

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА Факултет техничких наука

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>28.01.2016., br. 012-199/322014, Декан Факултета техничких наука на предлог Наставно научног већа ФТН</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>1. Др Милан Мартинов, редовни професор, УНО: Инжењерство биосистема; изабран у звање 01.10.1999., Факултет техничких наука у Новом Саду, председник;</p> <p>2. Др Срђан Глишовић, ванредни професор, УНО: Управљање квалитетом радне и животне средине, изабран у звање 13.11.2012., Факултет заштите на раду у Нишу, члан;</p> <p>3. Др Ђорђе Вукелић, ванредни професор, УНО: Метрологија, квалитет, прибори и еколошко инжењерски аспекти; изабран у звање 21.10.2015., Факултет техничких наука у Новом Саду, члан;</p> <p>4. Др Ференц Киш, научни сарадник, УНО: Менаџмент и бизнис; изабран у звање 26.03.2013., Технолошки факултет у Новом Саду, члан;</p> <p>5. Др Игор Будак, ванредни професор, УНО: Метрологија, квалитет, прибори и еколошко инжењерски аспекти, изабран у звање 02.06.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Бранислав, Тривун, Милановић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>02.04.1983. год., Нови Сад, Нови Сад, Р. Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Инжењерство заштите животне средине, Дипломирани инжењер заштите животне средине - мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>2009. год., Инжењерство заштите животне средине</p>

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -
6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -
<b>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b> Развој хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса
<b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b> Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.
<p>Докторска дисертација кандидата Бранислава Милановића је прегледно и јасно изложена у оквиру седам поглавља:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увод</li> <li>2. Анализа могућности интеграције ексергетске анализе у оквир оцењивања животног циклуса</li> <li>3. Развој хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса</li> <li>4. Верификација функционалности и практичне применљивости развијеног хибридног модела на реалним индустријским примерима</li> <li>5. Дискусија</li> <li>6. Закључци</li> <li>7. Литература</li> </ol> <p>У уводном поглављу је представљен проблем истраживања, дат је детаљнији преглед стања у области, дефинисани су циљеви и постављене хипотезе истраживања, а поглавље завршава краћим описом садржаја дисертације. У другом поглављу је извршена анализа прве постављене хипотезе - да је интеграцијом ексергетске анализе у оквир оцењивања животног циклуса могуће развити хибридни приступ који би карактерисао синергетски ефекат у погледу истицања појединачних позитивних особина ова два алата. Анализа је обухватила истраживање предности и недостатака поменутих алата, као и области примене LCA и ексергетске анализе. Оправданост интеграције поменутих метода је елаборирана и на бази досадашњих покушаја интегрисања LCA и ексергетске анализе, као и интеграције ексергије у LCA базе података. У трећем поглављу је проверена друга хипотеза - практична изводљивост структурне интеграције ексергетске анализе у оквир оцењивања животног циклуса кроз развој хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса. Развој хибридног модела је приказан кроз четири карактеристичне целине: дефинисање циља и предмета, инвентар животног циклуса, оцењивање утицаја животног циклуса и интерпретацију резултата. Инвентар животног циклуса је укључио израчунавање садржаја ексергије материјалних и енергетских токова, као и прилагођавање ексергетског прорачуна хибридном моделу. Оцењивање утицаја животног циклуса обухватило је развој и увођење нове категорије утицаја, као и развој карактеризационог модела. У четвртном поглављу спроведена је верификација функционалности и практичне применљивости развијеног хибридног модела на реалним индустријским примерима, што суштински представља проверу треће хипотезе. Примери из индустрије су обухватили производњу ламинатног паркета и компарацију хибридних и конвенционалних базних предајничких станица мобилне телефоније. Добијени резултати су детаљно дискутовани, на основу чега су изведени закључци и препоруке за унапређење посматраних система. Пето поглавље садржи општу дискусију спроведеног истраживања, са посебним освртом на постављене хипотезе и циљ истраживања. У шестом поглављу су изведени закључци истраживања, при чему је посебна пажња посвећена демонстрираним научним и стручним доприносима, као и могућим правцима даљих истраживања. У седмом поглављу су наведени коришћени литературни извори, а на крају рада дати су прилози.</p> <p>Дисертација је написана на 116 страна А4 фомата, садржи 7 поглавља, 27 слика, 23 табеле, 125 цитираних литературних извора и 8 прилога.</p>

## V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Проблем истраживања** докторске дисертације је проистекао из актуелне тенденције преласка развијених индустријских друштава на активности које су повољније по животну средину. Са циљем унапређења актуелних индустријских система, а у складу са постулатом одрживог развоја, развијен је читав спектар аналитичких алата за истраживање и развој ради превазилажења постављених изазова и проналажења потенцијалних унапређења. Оцењивање животног циклуса (LCA) и ексергетска анализа спадају у значајније алата те врсте, који се примењују већ дужи низ година. Производња савремених производа који задовољавају оштре захтеве из области заштите животне средине, намеће потребу за константним унапређењем постојећих алата, односно развојем нових, који ће омогућити испуњење постављених захтева.

Имајући у виду претходно, а респектујући могућности као и ограничења LCA и ексергетске анализе, за основни **циљ истраживања** је постављен развој хибридног модела, који обухвата унапређење постојећег методолошког оквира оцењивања животног циклуса интерграцијом одговарајућих аспеката ексергетске анализе. Поменути хибридни модел би, на тај начин, одликовао синергетски карактер, кад је реч о добрим странама појединачних алата, односно смањивање њихових појединачних недостатака. У складу са постављеним циљем, дефинисане су **хипотезе**, којима је обухваћено: испитивање могућности интеграције ексергетске анализе у методски оквир LCA, затим могућност развоја хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса, као и провера функционалности и практичне применљивости развијеног хибридног модела на реалним индустријским проблемима.

**Прва хипотеза** - да је интеграцијом ексергетске анализе у оквир оцењивања животног циклуса могуће развити хибридни приступ који би карактерисао синергетски ефекат у погледу истицања појединачних позитивних особина ова два алата - је проверена у оквиру другог поглавља. Обухваћене су анализе предности и недостака ова два комплексна алата, као и анализа области примене LCA и ексергетске анализе. Оправданост интеграције LCA и ексергетске анализе је анализирана на основу запажених преклапања у њиховим областима примене, као и кроз анализу бенефита од интеграције ових алата. При томе, посебна пажња је посвећена анализи досадашњих приступа у области интегрисања LCA и ексергетске анализе, са акцентом на идентификацију кључних аспеката ових приступа. Анализом је обухваћено и укључивање ексергије у LCA базе података, респектујући значај овог аспекта за интеграцију ова два алата. Спроведеном анализом су постављене основе за даље истраживање и проверу друге хипотезе, односно развој хибридног модела.

Провера **друге хипотезе** - структурна интеграција ексергетске анализе у оквир оцењивања животног циклуса је практично изводљива кроз развој хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса - је реализована у оквиру трећег поглавља дисертације. Развој хибридног модела је осмишљен кроз унапређење постојећег методског оквира LCA, због чега је и његов развој представљен кроз карактеристичне фазе LCA: дефинисање циља и предмета, инвентар животног циклуса, оцењивање утицаја животног циклуса и интерпретацију резултата. Најзначајнија унапређења методског оквира су у оквиру фаза инвентара животног циклуса (LCI) и оцењивања утицаја животног циклуса (LCIA). За потребе прикупљања података за инвентар животног циклуса, развијен је нови LCI модул. Измене које се односе на инвентар, односно прецизније на начин прикупљања података, су биле неопходне због укључивања параметара потребних за израчунавање вредности садржаја ексергије токова. Унапређење LCIA фазе је реализовано кроз развој оригиналног приступа за израчунавање укупне потрошње ексергије, укључивањем додатне категорије утицаја, развојем индикатора категорије утицаја, као и развојем приступа за израчунавање карактеризационих фактора. За те потребе је спроведена и анализа постојећих најчешће примењиваних LCIA метод, с циљем избора адекватног у који ће бити укључена додатна категорија утицаја, као и индикатор категорије утицаја, који заједно описују укупну потрошњу ексергије током животног циклуса. Изабран је CML метод, а приликом избора категорије утицаја су поштовани одређени критеријуми, које она мора да задовољи да би могла бити адекватно укључена у поменути, изабрани, LCIA метод. Битан део унапређења оцењивања утицаја животног циклуса је садржан у развоју прорачуна карактеризационих фактора. Постављени хибридни методски оквир посматра комплетан животни циклус, али и сваки од

јединичних процеса који укључују елементарне токове, односно токове узете из природног система без додатне обраде, као и токове производа, односно токове који су на неки начин измењени од стране појединих антропогених система. Израчунавање садржаја ексергије и карактеризационих фактора је спроведено како за елементарне токове тако и за токове производа.

**Трећа хипотеза** - развијени хибридни модел ће карактерисати функционалност и практична применљивост на реалним индустријским примерима - је проверена у оквиру четвртог поглавља. Изабрани индустријски проблеми за тестирање развијеног хибридног модела су укључили производњу ламинатног паркета и компаративну анализу хибридних и конвенционалних базних предајничких станица мобилне телефоније. Добијени резултати хибридног модела оцењивања животног циклуса су детаљно дискутовани, на основу чега су изведени одговарајући закључци и донесене адекватне препоруке за унапређење анализираних система. Добијени резултати омогућавају детаљнији и свеобухватнији увид у оптерећења животне средине настала током целокупног животног циклуса посматраних система, те потврђују практичну применљивост развијених хибридног модела.

У оквиру петог поглавља је спроведена детаљна и систематична **дискусија** резултата истраживања. При томе је посебна пажња посвећена реализацији циља истраживања и потврђивању постављених хипотеза.

Одговарајући **закључци** реализованих истраживања су изведени у шестом поглављу докторске дисертације. Након краћег осврта на реализацију циља и потврђене хипотезе истраживања, посебно су коментарисани доприноси реализованих истраживања, као и могући правци даљих истраживања који су отворени реализацијом ове докторске дисертације. Резултати истраживања, у општем смислу, представљају допринос стварању услова за производњу одрживих производа и процеса. Развијени хибридни модел за оцењивање животног циклуса производа и процеса омогућује добијање додатних информација у вези са утицајима на животну средину, које могу бити корисне у процесу доношења одлука на свим нивоима, како у индустрији тако и у државним институцијама. То је омогућено захваљујући развијеном хибридном методском оквиру LCA, пре свега у фазама инвентарисања животног циклуса и оцењивања утицаја животног циклуса. Када је реч о могућим правцима будућих истраживања, пре свега треба поменути даљи развој методског оквира постављеног хибридног модела кроз укључивање LCIA метода које користе механизам за оцењивање утицаја и преко категорија оштећења. Као могући правац даљих истраживања идентификована је могућност повезивања хибридног модела са другим дисциплинама, нарочито економским и социјалним.

Коришћена **литература** обухватила је велики број научних и стручних публикација које су наведене у седмом поглављу. Највећи број цитираних публикација је новијег датума из међународних научних часописа са SCI листе, а коришћени су и радови са националних и међународних научних и стручних скупова, као и монографије. Поред тога консултовани су и актуелни међународни стандарди, пре свега серије ISO 14040, и актуелни међународни приручници из истраживане области.

## **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. Vještica S., Budak I., Kljajin M., Vukelić Đ., **Milanović B.**, Milanković D., Hodolić J.: Model for analysis of environmental impacts of production processes in flooring industry based on LCA, Tehnicki vjesnik - Technical gazette, 21, 3(2014), 457-466, ISSN 1848-6339 - **M23**
2. G. Vujić, M. Pavlović, **B. Milanović**, D. Milanković, J. Hodolić, I. Budak: Analysis of motor vehicle

recycling in Serbia by the application of LCA, International Solid Waste Association, "ISWA BEACON 2010", 2010, Proceedings, page 228-236, ISBN 978-86-7892-305-0 - **M33**

3. **Milanovic B.**, Milankovic D.: Identification of possibilities for implementation of ELV (End of Life Vehicle) system in less developed countries – case study for Serbia, Nordic Life Cycle Association, "3RD NORLCA SYMPOSIUM 2011", September 2011, Helsinki, Finland, Symposium Proceedings, page 103-106 - **M33**
4. I. Budak, S. Vjestica, **B. Milanovic**, D. Milankovic, DJ. Vukelic, J. Hodolic and M. Martinov: LCA of an industrial plant after the implementation of waste-to-energy, International Solid Waste Association, "ISWA BEACON 2011", Novembar 2011, Novi Sad, Srbija, Proceedings, page 136-144, ISBN 978-86-7892-361-6 - **M33**
5. D. Milankovic, **B. Milanovic**, B. Agarski, B. Crnobrnja, M. Ilic, B. Kosec, I. Budak: Life Cycle Assesment of an Intermodal steel building unit in Serbia, Internationa Scientific Conference MMA 2012 Advanced Production Technologies, Faculty of Technical Science, Novi Sad, Serbia, 20-21 September, 2012, ISBN 978-86-7892-419-4 - **M33**
6. B. Agarski, **B. Milanovic**, D. Milankovic, M. Ilic, I. Budak, Dj. Vukelic, J. Hodolic: Application of Analytic Hierarchy Process for Weighting of Impact Categories in Life Cycle Impact Assesment, 7. International Quality Conference, Kragujevac: Faculty of Engineering, 24 May, 2013, pp. 181-187, ISBN: 978-86-86663-93-1 - **M33**
7. **Milanović B.**, Milanković D., Vještica S., Szita-Tothe K., Hodolič J., Budak I.: Life cycle assessment of wood floor coverings - case study for multilayer laminate parquet's production process, 19. LCA Case Study Symposium, Rome: Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), 11-13 Novembar, 2013, pp. 160-161, ISBN 2310-3191 - **M34**
8. **Milanovic B.**, Vjestica S., Budak I. 2014. Life Cycle Exergy Assessment - Case study for wood floorings. SETAC 20th LCA Case Study Symposium, Novi Sad, Serbia. Proceedings, page 57 - **M34**
9. **Milanovic B.**, Asurdzic N. 2014. Comparative LCA model for On-grid Hybrid Base Transceiver Stations and conventional Base Transceiver Station. SETAC 20th LCA Case Study Symposium, Novi Sad, Serbia. Proceedings, page 64 - **M34**
10. Milanković D., **Milanović B.**, Agarski B., Ilić M., Crnobrnja B., Nagode A., Kosec B., Budak I., Life cycle assessment of an intermodal steel building unit, Faculty of Natural Science and Engineering, University of Ljubljana, RMZ - Materials and Geoenvironment, 2013, pp. 67-72, ISSN 1408-7073 - **M51**

## VII ZAKЉUČCI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Rezultati istraživanja predstavljени су кроз проверу постављене три хипотезе. Према првој хипотези истраживања, интеграцијом ексергетске анализе у оквир оцењивања животног циклуса би се реализовао хибридни приступ који би карактерисао синергетски ефекат када је реч о добрим странама ова два појединачна алата. Следећа хипотеза претпоставља да је структурна интеграција ова два алата могућа, а последња, трећа хипотеза да ће ову хибридну интеграцију два алата карактерисати применљивост.

На основу позитивних резултата анализе литературе, на бази које је потврђена идеја основне хипотезе, оправданост интеграције оцењивања животног циклуса и ексергетске анализе је реализована кроз развој хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса. Функционалност развијеног хибридног модела у пракси, односно применљивост у реалним индустријским условима, потврђена је кроз две студије случаја.

На основу остварених резултата истраживања, могуће је извести закључак да је развојем хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса испуњен постављени циљ истраживања ове докторске дисертације - да се комбиновањем оцењивања животног циклуса и ексергетске анализе, развије нови приступ који ће омогућити искоришћавање њихових појединачних предности на основу унапређења постојећег методског оквира оцењивања животног циклуса интерграцијом одговарајућих аспеката ексергетске анализе.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Резултати истраживања, остварени у оквиру ове докторске дисертације, приказани су и тумачени на јасан и систематичан начин, у складу са карактером проблема истраживања и опште прихваћеном праксом у области истраживане проблематике, што је и потврђено цитатима из кредибилних и актуелних литературних извора. Резултати истраживања потврђују постављене хипотезе, што је, кроз дискусију резултата, јасно и детаљно образложено.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за докторску дисертације у области техничко технолошких наука. Дефинисан је проблем истраживања и постављене су хипотезе истраживања, које су проверене и потврђене на одговарајућ и систематичан начин, у складу са методом научног рада. Добијени резултати су адекватно представљени и детаљно дискутовани, а на крају су изведени одговарајући закључци. Кредибилна и актуелна литература је на одговарајући начин наведена и цитирана у тексту дисертације.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Докторска дисертација, у општем смислу, представља допринос стварању основе за развој и производњу одрживих производа и процеса. Развијени хибридни модел за оцењивање животног циклуса производа и процеса омогућава добијање нових, додатних информација у вези са оптерећењем животне средине, које могу бити од значаја у процесу доношења одлука на свим нивоима одлучивања, како у индустрији тако и у институцијама система.

У посебном смислу, спроведено истраживање представља оригинални допринос развоју LCA методског оквира. Развијени хибридни модел омогућава детаљну анализу потрошње ексергије у животном циклусу, уз истовремено праћење осталих оптерећења животне средине, што овај приступ издваја од осталих. На тај начин, модел помаже у превазилажењу изазова с којима се LCA метода среће приликом поређења и вредновања резултата различитих негативних утицаја на животну средину. Еколошки увиди добијени применом хибридног модела, који омогућавају детаљно разумевање извора и величине негативних утицаја, не би били могући реализацијом традиционалне LCA студије. Са друге стране, у поређењу са традиционалном ексергетском анализом, хибридни модел омогућава успостављање везе између потрошње ексергије јединичног процеса са потрошњом ексергије дефинисаног животног циклуса, што га опет издваја у односу на остале приступе.

Допринос развоју и унапређењу постојећих LCA база података, се огледа у потенцијалној интеграцији израчунатих садржаја ексергије у оквиру ових база података. Садржаји ексергије су израчунати за велики број материјалних и енергетских токова и јединичних процеса. Израчунавање садржаја ексергије токова производа је оно што овај хибридни модел чини јединственим. Садржај ексергије токова се усваја као карактеризациони фактор и може се интегрисати у постојеће LCA базе података. Усвајање приступа за израчунавање садржаја ексергије елементарних токова и садржаја ексергије јединичних процеса, издваја развијени хибридни модел од осталих. На тај начин се садржај ексергије може израчунати и за укупне улазе потребне за добијање посматраног производног система, али и за сваки јединични процес појединачно, што води одређивању потрошње ексергије појединих фаза животног циклуса, а тиме и животног циклуса у целини.

Допринос у оквиру LCIA, се огледа у укључивању додатне категорије утицаја, која описује укупну потрошње ексергије током животног циклуса посматраног производног система, у оквир постојећег LCIA метода, поред већ покривених категорија утицаја, што је и потврђено на примеру CML метода. Да би се ово укључивање спровело на структурном нивоу, неопходно је било развити индикатор категорије утицаја и карактеризационе факторе. За потребе хибридног модела развијен је посебан прорачун карактеризационих фактора материјалних и енергетских елементарних токова и токова производа. Овако развијени LCIA модул је могуће интегрисати и у остале LCIA методе који користе механизам за оцењивање утицаја на бази категорија утицаја средишњег нивоа.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Докторска дисертација нема недостатака који би битније утицали на резултате истраживања.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

**Комисија, на основу укупне оцене докторске дисертације, предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука и Сенату Универзитета у Новом Саду да се докторска дисертација “Развој хибридног модела за оцењивање животног циклуса производа и процеса”, прихвати и да се кандидату Браниславу Милановићу одобри јавна одбрана.**

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

Др Милан Мартинов, редовни професор, УНО:  
Инжењерство биосистема, Факултет техничких наука  
у Новом Саду, Председник

---

Др Срђан Глишовић, ванредни професор, УНО:  
Управљање квалитетом радне и животне средине,  
Факултет заштите на раду у Нишу, Члан

---

Др Ђорђе Вукелић, ванредни професор, УНО:  
Метрологија, квалитет, прибори, и еколошко  
инжењерски аспекти, Факултет техничких наука у  
Новом Саду, Члан

---

Др Ференц Киш, научни сарадник, УНО: Менаџмент  
и бизнис, Технолошки факултет у Новом Саду, Члан

---

Др Игор Будак, ванредни професор, УНО:  
Метрологија, квалитет, прибори, и еколошко  
инжењерски аспекти, Факултет техничких наука у  
Новом Саду, Ментор