Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/239

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

15.08.2018.

(Датум)

З А Х Т Е В

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:

Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Технолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

   Милица (Миливоје) Перић

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

   Биолошки факултет, Основне студије, Екологија и заштита животне средине

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2008.

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

5. Назив студијског програма докторских студија: Биохемијско инжењерство и биотехнологија

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 1:

Име и презиме ментора: **Бранко Бугарски**
Звање: **редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертасије:

1. Perić M., Komatina M., Bugarski B., Antonijević D., Best Practices of Biomass Energy Life Cycle Assessment and Possible Applications in Serbia, Croatian Journal of Forest Engineering, (2016), Vol. 37, No 2, pp. 375-390,
   M22, IF=1,415, ISSN 1845-5719.
2. Perić M., Komatina M., Antonijević D., Bugarski B., Dželetović Ž., Diesel Production By Fast Pyrolysis of *Miscanthus giganteus*, Well-To-Pump Analysis Using The GREET Model, Thermal Science (2018)
   M23, IF=1,093, https://doi.org/10.2298/TSCI171215113P.
3. Petrovic P., Vunduk J., Klaus A., Kozarski M., Niksic M., Zizak Z., Vukovic N., Sekularac G., Drmanic S., Bugarski B., Biological potential of puffballs: A comparative analysis, Journal of Functional Foods, (2016), vol. 21, pp. 36-49, M21, IF=3,460, ISSN: 1756-4646.
4. Naziri E., Glisic S., Mantzouridou F., Tsimidou M., Nedovic V., Bugarski B.,
   Advantages of supercritical fluid extraction for recovery of squalene from wine lees, Journal of Supercritical fluids, (2016), Vol. 107, pp. 560-565,M21, IF=2,991, ISSN: 0896-8446.
5. Levic S., Obradovic N., Pavlovic V., Isailovic B., Kostic I., Mitric M., Bugarski B., Nedovic V., Thermal, morphological, and mechanical properties of ethyl vanillin immobilized in polyvinyl alcohol by electrospinning process, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, (2014), vol. 118 br. 2, pp. 661-668, M22, IF= 2,042, ISSN 1588-2926.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: **Мирко Коматина**
Звање: **редовни професор**

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Perić M., Komatina M., Bugarski B., Antonijević D., Best Practices of Biomass Energy Life Cycle Assessment and Possible Applications in Serbia, Croatian Journal of Forest Engineering, (2016), Vol 37, No 2, pp. 375-390,
   M22, IF=1,415, ISSN 1845-5719.
2. Perić M., Komatina M., Antonijević D., Bugarski B., Dželetović Ž., Diesel Production By Fast Pyrolysis of Miscanthus giganteus, Well-To-Pump Analysis Using The GREET Model, Thermal Science (2018),
   M23, IF= 1,093, https://doi.org/10.2298/TSCI171215113P.
3. Erić A., Komatina M., Nemoda S., Dakić D., Repić B.: Determination of Thermal Conductivity of Bailed Agricultural Biomass, - Renewable and Sustainable Energy Reviews, (2016), Vol 58, pp. 876-884,
   M21a, IF=8,05, ISSN 1364-0321.
4. Mladenović M., Dakić D., Nemoda S., Paprika M., Komatina M., Repić B., Erić A., The combustion of biomass - the impact of its types and combustion technologies on the emission of nitrogen oxide, Hemijska Industrija, (2016),

   Vol. 70, No 3, pp. 287-298.

   M23, IF=0,509, ISSN 0367-598X.
5. Paprika M., Komatina M., Dakić D., Nemoda S., Prediction of Coal Primary Fragmentation and Char Particle Size Distribution in Fluidized Bed, Energy and Fuels, Vol 27, 2013, pp. 5488-5494.
   M21, IF=3,236, ISSN 0887-0624.

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Факултета

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 06.07.2018. 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

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

ДІІ

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 06.07.2018. 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 **Милице Перић**, дипломираног биолога за заштиту животне средине, под називом: **„Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“**.

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

За менторе се одређују др Бранко Бугарски, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Мирко Коматина, редовни професор Универзитета у Београду, Машински факултет, уз сагласност Комисије за докторске студије Факултета.

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

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Технолошко-металуршки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Милице (Миливоје) Перић** за израду докторске дисертације

Одлуком 35/165 бр. од 26. 04. 2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Милице (Миливоје) Перић** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме

„Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

Р Е Ф Е Р А Т

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милица (Миливоје) Перић је рођена 11. септембра 1981. године у Београду, Република Србија, где је завршила основну школу и гимназију. Школске 2000/2001. године уписала је студије на Биолошком факултету, Универзитета у Београду, на смеру Биологија и заштита животне средине, и дипломирала је 2008. године са просечном оценом 9,00 (девет и 00/100) и оценом 10 (десет и 00/100) на дипломском испиту. Школске 2010/2011. године уписује докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета у Београду, на студијском програму Биохемијско инжењерство и биотехнологија под руководством ментора проф. др Бранка Бугарског, редовног професора Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, и проф. др Мирка Коматине, редовног професора Машинског факултета, Универзитета у Београду.
Од јануара 2011. године запошљава се у Иновационом центру Машинског факултета, Универзитета у Београду, као истраживач-приправник, где је ангажована на пројекту „Унапређење индустријског постројења са флуидизованим слојем у оквиру развоја технологије за енергетски ефикасно и еколошки оправдано сагоревање различитих отпадних материја у флуидизованом ложишту“ (евиденциони број пројекта : ТР33042). Током овог периода, боравила је на студијским усавршавањима у иностранству (Данској, Италији и Немачкој) као и за учешће на бројним семинарима (у Финској, Босни и Херцеговини, Италији и Ирској). У звање истраживач-сарадник изабрана је 23.06.2016. године.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Милица М. Перић је школске 2010/2011. године уписала докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду на студијском програму Биохемијско инжењерство и биотехнологија. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 8,73 (осам и 73/100), укључујући и Енглески језик, а 31. октобра 2012. године одбранила је Завршни испит са оценом 10. Након истека рока студија, 2017. године уписује поново докторске студије на трећој години на истом студијском програму.

Положени испити на докторским студијима:

Редни број	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1.	Инжењерство ћелије	10	5
2.	Одабрана поглавља биохемије-витамини	9	5
3.	Математичка обрада експерименталних података	7	5
4.	Хемијска кинетика	7	5
5.	Феномени преноса у биолошким системима	10	5
6.	Пречишћавање отпадних вода	8	5
7.	Биоактивне материје у козметичким производима	8	4
8.	Управљање чврстим и опасним отпадом	9	5
9.	Одабрана поглавља инструменталне анализе	9	7
10.	Биомаса као извор енергије	9	4
11.	Завршни испит	10	30
	Просечна оцена/Збир бодова	**8,73**	**80**

У току докторских студија ангажована је у оквиру пројекта од 2011. године:

- „Унапређење индустријског постројења са флуидизованим слојем у оквиру развоја технологије за енергетски ефикасно и еколошки оправдано сагоревање различитих отпадних материја у флуидизованом ложишту“, пројекат Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије бр. ТР33042.

Као први аутор и коаутор објавила је један рад у истакнутом међународном часопису (М22), један рад у међународном часопису (М23), један рад у националном часопису међународног значаја (М24), четири саопштења са међународног скупа штампана у целини (М33). Као коаутор објавила је и поглавље у монографији међународног значаја (М13).

Област којом се кандидаткиња бави се односи на еколошку процену коришћења биомасе као обновљивог извора енергије методом Оцене животног циклуса (ЛЦА). С тим у вези, 2012, 2013, 2014. године кандидаткиња је у боравила на страним Универзитетима где се додатно усавршавала у поменутој области:

- Април 2012.године - Faculty for Forestry and Landscape, University of Copenhagen, Копенхаген, Данска (COST Акција FP0902);
- Фебруар/март 2013. године - University of Milano - Bicocca, Милано, Италија (COST Акција FP0902);
- Септембар/децембар 2014.године - Technische Universität Hamburg-Harburg, Хамбург, Немачка (финансирано од стране DAAD и GIZ).

Поред наведених студијских усавршавања, кандидаткиња је учествовала на четири тренинга која су се бавила обновљивим изворима енергије организованих у Финској, Босни и Херцеговини, Италији и Ирској:

- 22-26. август 2016. године - COST 1st Training School: "Renewable energy and landscape quality", Dublin Institute of Technology, Даблин, Ирска (COST Акција TU1401).
- 10-15. мај 2015. године - COST 2nd Training School: "Coppice harvesting and use of products as source of renewable energy", University of Florence, Vallombrosa, Италија (COST Акција FP1301 - Eurocoppice).
- 21.август-1.септембар 2012. године - Eight International Summer School course „Renewable Energy and Energy Efficiency in South-East Europe", у организацији REIC, GIZ и UNDP, Фојница, БиХ.
- 22-27. мај 2011. године - Joenssuu Forestry Networking Week, Training School in Joensuu, Финска (COST Акција FP0902).

Током ових боравака кандидаткиња је стекла корисна знања, квалификације и способности за самостално бављење научно- истраживачким радом као и радом у мултидисциплинарном окружењу у институцијама и на универзитетима у иностранству.

Списак објављених и саопштених научних и стручних радова:

1. Поглавље у монографији међународног значаја (М13)

1. Hut I., Matija L., **Peric M.**, Nikolovski P., Pelemis S., Nanomaterials for Sustainable Energy Production and Storage: Present day Applications and Possible Developments, In Commercialization of Nanotechnologies - A Case Study Approach, Springer, New York 2018 ISBN: 978-3-319-56978-9, doi: 10.1007/978-3-319-56979-6, pp 31-72.

2. Радови објављени у научним часописима међународног значаја (М20)

2.1. Радови објављени у истакнутим часописима међународног значаја (М22)

1. **Perić M.**, Komatina M., Bugarski B., Antonijević D., „Best Practices of Biomass Energy Life Cycle Assessment and Possible Applications in Serbia", CROJFE (Croatian Journal of Forest Engineering), No.2, Vol 37, 2016, pp.375-390, UDK 630*3, ISSN: 1845-5719, IF=1,415.

2.3. Радови објављени у међународним часописима (М23)

1. **Perić M.**, Komatina M., Antonijević D., Bugarski B., Dželetović Ž., "Diesel Production By Fast Pyrolysis of *Miscanthus giganteus*, Well-To-Pump Analysis Using The GREET Model", Thermal Science 2018, IF=1,093, https://doi.org/10.2298/TSCI171215113P.

2.4. Радови објављени у националним часописима међународног значаја (М24)

1. **Perić M.**, Hut I., Pelemis S., Matija L., Possible approaches to LCA methodology for nanomaterials in sustainable energy production, (Могући начини примене ЛЦА методологије на нано-материјале који се користе у одрживој производњи енергије), VI−2 (2015), pp160-169, UDK 502.174.3:620.92, doi: 10.7251/COMEN1502160P.

3. Зборници скупова међународног значаја штампана у целини (М33)

1. Komatina M., Stupak I, **Perić M.**, "Legal framework for sustainable use of biomass in Serbia and Denmark, 7th Symposium "Recycling technologies and sustainable development" SRTOR, Soko Banja, 2012, pp.547-553, ISBN: 978-86-80987-97-2.

2. Stupak I., Titus B., Clarke N., Smith T., Lazdins A., Varnagiryte-Kabasinskiene I., Armolaitis K., **Peric M.**, Guidi C., "Approaches to soil sustainability in guidelines for forest biomass harvesting and production in forests and plantations", Conference paper, EUROSOIL Congress, Workshop W6.1 Forest bioenergy and soil sustainability, At Bari, Italy, July 2012.
3. **Perić M.,** Milošević M., Hut I., Mitrović N., Jovović A., "Education Of Teachers in the Field Of Environmental Protection And Sustainable Development: Experiences And Guidelines", IV Regional Conference Industrial Energy And Environmental Protection In South Eastern European Countries, IEEP '13, Divcibare, Serbia, Proceedings (cd-rom), Book Of Abstracts P. 49, ISBN 978-86-7877-023-4 COBISS.SR-ID 199209996, 2013.
4. Bevk T., Mestre Martinez N., Brereton P., Lalošević M., **Perić M.**, "Iterative Digital Photo-based Assessment for Rural Landscape Perception: A Small Experiment from County Wicklow, Ireland", Journal of Digital Landscape Architecture, 2-2017. 18th Digital Landscape Architecture Conference (2017), ISBN 978-3-87907-629-1, ISSN 2367-4253, doi:10.14627/537629003, pp.18-27.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Научно-истраживачким и стручним активностима у периоду од 2011. до 2018. године кандидаткиња је испољила висок степен заинтересованости, одговорности и стручности за научни рад, као и спремност за решавање нових истраживачких задатака.
Публиковани радови урађени током докторских студија, учешће на пројектима Министарства за просвету и науку као и на бројним међународним скуповима и краткорочним научним боравцима на разним универзитетима у Европи, указују на изразит смисао кандидата да се бави научно-истраживачким радом и да савлађује и прати савремене научне трендове. Из области истраживања, из које се предлаже тема докторске дисертације, кандидаткиња је први аутор једног рада у истакнутом међународном часопису (М22), једном међународном часопису (М23) као и у једном националном часопису међународног значаја (М24).

На основу биографских података, положених испита на докторским студијама, научних и стручних активности, објављених радова, Комисија сматра да **Милица Перић**, испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет научног истраживања ове докторске дисертације је еколошка анализа оправданости коришћења брзорастуће биљке Мискантус (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.) за добијање енергије коришћењем методе Оцене животног циклуса.
Мискантус је вишегодишњи ризоматични триплодини хибрид из породице трава (*Poacea*) који на годишњем нивоу образује високе приносе биомасе (20-40 t/ha) са повољним карактеристикама за сагоревање као што су низак садржаја угљеника и азота, високи енергетски садржај (15-19 MJ/t) и CO_2 неутралност самог процеса сагоревања. Неутралност CO_2 се огледа у томе да се иста количина CO_2 коју биљка Мискантус асимилује годишње у току раста, ослободи приликом њеног сагоревања. Све ове карактеристике указују на потенцијал узгоја и коришћења Мискантуса као обновљивог извора енергије. У овој дисертацији ће се утицаји на животну средину од коришћења Мискантуса у енергетске сврхе посматрати кроз могућности коришћења Мискантуса као сировине за грејање домаћинстава и као сировине за производњу пиролитичког дизела.
Процењује се да је у финалној потрошњи енергије у Србији удео потрошње сектора домаћинства око 36%, од чега 58% представља удео енергије која се користи за грејање, при чему се највећи део домаћинстава греје путем индивидуалних система грејања (78% у односу на централно-даљинско грејање које се примењује у 22% домаћинстава). Од укупног броја

домаћинстава која користе индивидуалне системе грејања, само 21% користи системе централног грејања (котао), док чак 57% користи обичне пећи у којима се сагоревају дрвени трупци (72%) и угаљ (21%). Ове пећи су углавном ниске ефикасности где се у току сагоревања емитују велике количине загађујућих материја. Из свега наведеног, евидентна је потреба оптимизације система грејања домаћинстава како у циљу повећања енергетске ефикасности, тако и у циљу смањења емисија полутаната и штетног утицаја на животну средину. Осим тога, Србија је потписала Директиву Европске комисије о обновљивим изворима енергије, где се обавезала се да ће до 2020. године повећати удео обновљивих извора енергије (ОИЕ) у укупној потрошњи енергије на 27% и да ће да обезбеди учешће ОИЕ у саобраћају од најмање 10%. Током протеклих шест година, удео ОИЕ у финалној потрошњи енергије у Србији износио је само око 12,6%. Највећи удео у ОИЕ потиче од биомасе (55%), затим од хидроенергије (44,5%), док биогас, ветар, соларна и геотермална енергија заједно доприносе са само 0,5%. Биомаса је најраспрострањенији и најзначајнији ОИЕ у Републици Србији. Поред коришћења биомасе од пољопривредних остатака, течног ђубрива и дрвета, у свету се све више користе и брзорастући, енергетски усеви као што је Мискантус. До сада је култивација енергетских плантажа Мискантуса успостављена у неколико земаља ЕУ: у Француској је 400 хектара покривено плантажама Мискантуса, у Румунији преко 600 ha, Немачкој око 3000 ha, у Пољској 4000 ha, у САД 6600 ha и у Великој Британији 9000 ha. У Србији још увек није основана ниједна енергетска плантажа Мискантуса и још нису верификовани потенцијални утицаји на животну средину од гајења и употребе биомасе Мискантуса у енергетске сврхе. Такође, Мискантус би се, уз одговарајућу припрему, могао користити за производњу пиролитичког дизела чиме би се повећао удео ОИЕ у сектору саобраћаја.

Основни циљ истраживања ове докторске дисертације је да се квантификују утицаји на животну средину током целог животног циклуса Мискантуса, да се испита да ли је производња и употреба биомасе од Мискантуса гајеног према правилима српске пољопривредне праксе, еколошки прихватљивија алтернатива у односу на традиционално коришћена фосилна горива. Испитиваће се два енергетска ланца коришћења Мискантуса: коришћење брикета од Мискантуса за добијање топлотне енергије и коришћење Мискантуса за добијање пиролитичког дизела. Сваки енергетски ланац ће се испитивати анализом два сценарија: први сценарио ће осликавати тренутно или најчешће стање док ће други осликавати оптимизовано стање где ће се узети у обзир већа енергетска ефикасност, продуктивност и мање штетни утицаји на животну средину. Поред основног циља дефинисани су и појединачни циљеви истраживања докторске дисертације:

1) утврђивање свих релевантних улаза и излаза за све фазе у животном циклусу Мискантуса односно у енергетским токовима биомасе Мискантуса, почевши од припреме земљишта за садњу, преко садње, узгоја усева, кошења, балирања и брикетирања и сагоревања брикета у котловима за грејање домаћинстава у једном испитиваном енергетском току и припремеме за пиролизу и пиролизе, и стабилизације горива у другом испитиваном енергетском току.
2) утврђивање параметара који имају најштетнији утицај на животну средину у току животног циклуса Мискантуса и предлог мера за њено умањење, односно оптимизација проучаваних енергетских ланаца од биомасе Мискантуса са аспекта повећања енергетске ефикасности, као и са аспекта смањења негативног утицаја на животну средину.
3) конструкција енергетских ланаца за традиционално коришћене, референтне изворе енергије као што су угаљ и дрво у првом енергетском току и дизел у другом енергетском току и утврђивање параметара који имају најштетнији утицај на животну средину.

4) фаворизовање коришћења алатке Оцене животног циклуса у процени енергетских ланаца.
5) процена промене количине угљеника у земљишту услед гајења енергетских усева.
6) подстицање плантажног гајења Мискантуса у Србији
7) конструисање модела енергетских ланаца који може бити примењен и на друге енергетске усеве.

Релевантни библиографски извори повезани са предметом истраживања ове докторске дисертације, који уједно представљају полазну основу за даљи ток истраживања су:

1. Perić, M., Komatina M., Bugarski, B., Antonijević, D., Best Practices of Biomass Energy Life Cycle Assessment and Possible Applications in Serbia, Croat. J. For. Eng. 37 (2016) 375–390.
2. Lewandowski, I., Schmidt, U., Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach, Agric. Ecosyst. Environ. 112 (2006) 335–346. doi:10.1016/j.agee.2005.08.003.
3. Morandi, F., Perrin A., Østergård, H., Miscanthus as energy crop: Environmental assessment of a miscanthus biomass production case study in France, J. Clean. Prod. 137 (2016) 313–321. doi:10.1016/j.jclepro.2016.07.042.
4. Aravindhakshan, S.C., Epplin F.M., Taliaferro C.M., Economics of switchgrass and miscanthus relative to coal as feedstock for generating electricity, Biomass and Bioenergy. 34 (2010) 1375–1383. doi:10.1016/j.biombioe.2010.04.017.
5. Parajuli, R., Sperling, K., Dalgaard, T., Environmental performance of Miscanthus as a fuel alternative for district heat production, Biomass and Bioenergy. 72 (2015) 104–116. doi:10.1016/j.biombioe.2014.11.011.
6. Dželetović, Ž., Maksimović, J., Živanović, I., Prinos Miscanthus × giganteus gajenog na dve lokacije u Srbiji, J. Process. Energy Agric. 18 (2014) 62–64.
7. Bilandzija, N., Jurisic, V., Voca, N., Leto, J., Matin, A., Sito, S., Kricka, T., Combustion properties of Miscanthus x giganteus biomass – optimization of harvest time, J. Energy Inst. (2016) 1–6. doi:10.1016/j.joei.2016.05.009.
8. Burner, D.M., Hale, A.L., Carver, P., Pote, D.H., Fritschi, F.B., Biomass yield comparisons of giant miscanthus, giant reed, and miscane grown under irrigated and rainfed conditions, Ind. Crop. Prod. 76 (2015) 1025–1032. doi:10.1016/j.indcrop.2015.07.071.
9. Mantineo, M., D'Agosta, G.M., Copani, V., Patane, C., Cosentino, S.L., Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment, F. Crop. Res. 114 (2009) 204–213. doi:10.1016/j.fcr.2009.07.020.
10. Murphy, F., Devlin, G., Mcdonnell, K., Miscanthus production and processing in Ireland : An analysis of energy requirements and environmental impacts, Renew. Sustain. Energy Rev. 23 (2013) 412–420. doi:10.1016/j.rser.2013.01.058.
11. Głowacka, K., A review of the genetic study of the energy crop Miscanthus, Biomass and Bioenergy. 35 (2011) 2445–2454. doi:10.1016/j.biombioe.2011.01.041.
12. Dželetović, Ž., Mihailović, N., Živanović, I., Prospects of using bioenergy crop Miscanthus × giganteus in Serbia, Mater. Process. Energy Commun. Curr. Res. Technol. Dev. (2013) 360–370.
13. Lewandowski, I., Clifton-Brown, J.C., Scurlock, J.M.O., Huisman, W., Miscanthus: European experience with a novel energy crop, Biomass and Bioenergy. 19 (2000) 209–227.
14. Dželetović, Ž.S., Miskantus (Miscanthus × giganteus Greef et Deu.) – Proizvodne odlike i produktivnost biomase, Zaduzbina Andrejevic, 2012.
15. Lewandowski, I., Kicherer, A., Combustion quality of biomass : practical relevance and experiments to modify the biomass quality of Miscanthus x giganteus, 6 (1997).

16. Técher, D., Laval-Gilly, P., Bennasroune, A., Henry, S., Martinez-Chois, C., D'Innocenzo, M., Falla, J., An appraisal of Miscanthus x giganteus cultivation for fly ash revegetation and soil restoration, Ind. Crops Prod. 36 (2012) 427–433. doi:10.1016/j.indcrop.2011.10.009.
17. Acaroglu, M., Aksoy, A.S., The cultivation and energy balance of Miscanthus Â giganteus production in Turkey, Biomass and Bioenergy. 29 (2005) 42–48. doi:10.1016/j.biombioe.2005.01.002.
18. Xue, S., Kalinina, O., Lewandowski, I., Present and future options for Miscanthus propagation and establishment, Renew. Sustain. Energy Rev. 49 (2015) 1233–1246. doi:10.1016/j.rser.2015.04.168.
19. Oljača, S., Oljača, M., Kovačević, D., Glamočlija, Đ., Ekološke posledice upotrebe biljaka za dobijanje energije, Poljopr. Teh. Eng. 32 (2007) 91–97.
20. Ševarlić, M.M., Popis poljoprivrede 2012 - Poljoprivredno zemljište u Republici Srbiji, Belgrade, 2015. doi:10.1017/CBO9781107415324.004.
21. Cherubini, F., Bird, N.D., Cowie, A., Jungmeier, G., Schlamadinger, B., Woess-Gallasch, S., Energy- and greenhouse gas-based LCA of biofuel and bioenergy systems: Key issues, ranges and recommendations, Resour. Conserv. Recycl. 53 (2009) 434–447. doi:10.1016/j.resconrec.2009.03.013.
22. Lewandowski, I., Kicherer, A., Vonier, P., CO_2-balance for the cultivation and combustion of Miscanthus, Biomass and Bioenergy. 8 (1995) 81–90. doi:10.1016/0961-9534(95)00008-U.
23. Lewandowski, I., Heinz, A., Delayed harvest of miscanthus - influences on biomass quantity and quality and environmental impacts of energy production, Eur. J. Agron. 19 (2003) 45–63.
24. Felten, D., Fröba, N., Fries, J., Emmerling, C., Energy balances and greenhouse gas-mitigation potentials of bioenergy cropping systems (Miscanthus, rapeseed, and maize) based on farming conditions in Western Germany, Renew. Energy. 55 (2013) 160–174. doi:10.1016/j.renene.2012.12.004.
25. Clair, S.S., Hillier, J., Smith, P., Estimating the pre-harvest greenhouse gas costs of energy crop production, Biomass and Bioenergy. 32 (2008) 442–452. doi:10.1016/j.biombioe.2007.11.001.
26. Styles, D., Jones, M.B., Energy crops in Ireland: Quantifying the potential life-cycle greenhouse gas reductions of energy-crop electricity, Biomass and Bioenergy. 31 (2007) 759–772. doi:10.1016/j.biombioe.2007.05.003.
27. Hamelin, L., Jørgensen, U., Petersen, B.M., Olesen, J.E., Wenzel, H., Modelling the carbon and nitrogen balances of direct land use changes from energy crops in Denmark: A consequential life cycle inventory, GCB Bioenergy. 4 (2012) 889–907. doi:10.1111/j.1757-1707.2012.01174.x.
28. Roth, B., Jones, M., Burke, J., Williams, M., The Effects of Land-Use Change from Grassland to Miscanthus x giganteus on Soil N2O Emissions, Land. 2 (2013) 437–451. doi:10.3390/land2030437.
29. Zatta, A., Clifton-Brown, J., Robson, P., Hastings, A., Monti, A., Land use change from C3 grassland to C4 Miscanthus: Effects on soil carbon content and estimated mitigation benefit after six years, GCB Bioenergy. 6 (2014) 360–370. doi:10.1111/gcbb.12054.
30. Schmidl, C., Luisser, M., Padouvas, E., Lasselsberger, L., Rzaca, M., Ramirez-Santa Cruz, C., Handler, M., Peng, G., Bauer, H., Puxbaum, H., Particulate and gaseous emissions from manually and automatically fired small scale combustion systems, Atmos. Environ. 45 (2011) 7443–7454. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.05.006.
31. Dželetović, Ž.S., Dimitrijević, V., Stojanović, S., Pavlović, M., Tehnološki parametri briketiranja biomase Miskantusa (Technological parameters of briquetting of Miscanthus biomass), Poljopr. Teh. Eng. 631 (2012) 81–90.
32. Miodragović, R., Đević, M., Rezultati primene mobilnih sistema navodnjavanja kišenjem u biljnoj proizvodnji, Poljopr. Teh. Eng. 1 (2007) 61–69.
33. Venturi, P., Huisman, W., Molenaar, J., Mechanization and Costs of Primary Production Chains for Miscanthus x giganteus in The Netherlands, (1998) 209–215.

34. Jovanović-Popović, M., Ignjatović, D., Radivojević, A., Rajčić, A., Đukanović, L., Đuković-Ignjatović, N., Nedić, M., Nacionalna tipologija stambenih zgrada Srbije, 2013. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2.
35. Matthews, R.B., Grogan, P., Potential C-sequestration rates under short-rotation coppiced willow and Miscanthus biomass crops: a modeling study, Asp. Appl. Biol. 65 (2001) 303–312.
36. Smith, P., Carbon sequestration in croplands : the potential in Europe and the global context, Eur. J. Agron. 20 (2004) 229–236. doi:10.1016/j.eja.2003.08.002.
37. Clifton-Brown, J., Stampfl, P.S., Jones, M.B., Miscanthus biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions, Glob. Chang. Biol. 10 (2004) 509–518. doi:10.1111/j.1529-8817.2003.00749.x.
38. Freibauer, A., Rounsevell, M.D.A., Smith, P., Verhagen, J., Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe, Geoderma. 122 (2004) 1–23. doi:10.1016/j.geoderma.2004.01.021.
39. Wright, M.M., Satrio, J. a., Brown, R.C., Daugaard, D.E., Hsu, D.D., Techno-economic analysis of biomass fast pyrolysis to transportation fuels, 2010. doi:10.1016/j.fuel.2010.07.029.
40. Brown, T.R., Thilakaratne, R., Brown, R.C., Hu, G., Techno-economic analysis of biomass to transportation fuels and electricity via fast pyrolysis and hydroprocessing, Fuel. 106 (2013) 463–469. doi:10.1016/j.fuel.2012.11.029.
41. Bridgwater, A. V., Upgrading Fast Pyrolysis Liquids, 2011. doi:10.1002/9781119990840.ch6.
42. Han, J., Elgowainy, A., Palou-Rivera, I., Dunn, J.B., Wang, M.Q., Well-to-Wheels Analysis of Fast Pyrolysis Pathways with GREET, (2011) 76. doi:ANL/ESD/11-8.
43. Isahak, W.N.R.W., Hisham, M.W.M., Yarmo, M.A., Yun Hin, T.Y., A review on bio-oil production from biomass by using pyrolysis method, Renew. Sustain. Energy Rev. 16 (2012) 5910–5923. doi:10.1016/j.rser.2012.05.039.
44. Greenhalf, C.E., Nowakowski, D.J., Harms, A.B., Titiloye, J.O., Bridgwater, A.V., A comparative study of straw, perennial grasses and hardwoods in terms of fast pyrolysis products, Fuel. 108 (2013) 216–230. doi:10.1016/j.fuel.2013.01.075.
45. Jones, S., Valkenburg, C., Walton, C., Production of gasoline and diesel from biomass via fast pyrolysis, hydrotreating and hydrocracking: a design case, Energy. (2009) 76. doi:PNNL-22684.pdf.
46. Larson, E.D., Biofuel production technologies: status, prospects and implications for trade and development, New York and Geneva, 2008. doi:UNCTAD/DITC/TED/2007/10.
47. Bridgwater, A. V., Czernik, S., Piskorz, J., An Overview of Fast Pyrolysis, Prog. Thermochem. Biomass Convers. (2008) 977–997. doi:10.1002/9780470694954.ch80.
48. Lewandowski, I., Schmidt, U., Nitrogen, energy and land use efficiencies of miscanthus, reed canary grass and triticale as determined by the boundary line approach, Agric. Ecosyst. Environ. 112 (2006) 335–346. doi:10.1016/j.agee.2005.08.003.
49. Smeets, E.M.W., Lewandowski, I.M., Faaij, A.P.C., The economical and environmental performance of miscanthus and switchgrass production and supply chains in a European setting, Renew. Sustain. Energy Rev. 13 (2009) 1230–1245. doi:10.1016/j.rser.2008.09.006.
50. Mani, S., Tabil, L.G., Sokhansanj, S., Grinding performance and physical properties of wheat and barley straws, corn stover and switchgrass, 27 (2004) 339–352. doi:10.1016/j.biombioe.2004.03.007.
51. Kim, J.Y., Oh, S., Hwang, H., Moon, Y.H., Choi, J.W., Assessment of miscanthus biomass (Miscanthus sacchariflorus) for conversion and utilization of bio-oil by fluidized bed type fast pyrolysis, Energy. 76 (2014) 284–291. doi:10.1016/j.energy.2014.08.010.
52. Banks, S.W., Nowakowski, D.J., Bridgwater, A. V., Fast pyrolysis processing of surfactant washed Miscanthus, Fuel Process. Technol. 128 (2014) 94–103. doi:10.1016/j.fuproc.2014.07.005.
53. Hodgson, E.M., Fahmi, R., Yates, N., Barraclough, T., Shield, I., Allison, G., Bridgwater, A. V., Donnison, I.S., Miscanthus as a feedstock for fast-pyrolysis: Does agronomic treatment affect quality?, Bioresour. Technol. 101 (2010) 6185–6191. doi:10.1016/j.biortech.2010.03.024.

54. Corton, J., Donnison, I.S., Patel, M., Bühle, L., Hodgson, E., Wachendorf, M., Bridgwater, A., Allison, G., Fraser, M.D., Expanding the biomass resource: Sustainable oil production via fast pyrolysis of low input high diversity biomass and the potential integration of thermochemical and biological conversion routes, Appl. Energy. 177 (2016) 852–862. doi:10.1016/j.apenergy.2016.05.088.
55. Mos, M., Banks, S.W., Nowakowski, D.J., Robson, P.R.H., Bridgwater, A. V., Donnison, I.S., Impact of Miscanthus x giganteus senescence times on fast pyrolysis bio-oil quality, Bioresour. Technol. 129 (2013) 335–342. doi:10.1016/j.biortech.2012.11.069.

3. Полазне хипотезе

На основу изучавања литературе и досадашњих истраживања кандидата у овој области постављена је хипотеза да би се оснивање енергетске плантаже брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* у Србији могло сматрати оправданим у смислу мањег утицаја на животну средину од производње и употребе производа од биомасе Мискантуса у односу на традиционално коришћена, референтна фосилна горива. Претпоставке које се проверавају предложеним истраживањем су:

- Да ли брикет од Мискантуса може да замени огревно дрво и угаљ као „зеленија“ алтернатива за грејање домаћинстава,
- Да ли је производња пиролитичког дизела од Мискантуса „зеленија“ алтернатива у односу на класично произведен дизел.

Кандидат, ментори и поједини чланови комисије су у вишегодишњим истраживањима потврдили да метода Оцене животног циклуса даје добре резултате као алатка за квантификовање потенцијалних еколошких утицаја различитих енергетских ланаца биомасе.
Хипотеза је да се применом методе Оцене животног циклуса на енергетски ланац Мискантуса могу дати смернице за успостављање модела за процену утицаја на животну средину и других енергетских ланаца биомасе.
Нов предложен оптимизовани приступ за рационализацију потрошње енергије и умањење емисија полутаната приликом животног циклуса Микскантуса, омогућиће ублажавање климатских промена, смањење оштећења озонског омотача, загађење екосистема и веће учешће ОИЕ, у поређењу са приступом карактеристичним за постојећу пољопривредну праксу.

4. Научне методе истраживања

Као основна метода у овој докторској дисертацији користиће се метода Оцене животног циклуса (ЛЦА – енг. *Life Cycle Assessment*). Ова метода узима у обзир све релевантне утицаје на животну средину у току целог животног циклуса испитиваног производа, односно квантификује све улазе и излазе приликом сваке појединачне операције у животном циклусу, почевши од набавке сировина, производње, дистрибуције, употребе, ако је могуће поновне употребе и рециклаже, до коначног одлагања. У овој дисертацији ће се пратити препоруке о методолошкој структури студије која је дата у серији стандарда ISO 14040. Овим стандардима се дефинишу обавезне четири фазе приликом спровођења ЛЦА студије: фаза дефинисања циља и обима студије, фаза прикупљања инвентара, фаза оцењивања утицаја на животну средину и фаза интерпретације резултата. У фази дефинисања циља и обима студије ће се одредити границе система и дефинисати функционална јединица. Подаци о инвентару, односно подаци везани за улазе и излазе за сваку појединачну операцију ће се прикупити детаљном анализом доступне литературе као и у комуникацији са експертима из одговарајућих области. Код ЛЦА анализе предност имају примарни подаци, односно подаци који су добијени мерењем параметара у испитиваним системима. Уколико такви подаци нису

доступни, користиће се секундарни подаци, односно подаци (или и комплетни процеси) из већ постојећих база података које су интегрисане у SimaPRO софтвер (Ecoinvent, Agri-footprint, итд.) и као такви ће се користити само уколико се процени да одговарају испитиваном случају. У супротном, креираће се нови или ће се модификовати постојећи процеси. Као што је већ поменуто, сви ће се улази и излази из појединачних процеса прорачунати у односу на функционалну јединицу. Емисије полутаната ће се евидентирати уз помоћ базе емисија Швајцарске државне агенције за заштиту животне средине (ФОЕН) услед недостатка конкретних експерименталних података и сличне базе националног типа. Након креирања целог систем снабдевања брикета Мискантуса, урадиће се фаза Процене утицаја коришћењем ReCiPe приступа који подразумева анализу великог броја утицајних категорија (као што су: климатске промене, уништавање озона, ацидификација земљишта, еутрофикација водених екосистема, токсичност, формирање фотохемијских оксиданата, формирање честица, екотоксичност земљишта, екотоксичност водених екосистема, јонизујуће зрачење, исцрпљивање резерви воде и фосилних горива). За спровођење ЛЦА анализе енергетског ланца коришћење брикета од Мискантуса користи ће се софтвер SimaPRO, који је један од три најзаступљенија ЛЦА софтвера који се користе на универзитетима и научним институцијама широм света. У случају другог енергетског ланца, који испитује коришћење Мискантуса за добијање пиролитичког дизела, користиће се отворени софтвер GREET, који је искључиво намењен за ЛЦА анализу горива и уз помоћ чијих путања производње је конструисан овај енергетски ланац. За процену промене органског угљеника у земљишту, користиће се методологија развијена од стране Интернационалног Панела за Климатске Промене (IPCC), која се као најпоузданија и најпрецизнија најчешће користи у научним истраживањима.

5. <u>Очекивани научни допринос</u>

Анализе и резултати који ће бити остварени, омогући ће да се боље разумеју могућности и начини за успостављање енергетских засада Мискантуса у Србији. Кључни резултати дисертације ће бити конструисани општи и оптимизовани модели енергетског ланца Мискантуса. који ће представљати основу за испуњење услова о повећању удела ОИЕ у укупној потрошњи енергије у Србији, а у складу са циљевима прописаним у Директиви Европске комисије о обновљивим изворима енергије. Остали очекивани научни доприноси:

- Израдити улазно-излазну матрицу и евидентирати све релевантне утицаји на животну средину енергетских ланаца биомасе Мискантуса,
- Успоставити енергетске ланце референтних фосилних горива и њихових утицаја на животну средину,
- Развити методологију за процену утицаја на животну средину која би могла да се примењује и на друге енергетске ланце биомасе,
- Инвентаризација емисија полутаната приликом коришћења пољопривредних машина која се може применити и у другим истраживањима,
- Усвојити методологију за оптимизацију енергетских ланаца биомасе Мискантуса,
- Поставити основу и дати препоруке за развој и интеграцију енергетских засада у енергетску мрежу у Србији који се заснивају на одрживости и умањеном негативном утицају на животну средину.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру предложене теме докторске дисертације састоје се од следећих фаза:

- Анализе постојеће стручне и научне литературе у свету и код нас, законске регулативе и пољопривредне праксе везане за утрошке енергије и сировина приликом животног циклуса испитиваних горива,

- Конструкције модела енергетских ланаца биомасе Мискантуса на основу анализе доступне литературе и комуникације са стручњацима релевантних области,

- Дефинисања граница система и функционалне јединице, развој матрице улаза и излаза и листе инвентара у односу на функционалну јединицу за сваки појединачни процес у оквиру животног циклуса биомасе Мискантуса,

- Одређивања утицаја на животну средину коришћењем већег броја утицајних категорија, као што су климатске промене, уништавање озона, ацидификација земљишта, еутрофикација водених екосистема, формирање фотохемијских оксиданата, формирање честица, екотоксичност земљишта, екотоксичност водених екосистема, јонизујуће зрачење, исцрпљивање резерва воде и исцрпљивање фосилних горива, кроз квантификовање емисија полутаната као што су угљен-диоксид, угљен-моноксид, метан, угљоводоници, азотних оксиди, азот-субоксид и честице, као и утрошка горива и енергије,

- Утврђивања емисија полутаната на основу модела базе емисија Швајцарске државне агенције за заштиту животне средине,

- Интеграције конструисаног енергетског ланца и улаз-излаз матрице у софтвер за ЛЦА (SimaPRO, GREET), одабир одговарајуће алатке за процену утицаја и интерпретација резултата,

- Конструисања енергетских ланаца за референтна фосилна горива по истом принципу и упоредна анализа потенцијалних предности услед замене фосилних ланаца ланцима биомасе Мискантуса,

- Дефинисања модела за процену промене органског угљеника у земљишту услед успостављања енергетске плантаже Мискантуса на основу методологије Интернационалног Панела за Климатске промене,

- Израде оптимизационог алгоритма и његова имплементација на развијеном моделу и интерпретација резултата,

- Предлога за даља истраживања у области.

7. Закључак и предлог

На основу изложеног, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације кандидата **Милице Перић**, под називом „**Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“** научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да је прихвати и одобри израду докторске дисертације под наведеним називом. Комисија сматра да је кандидат подобан за реализацију предвиђених циљева истраживања докторске дисертације. Такође, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета да Већу научних области техничких наука, Универзитета у Београду упути захтев за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације.
Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжињерство, ужа научна област Биохемијско инжињерство и биотехнологија, за коју је матична установа Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду. За менторе се предлажу др Бранко Бугарски, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Мирко Коматина, редовни професор Машинског факултета, Универзитета у Београду.

У Београду,
12. јуни. 2018. године.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Бранко Бугарски, ред. професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Мирко Коматина, ред. професор
Универзитет у Београду, Машински факултет

.....
Др Марко Ракин, ред. професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Владимир Павићевић, доцент
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Драги Антонијевић, научни саветник
Иновациони центар Машинског факултета