

Факултет Машински

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

78/5

(Број захтева)

09.03.2023.

(Датум)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев  
упућује)

## ЗАХТЕВ

### за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**„УТИЦАЈ ЕКО ДИЗАЈНА НА УНАПРЕЂЕЊЕ ЕКОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА  
ТРАКАСТИХ ТРАНСПОРТЕРА КРАТКИХ ДЕОНИЦА“**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Транспортно инжењерство, конструкције и логистика

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

- Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:  
МИЛОШ (ДЕСИМИР) ЂОРЂЕВИЋ
- Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):  
Основне студије - Машински факултет Београд
- Година завршетка претходног нивоа студија: 2007.
- Година уписа на докторске студије: 2016.
- Назив студијског програма докторских студија: Машинско инжењерство

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Ненад Зрнић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. (2022) Nenad Zrnić, Miloš Đorđević & Vlada Gašić: Historical Background and Evolution of Belt Conveyors, Foundations of Science, DOI: 10.1007/s10699-022-09894-6, Part of ISSN: 1233-1821, Part of ISSN: 1572-8471, IF (2021): 0,793, M22.
2. (2021) Vlada Gašić, Aleksandra Arsić, Nenad Zrnić: Strength of extended stiffened end-plate bolted joints: Experimental and numerical analysis, Structures, DOI: 10.1016/j.istruc.2021.04.016, ISSN: 2352-0124, IF (2021): 4,010, M22.
3. (2020) Bošnjak, S.M.; Zrnić, N.Đ.; Momčilović, D.B.; Gnjatović, N.B.; Milenović, I.L.: Tie-rods of the bucket wheel excavator slewing superstructure: A study of the eye plate stress state, Engineering Structures, DOI: 10.1016/j.engstruct.2020.110233, ISSN: 0141-0296, IF (2020): 4,471, M21.
4. (2019) Miloš Rajković, Nenad Zrnić, Nenad Kosanić, Matej Borovinšek & Tone Lerher: A multi-objective optimization model for minimizing investment expenses, cycle times and CO2 footprint of an automated storage and retrieval systems, Transport, DOI: 10.3846/transport.2019.9686, Part of ISSN: 1648-4142, Part of ISSN: 1648-3480, IF (2019): 1,053, M23.
5. (2017) Jerman, B.; Zrnić, N.; Jenko, M.; Lerher, T.: Energy regeneration in automated high bay warehouse with stacker cranes, Regeneracija energije u automatiziranom visokoregalnom skladištu s regalnim dizalicama, Tehnicki Vjesnik = Technical Gazette, ISSN: 1330-3651, IF (2017): 0,686, M23.
6. (2015) Bošnjak, S.M.; Oguamanam, D.C.D. & Zrnić, N.: The influence of constructive parameters on response of bucket wheel excavator superstructure in the out-of-resonance region, Archives of Civil and Mechanical Engineering, DOI: 10.1016/j.acme.2015.03.009, ISSN: 1644-9665, IF (2015): 2,194, M21.
7. (2015) Zrnić, N.D.; Gašić, V.M.; Bošnjak, S.M.: Dynamic responses of a gantry crane system due to a moving body considered as moving oscillator, Archives of Civil and Mechanical Engineering, DOI: 10.1016/j.acme.2014.02.002, ISSN: 1644-9665, IF (2015): 2,194, M21.
8. (2013) Andrija Vujičić, Nenad Zrnić & Boris Jerman: Ports Sustainability: A life cycle assessment of Zero Emission Cargo Handling Equipment, Strojnicki Vestnik/Journal of Mechanical Engineering, DOI: 10.5545/sv-jme.2012.933, ISSN: 0039-2480, IF (2013): 0,776, M22.
9. (2013) Langerholc, M., Zrnić, N., Đorđević, M. & Jerman, B.: Conveyor design optimization as the provision of sustainability, Optimiziranje konstrukcije konvejera kao uvjet održivosti, Tehnicki Vjesnik = Technical Gazette, ISSN: 1330-3651, IF (2013): 0,615, M23.
10. (2013) Srđan M. Bošnjak, Zoran D. Petković, Aleksandar M. Simonović, Nenad Đ. Zrnić & Nebojša B. Gnjatović: 'Designing-in' failures and redesign of bucket wheel excavator undercarriage, Engineering Failure Analysis, DOI: 10.1016/j.engfailanal.2012.12.007, ISSN 1350-6307, IF (2013): 1,130, M22.

Обавештавамо вас да је Наставно – научно веће на седници одржаној 09.03.2023. године размотрило предложену тему и закључило да је тема погодна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

**Напомена:** Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и једном писаном примерку за архиву Универзитета

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -  
Број: 78/5  
Датум: 09.03.2023. године  
Београд, Краљице Марије 16

На основу захтева студента **Милоша Ђорђевића, дипл. инж. маш., бр. 1967/1** од 12.12.2022. године да му се одобри израда докторске дисертације, реферата Комисије у саставу: др Срђан Бошњак, ред. проф, др Александар Јововић, ред. проф., др Влада Гашић, ванр. проф., др Небојша Ђатовић, доц. и др Мирјана Кијевчанин, ред. проф. ТМФ Београд а на основу члана 30. Закона о високом образовању („Службени гласник РС“, број 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 93/2012 и 89/2013), члана 64. Статута Машинског факултета – пречишћени текст (број 1136/4 од 28.06.2021. године) и члана 37. Правилника о докторским студијама Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 09.03.2023. године, донело је следећу

### ОДЛУКУ

Прихвата се научна заснованост теме докторске дисертације и констатује да студент **МИЛОШ ЂОРЂЕВИЋ, дипл. инж. маш.,** испуњава услове за израду докторске дисертације **«УТИЦАЈ ЕКО ДИЗАЈНА НА УНАПРЕЂЕЊЕ ЕКОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ТРАКАСТИХ ТРАНСПОРТЕРА КРАТКИХ ДЕОНИЦА».**

Одлуком ННВ број 78/2, од 09.02.2023. године за ментора докторске дисертације Милоша Ђорђевића, дипл. инж. маш. именован је др Ненад Зрнић, ред. проф.

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, ментору и архиви Факултета.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић

# УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

## Машински факултет

### ВЕЋУ ДОКТОРСКИХ СТУДИЈА

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Милоша Ђорђевића за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 78/3 од 09.02.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милоша Ђорђевића, дипл. инж. маш. за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Утицај еко дизајна на унапређење еколошких карактеристика тракастих транспортера кратких деоница“.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

### РЕФЕРАТ

#### 1. Подаци о кандидату

##### 1.1. Биографски подаци

**Милош (Десимир) Ђорђевић** је рођен 13.07.1980. године у Београду. Основну школу („Ослободиоци Београда“) и Техничку школу („Петар Драпшин“) завршио је у Београду. За постигнуте успехе током школовања, проглашен је учеником генерације Техничке школе „Петар Драпшин“ 1999. године. Исте године уписао је Машински факултет, Универзитета у Београду. Дипломирао је 2007. године, са просечном оценом 7,79 и оценом 10 за дипломски рад из предмета Металне конструкције, под називом „Пројекат колица носивости 300 t“. Докторске студије уписао је на Машинском факултету, Универзитета у Београду исте године, где се и запослио се у својству сарадника – истраживача. Војни рок у цивилној служби одслужио је 2007. године, непосредно пре дипломирања и запослења.

Као Сарадник на пројекту ТР 14052 заснива радни однос на неодређено време са пуним радним временом на Машинском факултету у Београду, почев од 01.10.2008. Даљи рад на факултету наставља као Сарадник на пројекту ТР 35006 са уговором о раду бр. 11/115, почев од 01.01.2011. Дана 01.03.2012. бива изабран се у звање „Истраживач сарадник“. Радни однос са пуним радним временом на неодређено време у својству Стручног сарадника заснива 01.06.2015., такође на Машинском факултету у Београду. На истом радном месту је до данас.

Коаутор је 29 научних и стручних радова, од тога 6 радова у часописима међународног значаја (4 са SCI листе), 4 рада у националним часописима, 18 радова на међународним скуповима и 1 на националном скупу. Доминантни део радова проистекао је из истраживања везаних за реалне проблеме који се јављају током експлоатације машина за механизацију. Учествовао је у реализацији 3 научноистраживачка пројекта финансирана од стране Министарства за просвету, науку и технолошки развој Републике Србије. Као коаутор, реализовао је 2 техничка решења и 52. оригинална стручна остварења за потребе привреде.

Коаутор је универзитетског уџбеника за предмет Дизајн и екологија у оквиру Мастер студија на Машинском факултету Универзитета у Београду, објављеног 2012. године под називом: „Дизајн и екологија – одрживи развој производа“. Учествовао је у приређивању монографије Машинског факултета под називом „140 година наставе у области машинства у Србији и 65 година самосталности Машинског факултета у Београду“, објављене 2013. године. На Институту за механизацију, Машинског факултета у Београду био је члан Организационог одбора Међународне конференције из области транспорта, конструкција и логистике („МНСЛ“), и то 2009., 2012., 2015., 2017., 2019. и 2022. године. Конференција се од 2015. године одржава сваке 2. године (због Корона вируса је прескочена 2021.).

За свој истраживачко-стручни рад, добио је следеће награде:

- Златну медаљу са ликом Николе Тесле, од Савеза проналазача и аутора техничких унапређења Београда, 2010. године, за пројекат: „Редизајн радног уређаја роторног багера SchRs 350“;
- Диплому Привредне коморе Београда, 2010. године, за техничко унапређење под називом „Редизајн и унапређење подструктура роторних багера РБ „Колубара““.

За потребе лабораторија при Катедри за механизацију пројектовао је и учествовао у изради тракастог транспортера вишеструке намене и модларне конструкције, који се користи за лабораторијска истраживања у области машина непрекидног транспорта и за рад са студентима. За дати транспортер специјално је израђена транспортна трака са испуном од челичне ужади, зарад примене скенера за неструктивну анализу оваквих трака. Обучен је за рад претходно поменутом скенеру за испитивање трака са челичном ужади „Introcon S 2000“, за шта поседује одговарајући сертификат. За исти тракасти транспортер је прибавио и додатни мотор веће снаге (1,1 kW) за будућа истраживања и намену транспортера, као и још две транспортне траке – једну са испуном од челичне ужади већег пречника и једну са текстилном испуном. Поред поменутог прибавио је и одговарајуће узорке транспортних трака и елемената транспортера, као и ваљкасти транспортер за потребе лабораторијских вежби и рад са студентима.

Активно учествује у извођењу дела наставе – вежби – из предмета Транспортне машине и Дизајн и екологија, оба на мастер академским студијама.

Наставни и педагошки рад високо је вреднован у анкетама спроведеним међу студентима.

У свакодневном раду користи се програмима за пројектовање и коначноелементу анализу носећих конструкција (Auto CAD, CATIA), као и програмима за оцену животног циклуса производа (SimaPro 8, Ecodesign Assistant, Ecodesign PILOT).

Говори енглески, мађарски и руски језик.

### **1.1.1. Спортска каријера**

Од 1988. до 2001. године активно се бавио спортском гимнастиком. Био је вишеструки државни првак у континуитету од 1992. до 2000. године у вишебоју и на већини справа. Као репрезентативац учествовао је на више међународних такмичења, од којих је најзначајније Светско првенство, одржано у Кини 1999. године. У периоду од 2012-2016. године био је гимнастички судија 5. категорије савезног ранга, за шта поседује сертификат Гимнастичког савеза Србије.

Од 1999. до 2007. године активно се бавио и скоковима у воду. Био је државни првак од 2001. до 2006. године у свим такмичарским дисциплинама и као репрезентативац учествовао на неколико међународних такмичења. Судија за скокове у воду је од 2007. године, при чему је у периоду 2012-2013. био сертификовани међународни судија (поседује FINA сертификат). Генерални је секретар Савеза за скокове у воду Београда и потпредседник Клуба за скокове у воду „Фонтана Вулкс“.

Од 2011. до 2016. године, у оквиру Соколског савеза Србије, учествовао је на такмичењима у трамбулинину (трамбулина је олимпијски спорт) и освајао одличја у

континуитету. Био је победник Првог отвореног Соколског првенства Београда у скоковима са мале трамбулине 2011. године.

Поред наведеног, од 1999. године до данас бави се и тренерским послом у гимнастичким спортовима. Оперативни је тренер гимнастике 4. нивоа. Лиценцирани је тренер трамбулине највишег ранга (црвена лиценца) и координатор за трамбулину при Гимнастичком савезу Србије. Поседује сертификат европске гимнастичке федерације – ЕГ о похађаном курсу за тренере 2019. У 2022. години његови такмичари су донели прве медаље на олимпијској трамболини за Србију и у мушкој и у женској конкуренцији.

Председник је Соколског друштва „Београд“ Матица, најстаријег соколског друштва на нашим просторима, основаног 1882. године и учествује у његовим спортским активностима као тренер и организатор.

## 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Од уписа докторских студија кандидат учествује у извођењу наставе на предметима *Дизајн и екологија* и *Транспортне машине*, одржавајући аудиторне и лабораторијске вежбе. Учествовао је у раду са студентима на већем броју мастер радова, усмеравајући их приликом израде истих. Паралелно са наставним активностима, кандидат учествује у научним истраживањима која се спроводе при Катедри за механизацију, у раду катедарских лабораторија као и у изради пројеката у сарадњи са привредом.

### 1.2.1. Активности на Докторским студијама

Кандидат Милош Д. Ђорђевић, уписао је Докторске студије на Машинском факултету у Београду школске 2007/2008 године и положио све испите предвиђене планом и програмом докторских студија. Школске 2016/2017 се исписао и поново уписао на другу годину Докторских академских студија, при чему су му сви положени испити признати, осим *Лабораторије 4*, која по новом програму носи назив *Истраживање и публиковање 4*. Овај испит није признат, јер максимални број признатих ЕСПБ бодова може износити 90 ЕСПБ. Након тога, кандидат је положио преостали испит - *Истраживање и публиковање 4* и успешно одбранио *Пројекат идеје докторске дисертације*. Признати испити, положени са индексом Д10/2007 приказани су са ЕСПБ бодовима и оценама у Табели 1.

**Табела 1:** Признати испити са Докторских академских студија

| Назив предмета                              | Предметни наставник       | ЕСПБ | Оцена      |
|---------------------------------------------|---------------------------|------|------------|
| Нумеричке методе                            | Проф. др Аранђеловић Иван | 5    | 10 (десет) |
| Одабрана поглавља из механике               | Проф. др Зоран Митровић   | 5    | 10 (десет) |
| Виши курс математике                        | Проф. др Раденовић Стојан | 5    | 10 (десет) |
| Структурална анализа машина за механизацију | Проф. др Срђан Бошњак     | 5    | 10 (десет) |
| Истраживање и публиковање - I               | Проф. др Зоран Петковић   | 10   | 10 (десет) |
| ОМНИР и комуникација                        | Проф. др Милош Недељковић | 5    | 10 (десет) |
| Динамика транспортних машина                | Проф. др Срђан Бошњак     | 5    | 10 (десет) |
| Динамика грађевинских и рударских машина    | Проф. др Срђан Бошњак     | 5    | 10 (десет) |
| Истраживање и публиковање - II              | Проф. др Зоран Петковић   | 15   | 10 (десет) |
| Изабрана поглавља из ТКЛ                    | Проф. др Срђан Бошњак     | 5    | 10 (десет) |
| Осцилације механичких система               | Проф. др Зоран Митровић   | 5    | 8 (осам)   |
| Истраживање и публиковање - III             | Проф. др Срђан Бошњак     | 20   | 10 (десет) |

У Табели 2, приказани су испити са ЕСПБ бодовима и оценама, положени након поновног уписа, са бројем индекса Д20/2016.

**Табела 2:** Положени испити са Докторских академских студија, након поновног уписа

| Назив предмета                       | Предметни наставник  | ЕСПБ | Оцена      |
|--------------------------------------|----------------------|------|------------|
| Истраживање и публикавање - IV       | Проф. др Ненад Зрнић | 8    | 10 (десет) |
| Пројекат идеје докторске дисертације | Проф. др Ненад Зрнић | 22   | 10 (десет) |

У Табели 3 дат је приказ статуса студента.

**Табела 3:** Приказ статуса студента од уписа 2016. године

| # | Година студија | Година уписа | Врста уписа      | Група студија | Датум уписа | Коментар     |
|---|----------------|--------------|------------------|---------------|-------------|--------------|
| 1 | 2              | 2016         | Нова година      | ДАС           | 10/10/2016  |              |
| 2 | 3              | 2017         | Нова година      | ДАС           | 10/10/2017  |              |
| 3 | 3              | 2018         | Обновљена година | ДАС           | 10/10/2018  |              |
| 4 | 3              | 2019         | Обновљена година | ДАС           | 04/10/2019  |              |
| 5 | 3              | 2020         | Мировање         | ДАС           | 20/11/2020  |              |
| 6 | 3              | 2021         | Продужена година | ДАС           | 04/11/2021  | по препоруци |
| 7 | 3              | 2022         | Продужена година | ДАС           | 31/10/2022  |              |

Кандидат је положио 4 обавезна предмета, 5 изборних предмета и 4 испита који обухватају активности истраживања и публикавања. Након свих положених испита кандидат је одбранио *Пројекат идеје докторске дисертације*. Тиме је кандидат остварио укупно 120 ЕСПБ бодова, чиме је испунио основни услов да пријави тему докторске дисертације.

### 1.2.2. Списак објављених научних радова

Као резултат истраживачког рада, кандидат је објавио 28 научних радова у научним часописима и скуповима и 2 поглавља у монографијама:

**Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја (M14)**

- [1] Zrnić, N., **Đorđević, M.** and Gašić, V.: *History of Belt Conveyors Until the End of the 19<sup>th</sup> Century*, Book chapter in Explorations in the History and Heritage of Machines and Mechanisms, 7<sup>th</sup> International Symposium on History of Machines and Mechanisms (HMM), Vol. 40, Springer, ISSN 1875-3426 (electronic), ISBN 978-3-030-98499-1 (eBook), pp. 210-223, 2022, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-98499-1>. (M14)

### Радови објављени у међународним часописима (M21-M23)

- [2] Bošnjak, S., Pantelić, M., Zrnić, N., Gnjatović, N. and **Đorđević, M.**: *Failure Analysis and reconstruction Design of the Slewing Platform Mantle of the Bucket Wheel Excavator O&K SchRs 630*, Engineering Failure Analysis, ISSN 1350-6307, Vol. 18, issue 2, pp. 658-669, 2011. IF(2010): 0,770 (M22)
- [3] Zrnić, N., **Đorđević, M.** and Gašić, V.: *Historical Background and Evolution of Belt Conveyors*, Foundations of Science (2022). <https://doi.org/10.1007/s10699-022-09894-6>. IF(2021): 0,793 (M22)
- [4] Langerholc, M., Zrnić, N., **Đorđević, M.** and Jerman, B.: *Conveyor Design Optimization as the Provision of Sustainability*, Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette, ISSN 1330-3651, Vol. 20, issue 5, pp. 837-846, 2013. IF(2012): 0,601 (M22)
- [5] Bošnjak, S., Petković, Z., Dunjić, M., Gnjatović, N. and **Đorđević, M.**: *Redesign of the vital subsystems as a way of extending the bucket wheel excavators life*, TTEM, ISSN 1840-1503, Vol. 7, issue 4, pp. 1620-1629, 2012. IF(2011): 0,351 (M23)

**Радови објављени у часописима међународног значаја верификованим посебном опдлуком (M24)**

- [6] Bošnjak, S., Arsić, M., Zrnić, N., Odanović, Z. and **Đorđević, M.**: *Failure Analysis of the Stacker Crawler Chain Link*, *Procedia Engineering*, ISSN 1877-7058, Vol. 10, pp. 2244-2249, 2011. (M24)
- [7] **Đorđević, M.**, Mladenović, G., Zrnić, N. and Bošnjak, S.: *LCA of the Manufacturing Stage of the Laboratory Belt Conveyor*, *FME Transactions*, ISSN 1451-2092, Vol. 46, No. 3, pp. 410-417, 2018. (M24)

**Саопштења са међународних скупова штампана у целини (M33)**

- [8] Zrnić, N. and **Đorđević, M.**: *Recent developments of environmentally friendly technologies in container terminals*, *Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Conference of Material Handling, Constructions and Logistic „MHCL ’09“*, ISBN 978-86-7083-672-3, Faculty of Mechanical Engineering Belgrade, Belgrade, October 15<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, pp. 347-350, 2009. (M33)
- [9] Petković, Z., Bošnjak, S., Gnjatović, N. and **Đorđević, M.**: *High-performance mechanized side Slipway for River, Sea and Oversea Ships*, *Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL ’09“*, ISBN 978-86-7083-672-3, Faculty of Mechanical Engineering Belgrade, Belgrade, October 15<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, pp. 89-94, 2009. (M33)
- [10] Bošnjak, S., Petković, Z., **Đorđević, M.** and Gnjatović, N.: *Redesign of Bucket Wheel Excavating Device*, *Proceedings of the 19<sup>th</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL ’09“*, ISBN 978-86-7083-672-3, Faculty of Mechanical Engineering Belgrade, Belgrade, October 15<sup>th</sup>-16<sup>th</sup>, pp. 123-128, 2009. (M33)
- [11] Zrnić N., **Đorđević M.**, Bošnjak S. and Dragović B.: *Developments of Environmental Friendly Technologies for RTG Container Cranes*, *Proceedings of 10<sup>th</sup> International Conference of Research and Development in Mechanical Industry „RaDMI 2010“*, ISBN 978-86-6075-016-9, SaTCIP, Donji Milanovac, Serbia, September 16<sup>th</sup>-19<sup>th</sup>, pp. 543-548, 2010. (M33)
- [12] Bošnjak, S., Petković, Z., **Đorđević, M.**, Gnjatović, N. and Zrnić, N.: *Design improvements of the Bucket Wheel with drive*, *Proceedings of the 10<sup>th</sup> Anniversary International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Tehnology „DEMI 2011“*, ISBN 978-99938-39-36-1, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka, May 26<sup>th</sup>-28<sup>th</sup>, pp. 111-116, 2011. (M33)
- [13] Zrnić, N., **Đorđević, M.**, Petković, Z. and Bošnjak, S.: *Eco Issues in Belt Conveying Technologies*, *Proceedings of the 7<sup>th</sup> Triennial International Conference Heavy Machinery „HM 2011“*, ISBN 978-86-82631-58-3, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering in Kraljevo, Vrnjačka Banja, June 29<sup>th</sup> - July 2<sup>nd</sup>, pp. 61-66, 2011. (M33)
- [14] Zrnić, N., **Đorđević, M.**, Jerman, B., Dragović, B. and Gašić, V.: *Energy Efficiency and Environmental Friendly Technologies in Bulk Materials Handling: State of the Art*, *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry „RaDMI 2011“*, ISBN 978-86-6075-027-5, SaTCIP, Sokobanja, September 15<sup>th</sup>-18<sup>th</sup>, pp. 31-48, 2011. (M33)
- [15] **Đorđević, M.**, Batina, D., Zrnić, N., Jerman, B. and Hladnik, J.: *Modeling Energy Usage Patterns of a PC and Ways of Improving it's Energy Efficiency*, *Proceedings of the 20<sup>th</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL 2012“*, ISBN 978-86-7083-763-8, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, October 3<sup>rd</sup>-5<sup>th</sup>, pp. 319-324, 2012. (M33)
- [16] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Pantelić, M.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Return Belt Conveyor Idler*, *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Tehnology „DEMI 2013“*, ISBN

- 978-99938-39-46-0, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka, May 30<sup>th</sup> - June 1<sup>st</sup>, pp. 243-248, 2013. (M33)
- [17] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of Belt Conveyor Drive Pulley*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference Transport and Logistics 2014 „TIL 2014“, ISBN 978-86-6055-053-0, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Niš, May 22<sup>nd</sup> - 23<sup>rd</sup>, pp. 55-58, 2014. (M33)
- [18] Jerman, B., Hladnik, J., Gašić, V. and **Đorđević, M.**: *Kinematics of the Truck Mounted Hydraulic Cranes*, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Triennial International Conference Heavy Machinery „HM 2014“, ISBN 978-86-82631-74-3, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering in Kraljevo, Zlatibor, June 24<sup>th</sup> - 26<sup>th</sup>, pp. 145-150 (A SESSION: EARTH-MOVING AND TRANSPORTATION MACHINERY), 2014. (M33)
- [19] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Conveyor Belting*, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Triennial International Conference Heavy Machinery „HM 2014“, ISBN 978-86-82631-74-3, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering in Kraljevo, Zlatibor, June 24<sup>th</sup> - 26<sup>th</sup>, pp. 165-170 (A SESSION: EARTH-MOVING AND TRANSPORTATION MACHINERY), 2014. (M33)
- [20] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Belt Conveyor Electric Motor*, Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry „RaDMI 2014“, ISBN 978-86-6075-043-5, SaTCIP, Vrnjačka Banja, September 18<sup>th</sup>-21<sup>st</sup>, pp. 671-678, 2014. (M33)
- [21] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Belt Conveyor*, Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL 2015“, ISBN 978-86-7083-863-5, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Vienna, September 23<sup>rd</sup>-25<sup>th</sup>, pp. 199-206, 2015. (M33)
- [22] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Bošnjak, S.: *Laboratory Test Rig for Nondestructive Inspection of Steel Cord Belts*, Proceedings of the 9<sup>th</sup> Triennial International Conference Heavy Machinery „HM 2017“, ISBN 978-86-82631-89-7, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering in Kraljevo, Zlatibor, June 28<sup>th</sup> - July 1<sup>st</sup>, pp. 61-68 (A SESSION: EARTH-MOVING AND TRANSPORTATION MACHINERY), 2017. (M33)
- [23] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Bošnjak, S.: *Resolving a Laboratory Test Rig Belt Misalignment Issue*, Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL 2017“, ISBN 978-86-7083-949-6, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, October 4<sup>th</sup>-6<sup>th</sup>, pp. 63-66, 2017. (M33)
- [24] **Đorđević, M.**, Milojević, G., Vujičić, A. and Zrnić, N.: *Life Cycle Assessment of The Belt Conveyor Idler Ball Bearing*, Proceedings of the 23<sup>rd</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL 2019“, ISBN 978-86-6060-020-4, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Vienna, September 18<sup>th</sup>-20<sup>th</sup>, pp. 111-116, 2019. (M33)
- [25] **Đorđević, M.** and Zrnić, N.: *Design of The Rotating Auxiliary Lifting Device With Mechanized Span Adjusting and Lifting Capacity of 20 t*, Proceedings of the 24<sup>th</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL 2022“, ISBN 978-86-6060-134-8, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, September 21<sup>st</sup>-23<sup>rd</sup>, pp. 23-28, 2022. (M33)

**Поглавље објављено у књизи M42 или рад у тематском зборнику националног значаја (M45)**

- [26] **Đorđević, M.**, Zrnić, N. and Bošnjak, S.: *LCA of a Belt Conveyor and its Application*, Book chapter No. 8 in Scientific monograph: Next Generation Logistics: Technologies and

Applications, SPH – Scientific Publishing Hub, ISBN 978-961-6948-07-4 (pdf), ISBN 978-961-6948-08-1, pp. 175-197, 2017. (M45)

#### **Рад објављен у врхунском часопису националног значаја (M51)**

[27] Zrnić, N., Đorđević, M., Dragović, B. and Bošnjak, S.: *Eco Issues in Bulk Materials Handling Technologies in Ports*, Annals of University “Eftimie Murgu” Resita, Vol. XVIII, No. 1, Romania, ISSN 1453-7397, pp. 83-92, 2011. (M51)

#### **Радови објављени у националном часопису (M53)**

[28] Zrnić, N., Bošnjak, S. and Đorđević, M.: *Design for Modernization – A Way for Implementation of Eco Improvements of Port's Cranes*, Machine Design 2010, ISSN 1821-1259, Novi Sad, Serbia, May 18<sup>th</sup>, pp.13-18, 2010. (M53)

[29] Bošnjak, S., Petković, Z. and Đorđević, M.: *Tehnička rešenja kao fundamentalni rezultati projekta iz programa tehnološkog razvoja*, Tehnika - Mašinstvo, pp.67-74, 2011. (M53)

#### **Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)**

[30] Bošnjak, S., Gnjatović, N., Đorđević, M., Milovančević, M. and Petković, Z.: *Stress concentration around circular holes – cause of failures of the bucket wheel excavators substructures*, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference of Nonmetals „Nonmetals 2009“, Banja Vrujci, Serbia, October 14<sup>th</sup>-17<sup>th</sup>, ISBN 978-86-83497-12-6, pp. 13-23, 2009. (M63)

### **1.3. Учесће у научно-истраживачким пројектима**

Милош Ђорђевић је био учесник на пројекту под називом „Одрживост и унапређење машинских система у енергетици и транспорту применом форензичког инжењерства, еко и робуст дизајна“, руководилац пројекта С. Бошњак, Пројекат из програма технолошког развоја Србије, ев. бр. 35006, Машински факултет Београд, ИМС, Машински факултет Краљево, Технолошко-металуршки факултет Београд, Иновациони центар Машинског факултета у Београду, Саобраћајни факултет у Београду, Технички факултет у Чачку, Факултет техничких наука у Косовској Митровици, 2011-2019, а од 2020. године је учесник институционалног пројекта Машинског факултета финансираног од стране МПНТР.

Поред наведених пројеката учествовао је у још два научноистраживачка пројекта финансирана од стране Министарства за науку, просвету и технолошки развој Републике Србије:

- „Развој машина високих перформанси и метода за идентификацију њиховог одзива на унутрашње и спољашње поремећаје“, руководилац пројекта С. Бошњак, Пројекат из програма технолошког развоја Србије, ев. бр. 14052, Машински факултет Београд, ИМС, Машински факултет Краљево, Технолошко-металуршки факултет Београд, 2008-2010.
- „Одрживост и енергетска ефикасност машинских система у интралогистици и енергетици“, руководилац Н. Зрнић, Билатерални пројекат са Словенијом, ев. бр. 651-03-1251/2012-09/50, Машински факултет у Београду, Машински факултет у Љубљани, 2012-2013.

### **1.4. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми**

На основу приказаног прегледа наставних и научно-истраживачких активности кандидата Милоша Ђорђевића, комисија констатује да је кандидат положио све испите предвиђене

планом и програмом Докторских академских студија, одбранио Пројекат идеје докторске дисертације, стекао укупно 120 ЕСПБ бодова и тако остварио услов да му се одобри израда докторске дисертације.

Кандидат је публикувао више радова у научним часописима и научним скуповима који припадају ужој научној области механизације, непрекидног транспорта и еко дизајна.

Према мишљењу комисије, биографски подаци, научно-истраживачки рад, положени испити и објављени радови, квалификују кандидата, Милоша Ђорђевића, за самосталан и успешан научно-истраживачки рад на предложеној теми докторске дисертације.

## **2. Предмет и циљ истраживања**

Тракасти транспортери су најзаступљеније машине континуалног транспорта. Као такве, налазе широку примену на површинским коповима у системима за транспорт откопаног материјала и као подсистеми машина високих перформанси (НРМ – High Performance Machines), као што су Багер-Транспортер-Одлагач (БТО) системи, а који представљају витални део површинске експлоатације угља [1]. Код БТО система, тракасти транспортери кратких деоница представљају један од подсистема роторног багера. На основу [2], може се рећи да су тракасти транспортери критична места БТО система и да је њихово исправно и ефикасно функционисање од виталног значаја за цео систем.

Наша земља, у енергетском смислу, првенствено зависи од необновљивих ресурса, односно фосилних горива. Према подацима EUROSTAT-а Републици Србији за 2021. годину [3], у бруто финалној потрошњи енергије доминира учешће фосилних горива са 74,72%, наспрам учешћа обновљивих извора енергије у износу од 25,28%. При томе, највећи део произведене електричне енергије у Републици Србији се добија сагоревањем угља у термоелектранама, који се добија доминантно из површинских копова. Сходно томе, снабдевање термоелектрана угљем у многостручној зависи од система за експлоатацију угља на површинским коповима, што даље имплицира да БТО системи имају огроман значај за неометано функционисање енергетског система наше земље, као и других земаља, чија је структура енергетског система заснована на угљу.

С друге стране, када се осврнемо на проблеме у вези са животном средином, глобално загревање (GW - Global Warming), загађење ваздуха и други утицаји на животну средину попримили су такве размере, да више не смеју бити занемаривани. Очување квалитета екосистема, здравља људи и необновљивих ресурса, праћено захтевима законске регулативе и могућношћу остваривања већег профита, на основу потенцијалних уштеда у сировинама и повећању ефикасности система, отвара нову димензију код пројектовања, одржавања и ревитализације оваквих машина и система, која се односи управо на смањење утицаја на животну средину и повећање њихове ефикасности.

Предмет овог истраживања су тракасти транспортери кратких деоница, какви су заступљени као подсистеми управо у багерским јединицама БТО система. Поред тога, тракасти транспортери кратких деоница имају широку примену у прехранбеној и индустрији паковања, системима за одржавање путева, системима за манипулацију агрегатом у постројењима за сепарацију агрегата према фракцијама итд.

Циљ је да се формира методологија за оцену и унапређење еколошких и енергетских перформанси оваквих машина и система применом софтвера за оцену животног циклуса производа (LCA – Life Cycle Assessment) и LCT (Life Cycle Thinking) приступа, односно холистичког приступа сагледавању животног циклуса производа, који представља језгро Екодизајна.

Енергетска ефикасност, одрживи развој и други појмови у вези са овом тематиком детаљније су објашњени у [4] и [5].

Оценом различитих утицаја на животну средину, заједно са разматрањем енергетске ефикасности и могућих унапређења у оба погледа, поред смањења штетних утицаја на

животну средину и повећања енергетске ефикасности, којом се смањује потрошња електричне енергије и на тај начин остварује уштеда у фази употребе, значајно се може продужити и радни век ових машина, као и повећати њихова поузданост и сигурност у раду.

LCA студија је алат који омогућава израчунавање утицаја на животну средину, гледано кроз потрошњу енергије, материјала, односно сировина, затим воде и ваздуха, као и окупацију земљишта и кроз емисије у ваздух, воду и земљиште за време различитих фаза животног циклуса производа [4]. LCA студија је регулисана серијом стандарда ISO 14 000. Она представља свеобухватну анализу, која разматра различите категорије утицаја на животну средину и не допушта пребацивање проблема из једне у другу фазу животног циклуса, јер разматра све фазе животног циклуса производа (фазу сировина, фазу дизајна и производње, фазу транспорта (са паковањем), фазу употребе и фазу краја животног циклуса производа (EoL – End of Life)).

Формална (комплетна) LCA студија је студија „од колевке до гроба“, разматра цео животни циклус од прве до последње фазе. Потребно је прикупити и обрадити велику количину података, што указује на то да је формална LCA студија гломазна и изискује велики труд и време да би била спроведена. Самим тим је и скупа. Поред тога, евалуација је базирана и на научним подацима и на субјективним проценама различите врсте. Зато може бити тешко проценити резултате. Квалитет студије зависи од квалитета расположивих података, постављених граница система, усвојених процедура распоређивања и разних претпоставки, неопходно уведених при спровођењу студије.

Из ових разлога, веома често се спроводе упрошћене LCA студије, као и парцијалне LCA студије, као што су студије типа „од колевке до капије“ (cradle-to-gate), „од капије до гроба“ (gate-to-grave) и „од капије до капије“ (gate-to-gate).

Ове упрошћене и парцијалне студије могу дати смернице за даље анализе и деловање, али и у значајној мери помоћи у спровођењу комплетне LCA студије, као што је то овде случај, а што ће у наставку бити детаљније објашњено.

Да би се спровела LCA студија, на којој ће се базирати методологија за анализу и унапређење тракастих транспортера кратких деоница, било је потребно анализирати шта је до сада урађено на пољу LCA студија, енергетске ефикасности тракастих транспортера и система за континуални транспорт уопште. Даље, да би се могла адекватно анализирати потрошња електричне енергије и увести појам енергетске ефикасности, било је потребно прво анализирати и размотрити отпоре који се јављају код тракастих транспортера при кретању траке са транспортованим материјалом. Радови [6-9] анализирају отпоре кретању код тракастих транспортера. Радови [10-27] се баве енергетском ефикасношћу и могућим начинима за уштеду електричне енергије и повећање енергетске ефикасности у области транспорта расутог терета, проценом стратегија за енергетски ефикасну производњу електричних погона, оптимизацијом путање и трансфер станица употребом DEM (Discrete Element Method) анализе, разматрањем погона са променљивим напоном и променљивом фреквенцијом код тракастих транспортера, регенеративним погонима, енергетским, аналитичким моделима тракастих транспортера, енергетски ефикасним транспортним тракама, поређењем карактеристика стандардних и специјалних тракастих транспортера, увођењем индекса ефикасности и функционалности за тракасте транспортере, разматрањем улоге еко дизајна у пројектовању, побољшањем еко-ефикасности и др. Затим се у радовима [28-38] врши примена методологије оцене животног циклуса у рударској индустрији поређењем еколошког утицаја тракастих транспортера са утицајем конкурентних начина транспорта расутог терета, давањем смерница за спровођење оцене животног циклуса, као и то које кораке треба спровести, а које прескочити, затим се истиче значај угља, упркос потреби за чистијим изворима енергије и дају препоруке на које утицаје треба посебно обратити пажњу. Поред ових радова из области примене оцене животног циклуса у рударској индустрији, првенствено различитих видова транспорта расутог терета на површинским коповима, од великог је значаја за ово истраживање и рад [39]. У њему је приказана

методологија дизајнирања вишеслојних трака тракастих транспортера и дати су експериментални резултати јачине трака.

Прегледом литературе може се закључити да се релативно мали број аутора бавио проучавањем тракастих транспортера са циљем унапређења еколошких и енергетских перформанси. Иако постоје анализе енергетских перформанси тракастих транспортера са енергетским моделима који су применљиви управо на тракасте транспортере кратких деоница [16], у њима није примењивана LCA студија, као метод. С друге стране, када је LCA студија у питању, аутори се баве, углавном, изучавањем тракастих транспортера дугих деоница и поређењем њиховог утицаја на животну средину са конкурентним начином транспорта - камионима дамперима. Ова студија и из ње проистекла методологија, треба да премосте управо тај јаз и дају решење за проблеме у вези са штетним утицајима на животну средину и енергетским перформансама овог типа тракастих транспортера применом програмских пакета за LCA студије.

## **2.1. Припрема за формирање методологије и њен опис**

Методологија, применљива на унапређење еколошких и енергетских перформанси тракастих транспортера кратких деоница, је базирана на параметризованој LCA студији.

Да би се дошло до ове базне, формалне LCA студије, прво су спроведена истраживања и урађене упрошћене и парцијалне LCA студије. Тракасти транспортер је разложен на главне компоненте, које су затим парцијално анализирани упрошћеним LCA студијама:

1. Ваљак [40],
2. Добош [41],
3. Транспортна трака [42],
4. Електромотор [43].

На основу ових радова, спроведена је и упрошћена анализа комплетног транспортера приказана у [44]. Иако у овој анализи нису узети у обзир резервни делови и њихова потрошња у фази употребе, то није утицало на исход анализе, јер се и овако, као најутицајнија фаза животног циклуса, показала фаза употребе.

Даља запажања, препоруке и потенцијална унапређења, као и смернице за даља истраживања изнети су у [45].

Анализе су спроведене помоћу програмских пакета за упрошћене LCA студије – Ecodesign Assistant и Ecodesign PILOT – „online“ платформе Техничког факултета у Бечу (TUW), доступне на [www.ecodesign.at](http://www.ecodesign.at).

Поред наведеног, спроведена је и формална LCA анализа фазе производње лабораторијског тракастог транспортера, који по структури представља тракасти транспортер кратке деонице, односно овде проучавани тип транспортера. Детаљи ове студије дати су у [46].

На основу парцијалних анализа и упрошћене анализе целог транспортера, препозната је најутицајнија фаза његовог животног циклуса и дефинисане смернице за даљи рад на формалној LCA анализи.

Да би се формирала методологија, и у формалној LCA студији, треба да се примени исти приступ и транспортер разложи на главне компоненте. Компоненте се анализирају као подструктуре или као засебне студије, које се као такве имплементирају у ову комплетну студију. Даље, свака од компонената може се у пракси јавити у различитим облицима, јер има много типова нпр. транспортних ваљака, добоша итд. Сходно томе, произилази да је за формирање методологије потребно формирати такву студију, која у себи садржи различите типове, односно фамилије главних компонената. Такође, потребно је увести систем на основу кога ће се ово извести, како би се оваква база могла проширивати и како би се могле вршити измене.

Имплементирањем екодизајна у фазу пројектовања и редизајном система у складу са препорукама добијеним на основу LCA студије, остварује се повећање капацитета,

продужава век компонената и целог система и драстично смањују трошкови одржавања [2]. Наведено истраживање, детаљно је описано, како би се указало на могућност промене параметара који имају доминантан утицај на животну средину и потрошњу електричне енергије и енергетску ефикасност.

Примарни циљ истраживања је да се формира методологија која ће се састојати из базне LCA студије са основним моделима главних компонената транспортера, који ће бити измењиви и параметризовани. Даљи рад на методологији односио би се на проширивање базе модела главних компонената и додавање модела осталих, односно додатних компонената.

У складу са приказаним прегледом доступне литературе и претходно наведеним, могу се дефинисати основни научни циљеви предложене теме докторске дисертације:

1. Опис методе оцене животног циклуса и анализа могућности њене примене на различите системе и машине непрекидног транспорта;
2. Моделирање животног циклуса тракастог транспортера кратке деонице формирањем парцијалних анализа његових главних компонената и применом програмских пакета за упрошћену анализу животног циклуса;
3. Формирање модела тракастог транспортера кратке деонице за формалну LCA студију који омогућава варирање релевантних параметара, који доминантно утичу на животну средину и енергетске перформансе датог система;
4. Квантификација релевантних утицаја тракастог транспортера кратке деонице на животну средину;
5. Формирање методологије за анализу утицаја на животну средину и енергетских перформанси тракастих транспортера кратких деоница базиране на фамилијма конструкцијских решења главних компонената тракастих транспортера;

## 2.2. Преглед референтне литературе

- [1] Bošnjak, S. and Zrnić, N.: *Dynamics, failures, redesigning and environmentally friendly technologies in surface mining systems*, Archives of Civil and Mechanical Engineering, Vol. 12, No. 3, pp. 348-359, 2012.
- [2] Pantelić, M.: *Unapređenje koncepcije održavanja putem operativnog upravljanja sigurnošću bagerskih jedinica na površinskim kopovima*, Doktorska disertacija, Tehnički fakultet, Čačak, 2009.
- [3] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/shares>
- [4] Zrnić, N. and Đorđević, M.: *Ecodesign: Sustainable Product Development*, (in Serbian), University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, ISBN: 978-86-7083-772-0, Serbia, 2012.
- [5] Langerholc, M., Zrnić, N., Đorđević, M. and Jerman, B.: *Conveyor Design Optimization as the Provision of Sustainability*, Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette, Vol. 20, Issue 5, pp. 837-846, 2013.
- [6] Allen, V. and Reicks, P.E.: *Conveyor models as quantitative platforms for belt conveyor energy options*, Bulk Solids Europe, 2012.
- [7] Tapp, A.G.: *Energy saving belt conveyor idlers*, Stephens-Adamson, 2002., <https://www.scribd.com/document/106400215/ENERGY-SAVING-BELT-CONVEYOR>.
- [8] Wheeler, C.A.: *Predicting the main resistances of belt conveyors*, University of Newcastle, Centre for Bulk Solids and Particulate Technologies, Australia, <http://www.saimh.co.za/beltcon/beltcon12/paper1208.htm>.
- [9] Antoniák, J.: *Theoretical basis and industrial applications of energy-saving and increased durability belt conveyors*, Acta Montanistica Slovaca, Ročník 8, číslo 2-3, pp. 106-117, 2003.
- [10] Günthner, W.A., Tilke, Ch. and Rakitsch, S.: *Energy Efficiency in Bulk Materials Handling*, Bulk Solids Handling, Vol. 30, No. 3, pp. 138-142, 2010.

- [11] Kreitlein, S., Hofmann, B., Meyer, A., Spreng, S., Kuehl, A. and Franke, J.: *Strategies and methods for energy efficient production of electric drives*, Procedia CIRP 48 (2016) 114-121.
- [12] Alspaugh, M.A.: *The evolution of intermediate driven belt conveyor technology*, Bulk Solids Handling, Vol. 23, No. 3, p. 5, 2003.
- [13] Alspaugh, M.A.: *Latest developments in belt conveyor technology*, MINExpo 2004, Las Vegas, NV, USA, September 27<sup>th</sup>, 2004.
- [14] Ahrens, M. and Southby, S.: *Cutting edge, energy efficient conveyor systems*, Australian Bulk Handling Review: March/April 2010, pp. 48-55, 2010.
- [15] Ristić, L., Bebić, M., Štatkić, S., Mihailović, I., Jevtić, D. and Fevtenić, B.: *Bulk material transportation system in open pit mines with improved energy efficiency*, Proceedings of the 15<sup>th</sup> WSEAS international conference on Systems, pp. 327-332, 2011.
- [16] Shirong Zhang and Xiaohua Xia: *Modeling and energy efficiency optimization of belt conveyors*, Applied Energy, Vol. 88, pp. 3061-3071, 2011.
- [17] Antoniuk, J.: *Energy saving belt conveyors installed in Polish collieries*, Transport problems, Vol. 5, issue 4, pp. 5-14, 2010.
- [18] Wilson, B., Davis, S.J. and Wolton, M.: *Options for long-distance, large-capacity bulk materials conveying*, Bechtel Technology Journal, Vol. 3, No. 1, Bechtel corporation, pp. 1-15, 2011.
- [19] Markos, P. and Dentsoras, A.: *An Index that Correlates Service Performance and Energy Consumption of Belt Conveyors*, FME Transactions, Vol. 46, No. 3, pp. 313-319, 2018.
- [20] Levandowska, A. and Matuszak-Flejszman, A.: *Eco-design as a normative element of Environmental Management Systems – the context of the revised ISO 14001:2015*, Int. J. Life Cycle Assess., Springer, DOI 10.1007/s11367-014-0787-1, 2014.
- [21] Bouhaya, L., Le Roy, R. and Feraille-Fresnet, A.: *Simplified Environmental Study on Innovative Bridge Structure*, Environmental Science and Technology, Vol. 43, No. 6, pp. 2066-2071, 2009.
- [22] Nieuwlaar, E., Warringa, G., Brink, C. and Wermeulen, W.: *Supply curves for eco-efficient environmental improvements using different weighting methods*, Journal of industrial ecology, Vol. 9, No. 4, pp. 85-96, 2005.
- [23] Kurle, D., Schulze, C., Herrmann, C. and Thiede, S.: *Unlocking waste heat potentials in manufacturing*, (in 23rd CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Elsevier B.V.), Procedia CIRP 48 (2016) 289-294.
- [24] Tanabe, I.: *Double-ECO model technologies for an environmentally-friendly manufacturing*, Procedia CIRP 48 (2016) 495-501.
- [25] Landi, D., Vitali, S. and Germani, M.: *Environmental analysis of different end of life scenarios of tires textile fibers*, Procedia CIRP 48 (2016) 508-513.
- [26] Sangwan, K.S., Herrmann, C., Egede, P., Bhakar, V. and Singer, J.: *Life cycle assessment of arc welding and gas welding processes*, Procedia CIRP 48 (2016) 62-67.
- [27] Yeo, Z., Sze Choong Low, J., Ng, R. and Tan H.X.: *Planning for environmental sustainability improvements – A concept based on Eco-efficiency improvement*, Procedia CIRP 48 (2016) 526-531.
- [28] Kwame Awuah-Offei and Akim Adekpedjou: *Application of life cycle assessment in the mining industry*, Int. J. Life Cycle Assess. (2011) 16: 82-89, LCA METHODOLOGY, Springer.
- [29] Norgate, T. and Haque, N.: *Energy and greenhouse gas impacts of mining and mineral processing operations*, Journal of Cleaner Production 18 (2010), pp. 266-274, Elsevier, 2010.
- [30] Ofentse Ditselle and Kwame Awuah-Offei: *Effects of mine characteristics on life cycle impact of US surface coal mining*, Int. J. Life Cycle Assess., Springer, 2011.
- [31] Ofentse Ditselle: *Application of LCA to estimate environmental impacts of surface coal mining*, PhD Thesis, Missouri University of Science and Technology, 2010.
- [32] Henning, K. and Schrand, W.: *Conveyor belts - energy balance and new developments*, Continental - Contitech, R & D presentation, 2010.

- [33] Awuah-Offei, K., Checkel, D. and Askari-Nasab: *Evaluation of belt conveyor and truck haulage systems in an open pit mine using life cycle assessment*, Environment, Paper8, 2009.
- [34] Erkayaoğlu, M. and Demirel, N.: *A comparative life cycle assessment of material handling systems for sustainable mining*, Journal of Environmental Management, Vol. 174, pp. 1-6, 2016.
- [35] Hélio Ferreira and Mariangela Garcia Praça Leite: *A Life Cycle Assessment study of iron ore mining*, Journal of Cleaner Production, Vol. 108, Part A, pp. 1081-1091, 2015.
- [36] Schröder, D.L.: *The use of in-pit crushing and conveying methods to significantly reduce transportation costs by truck*, Coaltrans Asia, Bali International convention centre, June 8<sup>th</sup>-11<sup>th</sup>, 2003.
- [37] Zimmermann, E. and Kruse, W.: *Mobile crushing and conveying in quarries - a choice for better and cheaper production!*, ISCSM Aachen, 2006.
- [38] Tutton, D. and Streck, W.: *The application of in-pit crushing and conveying in large, hard rock open-pit mines*, Mining magazine congress, Niagara-on-the-lake, Canada, October 8<sup>th</sup>-9<sup>th</sup>, 2009.
- [39] Czaplicka, K.: *Eco-design of non-metallic layer composites with respect to conveyor belts*, Materials & Design, Vol. 24, Elsevier, pp. 111-120, 2003.
- [40] Đorđević, M., Zrnić, N. and Pantelić, M.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Return Belt Conveyor Idler*, Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Accomplishments in Electrical and Mechanical Engineering and Information Tehnology „DEMI 2013“, ISBN 978-99938-39-46-0, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka, May 30<sup>th</sup> - June 1<sup>st</sup>, pp. 243-248, 2013.
- [41] Đorđević, M., Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of Belt Conveyor Drive Pulley*, Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Conference Transport and Logistics „TIL 2014“, ISBN 978-86-6055-053-0, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Niš, May 22<sup>nd</sup> - 23<sup>rd</sup>, pp. 55-58, 2014.
- [42] Đorđević, M., Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Conveyor Belting*, Proceedings of the 8<sup>th</sup> Triennial International Conference Heavy Machinery „HM 2014“, ISBN 978-86-82631-74-3, University of Kragujevac, Faculty of Mechanical and Civil Engineering in Kraljevo, Zlatibor, June 24<sup>th</sup> - 26<sup>th</sup>, pp. 165-170 (A SESSION: EARTH-MOVING AND TRANSPORTATION MACHINERY), 2014.
- [43] Đorđević, M., Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Belt Conveyor Electric Motor*, Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference Research and Development in Mechanical Industry „RaDMI 2014“, ISBN 978-86-6075-043-5, SaTCIP, Vrnjačka Banja, September 18<sup>th</sup>-21<sup>st</sup>, pp. 671-678, 2014.
- [44] Đorđević, M., Zrnić, N. and Jerman, B.: *Simplified Life Cycle Assessment of a Belt Coveyor*, Proceedings of the 21<sup>st</sup> International Conference on Material Handling Constructions and Logistics „MHCL 2015“, ISBN 978-86-7083-863-5, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Vienna, September 23<sup>rd</sup>-25<sup>th</sup>, pp. 199-206, 2015.
- [45] Đorđević, M., Zrnić, N. and Bošnjak, S.: *LCA of a Belt Conveyor and its Application*, Book chapter No. 8, in Scientific monograph: Next Generation Logistics: Technologies and Applications, SPH – Scientific Publishing Hub, ISBN 978-961-6948-07-4 (pdf), ISBN 978-961-6948-08-1, pp. 175-197, 2017.
- [46] Đorđević, M., Mladenović, G., Zrnić, N. and Bošnjak, S.: *LCA of the Manufacturing Stage of the Laboratory Belt Conveyor*, FME Transactions, ISSN 1451-2092, Vol. 46, No. 3, pp. 410-417, 2018.

### 3. Полазне хипотезе

- Добро спроведеним упрошћеним анализама са добрим квалитетом прикупљених података може се заменити формална LCA студија;
- Упрошћеним, парцијалним анализама може се адекватно заменити комплетна анализа целог тракастог транспортера.
- Ради поједностављења анализе, поједине сложене компоненте могу се представити као компоненте сачињене доминантно од једног материјала, ако се при анализи узму у обзир и утицаји на животну средину у осталим фазама животног циклуса
- Спровођењем парцијалних анализа животног циклуса и њиховом синтезом може се добити потпуна анализа животног циклуса тракастог транспортера.

### 4. Научне методе истраживања

- метода класификације, којом ће се омогућити систематизација постојећих сазнања о предмету истраживања из постојеће литературе (резултати, научна и техничка достигнућа);
- метода оцене животног циклуса, која се користи за квантификовање утицаја на животну средину у различитим фазама животног циклуса;
- метода анализе, којом се испитују претхотно квантификовани утицаји на животну средину и изналазе адекватни предлози за унапређења разматраних карактеристика производа;
- метода синтезе, чијом се применом парцијалне анализе обједињују у комплетније, свеобухватније студије и стиче увид у карактеристике комплекснијих система;
- компаративна метода, којом се омогућава поређење резултата добијених за различите параметре за исти модел, као и поређење различитих модела са истом функционалном јединицом.
- метода варирања параметара, која омогућава анализу утицаја промене конструкционих параметара и спровођење анализе осетљивости, комплетности и конзистентности.

### 5. Очекивани научни допринос

- Дефинисање главних проблема у вези са енергетском ефикасношћу и еколошким карактеристикама са којима се тракасти транспортери кратких деоница сусрећу;
- развој модела за формалну LCA студију, који ће се применити при формирању методологије за евалуацију енергетских и еколошких перформанси тракастих транспортера кратких деоница, као и постављање базе и формирање фамилија главних компонената тракастих транспортера кратких деоница.

## 6. План истраживања и структура рада

### 6.1. План истраживања

Решавање предметне проблематика дисертације реализоваће се спровођењем следећих фаза:

#### **Прва фаза истраживања**

У оквиру прве фазе, истраживање је фокусирано на прикупљање и анализу релевантних информација у вези са тракастим транспортерима, њиховом енергетском ефикасношћу и њиховим утицајима на животну средину, као и анализом LCA студија, првенствено оних у вези са тракастим транспортерима.

Очекивани исход прве фазе истраживања – преглед и критички осврт на истраживања из предметне области и постављање полазних основа за даља истраживања и рад на основу анализираних информација у вези са стањем у свету у овој области.

#### **Друга фаза истраживања**

У оквиру друге фазе истраживања планирано је спровођење парцијалних анализа главних компонената тракастих транспортера кратких деоница помоћу програмских пакета за упрошћене LCA студије – Ecodesign Assistant и Ecodesign PILOT – „online“ платформе Техничког факултета у Бечу (TUW), доступне на [www.ecodesign.at](http://www.ecodesign.at).

Очекивани исход друге фазе истраживања – препознавање проблема и могућих унапређења код главних компонената тракастих транспортера и рад на њиховој синтези у тракасти транспортер. Дефинисање смерница за даљи рад и припрема модела за упрошћену анализу целог транспортера.

#### **Трећа фаза истраживања**

Трећа фаза истраживања предвиђена је за упрошћену LCA студију комплетног тракастог транспортера, спроведена на основу парцијалних анализа, спроведених у фази 2 у истом софтверу [44].

Очекивани исход треће фазе истраживања – препознавање најутицајније фазе животног циклуса тракастих транспортера кратких деоница и изналагање смерница за даље деловање, односно истраживање са циљем формирања базног модела за LCA студију. Дефинисање компонената, „жарних“ тачака и параметара који могу бити унапређени са еколошког и аспекта енергетске ефикасности.

#### **Четврта фаза истраживања**

Комплетна, односно формална LCA студија истог транспортера, спроведена у лиценцираном програмском пакету SimaPro 8.

Очекивани исход четврте фазе истраживања – спровођење формалне LCA студије, која представља полазну основу за формирање методологије. Дефинисање базних модела главних компонената тракастих транспортера.

#### **Пета фаза истраживања**

Проширење претходне, формалне LCA студије и формирање методологије за LCA студије тракастих транспортера кратких деоница. Формирање базе парцијалних анализа компонената транспортера, чијим се обједињавањем у једној LCA студији формира методологија. За сваку од карактеристичних компонената формира се фамилија најчешћих, типских конструкцијских решења. Фамилија се формира тако да може да се ажурира и проширује. Тежи се томе да компоненте буду параметризоване (нпр. по јединици дужине и/или неком другом критеријуму)

Очекивани исход пете фазе истраживања – формирање методологије за LCA студије тракастих транспортера кратких деоница са базом података о основним компонентама у виду параметризованих фамилија типских конструкцијских решења.

## 6.2. Структура рада

У складу са изнесеним планом истраживања, рад ће сачињавати:

- Уводни део, који се састоји од идентификација подручја истраживања и прегледа досадашњих истраживања из предметне области, формулације проблема и дефинисања метода за његово решавање;
- Анализа структуре тракастог транспортера кратке деонице. Идентификација његових главних компонената и анализа њихових енергетских и еколошких карактеристика уз препоруке за могућа побољшања, применом софтвера за упрошћену оцену животног циклуса производа;
- Упрошћена анализа целог тракастог транспортера кратке деонице уз имплементацију претходних парцијалних анализа главних компонената. Даље разматрање могућих побољшања примењених на цео тракасти транспортер;
- Формална LCA студија тракастог транспортера кратке деонице, спроведена помоћу лиценцираног програмског пакета SimaPro 8, са главним компонентама транспортера као подструктурама система у оквиру модела, уз осврт на стратегије одржавања и њихов утицај на карактеристике система. Преглед енергетских и еколошких карактеристика тракастог транспортера уз идеје и препоруке за њихово унапређење.
- Формирање методологије за анализу енергетских и еколошких перформанси тракастих транспортера кратких деоница на бази претходне формалне LCA студије. Проширење дате студије параметризованом базом, сачињеном од фамилија типских компонената.
- Закључци и препоруке (теоријски и практични значај добијених резултата, могућности њихове примене, нови проблеми и правци даљих истраживања);
- Литература и
- Биографија аутора.

## 7. Закључак и предлог

На основу Одлуке Наставно-научног већа број 78/2 од 09.02.2023. године, за ментора кандидата **Милоша Д. Ђорђевића**, дипл. инж. маш., током рада на докторској дисертацији именован је др Ненад Зрнић, редовни професор Универзитета у Београду – Машинског факултета, са чиме је Комисија сагласна.

На основу пријаве теме кандидата Милоша Ђорђевића, дипл. инж. маш., Комисија за оцену подобности и научне заснованости теме закључује да је предложена тема научно утемељена, актуелна и пододна за израду докторске дисертације. Такође, Комисија закључује да кандидат испуњава све предвиђене услове, прописане Законом о високом образовању и Статутом Машинског факултета, и да поседује истраживачке способности за рад на докторској дисертацији. Стога Комисија предлаже Већу докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду да се кандидату Милошу Ђорђевићу, дипл. инж. маш., студенту Докторских студија Машинског факултета Универзитета у Београду, одобри израда докторске дисертације под називом:

### **Утицај еко дизајна на унапређење еколошких карактеристика тракастих транспортера кратких деоница**

Тема припада области техничких наука – машинство, ужој научној области – транспортно инжењерство, конструкције и логистика.

Београд, 20. фебруар 2023. године

#### **ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

.....  
**Др Срђан Бошњак**, редовни професор,  
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....  
**Др Александар Јововић**, редовни професор,  
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....  
**Др Влада Гашић**, ванредни професор,  
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....  
**Др Небојша Гњатовић**, доцент,  
Универзитет у Београду - Машински факултет

.....  
**Др Мирјана Кијевчанин**, редовни професор,  
Универзитет у Београду - Технолошко-металуршки факултет

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ –  
Број:78/2  
Датум: 09.02.2023.  
Београд, Краљице Марије бр.16

На основу члана 64. Статута Машинског факултета Универзитета у Београду број 1136/4 од 28.06.2021. године и члана 20. а сагласно члану 29. Правилника о докторским студијама на Универзитету у Београду од 24.05.2016.г., Наставно-научно веће Машинског факултета на седници одржаној дана 09.02.2023. године, донело је следећу

### **ОДЛУКУ**

Именује се **др Ненад Зрнић, ред. проф.** за ментора докторске дисертације **„УТИЦАЈ ЕКО ДИЗАЈНА НА УНАПРЕЂЕЊЕ ЕКОЛОШКИХ КАРАКТЕРИСТИКА ТРАКАСТИХ ТРАНСПОРТЕРА КРАТКИХ ДЕОНИЦА“** кандидата **МИЛОША ЂОРЂЕВИЋА, дипл. маш. инж.** студента докторских студија.

Одлуку доставити: ментору, докторанту и архиви.

ДЕКАН  
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

проф. др Владимир Поповић