

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње **Милице Перић**, дипл. биолога за заштиту животне средине.

Одлуком 35/24 бр. од 31.01.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње **Милице Перић**, дипл. биолога за заштиту животне средине, под насловом:

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

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

У октобру 2010. године, кандидаткиња Милица Перић, дипл. биолог за заштиту животне средине уписала је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету на смеру Биохемијско инжењерство и биотехнологија.

Након истека рока за завршетак студија, у октобру 2017. године, кандидаткиња се поново уписује на трећу годину докторских студија на истом студијском програму.

20.04.2018. године, кандидаткиња Милица Перић, дипл. биолог за заштиту животне средине, пријавила је тему докторске дисертације под називом „Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“. Наставно-научно веће Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду је дана 26.04.2018. године (одлука бр. 35/165), усвојило састав Комисије за оцену научне заснованости предложене теме.

06.07.2018.године, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, на основу извештаја Комисије, донета је Одлука (35/239) о прихватању реферата о подобности теме докторске дисертације Милице Перић, дипл. биолога за заштиту животне средине, под називом „Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“. Уз сагласност комисије за докторске студије, за менторе ове докторске дисертације именовани су др Бранко Бугарски, редовни професор Технолошко-металуршког факултета и др Мирко Коматина, редовни професор Машинског факултета, Универзитета у Београду.

На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, одржаној 27.08.2018. године, одлуком бр. 61206-3477/2-18, дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Милице Перић, дипл. биолога за заштиту животне средине, под називом „Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“.

31.01.2019. године, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета, донета је одлука (35/24) о именовању чланова комисије за оцену докторске дисертације, Милице Перић, дипл. биолога за заштиту животне средине, под називом „Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Биохемијско инжењерство и биотехнологија, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. За ментора ове докторске дисертације именовани су др Бранко Бугарски, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, и др Мирко Коматина, редовни професор Машинског факултета, Универзитета у Београду, који су на основу објављених публикација и искуства компетентни да руководе израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милица (Миливоје) Перић је рођена 11. септембра 1981. године у Београду, Република Србија, где је завршила основну школу а потом и XIV београдску гимназију. Школске 2000/2001. године уписала је основне 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. У звање истраживач-сарадник изабрана је 23.06.2016. године.

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.

Област којом се кандидаткиња бави се односи на еколошку процену коришћења биомасе као обновљивог извора енергије методом Оцене животног циклуса (енг. „Life Cycle Assessment“, скр. ЛЦА). С тим у вези, у току 2012., 2013., и 2014. године, кандидаткиња је боравила на страним Универзитетима на усавршавању из дате области:

- Faculty for Forestry and Landscape, University of Copenhagen, Kopenhagen, Danska (COST Akcija FP0902) - април 2012.године;
- University of Milano - Bicocca, Milano, Италија (COST Akcija FP0902) (фебруар/март 2013. године);
- Technische Universität Hamburg-Harburg, Hamburg, Немачка (финансирано од стране DAAD и GIZ) (септембар/децембар 2014. године).

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:

- COST 1st Training School: "Renewable energy and landscape quality", Dublin Institute of Technology, Даблин, Ирска (COST акција ТУ1401) (22-26. август 2016. године).
- COST 2nd Training School: "Coppice harvesting and use of products as source of renewable energy", University of Florence, Валомброста, Италија (COST акција FP1301 - Eurocoppice) (10-15. мај 2015. године).
- - Eight International Summer School course „Renewable Energy and Energy Efficiency in South-East Europe“, у организацији REIC, GIZ i UNDP, Фојница, БИХ (21.август-1.септембар 2012. године).
- Joensuu Forestry Networking Week, Training School in Joensuu, Јоенсуу, Финска (COST Akcija FP0902) (22-27. мај 2011. године).

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.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње, **Милице Перић**, дипл. биолога за заштиту животне средине, написана је према „Упутству за обликовање докторске дисертације“, које је 14.12.2011. године усвојио Сенат Универзитета у Београду, у оквиру "Упутства за формирање репозиторијума докторских дисертација". Дисертација, укупног обима 150 страна написана је латиничним писмом, укључује 23 табеле, 21 слику, 14 графикана и 168 литературних навода.

Докторска дисертација садржи седам поглавља:

1. Увод
2. Биомаса - дефиниције, врсте, примена
3. Метода Оцене животног циклуса
4. Животни циклус мискантуса
5. Резултати и интерпретација
6. Закључак
7. Литература.

На почетку дисертације дат је резиме са кључним речима, садржај, спискови слика, табела и графикана, као и списак коришћених скраћеница и ознака, док су на крају дати списак коришћене литературе и прилози.

Докторска дисертација садржи изводе на српском и енглеском језику.

На крају дисертације дати су прилози који садрже потписане изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације, као и биографија аутора.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом, **Уводном** поглављу докторске дисертације дато је образложење избора теме дисертације, представљени су предмет и циљ истраживања и организациона структура дисертације. Анализиран је преглед стања животне средине и могућности коришћења обновљивих извора за добијање енергије у свету и у Републици Србији.

Потписивањем „Директиве о обновљивим изворима енергије“, државе чланице ЕУ обавезале су се да ће до 2020. године повећати удео обновљивих извора енергије (ОИЕ) у бруто финалној потрошњи енергије од најмање 20%. Република Србија као држава са статусом кандидата ЕУ је такође потписала ову директиву и обавезала се на учешће ОИЕ од минимум 27% у бруто финалној потрошњи енергије. Анализа стања техничког потенцијала ОИЕ у Србији указује да од свих расположивих ОИЕ у Србији биомаса има највећи потенцијал, (60% укупног потенцијала ОИЕ). Ово указује на чињеницу да би највећи допринос за достизање амбициозног циља од 27% могао доћи од повећаног коришћења различитих типова биомасе. Еколошки прихватљив и енергетски ефикасан начин добијања енергије из биомасе се може остварити и узгојем брзорастућих, енергетских биљака, односно оснивањем енергетских плантажа. Енергетске биљке или енергетски засади су врсте биљака које се због својих повољних карактеристика (ниски инпути енергије, велика количина добијене биомасе по јединици површине) у свету све више користе за добијање енергије. У Србији још увек није забележено гајење енергетских биљака али је узгојем на неколико огледних парцела, доказано да биљка мискантус (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.) показује најбоље карактеристике за узгој у ове сврхе.

За доказивање еколошке оправданости добијања енергије од мискантуса у досадашњим истраживањима у свету коришћена је метода Оцене животног циклуса. Ова метода узима у обзир све релевантне утицаје на животну средину у току 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.

С тим у вези у другом делу уводног поглавља приказан је детаљни литературни преглед досадашњих истраживања анализе животног циклуса мискантуса као обновљивог извора енергије. Истраживања овог типа су подељена у две групе. Прва група истраживања анализира могућности коришћења биомасе мискантуса као сировине за добијање топлотне и електричне енергије а друга група анализира могућности коришћења биомасе мискантуса као сировине за производњу пиролитичког дизела. Велики број доступних истраживања из ове тематике указује на значај примене мискантуса као енергента у целом свету.

С обзиром да се за сада мискантус у Србији гаји на свега неколико огледних парцела, без примене пољопривредне механизације, за потребе анализе Оцене животног циклуса урађен је детаљан литературни преглед истраживања у вези са анализом остварених утрошака енергије и горива као и продуктивности одговарајућих пољопривредних машина. Ови подаци коришћени су за конструисање улазно-излазне матрице енергетског ланца мискантуса која је представљена даље у овој дисертацији.

У другом поглављу, **Биомаса - дефиниција, врсте, примена**, дати су општи појмови у вези са биомасом (подела, врсте конверзије) где је посебан акценат стављен на термо-хемијске начине конверзије као што су сагоревање и пиролиза, с обзиром да се ове две технологије конверзије најчешће користе за добијање енергије из биомасе мискантуса. Описане су основне карактеристике енергетских усева и приказане могућности заснивања енергетских плантажа у свету и у Републици Србији. Посебан акценат је стављен на изучавање могућности узгоја мискантуса у Србији и његову употребу као еколошки прихватљивог и обновљивог извора енергије.

У трећем поглављу ове дисертације, **Метода Оцене животног циклуса**, дат је преглед методе Оцене животног циклуса, њена дефиниција, структура, врсте, и детаљан опис свих

њених фаза. У фази оцене утицаја животног циклуса, детаљно су описане све 14 утицајне категорија које су разматране при изради ове докторске дисертације. За сваку утицајну категорију наведени су карактеризациони фактори и временски оквири њиховог дејства.

У четвртном поглављу, **Животни циклус мискантуса**, описан је животни циклус мискантуса, дата је шема свих операција, дефинисани су циљеви и обими ЛЦА студија, одређене функционалне јединице, евидентирани сви релевантни улази и излази, (утрошци енергије, ресурса, дизела, воде, пестицида и хербицида и емисије полутаната) и урађена је анализа утицаја на животну средину оба производа од биомасе мискантуса: пиролитичког дизела и брикета. Конструисани су и животни циклуси и анализирани су утицаји на животну средину референтних врста горива као што су лигнит, огревно дрво и дизел. Извршено је поређење ових горива са проучаваним енергетским ланцима мискантуса: лигнита и огревног дрвета са брикетима мискантуса као и конвенционалне производње дизела са производњом дизела пиролизом биомасе мискантуса.

У петом поглављу **Резултати и интерпретација**, приказани су резултати оцене утицаја на животну средину брикета и пиролитичког дизела од мискантуса, урађена је њихова опсежна и детаљна анализа и дискусија. Оцена утицаја на животну средину брикета мискантуса је извршена кроз анализу 14 категорија утицаја као што су: климатске промене, оштећивање озонског омотача, закишељавање тла, еутрофикација водених екосистема, екотоксичност водених и копнених екосистема, формирање фотохемијских оксиданаса и формирање честица, јонизујуће зрачење, исцрпљивање резерви воде и фосилних горива. Резултати указују да је операција са највећим утицајем на животну средину (са највећим утицајем у девет од четрнаест категорија) *брикетирање* услед ниске продуктивности самог процеса и велике количине утрошене електричне енергије која се у Србији углавном добија сагоревањем угља у термоелектранама. Истакнут је значај коришћења одговарајуће пољопривредне машинерије у циљу смањења емисија полутаната.

У компаративној анализи са референтним горивима доказана је еколошка оправданост коришћења брикета мискантуса у односу на лигнит и огревно дрво квантификањем редуције емисија еквивалената CO₂, SO₂, фосфора, азота, честица (PM10), 1,4-дихлорбензена (1,4-DB), лако испарљивих органских једињења која не садрже метан (NMVOC), килобекерела (kBq) и еквивалената нафте. Дат је прорачун количника ЕО:ЕИ (енергетских излаза и енергетских улаза) и извршено је поређење ових резултата са резултатима из постојећих студија. Урађена је и анализа осетљивости, односно конструисан је будући сценарио који подразумева оптимизовано стање узгоја усева мискантуса, транспорта биомасе, производње и коришћења брикета. Овакав сценарио је поређен са основним сценариом производње и коришћења брикета и дефинисане су потенцијалне погодности и недостаци за оба сценарија.

Дат је прорачун промене органског угљеника услед узгоја усева мискантуса на запарложеном пољопривредном земљишту за три различита остварена приноса мискантуса: минимални, просечни и максимални. Израчунате су количине заостале биомасе мискантуса (подземне и надземне), процењене директне и индиректне емисије N₂O са земљишта на којем се гаји мискантус и дате су дефиниције и прорачуни укупног земљишног угљеника и нето потенцијала за складиштење угљеника у случају садашњег и будућег сценарија производње брикета мискантуса.

Резултати оцене утицаја на животну средину производње пиролитичког дизела од мискантуса приказани су у посебном поглављу где су детаљно квантификовани емисије полутаната и утрошци ресурса током сваке операције животног циклуса производње. Показано је да од свих операција производње, пиролиза и стабилизација испољавају највећи утицај на животну средину услед коришћења великих количина природног гаса, чијом реформацијом се добија водоник који се користи за процес стабилизације сировог пиролитичког уља. Упоредна анализа са конвенционално произведеним дизелом показује да још увек није еколошки оправдано заменити традиционални тип производње дизела

пиролитичком путањом. У анализи осетљивости конструисан је сценарио у коме се водоник за потребе стабилизације добија реформацијом једне фракције пиролитичког уља при чему се добијају нижи приноси пиролитичког дизела. Упоредном анализом са конвенционалном производњом дизела установљено је да овакав вид производње дизела, иако у поређењу са основним сценаријом производње показује мање штетне утицаје на животну средину још увек не представља погодну алтернативу класичној производњи овог горива.

У последњем поглављу **Закључак** дата су закључна разматрања истраживања и предложени правци могућег даљег истраживања везани за разматрану проблематику. Приказана су и кључна разматрања у вези са применом методе Оцене животног циклуса и дате су препоруке за њено ефикасно и правилно спровођење.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Дисертација „Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“ кандидаткиње **Милице Перић**, дипл. биолога за заштиту животне средине, указује на значај еколошке анализе оправданости коришћења биомасе за добијање зелене енергије, у циљу повећања енергетске ефикасности и смањења емисија полутаната.

С обзиром на тренд убрзаног исцрпљивања ресурса, драстичних климатских промена и све већег загађења и деградације животне средине, неопходно је омогућити стабилно снабдевање одрживом и еколошки прихватљивом енергијом и повећати коришћење обновљивих извора енергије (ОИЕ). У процесу анализе производа ОИЕ и утицаја на животну средину услед потенцијалне замене одговарајућих фосилних горива у свету се користи метода Оцене животног циклуса (енг. „Life Cycle Assessment“ - ЛЦА).

ЛЦА је у свету широко прихваћена као једна од најбољих и најсавременијих метода за процену еколошке оправданости биоенергетских система. До сада је објављен велики број истраживања у којима се овом методом испитује еколошка оправданост коришћења биомасе мискантуса али и других обновљивих извора енергије у односу на конвенционална горива.

У научним истраживањима у Србији ова област је недовољно истражена што је основни разлог одабира ове тематике за израду ове докторске дисертације.

Већина објављених ЛЦА студија које анализирају животни циклус биомасе мискантуса је углавном фокусирана на анализу утицаја у категорији климатске промене (квантификавањем емисија CO₂ еквивалената), одређивање потенцијала за складиштење угљеника и промену коришћења земљишта услед гајења усева мискантуса на пољопривредном земљишту или на пашњацима, и на квантификавање емисија полутаната (угљен-моноксид, оксиди азота, угљо-водоници и честице) који се ослобађају током фазе сагоревања.

Оригиналност истраживања и научни допринос ове докторске дисертације се огледају у изради комплексније ЛЦА анализе типа „од колевке до гроба“ која осим емисија CO₂ еквивалената и утицаја на климатске промене анализира и друге потенцијалне утицаје на животну средину, као што су: оштећивање озонског омотача, закишељавање тла, еутрофикација водених екосистема, токсичност, формирање честица и фотохемијских оксиданата, јонизујуће зрачење, исцрпљивање резерви воде и фосилних горива.

За разлику од претходних истраживања, у којима се животни циклус мискантуса завшава процесом сагоревања у когенерацијским постројењима или индустријским котловима, у овој дисертацији дефинисан је финални потрошач топлотне енергије – слободностојећа породична кућа која представља најзаступљенији тип домаћинства у Србији. На основу

специфичне годишње енергије потребне за грејање ових објеката прорачунато је колико се m^2 ових објеката може годишње грејати сагоревањем брикета од просечног приноса мискантуса гајеног на 1 ha пољопривредног земљишта.

Оригиналноста истраживања приказаног у овој дисертацији се огледа и у фаворизовању коришћења ЛЦА методе која је недовољно примењена у научним истраживањима како у Србији тако и у целом региону Балкана. На бази резултата добијених у оквиру ове дисертације могуће је очекивати оснивање енергетских плантажа мискантуса не само у Србији већ и у читавом региону Балкану.

Савременост и оригиналноста истраживања приказаних у овој докторској дисертацији потврђени су и публикавањем радова из тезе у међународним часописима и саопштењима на скуповима од међународног значаја.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Дисертација садржи свеобухватни приказ и критички осврт на референтну и коришћену литературу. Обрађено је око 170 библиографских јединица релевантних за предмет и циљеве истраживања, као и за примењене технике решавања проблема. Велики број литерарних извора указује на актуелност истраживања у области примене. Највећи део прегледане научне литературе састојао се од научних радова публикованих у водећим међународним часописима од стране еминентних стручњака из области и проблематике предметне докторске тезе.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

При изради докторске дисертације, поред општих метода научних истраживања, примењена је савремена метода Оцена животног циклуса. ЛЦА метода квантификује потенцијалне опасности по животну средину производа, процеса или активности, анализом свих улаза и излаза производа током читавог животног циклуса или током појединих фаза животног циклуса. Ова метода је коришћена приликом оцене животног циклуса горива од мискантуса, као што су брикети и дизел, али и за оцену животног циклуса референтних фосилних горива као што су огревно дрво, угаљ и дизел. Приликом израде ЛЦА студија испоштоване су смернице ЛЦА стандарда ISO 14040 и ISO 14044 и урађене су све четири обавезне фазе ЛЦА студије дефинисања сврхе (циља) и обима (предмет и подручје примене) истраживања, анализе инвентара животног циклуса, оцене утицаја животног циклуса и интерпретација добијених резултата.

Евидентиране су операције у животном циклусу које имају најштетнији ефекат на животну средину, урађена је анализа осетљивости и дате су препоруке за мере умањења потенцијалних штетних утицаја. Упоредна анализа животних циклуса две различите врсте горива, односно два различита извора енергије, омогућила је идентификацију еколошки подобније алтернативе за добијање енергије.

Метода оцене животног циклуса представља једну од водећих и најчешће коришћених алата за управљање животном средином, која се осим у научним круговима, користи и за доношење стратешких одлука за фаворизовање коришћења ОИЕ у односу на фосилна горива. Укључивање еколошких перформанси заснованих на концепту животног циклуса у процесе доношења одлука корисно је и за јавне установе, компаније и индустријске организације.

3.4. Применљивост остварених резултата

Добијени резултати у оквиру ове докторске дисертације имају вишеструку примену. Примарни допринос и применљивост имају на пољу енергетске ефикасности и заштите животне средине услед доказаних нижих емисија испитиваних полутаната и утицаја у

испитиваним категоријама као што су: климатске промене, закишељавање тла, еутрофикација водених екосистема, токсичност, формирање честица и фотохемијских оксиданата, јонизујуће зрачење, исцрпљивање резерви воде и фосилних горива, као и услед високих вредности ЕО:ЕИ количника и количина нето топлотне енергије која се добија сагоревањем брикета мискантуса.

С обзиром да резултати истраживања ове докторске дисертације указују да је коришћење биомасе мискантуса еколошки прихватљивија алтернатива за добијање енергије у односу на традиционално коришћене ресурсе као што су угаљ и огревно дрво, практичност примењених резултата ове докторске дисертације се огледа у постављању основа и давању препоруке за развој и интеграцију енергетских засада у енергетску мрежу у Србији. Повећање количине добијене енергије из биомасе мискантуса гајеног на већим површинама енергетских плантажа може да допринесе достизању циља од 27% ОИЕ у финалној потрошњи енергије.

Израђена улазно-излазна матрица енергетских ланаца мискантуса (инвентаризација емисија полутаната, количине утрошеног горива, енергије и времена приликом коришћења пољопривредних машина) представља научну основу за истраживања која се баве еколошком и економском анализом узгоја других пољопривредних култура. Услед примене универзалне пољопривредне механизације, конструисана улазно-излазна матрица биомасе мискантуса може послужити као основа и за анализу еколошких аспеката узгоја других врста енергетских (пољопривредних) усева као што су преријско просо, трстика, медитеранска трска, итд. Такође, резултати добијени у овој дисертацији се могу применити и за анализе утицаја на животну средину типа „од колевке до гроба“ приликом примене биомасе мискантуса у друге намене (као грађевинског материјала, у индустрији производње амбалаже и папира, итд).

Значај добијених резултата у овој дисертацији се огледа и у њиховој применљивости на цео регион Балкана, с обзиром да до сада на овом региону није урађена ни једна студија која се бави овом тематиком.

Јасним и детаљним приказом ЛЦА методологије остварен је значајан допринос у примени ове методе у научним истраживањима у Србији.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У току израде докторске дисертације, кандидаткиња је потпуно оспособљена да самостално и критички направи литературни преглед, постави проблем, примени одговарајуће методе, анализира добијене резултате и да извуче неопходне закључке. Током израде дисертације под називом „Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса“, кандидаткиња је исказала стручност и самосталност у свим фазама израде тезе, пружајући допринос у областима примене и унапређења методологије производње зелене енергије и заштите животне средине. На основу изнетог, Комисија је мишљења да кандидаткиња поседује све квалитете који су неопходни за научно-истраживачки рад и самосталну презентацију добијених резултата.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни доприноси ове дисертације су:

- Израђена комплексна ЛЦА студија која обухвата шире границе система и анализу већег броја утицајних категорија;
- Дефинисан финални потрошач топлотне енергије мискантуса (који користи индивидуалне системе грејања) и дате процене утрошка енергије и емисија CO₂ po m².
- Израђена улазно-излазна матрица (коришћени ресурси, енергија, емисије полутаната) и евидентирани сви релевантни утицаји на животну средину разматраних енергетских ланаца мискантуса;
- Креирани енергетски ланци референтних фосилних горива и анализирани њихови утицаји на животну средину;
- Развијена методологија за процену утицаја на животну средину која може да се примењује и на друге енергетске ланце биомасе;
- Извршена инвентаризација емисија полутаната приликом коришћења пољопривредних машина која се може применити и у другим истраживањима која се баве економским и еколошким аспектима узгоја пољопривредних култура и оптимизацијом учинка пољопривредних машина;
- Представљена методологија процене промена количине угљеника у земљишту услед гајења мискантуса као и бенефити услед гајења мискантуса на запуштеном пољопривредном земљишту;
- Усвојена методологија за оптимизацију енергетских ланаца биомасе мискантуса;
- Представљена метода ЛЦА у циљу фаворизовања њене примене у научним истраживањима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Примарни допринос предметне докторске дисертације је успостављање методологије за анализу утицаја на животну средину енергетских ланаца биомасе. У односу на постојеће стање израђена је обимнија и комплекснија студија оцене животног циклуса мискантуса. Дефинисан је финални потрошач топлотне енергије и дате су процене добијене енергије по хектару обрадивог земљишта на коме се гаји мискантус и квантификоване емисије CO₂ po m². У овом истраживању утицај на животну средину је испитиван анализом већег броја категорија утицаја (оштећивање озонског омотача, закишељавање тла, еутрофикација водених екосистема, токсичност, формирање честица и фотохемијских оксиданата, јонизујуће зрачење, исцрпљивање резерви воде и фосилних горива) за разлику од досадашњих истраживања која се углавном фокусирају на испитивање утицаја у категорији климатске промене.

Резултати истраживања ове докторске дисертације се могу применити и на друге енергетске ланце биомасе а подаци о утрошцима и емисијама пољопривредних машина се могу искористити и у другим истраживањима. Ова студија је значајна за читав регион Балкана с обзиром да до сада није познато да је објављено истраживање које се бави овом тематиком користећи ЛЦА методу. Самим тим, од великог значаја је и промоција примене методе ЛЦА у научним круговима како у Републици Србији, тако и у региону.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидаткиња Милица Перић је верификовала научни допринос своје докторске тезе публиковањем следећих радова:

Радови објављени у научним часописима:

Категорија M21:

1. **Perić M.**, Komatina M., Antonijević D., Bugarski B., Dželetović Ž.,; Life Cycle Impact Assessment of Miscanthus Crop for Sustainable Household Heating in Serbia, *Forests*, vol. 9, no. 654, pp. 1–26, 2018 (IF=1.956) (DOI: 10.3390/f9100654).

Категорија M22:

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=1.431) (<https://doi.org/10.2298/TSCII71215113P>).
2. **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, (IF=1.415) (UDK 630*3) (ISSN: 1845-5719).

Категорија M24:

1. **Perić M.**, Hut I., Pelemis S., Matija L.,: Possible approaches to LCA methodology for nanomaterials in sustainable energy production, *Contemporary Materials (Renewable energy sources)*, VI–2 (2015), pp. 160-169, (UDK 502.174.3:620.92) (doi: 10.7251/COMEN1502160P).

Категорија M33:

1. Komatina M., Stupak I, **Perić M.**, “Legal framework for sustainable use of biomass in Serbia and Denmark, *Proceedings of the 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., **Perić 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*, Bari, Italija, 2012.
3. 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, pp.18-27, (ISBN 978-3-87907-629-1) (ISSN 2367-4253) (doi:10.14627/537629003).

Категорија M34:

1. **Perić M.**, Komatina M., Bugarski B., Antonijević D., Dželetović Ž., „Implementation of the Life Cycle Assessment (LCA) Methodology for the Promotion of Renewable Energy Sources, Climate Change Mitigation and Pollution Prevention“, *Humboldt Kolleg 2018, Sustainable Development and Climate Change: Connecting Research, Education, Policy and Practice*, p. 52, 2018.
2. Antonijević D., Jelić I., Petrić I., Zakić D., Savić A., Komatina M., **Perić M.**, Šljivić-Ivanović M., „Energy Efficiency and Sustainability of Biofibres-based Thermal Insulation“, *Humboldt Kolleg 2018, Sustainable Development and Climate Change: Connecting Research, Education, Policy and Practice*, p. 51, 2018.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно наведеног, мишљење Комисије је да докторска дисертација кандидаткиње **Милице Перић**, дипл. биолога за заштиту животне средине, под називом „**Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса**“ представља оригиналан научни допринос предметне области истраживања. Оригиналност докторске дисертације кандидаткиње је потврђена објављивањем више радова у часописима међународног значаја. Постављени предмет и циљеви докторске дисертације су остварени, на основу чега Комисија износи своје мишљење да докторска дисертација под називом „**Процена еколошке оправданости коришћења брзорастуће биљке *Miscanthus giganteus* као обновљивог извора енергије употребом методе Оцене животног циклуса**“ у потпуности испуњава све захтеване критеријуме као и да је кандидаткиња током израде дисертације показала научно истраживачку способност у свим фазама ове дисертације.

Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих и приказаних резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да прихвати овај Реферат, пружи на увид јавности поднету докторску дисертацију кандидаткиње Милице Перић, дипл. биолога за заштиту животне средине, у законом предвиђеном року, као и да Реферат упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка процедуре позове кандидаткињу на усмену одбрану дисертације пред Комисијом у истом саставу.

У Београду, 25.02.2019.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

.....
Др Александар Којовић, ванредни професор
Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду

.....
Др Драги Антонијевић, научни саветник
Иновациони центар Машинског факултета, Универзитет у Београду