

УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ФАКУЛТЕТ:



UNIVERZITET U BANJA LUCI
TEHNOLOŠKI FAKULTET
BANJA LUKA

Prilozi: 01-09. 2017.		PRILOGA:
ORG. JED.	POS.	APRECIJAS.
15/9. 1327/17		APRECIJAS:

ИЗВЈЕШТАЈ
о оцјени урађене докторске дисертације

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Наставно-научно вијеће Технолошког факултета Универзитета у Бањој Луци на 15. редовној сједници одржаној 10.07.2017. године донијело је Одлуку о именовану Комисије за оцјену и одбрану урађене докторске дисертације под називом *Развој оптималног модела управљања комуналним отпадом за Бања Луку примјеном процјене животног циклуса*, кандидата мр Драженка Бјелића у сљедећем саставу:

1. Др Љиљана Вукић, редовни професор, Технолошки факултет, Универзитет у Бањој Луци, ужа научна област Еколошко инжењерство, председник,
2. Др Анђелка Михајлов, редовни професор, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, ужа научна област Инжењерство заштите животне средине, члан,
3. Др Марина Илић, редовни професор, Универзитет УНИОН-Никола Тесла, Београд, Факултет за екологију и заштиту животне средине, ужа научна област Управљање отпадом и одрживи развој, члан,
4. Др Милош Сорак, редовни професор, Технолошки факултет, Универзитет у Бањој Луци, ужа научна област Индустријско инжењерство и менаџмент, члан,
5. Др Борислав Малиновић, доцент, Технолошки факултет, Универзитет у Бањој Луци, ужа научна област Електрохемијско инжењерство, члан.

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

- 1) *Име, име једног родитеља, презиме:* Драженко (Станко) Бјелић.
- 2) *Датум рођења, општина, држава:* 02.06.1969. године, Мркоњић Град, Босна и Херцеговина.
- 3) *Назив универзитета и факултета и назив студијског програма академских студија II циклуса, односно послједипломских магистарских студија и стечено стручно/научно звање:* Универзитет у Бањој Луци, Технолошки факултет, Хемијско инжењерство, магистар техничких наука из области хемијског инжењерства.
- 4) *Факултет, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране магистарског рада:* Технолошки факултет у Бањој Луци, *Неутрализационо таложњење више различитих метала из галванских отпадних вода уз испуњавање ISO стандарда за заштиту околине*, Инжењерство и технологија, 07.09.2007. године.
- 5) *Научна област из које је стечено научно звање магистра наука/академско звање мастера:* Инжењерство и технологија/Хемијско инжењерство.

6) Година уписа на докторске студије и назив студијског програма:
2012.година, Хемијско инжењерство.

III УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1) *Наслов докторске дисертације:*

Развој оптималног модела управљања комуналним отпадом за Бања Луку примјеном процјене животног циклуса

2) *Вријеме и орган који је прихватио тему докторске дисертације:*

Наставно-научно вијеће Технолошког факултета на 38. Редовној сједници, одржаној 07.06.2012.године, донијело је одлуку о усвајању Извјештаја Комисије о оцјени и подобности теме и кандидата мр Драженка Бјелића. Сенат Универзитета у Бањој Луци на 4. Сједници, одржаној 17.07.2012.године, дао је сагласност на Извјештај о оцјени подобности теме и кандидата за израду докторске дисертације на Технолошком факултету докторанта мр Драженка Бјелића под насловом: *Развој оптималног модела управљања комуналним отпадом за Бања Луку примјеном процјене животног циклуса.*

3) *Садржај докторске дисертације са страничењем:*

Докторска дисертација је урађена у складу са Правилником о садржају, изгледу и дигиталном репозиторијуму докторских дисертација на Универзитету у Бањој Луци и садржи шест поглавља како слиједи:

1. Увод (стр. 1-3),
2. Теоретски дио (стр. 4-61),
3. Експериментални дио (стр. 62-75),
4. Резултати и дискусија (стр. 76-133),
5. Закључна разматрања (стр. 134-139) и
6. Литература (140-159).

У нумерацију нису укључени подаци о ментору и дисертацији на српском и енглеском језику, листе табела, слика, графика и скраћеница, прилози, подаци о аутору и три изјаве.

4) *Истаћи основне податке о докторској дисертацији: обим, број табела, слика, шема, графикона, број цитиране литературе и навести поглавља.*

Дисертација је написана латиничним писмом на 159 страница нумерисаног текста и садржи 44 табеле, 25 слика и 41 график. У дисертацији је коришћено 198 литературних навода. Литературни наводи су новијег датума, веома су актуелни и у складу су са тематиком која је обрађена.

Дисертација садржи шест поглавља: Увод, Теоретски дио, Експериментални дио, Резултати и дискусија, Закључна разматрања и Литература. Осим наведених поглавља, дисертација садржи податке о ментору и дисертацији на српском и енглеском језику са резимеом на српском и енглеском језику, листе табела, слика, графика и скраћеница, прилоге, податке о аутору и три изјаве.

IV УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

1) Укратко истаћи разлоге због којих су истраживања предузета и представити проблем,

предмет, циљеве и хипотезе;

Убрзани индустријски развој, интензивно коришћење природних ресурса, стварање потрошачки оријентисаног друштва, економски раст, раст животног стандарда становништва, раст популације и све већи степен урбанизације има за последицу стварње најприсутнијег и најраспрострањенијег „производа“ – отпада. Повећана продукција отпада, нарочито ако је праћено неадекватним рјешењима управљања отпадом, може узроковати загађење животне средине, угрожавање здравља људи те уништења природних ресурса. Основни циљ је успостављање одрживог интегралног управљања отпадом, односно управљање отпадом на начин који неће угрожавати животну средину и здравље људи, те очување ресурса.

Предмет ове дисертације је развој оптималног модела управљања комуналним отпадом на примјеру бањалучке регије, кроз унапређење тренутног система управљања комуналним отпадом са моделованим системима управљања отпадом, примјеном иновативног алата оцјене животног циклуса (енг. Life Cycle Assessment - LCA).

Циљ овог рада је:

- Анализа и испитивање састава комуналног отпада;
- Развој различитих модела управљања отпадом кроз сагледавање нових система третмана отпада као што су: депоновање са сакупљањем и искоришћавањем депонијског гаса, сортирање материјала у постројењу за издавање корисних компоненти из отпада (енг. Material Recovery Facility - MRF) и њихова рециклажа, третман органског отпада анаеробном дигестијом, те спаљивање (инсинерација) комуналног отпада у циљу добијања топлотне и електричне енергије;
- Процјена утицаја на животну средину и здравље људи моделованих сценарија управљања отпадом;
- Компарација моделованих сценарија управљања отпадом са аспекта категорија утицаја на животну средину и људско здравље, те избор оптималног модела управљања отпадом.

Постављени циљеви истраживања издвојили су сљедеће хипотезе, које су се требале потврдити кроз добијене резултате:

- Садашњи систем управљања отпадом у бањалучкој регији који је базиран на одлагању цјелокупног генерисаног комуналног отпада на депонију, не задовољава ни минималне услове за смањење негативног утицаја на животну средину;
- Познавање састава и карактеристика отпада је веома важно у циљу валидности процјене искоришћавања отпада за добијање нових сировина (производа) или за добијање енергије;
- Помоћу LCA могуће је предложити побољшања у садашњем систему управљања комуналним отпадом у циљу развоја оптималног модела управљања отпадом;
- Помоћу EASETECH модела могуће је спровести поређење више различитих технологија управљања комуналним отпадом у циљу развоја оптималног модела управљања отпадом;
- LCA се мора прилагодити локалним условима и перформансама сваког анализираног система управљања отпадом;
- Ако се отпадом рукује одговорно и на одговарајући начин, отпад се може

користити као вриједан ресурс, тј. замјена за фосилне изворе енергије, уз знатно смањење локалних и глобалних негативних утицаја на животну средину.

- 2) На основу прегледа литературе сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету);

Управљање отпадом се дефинише као систематска контрола настанка, прикупљања, складиштења, транспорта, одвајања на извору, третмана, поновне употребе и одлагања чврстог отпада. Развијене земље теже ка томе да што мање отпада заврши на депонији, а да се што више поново искористи, рециклира и употреби у енергетске сврхе.

Тренутна количина комуналног отпада која се генерише током једне године у свијету износи 17 милијарди тона, а предвиђања су да ће се у 2050. години та цифра повећати на 27 милијарди тона отпада (Laurent et al., 2014a). Тренутни трошак управљања комуналним отпадом у свијету износи 206 милијарди \$, а предвиђања су да ће трошак управљања отпадом у 2025. години нарасти до 376 милијарди \$ (Kaugusuz et al., 2015).

Још увијек, депоновање отпада је најјефтинији и највише коришћен начин збрињавања отпада у свијету (Aljaradin and Persson, 2012; Ismail and Manaf, 2013).

Количина отпада зависи од броја становника, економског раста, те ефикасности система сакупљања и рециклаже отпада (Chiemchaisri et al., 2007).

Слабо развијене земље генеришу у просјеку од 0,6 до 1 kg, средње развијене од 0,8 до 1,5 kg, а најразвијеније земље продукују између 1,1 kg до 4,5 kg отпада по становнику у току дана (Karak et al., 2012; World Bank, 2012).

Састав отпада се разликује код развијених и слабо развијених земаља. У развијеним земљама, односно земљама које имају висок приход по глави становника, у саставу отпада доминира пластика, картон и папир, док је удио органског отпада мали. С друге стране, код средње и слабо развијених земаља, тј. оних које имају средњи или низак приход по становнику, у отпаду доминира органска фракција, док је удио амбалаже мањи (Hoornweg and Bhada-Tata, 2012).

Управљање отпадом у нашем региону је још увијек на јако ниском нивоу, и питање креирања политике управљања отпадом у земаљама Балкана врло је важно (Mihajlov and Stevanović Čarapina, 2015). У Хрватској се још увијек улажу напори у санацију постојећих депонија и успостављање система сакупљања селектованог отпада. У Црној Гори је недавно креирана стратегија за управљање отпадом. У Србији је присутно око 180 депонија које су највећим дијелом дивље и неуређене, односно одлагање отпада је још увијек најзаступљенија опција збрињавања отпада (Prokić and Mihajlov, 2012). Само неколико регионалних депонија у Србији, које су изграђене или се граде, испуњавају предвиђене стандарде.

Управљање отпадом у РС је просторно планском документацијом организовано на регионалном концепту и чини га осам регија (Strategije upravljanja otpadom, 2017). Према Републичком заводу за статистику Републике Српске, 2016b у РС има укупно 43 депоније, од чега су само депоније у Бањој Луци, Зворнику и Бијељини санитарне, док су преосталих 40 депонија дивље и неуређене, те неприлагођене данас важећим стандардима за депоновање отпада.

Управљање отпадом се дефинише као систематска контрола настанка, прикупљања, складиштења, транспорта, одвајања на извору, третмана, поновне употребе и одлагања чврстог отпада. Развијене земље теже ка томе да што мање отпада заврши на депонији, а да се што више отпада рециклира и користи више пута. Важан покретач у овом смислу је хијерархија управљања отпадом.

Први и најважнији корак у овој хијерархији јесте смањивање или избјегавање настанка отпада на самом мјесту настанка, а када се већ генерише, предност и препорука је да се тај отпад поново врати у употребу или користи више пута, потом слиједи рециклажа и искоришћавање отпада за добијање енергије и, на крају, најмање пожељна опција третмана отпада је одлагање на депоније (Halkos and Petrou, 2016).

У овој дисертацији разматране су сљедеће технологије управљања отпадом: депоновање, рециклажа, спаљивање (инсинерација) и анаеробна дигестија.

Депоновање отпада један је од процеса у систему управљања отпадом. Санитарна депонија се може дефинисати као метод одлагања отпада на земљишту без стварања сметњи и опасности за здравље и јавну сигурност, кориштењем савремених инжењерских принципа ограничавања простора на којем се одлаже отпад на најмању могућу површину, те свакодневним или, по потреби, чешћим прекривањем одложеног отпада слојем земље (Raghab et al., 2013). Одложени отпад на депонији се разлаже многобројним комплексним биохемијским и физичким процесима, при чему се продукују процједне воде и депонијски гас (Vaverková et al., 2012) те, уколико није контролисана њихова емисија, могу узроковати проблеме у животној средини и по здравље људи (Kotovicová et al., 2011). Неки од проблема који су везани за депонију јесу појава пожара и експлозија, оштећење вегетације, непријатни мириси, загађивање површинских и подземних вода, те загађивање ваздуха и земљишта (Calvo et al., 2005).

Да би се корисне компоненте отпада могле рециклирати, потребно их је претходно издвојити из мијешаног комуналног отпада. Рециклажа материјала из комуналног отпада обухвата четири фазе (Ristić i Vuković, 2006; Vujić i dr., 2012): издвајање материјала из отпадног тока, међуфаза или претпроцесирање (сортирање и компактирање), транспорт, завршна обрада у циљу обезбјеђивања сировина за произвођаче или крајњих производа. У зависности од тога да ли се рециклажни отпад одваја директно на мјесту настанка у посебну посуду, а потом раздваја на фракције у постројењу за раздвајање или се из мијешаног комуналног отпада издвајају корисне компоненте, различит је и степен издвајања корисних компоненти из отпада.

Спаљивање отпада је сагоријевање отпада на високим температурама, с вишком ваздуха, при чему се ослобађа енергија, чврсти остатак и гасови, који се ослобађају у атмосферу. Која од технологија спаљивања отпада ће бити примијењена зависи од бројних фактора, као што су: карактеристике отпада, жељени капацитет, законска регулатива која регулише квалитет гасова након третмана, те радна температура (Hulgaard and Vehlow, 2011). Спаљивање нехомогеног отпада, гдје је потребан мали или никакав предtretман и уситњавање отпада, врши се у спалионицама са покретном решетком, док се хомогени отпад, који је претходно потребно уситнити и сортитати, третира у спалионицама са флуидизованим слојем (Hulgaard and Vehlow, 2011). Мијешани комунални отпад се може третирати у спалионици са покретном решетком, али не и у спалионици са флуидизованим слојем. При спаљивању отпада у оба типа спалионица може се искористити отпад за добијање 15%–30% електричне енергије и од 60%–85% топлотне енергије (Astrup et al., 2009). Чврсти остатак из спалионице чини пепео и шљака, као и чврсти остатак након пречишћавања гасова. Спаљивањем 1 тоне влажног отпада у атмосферу се испусти 0,75 t отпадног гаса и 0,25 t у форми чврстог остатка (шљака) (Dalager and Reimann, 2011). Отпадни гасови се третирају са $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и NaOH за неутрализацију киселих компоненти, активним угљеником за отклањање Hg и диоксида, а за редукцију NO_x користи се амонијак (Astrup et al., 2009; Fruergaard and Astrup, 2011; Vehlow and Dalager, 2011).

Анаеробна дигестија је микробиолошки процес разградње органске материје без присуства кисеоника, чиме се органска материја стабилизује. Током овог процеса настаје

био-гас и ефлуент, који може бити у чврстом стању, као и у течном, са врло мало суве материје, и назива се дигестат (Angelidaki and Batstone, 2011). Основни елементи анаеробне дигестије су (Jansen, 2011): пријем отпада – вагање, визуелна контрола отпада, складиштење у бункерима или силосима; предtretман отпада – издвајање пластичних кеса које су служиле за одвојено сакупљање органског отпада, а потом дробљење или сјецкање отпада да би се редуковала величина честица и припремила за анаеробан третман; дигестија – процес трансформације отпада у био-гас и дигестат: складиштење и дозирање отпада, потом загријавање био-месе и мијешање са активним микроорганизмима, сакупљање био-гаса и дигестата; управљање био-гасом – сакупљање, третман, складиштење и искоришћавање гаса; управљање дигестатом; контрола непријатних мириса који су продукт разградње органске материје – биолошким филтерима, хемијским пречистачима, спаљивањем или каталитичком оксидацијом.

Примјена алата и модела у управљању комуналним отпадом помаже како доносиоцима одлука у циљу оптимизације система управљања отпадом, редуковања утицаја на животну средину те процјене трошкова, тако и прихватању од стране јавности и заинтересованих страна. Посљедњих деценија, истраживања о управљању отпадом су се фокусирали на развој алата и метода, који би послужили као помоћ и подршка доносиоцима одлука о управљању отпадом (Gottinger, 1988; MacDonald, 1996; Tanskanen, 2000; Morrissey and Browne, 2004; Finnveden et al., 2007).

Оцјена животног циклуса (енг. Life Cycle Assessment– LCA) јесте аналитички алат који се користи приликом доношења одлуке о изради или квалитету производа идентификацијом његовог утицаја на животну средину, посматрајући цјелокупан животи циклус производа. Под животним циклусом производа подразумијева се процес анализе материјала, енергије, емисија и отпада које продукује производ или услуга, кроз цјелокупан животи циклус, од настанка, тј. почевши од ресурса и експлоатације материјала, па до коначног одлагања.

Стратегијом о превенцији и рециклажи отпада из 2005. године предвиђено је да LCA постане веома важан инструмент којим ће се подржавати доношење одлука у свим аспектима управљања отпадом (Commission of the European Communities, 2005). Коначно, коришћење процјене животног циклуса као алата у управљању отпадом потпомогнуто је Директивом о отпаду (Directive 2008/98/EC), уз навођење да одступање од хијерархије отпада, која је иначе водећи принцип у управљању отпадом у ЕУ, може бити могуће кад је то оправдано процјеном животног циклуса.

Студија LCA подразумијева отпад као једну врсту производа и може се користити са циљем упоређивања разних опција управљања отпадом, односно помоћу ње се могу идентификовати најважније области у системима у којима је могуће провести побољшање (McDougall et al., 2008). Примјеном студија LCA могуће је у процесу доношења одлука о избору технологија за интегрално управљање отпадом избјећи ненамјерно пребацивање оптерећења између различитих компоненти животне средине, различитих региона, као и између различитих фаза животног циклуса настајања производа или пружања услуга (Stevanović Čarapina i dr., 2011b).

EASEWASTE модел (eng. EASEWASTE – Environmental Assessment of Solid Waste Systems and Technologies), односно нова верзија EASETECH (eng. Environmental Assessment System for Environmental Technologies), кориштен је у многим студијским истраживањима и неколико истраживачких пројеката, као подршка развоју оптималног модела управљања отпадом или као оцјена постојећег система. Model је развијен на danskom Tehničkom univerzitetu (Clavreul et al., 2014).

Постоји више примјера о примјени ових модела са циљем смањења негативног утицаја збрињавања комуналног отпада на животну средину. У општини Архус у Данској 2001.

године имплементирана је нова стратегија управљања отпадом која је подразумијевала издвајање органског отпада из домаћинства на извору и његово упућивање на аеробну дигестију, а преостали отпад је упућен, након издвајања стакла и папира, на инсинерацију. Резултати процјене животног циклуса за систем управљања отпадом у општини Аархус показују да не постоје битне разлике између потенцијалних еколошких утицаја, нити у потрошњи ресурса, било да је органски отпад из домаћинства издвојен на извору анаеробно разграђен или је спаљен у инсинератору. Резултати процјене животног циклуса помоћу EASEWASTE модела показују да одабир стратегија третмана отпада, које су у сагласности са хијерархијом отпада, не води неминовно ка побољшањима у животној средини. Студија случаја показује да хијерархија отпада, која би предложила аеробну дигестију прије него инсинерацију, не би била валидна у смислу перспективе животног циклуса. Хијерархија отпада је вјероватно више заснована на “зеленој вјери” и увјерењима, док су резултати EASEWASTE у овом случају засновани на техничким и еколошким приступима. Општина је у прољеће 2004. године одлучила да затвори постројење за оптичко сортирање и да преусмјери сав органски отпад из домаћинства на инсинерацију, јер трошкови система нису компензовали добит (Kirkeby et al., 2006).

Резултати студије и LCA процјене старе депоније Амасуо у Финској, помоћу EASEWASTE, показују да управљање депонијским гасом (спаљивање и добијање топлоте за гријање града) значајно смањује утицај на глобално загријавање (око четири пута). И остали негативни утицаји на животну средину су смањени, али у мањем обиму (Niskanen et al., 2009).

У студији о управљању отпадом за регион Алутус у Литванији, примијењено је LCA моделовање управљања отпадом, гдје су се, поред тренутног система управљања отпадом, који се заснивао на депоновању отпада уз искориштење депонијског гаса, поредиле и могућности рециклаже и аеробне дигестије и рециклаже уз спаљивање преосталог отпада. Резултати показују да концепт са депоновањем отпада има највећи негативни утицај на животну средину. Такође, доказано је да је рециклажа, уз спаљивање преосталог отпада, искориштавање топлоте и електричне енергије, боља опција од рециклаже и анаеробне дигестије (Miliute and Staniškis, 2010).

EASEWASTE модел је кориштен да одреди перформансе инсинератора у општини Аархус у Данској, прије и после његовог унапређења, након побољшања, у смислу чишћења димних гасова и поврата енергије. Модел је показао своју корисност у идентификовању различитих процеса и материјала који су допринијели оптерећењу животне средине, као и њеној заштити (Riber et al., 2008).

Starostina et al. (2014) су користили EASETECH модел приликом процјене утицаја управљања отпадом у региону Иркутск у Сибиру. Резултати процјене показују да би изградња савремене депоније са управљањем депонијским гасом и процједним водама значајно побољшало систем управљања отпадом у региону. Сакупљање и искориштавање гаса за производњу електричне енергије у периоду од 30 година значајно би смањило утицај глобалног загријавања, а продужење тог рока до 45 година остварило би додатно смањење утицаја глобалног загријавања од 6%.

Jensen et al. (2016) су користили LCA процјену приликом оцјене управљања органским отпадом из домаћинства у два региона у граничном појасу између Данске и Њемачке. Процјена је рађена кориштењем EASETECH модела. У данском региону органски отпад се спаљује уз добијање електричне и топлотне енергије, док се у њемачком региону за третман органског отпада користи више технологија (компостирање и производња биогаса, механичко-биолошки третман и спаљивање). Резултати LCA показују да је дански регион бољи у 10 од 14 анализираних категорија утицаја.

Од укупног фонда кориштене литературе у овој дисертацији, који износи 198 литературних навода, у овом попису наведени су само извори који су кориштени у овом Извјештају:

- Aljaradin, M., Persson, K. M., (2012). Environmental impact of municipal solid waste landfills in semi-arid climates-case-study – Jordan. *The Open Waste Management Journal*, 5(1), 28–39.
- Angelidaki, I., Batstone, D. J. (2011). Anaerobic digestion: Process. In *Solid Waste Technology & Management*, (Volume 2, Chapter 9.4, pp. 583–600). Chichester, West Sussex, UK: Wiley.
- Astrup, T., Møller, J., Fruergaard, T. (2009). Incineration and co-combustion of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management & Research*, 27(8), 789–799.
- Chiemchaisri, C., Juanga, J. P., Visvanathan, C. (2007). Municipal solid waste management in Thailand and disposal emission inventory. *Environmental monitoring and assessment*, 135(1), 13–20.
- Clavreul, J., Baumeister, H., Christensen, T. H., Damgaard, A. (2014). An environmental assessment system for environmental technologies. *Environmental Modelling & Software*, 60, 18–30.
- Calvo, F., Moreno, B., Zamorano, M., Szanto, M. (2005). Environmental diagnosis methodology for municipal waste landfills. *Waste Management*, 25(8), 768–779.
- Commission of the European Communities (2005). Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste. COM (2005) 666 final. Commission of the European Communities, Brussels, Belgium.
- Dalager, S., Reimann, D. O. (2011). Incineration: Mass balances. In *Solid Waste Technology & Management*, (Volume 1, Chapter 8.3, pp. 421–429). Chichester, West Sussex, UK: Wiley.
- Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council (2008) on waste and repealing certain Directives, Official Journal of the European Communities L 312, 22.11.2008, 3–30.
- Finnveden, G., Björklund, A., Moberg, Å., Ekvall, T., Moberg, Å. (2007). Environmental and economic assessment methods for waste management decision-support: possibilities and limitations. *Waste Management & Research*, 25(3), 263–269.
- Fruergaard, T., Astrup, T. (2011). Optimal utilization of waste-to-energy in an LCA perspective. *Waste Management*, 31(3), 572–582.
- Gottinger, H. W. (1988). A computational model for solid waste management with application. *European Journal of Operational Research*, 35(3), 350–364.
- Halkos, G. E., Petrou, K. N. (2016). Moving Towards a Circular Economy: Rethinking Waste Management Practices. *Journal of Economic and Social Thought*, 3(2), 220.
- Hoorweg, D., Bhada-Tata, P. (2012). What a Waste: A Global Review of Solid Waste Management. Urban development series; knowledge papers no. 15. World Bank, Washington, DC, World Bank. [Online]. Available: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/17388>
- Hulgaard, T., Vehlow, J. (2011). Incineration: Process and Technology. In *Solid Waste Technology & Management*, (Volume 1, Chapter 8.1, pp. 365–392). Chichester, West Sussex, UK: Wiley.
- Ismail, S. N. S., Manaf, L. A. (2013). The challenge of future landfill: A case study of Malaysia. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*, 5(6), 86–96.
- Jansen, Jes la Coour (2011). Anaerobic digestion: Technology. In *Solid Waste Technology & Management*, (Volume 2, Chapter 9.5, pp. 601–617). Chichester, West Sussex, UK: Wiley.
- Jensen, M.B., Møller, J., Scheutz, C. (2016). Comparison of the organic waste management

- systems in the Danish–German border region using life cycle assessment (LCA). *Waste Management*, 49, 491–504.
- Karak, T., Bhagat, R. M., Bhattacharyya, P. (2012). Municipal solid waste generation, composition, and management: the world scenario. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(15), 1509–1630.
- Kaygusuz, K., Avci, A. C., Toklu, E. (2015). Energy from biomass-based wastes for sustainable energy development. *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 4(2), 307–316.
- Kirkeby, J. T., Birgisdottir, H., Hansen, T. L., Christensen, T. H., Bhandar, G. S., Hauschild, M. (2006). Evaluation of environmental impacts from municipal solid waste management in the municipality of Aarhus, Denmark (EASEWASTE). *Waste Management & Research*, 24(1), 16–26.
- Kotovicová, J., Toman, F., Vaverková, M., Stejskal, B. (2011). Evaluation of waste landfills' impact on the environment using bioindicators. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20(2), 371–377.
- Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Christensen, T. H. (2014a). Review of LCA studies of solid waste management systems – Part I: Lessons learned and perspectives. *Waste Management*, 34(3), 573–588.
- MacDonald, M. L. (1996). A multi-attribute spatial decision support system for solid waste planning. *Computers, environment and urban systems*, 20(1), 1–17.
- McDougall, T., White, P., Franke, M., Hindle, P. (2008). *Integrated Solid Waste Management: a Life Cycle Inventory*, 2nd Edition, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Mihajlov, A., Stevanović Čarapina, H. (2015). Rethinking waste management within the resource-efficient concept. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(12), 2973–2978.
- Miliūte, J., Kazimieras Staniškis, J. (2010). Application of life-cycle assessment in optimisation of municipal waste management systems: the case of Lithuania. *Waste Management & Research*, 28(4), 298–308.
- Møller, J., Christensen, T. H., Jansen, J. la Cour. (2011). Anaerobic digestion: Mass balances and product. In *Solid Waste Technology & Management*, (Volume 2, Chapter 9.6, pp. 618–627). Chichester, West Sussex, UK: Wiley
- Morrissey, A. J., Browne, J. (2004). Waste management models and their application to sustainable waste management. *Waste Management*, 24(3), 297–308.
- Niskanen, A., Manfredi, S., Christensen, T. H., Anderson, R. (2009). Environmental Assessment of Ämmässuo Landfill (Finland). *Waste Management & Research*, 27, 542–550.
- Prokic, D., Mihajlov, A. (2012). Contaminated sites. Practice of solid waste management in a developing country (Serbia). *Environment Protection Engineering*, 38(1), 81–90.
- Raghab, S. M., El Meguid, A. M. A., Hegazi, H. A. (2013). Treatment of leachate from municipal solid waste landfill. *HBRC Journal*, 9(2), 187–192.
- Republički zavod za statistiku (Republike Srpske) (2016b). Statistički godišnjak Republika Srpska. *Životna sredina* 16: 298. [Online]. dostupno na: http://www.rzs.rs.ba/front/article/2240/?left_mi=287&add=287.
- Riber, C., Bhandar, G. S., Christensen, T. H. (2008). Environmental assessment of waste incineration in a life-cycle-perspective (EASEWASTE). *Waste Management & Research*, 26(1), 96–103.
- Ristić, M., Vuković, M. (2006). Upravljanje čvrstim otpadom. Tehnologije prerade i odlaganja čvrstog otpada. Tehnički fakultet u Boru. Univerzitet u Beogradu.
- Starostina, V., Damgaard, A., Rechberger, H., Christensen, T. H. (2014). Waste management in the Irkutsk Region, Siberia, Russia: Environmental assessment of current practice focusing on landfilling. *Waste Management & Research*, 32(5), 389–396.

- Stevanović Čarapina, H. D., Stepanov, J. M., Savić, D. C., Mihajlov, A. N. (2011b). Emisija toksičnih komponenti kao faktor izbora najbolje opcije za upravljanje otpadom primenom koncepta ocenjivanja životnog ciklusa, *Hemijska industrija*, 65 (2), 2011, 205–211.
- Strategija upravljanja otpadom za period 2017-2026 (2017). Ministarstvo za prostorno uređenje, građevinarstvo i ekologiju, Republika Srpska.
- Tanskanen, J. H. (2000). Strategic planning of municipal solid waste management. *Resources, conservation and recycling*, 30(2), 111–133.
- Vaverková, M., Toman, F., Kotovicová, J. (2012). Research into the occurrence of some plant species as indicators of landfill impact on the environment. *Polish Journal of Environmental Studies*, 21(3), 755–762.
- Vujić, G., Ubavin, D., Stanisavljević, N., Batinić, B. (2012). Upravljanje otpadom u zemljama u razvoju. Fakultet tehničkih nauka Novi Sad
- World Bank (2012). World Development Report, Development and Environment, New York. Paper No 13.

3) Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања;

Тренутни начин управљања отпадом у бањалучкој регији, базиран је само и искључиво на одлагању отпада на депонију, па се кроз имплементацију законских регулатива ЕУ и РС, намеће хитна потреба за унапређењем постојећег система управљања комуналним отпадом, у један одрживи интегрисани систем управљања са што мањим утицајем на животну средину. Истраживања проведена у овој дисертацији могу допринијети том циљу на следећи начин:

- Одлагањем отпада на депонију на коју се имплементирају највиши стандарди третмана отпада, кроз повећану ефикасност сакупљања процедурних вода и побољшани степен сабијености отпада (густине), којим се смањује количина депонијских вода (филтрата);
- Успостављањем система за сакупљање депонијског гаса и ефикасним начином сакупљања и третмана гаса, као и смањивањем одлагања органског отпада;
- Увођењем одвојеног сакупљања амбалажног отпада и његовом рециклажом, односно искоришћавањем отпада за добијање сировина и производа,
- Одвојеним сакупљањем органског отпада и његовом обрадом у компост.

4) Навести очекиване научне и прагматичне доприносе дисертације.

Развијени модели управљања отпадом у бањалучкој регији, примјеном иновативног аналитичког алата LCA, могу послужити као примјер методологије и за друге општине и регије у РС/БиХ, и даље у окружењу. Могу допринијети оптимизацији тренутног неуређеног система управљања отпадом, помоћи у приједлозима за унапријеђење система управљања отпадом, и развој нових стратегија управљања отпадом.

Примјеном LCA алата дат је значајан научни допринос и помак у оптимизацији система управљања отпадом, односно потврђена је хипотеза да се уз помоћ овог аналитичког алата може предложити значајно побољшање у систему управљања отпадом.

V МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

1) *Објаснити материјал који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзир за избор материјала;*

Материјал на којем је спроведено истраживање је хетерогени комунални чврсти отпад

који се на бањалучкој депонији Рамићи годишње одложи у количини од сса 103 600 тона

Циљ ове LCA студије је био да што тачније предвиди утицај на животну средину, примјеном различитих технологија третмана отпада на примјеру бањалучке регије.

Просторна граница моделованог система управљања отпадом обухватила је систем управљања отпадом у бањалучкој регији. За *временску границу* је усвојен временски период од једне године. За депонију комуналног отпада је узет у разматрање временски период од 100 година, због специфичности овог грађевинског објекта који може да продукује емисије у животну средину стотинама односно хиљадама година. *Функционална јединица* је укупна количина комуналног отпада у бањалучкој регији која се генерише у току једне календарске године (103 600 т). Састав отпада који је коришћен у моделовању је састав отпада са бањалучке депоније из 2016.године (Еуро-инспект, 2016). *Јединични процеси* у овој LCA студији су: депоновање, термички третман, биолошки третман, раздвајање и рециклажа амбалажног отпада.

У овој дисертацији моделовано је седам (7) сценарија управљања отпадом кроз имплементацију ЕУ и РС законодавства из области отпада, поштујући начела одрживог развоја и хијерархије управљања отпадом и то:

Сценарио 1: овај сценарио се базирао на постојећи систем који је био у 2016.години, тј. одлагање отпада на неуређену депонију. Процједне воде се сакупљају и третирају у постројењу са реверзном осмозом (60%). Депонијски гас се системима перфорираних цијеви евакуише из тијела депоније и испушта директно у атмосферу. Овај сценарио карактеришу сљедећи параметри:

- депонијски гас се директно испушта у атмосферу;
- густина одложеног отпада је $0,67 \text{ t/m}^3$;
- висина слојева одложеног отпада је 20 m;
- степен сакупљања процједних вода је 60%, односно 40% процједних вода се непречишћено испушта у површинске воде и земљиште.

Сценарио 2: унапређење постојећег система одлагања отпада, кроз успостављање система за сакупљање депонијског гаса и третман гаса на бакљи. Систем за дегасификацију и третман гаса на бањалучкој депонији је успостављен крајем 2016. године. Овај сценарио карактеришу сљедеће параметри:

- степен сакупљања гаса је 70% (прве двије године нема сакупљања), а након тога се врши сакупљање и спаљивање на бакљи наредних 28 година, а потом се, наредних 70 година, депонијски гас директно испушта у атмосферу;
- густина одложеног отпада је $0,67 \text{ t/m}^3$;
- висина слојева одложеног отпада је 20 m;
- степен сакупљања процједних вода је 60%.

Сценарио 3: унапређење сценарија 2, и то кроз повећање степена сакупљања и третмана процједних вода, те искоришћавања депонијског гаса за добијање топлотне и електричне енергије. Овај сценарио карактеришу сљедећи параметри и карактеристике:

- степен сакупљања депонијског гаса је 85%;
- прве двије године, док се не успостави дегасификациони систем, нема сакупљања депонијског гаса; наредних 28 година се врши сакупљање гаса и добијање енергије (50% топлотне и 30% електричне енергије); након истека 30 година старости депоније, депонијски гас спаљује се на бакљи наредних 25 година;
- висина слојева одложеног отпада је 20 m;
- густина отпада је $0,82 \text{ t/m}^3$;

- степен сакупљања процједних вода је 80%.

Сценарио 4: спаљивање комуналног отпада у спалионици с покретном решетком уз добијање топлотне и електричне енергије.

Сценарио 5: раздвајање отпада на двије фракције: амбалажни и остатак комуналног отпада. Амбалажни отпад се упућује у постројење за раздвајање отпада, а затим на рециклажу. Остатак комуналног отпада се одлаже на депонији. Овај сценарио карактеришу сљедећи параметри и карактеристике:

- издвајање амбалажног отпада из комуналног отпада на мјесту настанка са степеном издвајања од 35% у односу на укупну количину амбалажног отпада у комуналном отпаду;
- у постројењу за раздвајање амбалажног отпада се издвоји 70% стакла, 80% пластике и алуминијума и 60% папира и метала;
- остатак комуналног отпада се одлаже на депонији са искоришћавањем гаса за добијање енергије.

Сценарио 6: раздвајање отпада на двије фракције: амбалажни и остатак комуналног отпада. Амбалажни отпад се упућује у постројење за раздвајање отпада, а затим на рециклажу. Остатак комуналног отпада се спаљује у спалионици с покретном решетком уз добијање топлотне и електричне енергије. Овај сценарио карактеришу сљедећи параметри и карактеристике:

- издвајање амбалажног отпада из комуналног отпада на мјесту настанка са степеном издвајања од 35% у односу на укупну количину амбалажног отпада у комуналном отпаду;
- у постројењу за раздвајање амбалажног отпада се издвоји 70% стакла, 80% пластике и алуминијума и 60% папира и метала;
- остатак комуналног отпада се спаљује у спалионици са покретном решетком уз добијање топлотне и електричне енергије.

Сценарио 7: раздвајање отпада на три фракције: амбалажни отпад, органски отпад и остатак комуналног отпада. Амбалажни отпад се упућује у постројење за раздвајање отпада, а затим на рециклажу. Органски отпад се третира анаеробном дигестијом уз кориштење дигестата у пољопривреди као ђубрива. Остатак комуналног отпада се одлаже на депонији. Овај сценарио карактеришу сљедећи параметри и карактеристике:

- издвајање амбалажног отпада из комуналног отпада на мјесту настанка са степеном издвајања од 35% у односу на укупну количину амбалажног отпада у комуналном отпаду;
- у постројењу за раздвајање амбалажног отпада се издвоји 70% стакла, 80% пластике и алуминијума и 60% папира и метала;
- анаеробна дигестија 35% органског отпада у односу на укупну количину;
- коришћење компоста у пољопривредне сврхе;
- остатак комуналног отпада се одлаже на депонији из сценарија 3.

Моделовањем различитих опција третмана отпада примјеном LCA алата (уз кориштење EASETECH софтверског модела), циљ је био што прецизније дефинисати оптерећење по животну средину и утицај на здравље људи сваког од моделованих сценарија третмана отпада. Резултати LCA представљени су кроз LCIA (eng. *Life Cycle Impact Assessment*) односно путем *категорија утицаја*. Категорије утицаја су ради лакше интерпретације добијених резултата нормиране, односно представљене у еквиваленту по човјеку (eng. *people equivalent – PE*).

Са аспекта утицаја на животну средину посматране су сљедеће категорије утицаја на животну средину: глобално загријавање (GW), настанак фотохемијског озона (POF), ацидификација (AC), обогаћивање хранљивим материјама (NE), оштећење стратосферског озона (SOD), екотоксичност у земљишту (ETsc) и екотоксичност у води (ETwc).

Од категорија утицаја на људско здравље у обзир су узете сљедеће категорије: токсичност на човјека путем ваздуха (HTa), токсичност на човјека путем земљишта (HTs) и токсичност на човјека путем воде (HTw). Ове категорије су анализирани само кроз количине емисија полутаната у различитим сценаријима, а не и кроз анализу утицаја и посљедица које поједини полутанти остављају на људско здравље. Дакле анализирани су само еколошки, а не и медицински аспекти категорија утицаја.

Све поменуте категорије утицаја исказане су као *позитивне* и *негативне* вриједности. Позитивне вриједности категорија утицаја јесу показатељ негативног утицаја на животну средину, и што су вриједности веће, то представља веће оптерећење за животну средину. Негативне вриједности категорија утицаја представљају минимизацију односно мање негативних утицаја на животну средину, а што су оне веће, то се боље одражава на очување животне средине. Другим ријечима, пожељни су моделовани сценарији управљања отпадом који имају негативне вриједности категорија утицаја.

2) Дати кратак увид у примијењени метод истраживања;

Истраживање је базирано на утврђивању карактеристике тренутног стања и поређење са различитим моделима (сценаријима) технолошког система за управљање отпадом кроз примјену иновативног аналитичког алата LCA, односно примјеном рачунарског модела EASETECH. Због великог броја улазних података данас је провођење LCA у управљању отпадом без употребе рачунарских модела незаобилазно.

Истраживања су проведена, а добијени резултати презентовани у складу са прихваћеним планом истраживања у пријави докторске тезе и није било одступања од истог.

Параметри који су испитивани се у најновијој литератури сматрају релевантним и довољним за провођење поузданог истраживања. Примијењене методе истраживања су адекватне, савремене и у складу су са свјетским достигнућима у овој области.

VI РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

1) Укратко навести резултате до којих је кандидат дошао;

Узорковање и анализа физичко-хемијског састава комуналног отпада је важан параметар неопходан приликом пројектовања, изградње и функционисања система управљања отпадом, а све у циљу добијања сљедећих података: могућности искоришћавања корисних компоненти из отпада за добијање нових сировина; енергетског искоришћавања отпада; смањивања количине отпада који се одлаже на депоније; предвиђања количине пепела и шљаке из спалионице; димензионисања запремине депоније итд. Стога су, у резултатима представљени морфолошки састав предметног отпада, као и техничка и елементарна анализа комозитног узорка отпада.

У сценаријима 1 и 2, тј. у сценарију у којем је отпад одлаган на неуређену депонију, односно када се отпад одлагао на депонију гдје је гас спаљиван на бакљи, све анализирани

категорије утицаја на животну средину имале су позитивне вриједности, односно ови сценарији су најмање прихватљиви са аспекта утицаја на животну средину.

У сценарију 3, у којем се отпад депоновао на санитарној депонији, а депонијски гас енергетски искоришћавао, три категорије утицаја од седам анализираних имале су негативне вриједности, односно за ове три категорије утицаја остварено је мање негативних утицаја на животну средину.

У сценарију 4, у којем се отпад спаљивао у спалионици с покретним решеткама, уз искоришћавање отпада за добијање топлотне и електричне енергије (уз поштовање строгих стандарда о емисији отпадних гасова након третмана истих), шест категорија утицаја на животну средину имале су негативне вриједности, односно мање негативних утицаја на животну средину, а само је једна категорија утицаја (ETwc) имала позитивне вриједности, односно негативан утицај на животну средину.

У сценарију 5, у којем се амбалажни отпад одвојено сакупљао, потом рециклирао, а остатак отпада одлагао на санитарну депонију, двије категорије утицаја на животну средину (POF i NE) имале су позитивне вриједности, односно представљале су оптерећење за животну средину, а преосталих пет категорија имале су негативне вриједности, односно мање негативних утицаја на животну средину.

У сценарију 6, у којем је било предвиђено одвојено сакупљање амбалажног отпада и рециклажа, а остатак комуналног отпада се термички третирао у спалионици с покретним решеткама (за добијање топлотне и електричне енергије, уз поштовање стандарда о емисији отпадних гасова), све категорије утицаја на животну средину које су анализирани имале су негативне вриједности, односно мали негативан утицај на животну средину.

Дакле, сценарио 6 је најпожељнији с гледишта очувања здраве животне средине.

У сценарију 7, гдје је амбалажни отпад одвојено сакупљен и рециклиран, одвојено сакупљен органски отпад анаеробном дигестијом прерађен у компост, а остатак отпада одложен на депонију, само једна категорија утицаја на животну средину имала је позитивну вриједност, а преосталих шест категорија имале су негативну вриједност.

Када су у питању категорије утицаја на људско здравље, сценарији 1 и 2 су најнеповољнији, јер су све категорије утицаја имале позитивне вриједности. У сценарију 3, односно одлагањем отпада на санитарну депонију на којој се депонијски гас искоришћава за добијање топлотне и електричне енергије, двије категорије утицаја су имале позитивне вриједности, односно непожељне са аспекта здравља људи, а само једна је имала негативну вриједност (пожељна са аспекта људског здравља).

У сценарију 4, у којем је предвиђено да се сав комунални отпад спаљује у циљу добијања топлотне и електричне енергије, с поштовањем захтјева за квалитет пречишћених гасова, двије категорије утицаја на људско здравље (HTa и HTs) имале су негативне вриједности (односно мањи негативан утицај на људско здравље), а HTw је имала позитивну вриједност, односно негативан утицај на људско здравље.

У сценарију 6, гдје се из комуналног отпада у домаћинствима издваја амбалажни отпад, а остатак комуналног отпада третира у спалионици с покретним решеткама (уз искоришћење отпада за добијање топлотне и електричне енергије и третман отпадних гасова), све категорије утицаја на људско здравље имале су негативне вриједности, односно мањи негативан утицај. **Дакле, сценарио 6 је најпожељнији и са аспекта очувања здравља људи.**

У сценаријима 5 и 7, гдје се одвојено сакупљени амбалажни отпад рециклира, а остатак отпада депонује, односно амбалажни отпад рециклира, органски прерађује у компост, а остатак отпада депонује, двије категорије утицаја на људско здравље су имале негативне вриједности, односно мањи негативан утицај на људско здравље, а само једна категорија утицаја је имала позитивне вриједности, односно негативан утицај са аспекта људског

здравља.

Анализом сензитивитета/осјетљивости за *сценарије 5, 6 и 7*, када је анализиран утицај на животну средину и здравље људи различитог степена сакупљања амбалажног и органског отпада, најмањи негативни утицаји су у случају када се постиже висок степен одвојеног сакупљања отпада на мјесту настанка.

Резултати истраживања су показали да је моделовањем различитих опција третмана комуналног отпада на примјеру бањалучке регије и компарацијом предложених модела уз помоћ LCA алата, могуће постићи смањивање негативних утицаја на животну средину и здравље људи кроз побољшање система управљања отпадом, чиме су и потврђене постављене хипотезе овог истраживања.

2) Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући са резултатима других аутора и да ли је кандидат при томе испољавао довољно критичности;

Добијени резултати истраживања су јасно и концизно приказани, јасно и систематично тумачени, при чему је кандидат испољио довољно критичности упоређујући добијене резултате са најновијом литературом из ове области.

3) Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, као и који нови истраживачки задаци се на основу њих могу утврдити или назирати;

Аналитички алат LCA као помоћ и подршка у процесу одлучивања у процесима доношења одлука у систему управљања отпадом, а који се користи дуже вријеме у свијету, је скоро па непознат на просторима РС/БиХ. Овом дисертацијом, односно резултатима истраживања се даје теоријски и практичан допринос примјене LCA у научној области која се бави проблематиком управљања отпадом. Добијени резултати се могу користити за дефинисање будућих стратегија и планова за управљање комуналним отпадом, док се развијена методологија може примијенити за развој и евалуацију нових сценарија, како за комунални, тако и за остали отпад, у циљу унапријеђења система за управљање отпадом на свим нивоима.

VII ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

На основу анализе и сагледавања укупног садржаја докторске дисертације кандидата мр Драженка Бјелића, Комисија доноси сљедеће закључке и приједлог:

Дефинисани предмет и циљ истраживања, предложене хипотезе, методе прикупљања и анализе података, примијењени метод истраживања, те коришћена литература у коначној докторској дисертацији, урађени су тако да задовољавају критеријуме научне мисли и чине вјероватним поштовање научних принципа.

У односу на тематику, предмет и циљ на који се односе резултати истраживања, дисертација представља значајан теоретски и емпиријски допринос научној области која се бави проучавањем управљања отпадом.


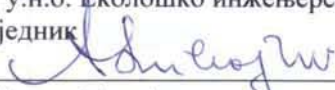
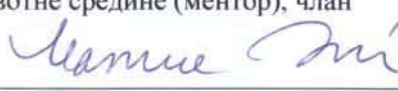
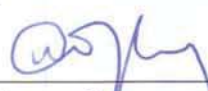
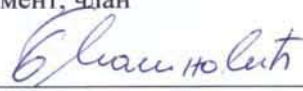
Комисија сматра да је у питању оригинална и актуелна тема, односно оригиналан начин анализирања проблема управљања комуналним отпадом, и с обзиром на мали број истраживања ове врсте на нашим просторима, сигурно ће представљати значајан научни допринос унапређењу система управљања комуналним отпадом у РС/БиХ.

У прилог оцјене успјешности ове докторске дисертације и њеном научном доприносу иду и два рада објављена у међународним часопису са SCI листе, *Environmental Engineering and Management Journal* (IF= 1,008). Радови се налазе у прилогу Извјештаја.

На основу свеукупне позитивне оцјене дисертације, Комисија једногласно и са задовољством предлаже Наставно-научном вијећу Технолошког факултета и Сенату Универзитета у Бањој Луци да се докторска дисертација под насловом *Развој оптималног модела управљања комуналним отпадом за Бања Луку примјеном процјене животног циклуса* прихвати, а кандидату мр Драженку Бјелићу одобри јавна одбрана.

Датум: 30.08.2017.године

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. 
Др Љиљана Вукобратовић, редовни професор,
Технолошки факултет, Универзитет у Бањој
Луци, у.н.о. Еколошко инжењерство,
предсједник
2. 
Др Анђелка Михајлов, редовни професор,
Факултет техничких наука, Универзитет у
Новом Саду, у.н.о. Инжењерство заштите
животне средине (ментор), члан
3. 
Др Марина Илић, редовни професор, Факултет
за екологију и заштиту животне средине,
Универзитет УНИОН-Никола Тесла, Београд,
у.н.о. Управљање отпадом и одрживи развој,
члан
4. 
Др Милош Сорак, редовни професор,
Технолошки факултет, Универзитет у Бањој
Луци, у.н.о. Индустијско инжењерство и
менаџмент, члан
5. 
Др Борислав Малиновић, доцент, Технолошки
факултет, Универзитет у Бањој Луци, у.н.о.
Електрохемијско инжењерство, члан

ИЗДВОЈЕНО МИШЉЕЊЕ: Члан комисије који не жели да потпише извјештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извјештај образложење, односно разлог због којих не жели да потпише извјештај.