

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ПОДОБНОСТИ ТЕМЕ, КАНДИДАТА И МЕНТОРА ЗА
ИЗРАДУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Орган који је именовао комисију: Наставно научно веће Факултета техничких наука

Датум именовања комисије: 27.10.2022.

Састав комисије именоване у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду*:

- | | | | |
|----|--|-------------------|---|
| 1. | др Дејан Убавин | Редовни професор | Инжењерство заштите животне |
| | презиме и име | звање | ужа научна област |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | | Председник |
| | установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 2. | др Немања Станисављевић | Ванредни професор | Инжењерство заштите животне |
| | презиме и име | звање | ужа научна област |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | | Члан |
| | установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 3. | др Маја Петровић | Доцент | Инжењерство заштите животне |
| | презиме и име | звање | ужа научна област |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | | Члан |
| | установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 4. | др Борис Агарски | Ванредни професор | Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори |
| | презиме и име | звање | ужа научна област |
| | Факултет техничких наука, Нови Сад | | Члан |
| | установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |
| 5. | др Горан Бошковић | Ванредни професор | Енергетика и процесна техника |
| | презиме и име | звање | ужа научна област |
| | Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу | | Члан |
| | установа у којој је запослен-а | | функција у комисији |

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме: Исидора Тамара Бережни
2. Датум рођења: 06.04.1996. Место и држава рођења: Сремска Митровица, Србија

II.1 Основне или интегрисане студије

Година уписа: Година завршетка: Просечна оцена током студија:

Универзитет: Универзитет у Новом Саду

Факултет: Факултет техничких наука

Студијски програм: Инжењерство заштите животне средине

Стечено звање: Дипломирани инжењер заштите животне средине

II.2 Мастер или магистарске студије

Година уписа: Година завршетка: Просечна оцена током студија:

Универзитет: Универзитет у Новом Саду

Факултет: Факултет техничких наука

Студијски програм: Инжењерство заштите животне средине

Стечено звање: Мастер инжењер заштите животне средине

Научна област: Инжењерство заштите животне средине

Наслов завршног рада: Компарација технолошког процеса рециклаже електронског отпада – студије случаја постројења у Нишу и Верони (Италија)

II.3 Докторске студије

Година уписа:

Универзитет: Универзитет у Новом Саду

Факултет: Факултет техничких наука

Студијски програм: Инжењерство заштите животне средине

Број ЕСПБ до сада остварених: Просечна оцена током студија:

II.4 Приказ научних и стручних радова кандидата

Р. бр.	аутори, наслов рада, часопис, волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категорија
1.	Berežni I. , Castro F. D., Batinić B., Stanisavljevic N., Mentore Vaccari M.: WEEE treatment and system Management in Italy and Serbia: A comparison. Waste Management & Research, 2021, Vol. 39, No. 10, pp. 1302-1316, ISSN: 1096-3669 (IF 2021 = 3.549).	M22
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

Р. Бр.	Аутори, наслов рада, часопис, волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категорија
2.	Berežni I. , Marinković T., Bežanović V., Živančev M., Batinić B.: Analysis of household's e-waste awareness, and disposal behavior in Novi Sad. 29th International Conference Ecological Truth and Environmental Research, 21.-24. June 2022, Sokobanja, Serbia, pp. 276-283, ISBN 978-86-6305-123-2.	M33
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

Р. бр.	аутори, наслов рада, часопис, волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категорија
3.	Berežni I. , Marinković T., Tošić N., Stanisavljevic N., Batinić B.: Upravljanje e-otpadom: Trenutno stanje i najznačajniji uticaji na životnu sredinu i zdravlje ljudi. Konferencija Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, 14.-16. June 2022, Subotica, Serbia.	M33
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

Р. бр.	аутори, наслов рада, часопис, волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категорија
4.	Berežni I. , Marinković T., Stanisavljevic N., Batinić B.: WEEE in Serbia: Status of pre-treatment methods and its influence on the recovery of critical metals. 9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15.-18. June 2022, Corfu, Greece.	M33
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

Р. бр.	аутори, наслов рада, часопис, волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категорија
5.	Marinković T., Berežni I. , Tošić N, Stanisavljevic N., Batinić B.: Challenges in applying extended producer responsibility policies in developing countries: A case study in e-waste management in Serbia. 9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15.-18. June 2022, Corfu, Greece.	M33
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

Р. бр.	аутори, наслов рада, часопис, волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категорија
--------	---	------------

6.	Berežni I. , Batinić B., Stanisavljevic N., Castro F. D., Vaccari M.: Comparison of WEEE recycling practice in Italy and Serbia, XIV International Mineral Processing and Recycling Conference, May 12-14, 2021, Belgrade, Serbia, pp. 281-291, ISBN 978-86-6305-113-3.	M33
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

Р. бр.	аутори, наслов рада, <i>часопис</i> , волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категирија
7.	Batinić B., Berežni I. , Marinković T., Stanisavljevic N.: Current state and challenges in WEEE recycling industry in Serbia, International Conference on Environmental Science and Technology, 4.-7. September 2019, Rhodes, Greece.	M33
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

Р. бр.	аутори, наслов рада, <i>часопис</i> , волумен (година) странице од-до, DOI или ISBN/ISSN	категирија
8.	Stanisavljevic N., Tošić N., Batinić B., Berežni I. : Future questions for recycling societies, XIV International Mineral Processing and Recycling Conference, 12-14 May 2021, Belgrade, Serbia, page 33, ISBN 978-86-6305-113-3.	M34
Рад припада проблематици докторске дисертације: <u>ДА</u> НЕ ДЕЛИМИЧНО		

III ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ ТЕМЕ

Оцена:

III.1 формулације наслова тезе

Иновативни модел за развој и евалуацију система за управљање електричним и електронским отпадом

Наслов тезе је подобан?

ДА

НЕ

ДЕЛИМИЧНО

III.2 предмета (проблема) истраживања

Развој индустрије, повећана урбанизација и све већа зависност човека од технологије на глобалном нивоу доводи до повећане употребе електричне и електронске опреме (ЕЕО), што за последицу има стварање већих количина ове врсте отпада. Електрични отпад (е-отпад) садржи различите опасне материје, попут кадмијума, олова, живе, полихлорованих бифенила и бромованих успоривача горења, који представљају ризик по животну средину и здравље људи уколико се њима не управља на одговарајући начин. Такође, неефикасно управљање овим током отпада директно доприноси климатским променама и повећању емисије гасова са ефектом стаклене баште (енг. *Greenhouse gases*, GHG), током потрошње енергије услед транспорта, третмана, одлагања на депоније итд. Технолошки напредак и промена људских потреба утичу на скраћење животног циклуса електричне и електронске опреме (Menkiriya и др., 2014). У складу са тим, ова врста отпада препозната је као најбрже растући ток отпада у свету, са годишњом стопом раста од 4% до 5%, троструко већом од осталих токова (Baldi и др., 2015). Током 2019. године забележена је рекордна вредност од 53,6 милиона тона овог отпада, што је за 9,2 милиона тона више него у 2014. години. Пројекције су да ће до 2030. године количина генерисаног електронског отпада порасти до 74,4 милиона тона што је двоструко више за само 16 година (Forti и др., 2020).

У циљу успостављања адекватног система управљања и контроле кретања електронског отпада Европска унија (ЕУ) усвојила је две Директиве, Директиву 2002/96/EC о отпадној електричној и електронској опреми (енг. *Waste of Electrical and Electronic Equipment*, WEEE) и Директиву 2011/65/EU, која се још назива и „RoHS“ (енг. *Restriction of Hazardous Substances*) и која ограничава употребу опасних супстанци у електронској и електричној опреми. Директива 2002/96/EC допуњена је Директивом 2012/19/EC и њени циљеви су смањење количине е-отпада који се одлаже на депоније и побољшање укупног учинка електричних и електронских производа на животну средину током животног циклуса. Имплементацијом принципа „Продужене одговорности произвођача“ од произвођача се тражи да финансирају сакупљање, третман, поврат (поновно искоришћење) и еколошко одлагање е-отпада. Директивом 2002/95/EC о ограничењу количине потенцијално опасних материјала садржаних у електронским и електричним апаратима прописана је обавеза да, од 2008. године, олово, жива, кадмијум, шестовалентни хром, полибромовани бифенили и полибромовани дифенили у е-опреми морају бити замењени другим материјама.

Република Србија ускладила је своје прописе са директивама ЕУ кроз одговарајуће законе, правилнике и уредбе. Према захтевима WEEE Директиве, Република Србија до 2019. године, мора да испуни циљ који подразумева сакупљање 4 kg е-отпада генерисаног у домаћинствима/ст на годишњем нивоу. У периоду од 2016. до 2018. године минимална стопа сакупљања у земљама чланицама ЕУ износила је 45%. Од 2019. године циљ је да стопа сакупљања на годишњем нивоу буде најмање 65%, израчунато на основу укупно прикупљеног е-отпада и просечне тежине е-опреме стављене на тржиште у претходне три године, или, алтернативно, 85% генерисаног е-отпада. На основу броја становника у Републици Србији, који је добијен пописом становништва у 2011. години, а који износи 7.186.862 становника, као и података о укупној количини генерисаног е-отпада, процењује се да у Србији настане 11,13 kg/ст/год овог отпада (Marinković и др., 2017).

У последње две деценије, емисије гасова са ефектом стаклене баште постале су значајно питање заштите животне средине. Према извештају Међувладиног панела за климатске промене, без предузимања икаквих акција, глобална температура ће порасти за више од 1,5°C, док су у последњих 10 хиљада година климатске промене утицале на пораст температуре за свега 1°C. Уочено повећање просечне вредности температуре на глобалном нивоу највероватније је резултат

повећања концентрационих нивоа гасова стаклене баште. Ови гасови, претежно угљен-диоксид (CO_2) и метан (CH_4) емитују се у атмосферу и значајно утичу на глобално загревање (IPCC, 2018). Као одговор на растући проблем у вези са климатским променама, међународне активности усмеравају се на смањење емисије гасова са ефектом стаклене баште, где сектор управљања отпадом такође треба да пружи свој допринос.

Материјали и супстанце из е-отпада, које треба збринути на одговарајући начин захтевају интердисциплинарни приступ који задовољава циљеве управљања отпадом. Разумевање и познавање трансформације материјала и супстанци из отпада, као и начин на који утичу на животну средину, неопходни су за доносиоце одлука у циљу развијања система за управљање отпадом. Примена различитих технологија за третман отпада доводи до његове трансформације што последично утиче на промене у токовима материјала и супстанци, истовремено утичући на животну средину, услед чега је, за квалитетно управљање отпадом, потребан приступ који се заснива на праћењу промена и токова свих компоненти (Stanisavljevic, 2013).

Методе анализа токова материјала (енг. *Material Flow Analysis*, MFA) и анализа токова супстанци (енг. *Substance Flow Analysis*, SFA) у комбинацији са оцењивањем животног циклуса (енг. *Life cycle assessment*, LCA) могу да се користе као алати приликом доношења одлука за развој и унапређење система за управљање отпадом. MFA и SFA се заснивају на познавању токова материјала и супстанци унутар посматраног система, омогућавајући на тај начин праћење корисних, али и штетних материја кроз читаве токове, док LCA представља користан алат за квантификацију емисија из одређених производа или активности кроз њихов целокупни животно циклус (Stanisavljevic, 2013). Према томе, резултати који би произашли из комбинације ових алата, пружили би основу за свеобухватно и транспарентно разумевање различитих система за управљање отпадом.

Предмет истраживања је подобан? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

III.3 познавања проблематике на основу изабране литературе са списком литературе

Системи управљања е-отпадом обично се анализирају на основу количина отпада које се генеришу, сакупљају, поново користе или рециклирају, третирају или одлажу, што је свакако корисно али не и довољно за извођење закључака о перформансама система и њиховом утицају на животну средину или поређења са другим системима у различитим земљама. Како би се елиминисале или умањиле опасне емисије у животну средину, а вредне компоненте вратиле у систем, управљање отпадом треба да се ослања на управљање његовим компонентама путем интегрисаног система управљања (Gurauskiene и Stasiskiene, 2011). Квантификација токова отпада представља први корак ка бољем управљању (Bakhiyi и др., 2018). У складу са тим, анализа токова материјала и анализа токова супстанци јесу алати који пружају основу за квантификацију, процену, побољшање или стратешко планирање система управљања отпадом. Будући да се резултати могу контролисати једноставном равнотежом масе улаза, излаза и залиха, комбинација MFA и SFA се показала као једноставна, али ефикасна метода, погодна за примену у условима у којима постоји ограничење података како у квантитативном, тако и квалитативном смислу (Brunner и Rechberger, 2005; Steicher-Porte и др., 2007; Stanisavljevic и Brunner, 2014).

MFA и SFA имају широку примену у анализи различитих аспеката е-отпада и система управљања е-отпадом као што су процена токова е-отпада, анализа и оцена перформанси система управљања е-отпадом, дефинисање непознатих токова и анализа сценарија управљања за подршку стратешком плану управљања е-отпадом (Tran и др., 2018). У зависности од потреба, може се спроводити на различитим нивоима, интернационалном, националном, регионалном, на нивоу заједница, на нивоу компанија и на све антропогене системе, а резултати добијени овом методом омогућавају идентификацију извора, коначних одредишта и трансфера најважнијих материјала, као и хијерархију управљања у зависности од значаја. Развијањем различитих сценарија, могу да се упореде мере у погледу ефикасности које још увек нису примењене или планиране (Stanisavljevic, 2013; Baccini и Bader, 1996; Steubing, 2010). За обједињавање свих потребних карактеристика и приказ резултата MFA и SFA користи се STAN софтвер (енг. *subSTance flow ANalysis*) заснован на масеном билансу, а резултати моделованог система се приказују графички, на нивоу добара и супстанци, при чему је могуће разматрати и несигурност података (Cencic и Rechberger, 2008).

Tran и сарадници (2018) применили су MFA, на нивоу добара и супстанци, како би квантификовали генерисане количине е-опreme и дали будуће пројекције. Додатно, извршили су

квалитативну и квантитативну анализу токова е-отпада и њихових супстанци у оквиру постојећег система управљања. Резултате су затим искористили за процену тренутног система, идентификацију недостатака система и дефинисање потенцијалних побољшања и планова управљања. Истраживање је било засновано на студији случаја одбачених телевизора из домаћинства у урбаним подручјима Вијетнама, где су све активности које утичу на токове отпадних телевизора дефинисане и представљене као процеси и међусобно су повезане. Баланс масе је примењен како би се за сваки процес дефинисао одлив на основу величине прилива и залиха. За добијање информација потребних за моделовање токова отпадних телевизора спроведено је истраживање у виду анкета, у циљу добијања репрезентативних резултата, док су подаци о процесима третмана е-отпада добијени из различитих литературних података и спроведених сопствених истраживања у постројењима за прераду. Анализа токова супстанци такође је одрађена за шест главних излазних материјала: стакло, пластика, бакар, гвожђе и челик, алуминијум и племенити метали (злато, сребро и платина). Резултати су показали да је MFA ефикасан алат који може да обезбеди транспарентну и систематску анализу и да је погодан за примену у системима управљања отпадом.

Steubing и сарадници (2010) су, осим за моделовање тренутног система управљања, искористили MFA за развој додатних сценарија у циљу дефинисања могућих горњих и доњих граница стварања е-отпада од рачунарске опреме. Сценарији су развијени анализом понашања потрошача, путем интервјуа и анализе пракси произвођача, потрошача из приватног и државног сектора, сакупљача и рециклера, на основу чега су направљене претпоставке о стопи генерисања овог тока отпада у будућности. У сценарију са нижом стопом генерисања отпада, трансфер коефицијенти су модификовани како би се повећали токови отпада који одлазе на поновну употребу или складиштење, минимизирајући тако токове који одлазе директно на рециклажу или одлагање, док је за сценарио са вишом стопом генерисања урађено супротно. Са методолошке тачке гледишта, MFA представљен у овој студији показао се као одговарајући алат за истраживање утицаја избора потрошача (складиштење, поновна употреба, одлагање) на стопу генерисања е-отпада. Из тога се може закључити да се анализа тока материјала такође може применити и на друге сценарије као што је увођење шема за сакупљање, рециклажу, промене понашања потрошача и других индикатора који могу утицати на генерисање ове врсте отпада.

Осим ових, бројне друге студије потврђују важност анализе токова материјала као алата за процену и идентификацију система управљања отпадом у циљу подршке доносиоцима одлука за развој будућих интегрисаних система. Duynan и Meylan (2015) комбиновали су MFA са структурном анализом како би идентификовали основне социо-економске узроке кретања токова е-отпада у Швајцарској. Kahhat и Williams (2012) су користећи комбинацију примарних података добијених из анкета спроведених у домаћинствима и привредном сектору и секундарних података из постојећих студија о рециклажи и депоновању, развили MFA модел токова отпадних монитора и преносних рачунара, у циљу квантификације количина отпада који се извози из Сједињених америчких држава (САД). Lau и сарадници (2013) су моделовали MFA за токове е-отпада у Хонг Конгу, Van Eujen и сарадници (2016) објавили су студију која укључује комбинацију MFA и LCA за третман е-отпада након дробљења, док су Allesch и Brunner (2016) представили употребу MFA за анализу сценарија који би допринели дефинисању регулатива о управљању е-отпадом у Аустрији.

Како би се системи дефинисани помоћу MFA и SFA могли даље евалуирати у смислу процене њиховог утицаја на животну средину, потребно је ове алате комбиновати са другим, комплекснијим алатима који могу да пруже ширу слику и обраде више података. У те сврхе, према подацима из литературе, као ефикасан алат показало се оцењивање животног циклуса (LCA) које има потенцијал да процени потенцијални утицај на животну средину узрокован активностима одређеног система управљања отпадом и да идентификује отпадне токове и процесе третмана отпада који највише доприносе овим променама (Turner и др., 2015; Ikhlayel, 2017; Menkipura и др., 2014).

Међународно стандардизована LCA метода је међу најкоришћенијим методама за процену перформанси процеса управљања отпадом, укључујући и оне за е-отпад (Allesch и Brunner, 2014). LCA је вођена различитим стандардима Међународне организације за стандардизацију, где су најважнији документи: ISO 14040 – Оцењивање животног циклуса: Општи принципи и оквири и ISO 14044 – Оцењивање животног циклуса: Захтеви и смернице. LCA се користи за оцену целокупног животног циклуса производа, од екстракције сировина до производње, дистрибуције и

транспорта, фазе употребе и краја животног века, али може да се примени и на евалуацију специфичне фазе животног циклуса производа (Aziz и Hanafiah, 2020; Gentil и др., 2010). Неколико истраживача истакло је значај LCA као погодног алата за процену утицаја система управљања отпадом на животну средину и за поређење еколошког учинка различитих стратегија управљања отпадом, укључујући и систем управљања отпадном електричном и електронском опремом (OEEE) (Ismail и др., 2019; Finnveden и др., 2007; Ikhlal, 2017; Menkipura и др., 2014).

У зависности од обима, примена LCA у управљању е-отпадом разликује се од једне до друге студије. У појединим студијама обухваћен је утицај целокупног система управљања е-отпадом на животну средину (Biganzoli и др., 2015; Hischer и др., 2005; Menkipura и др., 2014; Song и др., 2013), док се друге фокусирају само на једну или више фаза животног циклуса е-отпада (нпр. сакупљање или третман) или се базирају на процени само одређених токова е-отпада кроз различите фазе или целокупни животни циклус (као што су фрижидери, телевизори, мобилни телефони и др.). Sole и сарадници (2012) су применом LCA развили сценарио за побољшање система сакупљања и рециклаже мале електричне и електронске опреме, где су границе система укључивале сакупљање, предтретман и фазу обраде отпада. Друге студије искључиле су фазу сакупљања, узимајући у обзир само фазе пред-третмана и обраде е-отпада, док су неке обухватиле и фазу одлагања. (Song и др., 2013; Li и др., 2019; Lu и др., 2015). Осим студија које су се фокусирали на рециклажу одређених категорија е-отпада попут клима уређаја и телевизора (Menkipura и др., 2014), компјутера (Hong и др., 2015) и позитивних ефеката рециклаже на животну средину, поједине студије су евалуирале систем управљања појединим категоријама е-отпада на нивоу компоненти од којих су они сачињени, као што су матичне плоче (Хуе и др., 2015) или друге фракције попут пластике (Campolina и др., 2017).

Примена анализе токова материјала у комбинацији са анализом животног циклуса, показала се као корисна за доношење одлука у области управљања е-отпадом. Литературни подаци указују на значај MFA, као алата који омогућава дефинисање токова материјала и њихових залиха у времену и простору. Додатно, MFA се показао као користан за идентификацију недостатака проучаваних резултата и за развој адекватних стратегија управљања сложеним токовима отпада, попут електронског. Према досадашњим истраживањима, значај LCA алата огледа се у могућности евалуације утицаја посматраног система управљања отпадом на животну средину, као и за потребе упоредног приказа еколошких учинака различитих стратегија управљања е-отпадом.

Литература и друга грађа која ће се користити:

1. Allesch, A., Brunner, P.H., 2016. Material flow analysis as a tool to improve waste management systems: the case of Austria. *Environ. Sci. Technol.*, 51 (1), 540–551.
2. Aziz, N.I.H.A., Hanafiah, M.M., 2020. Life cycle analysis of biogas production from anaerobic digestion of palm oil mill effluent. *Renew. Energy*, 145, 847–857.
3. Baccini, P., Bader, H.P., 1996. *Regional Stoffhaushalt. Erfassung, Bewertung und Steuerung*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford.
4. Bakhiyi, B., Gravel, S., Ceballos, D., Flynn, M.A., Zayed, J., 2018. Has the question of e-waste opened a Pandora's box? An overview of unpredictable issues and challenges. *Environ. Int.*, 110, 173–192.
5. Baldé, C.P., Wang, F., Kuehr, R., Huisman, J. 2015. The global e-waste monitor – 2014. United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany.
6. Biganzoli, L., Falbo, A., Forte, F., Grosso, M., Rigamonti, L., 2015. Mass balance and life cycle assessment of the waste electrical and electronic equipment management system implemented in Lombardia Region (Italy). *Sci. Total Environ.*, 524–525, 361–375.
7. Brunner P.H., Rechberger H., 2005. *Practical Handbook of Material Flow Analysis*. Lewis Publishers.
8. Campolina, J.M., Sigrist, C.S.L., Paiva, J.M.F. de, Nunes, A.O., Moris, V.A. da S., 2017. A study on the environmental aspects of WEEE plastic recycling in a Brazilian company. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 22, 1957–1968.
9. Cencic, O., & Rechberger, H. 2008. Material Flow Analysis with Software STAN. *J. Environ. Eng. Manag.*, 18(I), 440–447.
10. Duygan, M., Meylan, G., 2015. Strategic management of WEEE in Switzerland— combining material flow analysis with structural analysis. *Resour. Conserv. Recycl.*, 103, 98–109.
11. Directive 2002/95/ec of the European Parliament and of the Council on the restriction of the use of

certain hazardous substances in electrical and electronic equipment.

12. Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) European Commission (EC), 2009.
13. Finnveden, G., Björklund, A., Möberg, Å., Ekvall, T., Möberg, Å., 2007. Environmental and economic assessment methods for waste management decision-support: Possibilities and limitations. *Waste Manag. Res.*, 25, 263–269.
14. Forti, V, Baldé, C.P., Kuehr, R., et al. 2020. Quantities, flows and the circular economy potential. *The Global E-waste Monitor 2020*: 13–15.
15. Gentil, E.C., Damgaard, A., Hauschild, M., Finnveden, G., Eriksson, O., Thorneøe, S., Kaplan, P.O., Barlaz, M., Müller, O., Matsui, Y., Ii, R., Christensen, T.H., 2010. Models for waste life cycle assessment: review of technical assumptions. *Waste Manag.*, 30, 2636–2648.
16. Gurauskienė, I., Stasiskienė, Z., 2011. Application of material flow analysis to estimate the efficiency of e-waste management systems: the case of Lithuania. *Waste Manag. Res.*, 29 (7), 763– 777. <https://doi.org/10.1177/0734242X11406171>
17. Hirschler, R., Wager, P., Gauglhofer, J., 2005. Does WEEE recycling make sense from an environmental perspective? The environmental impacts of the Swiss take-back and recycling systems for waste electrical and electronic equipment (WEEE). *Environ. Impact Assess. Rev.*, 25, 525–539.
18. Hikwama B.P., 2005. Life cycle assessment of a personal computer. Bachelor dissertation. University of Southern Queensland, Faculty of Engineering and Surveying.
19. Hong, J., Shi, W., Wang, Y., Chen, W., Li, X., 2017. Life cycle assessment of electronic waste treatment. *Waste Manag.* 2015, 38, 357–365. Ikhlayel, M. Environmental impacts and benefits of state-of-the-art technologies for E-waste management. *Waste Manag.*, 68, 458–474.
20. Ikhlayel M., 2017. Environmental impacts and benefits of state – of – the – art technologies for E-waste management. *Waste Manag.*, 68, 458 – 474.
21. Ismail, H., Hanafiah, M.M., 2019. An overview of LCA application in WEEE management: Current practices, progress and challenges. *J. Clean. Prod.*, 232, 79–93. IPCC. Global Warming of 1.5 °C. 2018. Available online: <https://www.ipcc.ch/sr15>.
22. Kahhat, R., Williams, E., 2012. Materials flow analysis of e-waste: Domestic flows and exports of used computers from the United States. *Resour. Conserv. Recycl.*, 67, 67–74.
23. Lau, W.K.-Y., Chung, S.-S., Zhang, C., 2013. A material flow analysis on current electrical and electronic waste disposal from Hong Kong households. *Waste Manag.*, 33 (3), 714–721.
24. Li, Z., Diaz, L.A., Yang, Z., Jin, H., Lister, T.E., Vahidi, E., Zhao, F., 2019. Comparative life cycle analysis for value recovery of precious metals and rare earth elements from electronic waste. *Resour. Conserv. Recycl.*, 149, 20–30.
25. Lu, B., Liu, J., Yang, J., Li, B., 2015. The environmental impact of technology innovation on WEEE management by Multi-Life Cycle Assessment. *J. Clean. Prod.*, 89, 148–158.
26. Marinkovic, T., Batinic, B., Stanisavljevic, N., 2017. Analysis of WEEE management in the Republic of Serbia (in Serbian). In: Proceedings of conference “Wastewaters, municipal waste and hazardous waste”, Pirot, April 2017. Waterworks and sewerage association of Serbia.
27. Menikpura, S.N.M., Santo, A., Hotta, Y., 2014. Assessing the climate co-benefits from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) recycling in Japan. *J. Clean. Prod.*, 74, 183–190.
28. Song, Q., Wang, Z., Li, J., 2013. Sustainability evaluation of e-waste treatment based on emergy analysis and the LCA method: a case study of a trial project in Macau. *Ecol. Indic.*, 30, 138–147.
29. Solé, M., Watson, J., Puig, R., Fullana-i-Palmer, P., 2012. Proposal of a new model to improve the collection of small WEEE: A pilot project for the recovery and recycling of toys. *Waste Manag. Res.*, 30, 1208–1212.
30. Stanisavljević, N. 2013. Modelovanje sistema za upravljanje otpadom primenom analize tokova materijala, doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.
31. Stanisavljevic, N., & Brunner, P. H. 2014. Combination of material flow analysis and substance flow analysis: A powerful approach for decision support in waste management. *Waste Manag. Res.*, 32(8), 733–744. <https://doi.org/10.1177/0734242X14543552>
32. Steubing B., Boni H., Schluep M., Silva U., Ludwig C., 2010. Assessing computer waste generation in Chile using material flow analysis. *Waste Manag.*, 30 (3), 473–482.
33. Streicher-Porte, M., Widmer, R., Jain, A., Bader, H.-P., Scheidegger, R., Kytzia, S., 2005. Key drivers of the e-waste recycling system: assessing and modelling e-waste processing in the informal sector in Delhi. *Environ. Impact Assess. Rev.*, 25 (5), 472–491.

<https://doi.org/10.1016/j.eiar.2005.04.004>

34. Tran H.P., Schaubroeck T., Nguyen D.Q., Ha V.H., Huynh T.H., Dewulf J., 2018. Material flow analysis for management of waste TVs from households in urban areas of Vietnam. *Resour. Conserv. Recycl.*, 139, 78-89.
35. Turner D.A., Williams I.D., Kemp S., 2015. Greenhouse gas emission factors for recycling of source-segregated waste materials. *Resour. Conserv. Recycl.*, 105, 186-197.
36. Van Eygen, E., De Meester, S., Tran, H.P., Dewulf, J., 2016. Resource savings by urban mining: the case of desktop and laptop computers in Belgium. *Resour. Conserv. Recycl.*, 107, 53–64.
37. Xue, M., Kendall, A., Xu, Z., Schoenung, J.M., 2015. Waste management of printed wiring boards: a life cycle assessment of the metals recycling chain from liberation through refining. *Environ. Sci. Technol.*, 49, 940–947.

Избор литературе је одговарајући? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

III.4 циљева истраживања

Узимајући у обзир тренутно стање у управљању е-отпадом у Републици Србији, као и недостатак информација о његовим токовима и потенцијалном утицају на животну средину, глобални циљ истраживачких активности у оквиру докторске дисертације је да се, за територију Републике Србије, изврши анализа тренутног система управљања овим током отпада, развијајући модел на бази комбинације анализе токова материјала и оцењивања животног циклуса. Специфични циљ докторске дисертације је развој модела за спровођење квалитативне и квантитативне евалуације различитих система управљања отпадом у складу са циљевима прописаним у законским и подзаконским актима које Србија мора да испуни.

У склопу дисертације биће развијен модел заснован на анализи токова материјала и супстанци у комбинацији са оцењивањем животног циклуса који ће омогућити квалитативну и квантитативну евалуацију различитих сценарија управљања отпадом. Због чињенице да електрични и електронски отпад представља изузетно сложен ток отпада који обухвата различите категорије, као и због комплексности састава, сценарији развијени у склопу докторске дисертације обухватаће само поједине категорије ове врсте отпада и изабране супстанце. За сваки сценарио, основни сценарио који ће представљати тренутно стање и друге, који ће представљати прилике за унапређење. Додатно, квантификоваће се токови материјала и изабраних супстанци и извршити анализа утицаја на животну средину на основу дефинисаних индикатора. Очекивани резултати моделовања приказаће како различити токови електронског отпада, супстанце садржане у њима и технологије третмана којима подлежу, утичу на животну средину.

Циљеви истраживања су одговарајући? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

III.5 очекиваних резултата (хипотезе)

У оквиру докторске дисертације на основу предмета, проблема и циљева истраживања могу се очекивати специфични резултати:

- Идентификација, квантификација и анализа токова одређених категорија електронског и електричног отпада у систему управљања на територији Републике Србије.
- Анализа трансформација електронског и електричног отпада и утицаја на животну средину у оквиру сваког моделованог сценарија, комбинацијом MFA, SFA и LCA.
- Евалуација и квалитативно поређење сценарија у погледу утицаја на животну средину и испуњења циљева дефинисаних законском регулативом.
- Дефинисање оптималног модела на основу кога ће моћи да се унапреди систем управљања е-отпадом.

Очекивани резултати представљају значајан научни допринос? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

III.6 плана рада (на основу фаза истраживања и оријентационог садржаја дисертације из Обрасца 1)

1. Преглед научне и стручне литературе из области истраживања, прикупљање и анализа неопходних података за моделовање система управљања отпадом.
2. Дефинисање проблематике тренутног система управљања е-отпадом и дефинисање циљева истраживања.
3. Моделовање система комбинацијом анализе токова материјала и токова супстанци са оцењивањем животног циклуса, применом одговарајућих софтвера.

4. Утврђивање алтернативних решења – дефинисање сценарија.
5. Избор одговарајућих критеријума на основу којих ће се поредити различити сценарији.
6. Дискусија и поређење сценарија – дефинисање утицаја различитих сценарија на квалитативне циљеве управљања отпадом.
7. Доношење закључка и предлог оптималног решења.

План рада је одговарајући? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

III.7 метода и узорака истраживања

Анализа токова материјала је дескриптивни, систематски приступ за процену метаболизма дефинисаног система који се заснива на закону о одржању масе (Brunner и Rechberger, 2004). За спровођење MFA развијен је софтвер „STAN v2.5“ на Техничком Универзитету у Бечу, који омогућава визуелизацију комплексних MFA система, усаглашавање и прорачун података, као и разматрање неусаглашености истих (Cencic и Rechberger, 2008).

MFA представља научни метод, који узима у обзир, прорачун, описивање и интерпретацију метаболичких процеса. Помоћу MFA, трансформације добара и супстанци и њихових залиха или промена могуће је квалитативно и квантитативно описати у посматраном временском периоду. Добијени резултати омогућавају идентификацију извора, коначних одредишта и трансфера најважнијих материјала, као и хијерархију управљања у зависности од њиховог значаја (Stanisavljevic, 2013).

Оцењивање животног циклуса је дефинисано као процес којим се евалуирају, улази и излази, и потенцијални утицаји на животну средину током целог животног циклуса производа узевши у обзир потрошњу ресурса, емисије и генерисани отпад. Ова метода користи се за моделовање система за управљање отпадом, због чињенице да покрива све потенцијалне утицаје који су повезани са системима за управљање отпадом, што омогућава евалуацију различитих технологија за третман отпада. За њену примену и добијање адекватних резултата неопходан је велики број улазних података. Као подршка у циљу спровођења LCA анализа развијени су рачунарски модели који омогућавају моделовање система (Stanisavljevic, 2013).

Метод и узорак су одговарајући? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

III.8 места, лабораторије и опреме за истраживачки рад

Истраживања са циљем анализе квалитета система управљања отпадом вршиће се на територији Републике Србије. Неопходни подаци ће се прикупљати путем прегледа литературе, спровођења анкета грађана и експерата из области и статистичких процена, док ће анализа и евалуација добијених података бити спроведени у Мултифункционалној лабораторији за пројектовање у инжењерству заштите животне средине Департмана за инжењерство заштите животне средине и заштите на раду, Факултета техничких наука, коришћењем лиценцираних софтвера STAN и SimaPro.

Услови за истраживачки рад су одговарајући? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

III.9 методе статистичке обраде података и осталих релевантних података

За систематизацију, обраду, анализу и приказивање података користиће се стандардне статистичке методе обраде података.

За потребе моделовања биће коришћене анализа токова материјала и супстанци и оцењивање животног циклуса коришћењем лиценцираних софтвера STAN 2.5 и SimaPro, респективно.

Предложене методе су одговарајуће? ДА НЕ ДЕЛИМИЧНО

IV ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА

Услови дефинисани за кандидата студијским програмом:

На основу важећег Закона о високом образовању (Службени гласник Републике Србије 88/2017, 73/2018, 27/2018 - др. закон, 67/2019 и 6/2020, 11/2021 - аутентично тумачење, 67/2021 и 67/2021 - др. закон), Статута Факултета техничких наука и Правилника о упису, студирању на докторским академским студијама и стицању звања доктора наука, односно, доктора уметности од

29/30.09.2021. право да пријави тему докторске дисертације стиче студент који је положио све испите одређене студијским програмом и који је одбранио Теоријске основе.

Образложење:

Кандидаткиња Исидора Бережни положила је све испите предвиђене студијским програмом докторских академских студија Инжењерства заштите животне средине са просечном оценом 9,57 и одбранила је Теоријске основе докторске дисертације. Кандидаткиња је коаутор 1 рада у међународном часопису са импакт фактором (M22), 6 радова на међународним конференцијама (M33), 1 рада у изводу на међународној конференцији (M34).

Комисија закључује да кандидаткиња Исидора Бережни испуњава све прописане услове и да је подобна да приступи изради докторске дисертације.

Да ли кандидат испуњава дефинисане услове?

ДА

НЕ

V ОЦЕНА ПОДОБНОСТИ ПРЕДЛОЖЕНОГ МЕНТОРА

V.1 Биографија ментора (до 500 речи):

Др Бојан Батинић је ванредни професор на Факултету техничких наука на Департману за инжењерство заштите животне средине и заштите на раду, где држи наставу из више предмета који су из области проблематике докторске дисертације. Др Бојан Батинић докторирао је на Факултету техничких наука у Новом Саду на студијском програму Инжењерство заштите животне средине. Коаутор је 13 радова у научним часописима са импакт фактором (M21a/1, M21/1, M22/8 и M23/3), 4 рада у научним часописима (M52/1 и M53/3) и преко 60 радова на домаћим и међународним конференцијама (M31/2, M32/2, M33/46, M34/9 и M63/6). Др Бојан Батинић учествовао је и руководио међународним и домаћим пројектима који су допринели развоју у области управљања отпадом на националном нивоу.

V.2 Референце ментора из научне области којој припада тема докторске дисертације:

Р. бр.	аутори, наслов, <i>часопис</i> , волумен (година) број страница од-до, DOI или ISBN/ISSN	категорија
1.	Sethurajan M., Hullebusch E. D., Fontana D., Akcil A., Deveci H., Batinic B. , Leal J., Gasche T., Kucuker M.A., Kuchta K., Neto I., Soares H., Chmielarz A.: Recent advances on hydrometallurgical recovery of critical and precious elements from end-of-life electronic wastes - a review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 2019, Vol. 49, No. 3, pp 212-275, ISSN 1064-3389 (Environmental Sciences; 13/251; IF 2018 = 7,676).	M21a
2.	Savvilitidou V., Kousaiti A., Batinic B. , Vaccari M., Kastanaki E., Karagianni K., Gidaracos, E.: Evaluation and comparison of pre-treatment techniques for recovering indium from discarded liquid crystal displays, Waste Management, 2019, Vol. 87, pp 51-61, ISSN 0956-053X (Environmental Sciences; 29/251; IF 2018 = 5,993).	M21
3.	Berezni I., Castro F. D., Batinic B. , Vaccari M., Stanisavljevic N.: WEEE treatment and system management in Italy and Serbia: A comparison, Waste management & research, 2021, Vol. 39, No. 10, pp. 1302-1316, DOI: 10.1177/0734242X211050195 (IF 2021 = 3.549).	M22
4.	Batinic B. , Vaccari M., Savvilitidou V., Kousaiti A., Gidaracos E., Marinkovic T., Fiore S.: Applied WEEE pre-treatment methods: Opportunities to maximizing the recovery of critical metals, Global Nest Journal, 2018, Vol. 20, No. 4, pp 706- 711, ISSN 1790-7632 (Environmental Sciences; 220/251; IF 2018 = 0,862).	M23

5.	Diedler S., Hobohm J., Batinic B. , Kalverkamp K., Kuchta K.: WEEE data management in Germany and Serbia, Global Nest Journal, 2018, Vol. 20, No. 4, pp 751-757, ISSN 1790-7632 (Environmental Sciences; 220/251; IF 2018 = 0,862).	M23
6.	Berežni I., Marinković T., Bežanović V., Živančev M., Batinić B. : Analysis of household's e-waste awareness, and disposal behavior in Novi Sad. 29th International Conference Ecological Truth and Environmental Research, 21.-24. June 2022, Sokobanja, Serbia, pp. 276-283, ISBN 978-86-6305-123-2.	M33
7.	Berežni I., Marinković T., Stanisavljevic N., Batinić B. : WEEE in Serbia: Status of pre-treatment methods and its influence on the recovery of critical metals. 9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15.-18. June 2022, Corfu, Greece.	M33
8.	Marinković T., Berežni I., Tošić N., Stanisavljevic N., Batinić B. : Challenges in applying extended producer responsibility policies in developing countries: A case study in e-waste management in Serbia. 9th International Conference on Sustainable Solid Waste Management, 15.-18. June 2022, Corfu, Greece.	M33
9.	Berežni I., Batinić B. , Stanisavljevic N., Castro F. D., Vaccari M.: Comparison of WEEE recycling practice in Italy and Serbia, XIV International Mineral Processing and Recycling Conference, May 12-14, 2021, Belgrade, Serbia, pp. 281-291, ISBN 978-86-6305-113-3.	M33
10.	Batinic B. , Berežni I., Marinkovic T., Stanisavljevic N.: Current state and challenges in WEEE recycling industry in Serbia, 16th International Conference on Environmental Science and Technology - CEST 2019, 4th - 7th September 2019, Rhodes, Greece.	M33
11.	Diedler S., Hobohm J., Kuchta K., Batinic B. , Clayton B.: Availability of data regarding WEEE facilities - Comparison between Germany and Serbia, 15th International Conference on Environmental Science and Technology - CEST 2017, 31st August - 2nd September 2017, Rhodes, Greece.	M33
12.	Batinic B. , Vaccari M., Savvilitidou V., Kousaiti A., Gidarakos E., Marinkovic T.: Applied WEEE pre-treatment methods: Opportunities to maximizing the recovery of critical metals, 15th International Conference on Environmental Science and Technology - CEST 2017, 31st August - 2nd September 2017, Rhodes, Greece.	M33

V.3 Услови дефинисани за ментора у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* за област којој припада докторска дисертација:

Према члану 5. став 3 Правилника о упису, студирању на докторским академским студијама и стицању звања доктора наука, односно, доктора уметности Факултета техничких наука од 29/30.09.2021., ментор је по правилу наставник датог студијског програма, који поред услова, који су дефинисани стандардима за акредитацију има најмање пет радова који су публиковани у часописима са импакт фактором са SCI листе, односно SCIE листе.

Образложење:

Др Бојан Батинић изводи наставу на предметима на основним, мастер, специјалистичким и докторским академским студијама у оквиру акредитованих студијских програма Инжењерство заштите животне средине и Инжењерство заштите на раду. Др Бојан Батинић поседује довољан број радова у међународним часописима са импакт фактором у смислу дефинисаних услова, у области којој припада докторска дисертација.

Ванредни професор др Бојан Батинић испуњава све прописане услове и на основу већ богатог искуства у настави и науци, комисија констатује да је подобан за ментора при изради докторске дисертације кандидата.

Да ли ментор испуњава услове?

ДА

НЕ

VI ЗАКЉУЧАК

Тема је подобра	<u>ДА</u>	НЕ	ДЕЛИМИЧНО
Кандидат је подобра	<u>ДА</u>	НЕ	
Ментор је подобра	<u>ДА</u>	НЕ	

Образложење о подобности теме, кандидата и ментора (до 500 речи):

На основу анализе изложеног проблема истраживања, постављених циљева, очекиваних резултата, описане методе и структуре истраживања, као и увида у литературну грађу која ће бити консултована, Комисија закључује да је предложено истраживање „Иновативни модел за развој и евалуацију система за управљање електричним и електронским отпадом“ ПОДОБНО за израду докторске дисертације.

Комисија закључује да кандидаткиња Исидора Бережни у потпуности испуњава све законски прописане услове и да је ПОДОБНА да приступи изради докторске дисертације на високом стручном нивоу. Комисија са задовољством констатује ПОДОБНОСТ др Бојана Батинића, ванредног професора на Факултету техничких наука у Новом Саду за ментора докторске дисертације.

На основу наведених чињеница, Комисија закључује да су кандидат, тема и ментор ПОДОБНИ и предлаже да се прихвати Извештај о оцени подобности кандидата, теме и ментора за израду докторске дисертације.

Место и датум: Нови Сад, 07.11.2022.

1. др Дејан Убавин, редовни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
_____, председник

2. др Немања станисављевић, ванредни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
_____, члан

3. др Маја Петровић, доцент, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
_____, члан

4. др Борис Агарски, ванредни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
_____, члан

5. др Горан Бошковић, ванредни професор, Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
_____, члан

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.