Zbornik radova sa konferencije Pravo i životna sredina u privredi i praksi, Kopaonik, Srbija, 09.-12. jun 2008, str. 186.-191.

Edukativni materijal

1. **B. Vukadinović**, N. Janković, I. Popović, *Ne bacaj, iskoristi! Srpsko hemijsko društvo, Sekretarijat za finansije grada Beograda, Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu*, 2008., ISBN 978-86-7132-034-4

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и показаних резултата током докторских студија, као и у оквиру научно-истраживачког рада, Бојана Вукадиновић, дипл. инж. технологије, показала је склоност и способност за бављење научно-истраживачким радом. Такође, кандидаткиња је већ учествовала у истраживањима приказаним у једном објављеном раду М21 из области којом ће се бавити ова дисертација, као и 3 рада која су у припреми за публиковање у међународним часописима, што указује да испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Повећана потражња за енергијом, раст цена енергената, повећане емисије гасова стаклене баште, смањење резерви фосилних горива и потреба за смањењем потрошње енергије и увођење нових извора енергије, довели су до великог броја различитих истраживања на ову тему [1-22].

Савремени тренд у индустријским системима је увођење све оштријих захтева за потрошњу енергије, захтевањем увођења нових технологија и свеобухватног приступа питањима заштите животне средине.

Увођење концепта чистије производње је један од начина примене различитих метода које имају за циљ унапређење стања животне средине кроз смањење потрошње сировина и енергије и минимизације емисија и настајања отпада [1, 2, 6, 20]. Код производних процеса чистија производња се односи на очување сировина, воде и енергије, смањење примене токсичних и опасних сировина и смањење количина и токсичности свих емисија и отпада на извору производног процеса. У оквиру ове докторске тезе биће разматране постојеће методе за смањење потрошње енергије у полимерној индустрији и њихов развој укључујући увођење нових катализатора, оптимизацију енергетског система и примену софтверских решења за праћење и унапређење енергетске ефикасности.

Испитивања ће обухватити домаћу полимерну индустрију, односно процесне системе полимерне индустрије (синтезу полимера и прераду полимера, где је потрошња енергије највећа). Да би се испитао цео енергетски биланс ових система, у анализу су укључени интерни системи за производњу енергије, али и екстерни системи који служе са снабдевање енергијом, пре свега термоенергетска постројења у оквиру Електропривреде Србије, као базне индустрије.

Подаци сакупљени у појединим компанијама, које се баве синтезом и прерадом полимера, а добијених на основу планираних индустријских експеримената биће основ за развој метода за унапређење енергетске ефикасности.

Предмет научног истраживања је и успостављање нових модела за унапређење сировинске и енергетске ефикасности у полимерној индустрији која спада у групу великих потрошача топлотне и електричне енергије.

Циљ истраживања је побољшање производног процеса и енергетског стања применом наведених метода истраживања у посматраним индустријским комплексима. Имплементацијом предложених решења очекује се побољшање квалитета финалног производа и остварење значајних уштеда кроз смањење потрошње сировина и енергената и смањење емисија у животну средину. Применом методологије успостављене у овом раду, испитивани процесни системи би требало да остваре смањену специфичну потрошњу енергије, смањење трошкова емисија и одлагања отпада и смањење загађивања животне средине.

Литература

1. S.Abbaszadeh, M.H.Hassim, Comparison of methods assessing environmental friendliness of petrochemical process design, *Journal of Cleaner Production*, 71 (2014) 110-117
2. A. Riaz, G.Zahedi, J.J.Klemens, A review of cleaner production methods for the manufacture of methanol, *Journal of Cleaner Production*, 57 (2013) 19-37
3. Su-Yol Lee, Existing and anticipated technology strategies for reducing greenhouse gas emissions in Korea's petrochemical and steel industries, *Journal of Cleaner Production*, 40 (2013) 83-92
4. D.J. Gielen, Y. Moriguchi, H. Yagita, CO₂ emission reduction for Japanese petrochemicals, *Journal of Cleaner Production*, 10 (2002) 589-604
5. J. Van Caneghem, C. Block, H. Van Hooste, C. Vandecasteele, Eco-efficiency trends of the Flemish industry: decoupling of environmental impact from economic growth, *Journal of Cleaner Production*, 18 (2010) 1349-1357
6. D. Saygin, M.K. Patel, E. Worrell, C. Tam, D.J. Gielen, Potential of best practice technology to improve energy efficiency in the global chemical and petrochemical sector, *Energy*, 36 (2011) 5779-5790
7. D. Saygin, E. Worrell, M.K. Patel, D.J. Gielen, Benchmarking the energy use of energy-intensive industries in industrialized and in developing countries, *Energy* 36 (2011) 6661–6673
8. D. Saygin, E. Worrell, C. Tam, N. Trudeau, D.J. Gielen, M. Weiss, M.K. Patel, Long-term energy efficiency analysis requires solid energy statistics: The case of the German basic chemical industry, *Energy*, 44 (2012) 1094–1106
9. D. Saygin, M.K. Patel, E. Worrell, C. Tam, D.J. Gielen, Potential of best practice technology to improve energy efficiency in the global chemical and petrochemical sector, *Energy*, 36 (2011) 5779-5790
10. R. Mikulandri, D. zen Lon, D.Cvetinovic, G.Spiridon, Improvement of existing coal fired thermal power plants performance by control systems modifications, *Energy*, 57 (2013) 55-65
11. V.D. Stevanovic, T.Wala, S.Muszynski, M.Milic, M.Jovanovic, Efficiency and power upgrade by an additional high pressure economizer installation at an aged 620 MWe lignite-fired power plant, *Energy*, 66 (2014) 907-918
12. T. Ren, B. Daniëls, M. K. Patel, K. Blok, Petrochemicals from oil, natural gas, coal and biomass: Production costs in 2030–2050, *Resources, Conservation and Recycling*, 53 (2009) 653–663
13. K.Tanaka, Review of policies and measures for energy efficiency in industry sector, *Energy Policy*, 39 (2011) 6532–6550
14. P.Jovancic, M.Tanasijevic, D.Ivezic, Serbian energy development based on lignite production, *Energy Policy*, 39 (2011) 1191–1199
15. T.A. Napp, A. Gambhir, T.P. Hills, N. Florin, P.S Fennell, A review of the technologies, economics and policy instruments for decarbonising energy-intensive manufacturing industries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30 (2014) 616–640
16. O.A Olanrewaju, A.Ajimoh, Review of energy models to the development of an efficient industrial energy model, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30 (2014) 661-671
17. E.A. Abdelaziz, R. Saidur, S. Mekhilef, A review on energy saving strategies in industrial sector, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15 (2011) 150-168
18. Y.-H.H. Chen, G.R. Timilsina, F.Landis, Economic implications of reducing carbon emissions from energy use and industrial processes in Brazil, *Journal of Environmental Management*, 130 (2013) 436-446
19. A.A. El Anshasy, M-S. Katsaiti, Energy intensity and the energy mix: What works for the environment? , *Journal of Environmental Management*, 136 (2014), 85–93

20. E. Henriksson, P. Söderholm, The cost-effectiveness of voluntary energy efficiency programs, *Energy for Sustainable Development*, 13 (2009) 235–243
21. Y-S.Wang, B-C.Xie, L-F.Shang, W.-H.Li, Measures to improve the performance of China's thermal power industry in view of cost efficiency, *Applied Energy*, 112 (2013) 1078–1086
22. M.Neelis, M.Patel, P.Bach, K.Blok, Analysis of energy use and carbon losses in the chemical industry, *Applied Energy*, 84 (2007) 853–862

3. Полазне хипотезе

На основу детаљног литературног прегледа закључено је да су прецизне анализе, али и математички модели формулисани коришћењем података добијених из индустријских експеримената, а који описују понашање индустријских процесних система веома ретки. Са друге стране, имајући у виду значај који овакви модели имају у оптимизацији рада постројења, и подизању његове енергетске ефикасности, неопходно је прецизно одређивање параметара процеса, али и израда нових и унапређење постојећих модела који ће омогућити њихову примену у савременим софтверским пакетима за моделовање и симулацију процеса. Први део ове докторске дисертације биће везан за испитивање могућности примене концепта чистије производње и добијених резултата на оптимизацију производа и процеса у полимерној индустрији. Имајући у виду да су у питању енергетски веома захтевни процеси, други део ове докторске дисертације односиће се на примену постојећих модела, али и развијање нових модела за оптимизацију рада енергетских постројења, такође базираном на концепту чистије производње.

4. Научне методе истраживања

Методе истраживања обухватају извођење прецизно конципираних индустријских експеримената у циљу утврђивање стања материјалног и енергетског биланса у појединим индустријским постројењима везаним за процесе у полимерној индустрији (Хипол, Петрохемија, итд), као и утицај промене оперативних услова на оптимално билансирање испитиваних система.

Такође, једна од метода истраживања биће и моделовање у циљу испитивања примене нових модела, као и примена постојећих и развој нових софтверских модула за симулацију рада процеса, у циљу увођења нових процесних сировина и материјала, као и унапређења енергетске ефикасности разматраних индустријских система.

5. Очекивани научни допринос

Резултати добијени у току рада на овој докторској дисертацији могу представљати значајан научни допринос на пољу оптимизације процеса у полимерној индустрији, као и у енергетској анализи и оптимизацији енергетски високо захтевних процеса. У оквиру истраживања очекује се неколико научних доприноса:

- Проширивање примене концепта чистије производње у области полимерне индустрије, као и генерално примене код енергетски високо захтевних процеса;
- Допринос унапређењу процеса добјањем детаљног увида у карактеристике процеса вршењем индустријског експеримента;
- Допринос сазнањима о могућностима унапређења процеса, увођењем катализатора побољшаних карактеристика;

- Побољшање постојећих и развој нових модела за анализу и унапређење енергетске ефикасности;
- Валидација нових модела на изабраним реалним системима.

6. План истраживања и структура рада

Предвиђено је да докторска дисертација има следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Моделовање, Резултати и дискусија, Закључак, Литература*.

У поглављу *Увод* биће дефинисани главни циљеви дисертације, предмет истраживања и очекивани допринос дисертације.

Теоријски део докторске дисертације обухватиће преглед различитих модела и приступа који се користе при оптимизацији процеса и одређивању ефикасности разматраног система.

Експериментални део обухватиће:

- Избор индустријског система за синтезу и прераду полимера, који ће бити анализиран
- Утврђивање стања система, односно могућности примене концепта чистије производње;
- Планирање индустријских експеримената;
- Дефинисање процесних параметара који ће бити праћени, као и методологије њиховог праћења и обраде;
- Методе за одређивање ефикасности система;

Поглавље *Моделовање* садржаће приказ примењених постојећих модела, као и новоразвијених модела код анализе изабраних система.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани сви резултати индустријских експеримената, као и дискусија добијених резултата. Детаљно ће бити приказани резултати систематског увођења нових катализатора у полимерној индустрији, оптимизације процеса, смањење специфичне потрошње енергије процеса итд.

На основу извршених експеримената и успостављених модела, у поглављу *Закључак* биће сумирани сви добијени резултати.

Сви цитирани наводи, као и радови који су настали у току истраживања и рада на овој докторској дисертацији, налазиће се у поглављу *Литература*.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног Комисија сматра да кандидат БОЈАНА ВУКАДИНОВИЋ, дипл. инж. технологије испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође на основу изнетих података, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под насловом: **„Нови модели за унапређење енергетске ефикасности у полимерној и сродним индустријама“** научно утемељена и да ће резултати овог рада представљати значајан научни допринос научној области Технолошко инжењерство, за коју је матичан Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. Комисија предлаже Наставно - научном већу Технолошко - металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату Бојани Вукадиновић одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе се предлажу Др Иванка Поповић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета у Београду и Др Мирјана Кијевчанин, редовни професор Технолошко-металуршког факултета у Београду.

У Београду, 28.8.2014. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Иванка Поповић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

.....
Проф. др Мирјана Кијевчанин, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

.....
Проф. др Александар Јововић, редовни професор
Универзитета у Београду, Машински факултет