



UNIVERSITY OF EAST SARAJEVO  
FACULTY OF MECHANICAL  
ENGINEERING



4<sup>th</sup> INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE



***COMETa2018***

***„Conference on Mechanical Engineering  
Technologies and Applications“***

***PROCEEDINGS***

27<sup>th</sup>-30<sup>th</sup> November  
East Sarajevo-Jahorina, RS, B&H

# COMET $\alpha$ 2018

4<sup>th</sup> INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE

27<sup>th</sup> - 30<sup>th</sup> November 2018  
Jahorina, Republic of Srpska, B&H



University of East Sarajevo  
Faculty of Mechanical Engineering

Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications

---

## **Z B O R N I K   R A D O V A**

## **P R O C E E D I N G S**

*Istočno Sarajevo – Jahorina, BiH, RS  
27 - 30. Novembar 2018.*

*East Sarajevo – Jahorina, B&H, RS  
27<sup>th</sup> – 30<sup>th</sup> November 2018.*

ZBORNİK RADOVA SA 4. MEĐUNARODNE  
NAUČNE KONFERENCIJE  
"Primijenjene tehnologije u mašinskom inženjerstvu"  
COMETa2018, Istočno Sarajevo - Jahorina 2018.

PROCEEDINGS OF THE 4<sup>th</sup> INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC CONFERENCE  
"Conference on Mechanical Engineering  
Technologies and Applications"  
COMETa2018, East Sarajevo - Jahorina 2018.

---

<i>Organizator:</i>	Univerzitet u Istočnom Sarajevu Mašinski fakultet Istočno Sarajevo
<i>Organization:</i>	University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo
<i>Izdavač:</i>	Univerzitet u Istočnom Sarajevu Mašinski fakultet Istočno Sarajevo
<i>Publisher:</i>	University of East Sarajevo Faculty of Mechanical Engineering East Sarajevo
<i>Za izdavača: For publisher:</i>	Assistant professor Milija Krašnik PhD
<i>Urednici: Editors:</i>	Full professor Dušan Golubović PhD Assistant professor Aleksandar Košarac PhD Assistant professor Dejan Jeremić PhD
<i>Tehnička obrada i dizajn: Technical treatment and desing:</i>	Davor Milić, senior assistant Jelica Anić, senior assistant
<i>Izdanje: Printing:</i>	Prvo 1 <sup>st</sup>
<i>Register: Register:</i>	ISBN 978-99976-719-4-3 COBISS.RS-ID 7818520

## REVIEWERS

PhD Antunović Ranko, FME UES (B&H)  
PhD Banić Milan, FME Niš (Serbia)  
PhD Blagojević Mirko, FE Kragujevac (Serbia)  
PhD Dubonjić Ljubiša, FMCE Kraljevo (Serbia)  
PhD Golubović Dušan, FME UES (B&H)  
PhD Ivanović Lozica, FE Kragujevac (Serbia)  
PhD Jovanović Jelena, FME Podgorica (MNE)  
PhD Jovović Aleksandar, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Košarac Aleksandar, FME UES (B&H)  
PhD Kraišnik Milija, FME UES (B&H)  
PhD Krstić Branimir, University of Defence, Military Academy (Serbia)  
PhD Lozančić Silva, Faculty of Civil Engineering Osijek (Croatia)  
PhD Lubura Slobodan, FEE UES (B&H)  
PhD Marić Bogdan, FME UES (B&H)  
PhD Marković Biljana, FME UES (B&H)  
PhD Medaković Vlado, FME UES (B&H)  
PhD Milovančević Miloš, FME Nis (Serbia)  
PhD Milutinović Miroslav, FME UES (B&H)  
PhD Milutinović Mladimir, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Moljević Slaviša, FME UES (B&H)  
PhD Nestić Snežana, FE Kragujevac (Serbia)  
PhD Orašanin Goran, FME UES (B&H)  
PhD Pekez Jasmina, TF "Mihajlo Pupin" Zrenjanin (Serbia)  
PhD Prodanović Saša, FME UES (B&H)  
PhD Pršić Dragan, FMCE Kraljevo (Serbia)  
PhD Rackov Milan, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Radić Nebojša, FME UES (B&H)  
PhD Stanojević Miroslav, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Tabaković Slobodan, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Tanasić Nikola, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Tomić Mladen, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Tomović Radoslav, FME Podgorica (MNE)  
PhD Vasković Srđan, FME UES (B&H)  
PhD Vučina Adisa, FMCE Mostar (B&H)  
PhD Vukelić Đorđe, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Zeljković Milan, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Žigić Miodrag, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Živanović Saša, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Živković Aleksandar, FTS Novi Sad (Serbia)

## INTERNATIONAL SCIENTIFIC COMMITTEE

### **PhD Golubović Dušan, FME UES (B&H) – president**

PhD Aleksandrov Sergej, Institute for Problems in Mechanics (Russia)  
PhD Anđelić Nina, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Antunović Ranko, FME UES (B&H)  
PhD Arsovski Slavko, FE Kragujevac (Serbia)  
PhD Balasaheb M. Patre, SGGS Institute of Engineering and Technology (India)  
PhD Bjelonja Izet, FME US (B&H)

PhD Blagojević Bratislav, FME Niš (Serbia)  
PhD Blagojević Mirko, FE Kragujevac (Serbia)  
PhD Bulatović Radislav, FME Podgorica (MNE)  
PhD Ciconkov Risto, Univerzitet St Kiril i Metodije (Republic of Macedonia)  
PhD Dobrnjac Mirko, FME Banja Luka (B&H)  
PhD Gašić Milomir, FMCE Kraljevo (Serbia)  
PhD I.Thirunavukkarasu, Manipal Institute of Technology (Indija)  
PhD Ivanović Lozica, FE Kragujevac (Serbia)  
PhD Jovović Aleksandar, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Karabegović Isak, University of Bihac, Faculty of Technical Sciences (B&H)  
PhD Karapetrović Stanislav, University of Alberta (Canada)  
PhD Knežević Darko, FME Banja Luka (B&H)  
PhD Kovač Pavel, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Krajar Slavko, FER Zagreb (Croatia)  
PhD Krivokapić Zdravko, FME Podgorica (MNE)  
PhD Krstić Branimir, University of Defence, Military Academy (Serbia)  
PhD Kuzmanović Siniša, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Lukić Ljubomir, FMCE Kraljevo (Serbia)  
PhD Lukić Nebojša, FE Kragujevac (Serbia)  
PhD Ljuboje Zoran, FEE UES (B&H)  
PhD Marić Bogdan, FME UES (B&H)  
PhD Marković Biljana, FME UES (B&H)  
PhD Miladinov Ljubomir, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Milčić Dragan, FME Niš (Serbia)  
PhD Milovančević Milorad, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Miltenović Vojislav, FME Niš (Serbia)  
PhD Milutinović Miroslav, FME UES (B&H)  
PhD Mitrović Radivoje, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Moljević Slaviša, FME UES (B&H)  
PhD Nedić Novak, FMCE Kraljevo (Serbia)  
PhD Novak Peter, UNM FPUV (Slovenia)  
PhD Nyers Jozsef, Obuda University, Budapest (Hungary)  
PhD Ognjanović Milosav, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Pavlović Nenad, FME Niš (Serbia)  
PhD Perić Sreten, University of Defence, Military Academy (Serbia)  
PhD Posavljak Strain, FME Banja Luka (B&H)  
PhD Putnik Goran, Univerzitet Minho (Portugal)  
PhD Radić Nebojša, FME UES (B&H)  
PhD Radovanović Radovan, Academy of Criminalistic and Police Studies (Serbia)  
PhD Rosić Božidar, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Simić Stojan, FME UES (B&H)  
PhD Spasić Dragan, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Stankovski Stevan, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Stanojević Miroslav, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Stefanović Velimir, FME Niš (Serbia)  
PhD Tanasić Zorana, FME Banja Luka (B&H)  
PhD Tanović Ljubodrag, FME Belgrade (Serbia)  
PhD Tica Milan, FME Banja Luka (B&H)  
PhD Tomić Mladen, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Tomović Radoslav, FME Podgorica (MNE)  
PhD Vasković Srđan, FME UES (B&H)  
PhD Vilotić Dragiša, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Vučijak Branko, FME US (B&H)

PhD Vučina Adisa, FMEC Mostar (B&H)  
PhD Zeljković Milan, FTS Novi Sad (Serbia)  
PhD Živković Miroslav, FE Kragujevac (Serbia)

## **ORGANIZING COMMITTEE**

**PhD Krašnik Milija, FME UES – president**

PhD Golubović Dušan, FME UES

PhD Košarac Aleksandar, FME UES

PhD Marković Biljana, FME UES

PhD Milutinović Miroslav, FME UES

PhD Orašanin Goran, FME UES

PhD Prodanović Saša, FME UES

PhD Radić Nebojša, FME UES

PhD Jeremić Dejan, FME UES - Technical Secretary

MSc Milić Davor, senior assistant, FME UES - Technical Secretary

MSc Anić Jelica, senior assistant, FME UES- Technical Secretary

Stanišić Vera – Secretary

<b>52. Rade Vasiljević</b>	COMPARATIVE MODAL ANALYSIS OF THE SPATIAL BEAM FRAMES OF A TYPE "H" AND "X"	420
<b>53. Milica Borisavljević, Zorica Djordjević, Sonja Kostić, Dragomir Miljanić</b>	MODELING AND STRUCTURAL ANALYSIS OF CYLINDRICAL COIL SPRING	428
<b>54. Milan Blagojević, Miroslav Živković, Saša Jovanović, Đorđe Marković, Sava Sretenović</b>	CALIBRATION CERTIFICATION OF ATTRIBUTE CHECK FIXTURES FOR TUBE MANUFACTURING USING STRUCTURED LIGHT 3D SCANNERS	434
<b>55. Biljana Marković, Marijana Krajišnik, Aleksija Đurić</b>	DEVELOPMENT OF A RIGID CONSTRUCTION PRINCIPLE, PRACTICE EXAMPLE	442
<b>56. Milan Rackov, Ivan Knežević, Siniša Kuzmanović, Maja Čavić, Marko Penčić</b>	ANALYSIS OF HOUSING MODELS OF MODERN TWO-STAGE UNIVERSAL GEAR REDUCERS	450
<b>57. Dejan Momčilović, Ivana Atanasovska, Radivoje Mitrović</b>	DESIGN OF THE TRANSITION ZONE OF TURBINE SHAFT TO FLANGE BY BIOMIMETICS PRINCIPLES	458
<b>58. Nenad Petrović, Nenad Kostić, Nenad Marjanović</b>	A COMPARISON OF TRUSS STRUCTURAL OPTIMIZATION TYPES WITH AND WITHOUT BUCKLING DYNAMIC CONSTRAINTS	464
<b>59. Saša Vasiljević, Dragan Rajković, Sonja Kostić, Jasna Glišović</b>	MEASUREMENT THE INFLUENCE OF AIR PRESSURE ON THE EXAMPLE OF KARTING VEHICLES USING CAE TECHNOLOGY	472
<b>60. Marko Rastija, Krešimir Vučković, Stjepan Risović</b>	PARAMETRIC MODELLING OF SPUR GEAR WITH INVOLUTE TEETH	478
<b>61. Tale Geramitcioski, Ljupco Trajceovski, Stefan Talevski</b>	DESIGN OF THE MACHINE FOR PIPE SHAPING WITH BENDING	486

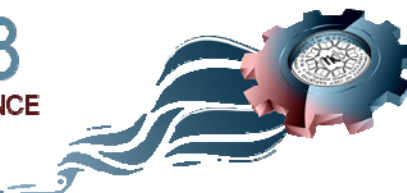
### **ENERGY AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

*Chairpersons: Dušan Golubović, Mirko Dobrnjac, Blaža Stojanović*

<b>62. Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić, Blaža Stojanović, Radoslav Tomović, Dragan Cvetković, Saša Jovanović</b>	ENERGY CONSUMPTION AND ECONOMIC ANALYSIS OF DIFFERENT HEATING SYSTEMS IN SERBIAN BUILDING	495
<b>63. Gordana Tica, Danijela Kardaš, Petar Gvero</b>	POSSIBILITY OF USE OF GEOTHERMAL ENERGY IN BOSNIA AND HERZEGOVINA	503
<b>64. Valentino Stojkovski, Zvonimir Kostikj, Filip Stojkovski</b>	UPGRADING A MEASURING PIPE LINE IN HEATING POWER PLANT BY CFD TECHNOLOGY	510
<b>65. Nemanja Koruga, Mirko Dobrnjac</b>	SOLAR SYSTEM IN COMBINATION WITH A PYROLYSIS BOILER IN THE SYSTEM OF HEAT SUPPLY OF THE BUILDING	518

<b>66. Mirko Dobrnjac, Radoslav Grujić, Dragana Dragojević, Miloš Marković</b>	
HEAT AND MATERIAL BALANCE OF DRYING PROCESS IN THE TUNNEL DRYER	525
<b>67. Srđan Vasković , Zoran Radović , Krsto Batinić , Velid Halilović , Petar Gvero , Anto Gajić Maja Mrkić Bosančić</b>	
SENSITIVITY ANALYSIS OF WOOD PELLETS SUPPLY CHAIN FOR REAL CONDITIONS CORRESPONDING TO BOSNIA AND HERZEGOVINA	534
<b>68. Lozica Ivanović, Andreja Ilić, Aleksandar Aleksić, Miroslav Vulić</b>	
IMPROVING THE QUALITY OF INNOVATIVE PROCESSES IN THE CONSTRUCTION OF ELV RECYCLING EQUIPMENT	544
<b>69. Velid Halilović, Srđan Vasković, Jusuf Musić, Jelena Knežević, Besim Balić, Jasmin Softić</b>	
INSTALLATIONS FOR THE PRODUCTION SECONDARY ENERGY SOURCES FROM WOOD WASTE – CAPACITIES AND POSSIBILITIES ON THE AREA OF ZE-DO CANTON	552
<b>70. Natalia Nikitskaya</b>	
THE POSSIBILITY OF USING LIQUID WASTE BIOGAS PLANT AS FERTILIZER FOR CORN	565
<b>71. Dragutin Funda, Ema Vlahek, Goran Funda</b>	
ENERGY EFFICIENCY AND INTERNATIONAL STANDARDS	570
<b>72. Dragan Vujović , Pavle Popović, Dragan Protić</b>	
ECONOMIC JUSTIFICATION OF THE USE OF SOLAR ENERGY IN THE ZLATIBOR REGION	578
<b>73. Novak Nikolić, Nebojša Lukić, Miloš Proković, Aleksandar Nešović</b>	
THE USE OF PV/T SOLAR COLLECTORS FOR DOMESTIC HOT WATER PREPARATION WITHIN A RESIDENTIAL HOUSE IN THE CITY OF KRAGUJEVAC (SERBIA)	586
<b>74. Aleksandar Nešović, Nebojša Lukić, Novak Nikolić, Marko Radaković</b>	
THE INFLUENCE OF THERMAL PARAMETERS OF DIFFERENT TYPES OF SOIL ON THE CONSUMPTION OF FINAL ENERGY FOR HEATING THE LOW-ENERGY RESIDENTIAL BUILDING AND THE INVESTMENT COST OF PLACING GEOTHERMAL VERTICAL PROBES	594
<b>75. Saša Jovanović, Slobodan Savić, Zorica Đorđević, Danijela Nikolić, Goran Bošković</b>	
DEFINING AN OPTIMAL CITY AND REGIONAL MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM BY USING MULTI - CRITERIA DECISION MAKING METHOD	601
<b>76. Svetlana Stevović, Slađana Mirjanić, Dušan Golubović</b>	
INNOVATIVE BIONIC SYSTEMS IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL QUALITY	611
<b>77. Tanja Glogovac, Mirjana Jakanović, Nikolina Miletić</b>	
QUALITY IMPROVEMENT OF WASTE WATER BY ADSORPTION OF LEAD AND ZINC ON METAKAOLINE	621
<b>78. Anto Gajić, Slavica Šijaković</b>	
MODELING TEST OF CAPLAN TURBINE	628





## DEFINISANJE OPTIMALNOG GRADSKOG I REGIONALNOG SISTEMA UPRAVLJANJA KOMUNALNIM ČVRSTIM OTPADOM PRIMENOM METODE VIŠEKRITERIJUMSKOG ODLUČIVANJA

Saša Jovanović<sup>1</sup>, Slobodan Savić<sup>2</sup>, Zorica Đorđević<sup>3</sup>, Danijela Nikolić<sup>4</sup>, Goran Bošković<sup>5</sup>

*Rezime: Definisane optimalnog i održivog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom na lokalnom i posebno, regionalnom nivou, predstavlja veoma složen zadatak tokom čijeg se rešavanja donosi odluka suočavaju sa nizom različitih problema. Definisane osnovnih ulaznih parametara, odnosno sastava i generisanih količina komunalnog otpada predstavlja, praktično, početnu fazu rešavanja postavljenog zadatka. Izbor optimalne tehnologije podrazumeva sagledavanje uticaja velikog broja faktora, kao i specifičnosti okruženja. U ovom radu, kao deo odgovora na kompleksan zadatak ukupne kvantifikacije i rangiranja predloženih rešenja za gradski i regionalni sistem upravljanja otpadom, izabran je metod višekriterijumskog odlučivanja (MCDM). Fazi valorizacije alternativnih opcija i samom izboru optimalne varijante za oba sistema, prethodilo je definisanje i izbor relevantnih kriterijuma. Pritom se posebno vodilo računa o definisanju i izboru kriterijuma, kao i određivanju njihovih težinskih koeficijenata. Softverski alat za podršku metodi višekriterijumskog odlučivanja, DSS (Decision Support Software), je upotrebljen za ocenu i rangiranje četrdeset osam scenarija za budući gradski i regionalni sistem upravljanja komunalnim otpadom.*

*Ključne reči: Komunalni čvrsti otpad, upravljanje otpadom, višekriterijumsko odlučivanje, MCDM*

### DEFINING AN OPTIMAL CITY AND REGIONAL MUNICIPAL SOLID WASTE MANAGEMENT SYSTEM BY USING MULTI-CRITERIA DECISION MAKING METHOD

---

<sup>1</sup> Dr Saša Jovanović, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, [dviks@kg.ac.rs](mailto:dviks@kg.ac.rs)

<sup>2</sup> Dr Slobodan Savić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, [ssavic@kg.ac.rs](mailto:ssavic@kg.ac.rs)

<sup>3</sup> Dr Zorica Đorđević, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, [zoricadj@kg.ac.rs](mailto:zoricadj@kg.ac.rs)

<sup>4</sup> Dr Danijela Nikolić, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, [daniijela1.nikolic@gmail.com](mailto:daniijela1.nikolic@gmail.com)

<sup>5</sup> Dr Goran Bošković, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac, Srbija, [gboskovic@gmail.com](mailto:gboskovic@gmail.com)

*Abstract: Defining an optimal and sustainable municipal solid waste management system at a local and regional level is a very complex task. In order to solve this task, decision-makers have to face different problems. Defining basic input parameters, i.e. the content and generated amount of the municipal waste practically presents the initial phase of the solution. The choice of the optimal technology involves taking into account a large number of factors, as well as the specific characteristics of the given area. In this paper, the method of multi-criteria decision making (MCDM) has been chosen to quantify and rank the proposed solutions for the city and regional waste management system. Prior to valorisation of the alternatives and the choice of the optimal variant, relevant criteria had to be defined. A special attention was paid to the choice and definition of the criteria and determination of their weight coefficients. Decision Support Software (DSS) was used to assess and rank forty-eight scenarios for future city and regional municipal waste management system.*

**Key words:** *Municipal solid waste, waste management, multi-criteria decision making, MCDM*

## 1 UVOD

Izbor optimalnog i održivog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom na lokalnom i regionalnom nivou, predstavlja kompleksan proces u okviru koga se donosioci odluka suočavaju sa brojnim izazovima i usaglašavanjem niza protivurečnosti. Imajući u vidu da postojeće stanje u našoj zemlji značajno odstupa od prakse razvijenih zemalja, otvara se relativno veliki prostor za njegovo unapređenje.

Definisanje sistema i njegovih osnovnih ulaznih parametara predstavlja praktično početnu fazu postupka. Konceptije budućih sistema upravljanja otpadom treba da se, u najvećoj mogućoj meri, oslanjaju na savremena rešenja i primere dobre prakse. Stanje u sektoru upravljanja komunalnim otpadom u Republici Srbiji, karakteristike postojećeg lokalnog sistema, kao i procena postojeće i potrebne infrastrukture, takođe, predstavljaju neke od polaznih tačaka u procesu.

Sveobuhvatna analiza prethodno navedenih segmenata treba da rezultira predlogom određenog broja alternativnih rešenja koja, kao takva, ulaze u proces ocenjivanja njihovih relevantnih performansi. Alternativna rešenja se definišu u skladu sa primerima dobre prakse, kao i stanjem postojeće lokalne infrastrukture u sektoru upravljanja otpadom. U okviru takvih varijantnih rešenja, mora se predvideti maksimalno efikasan i održiv tretman svih frakcija komunalnog čvrstog otpada. Ulazni parametri, kao što su količina i sastav generisanog otpada, predstavljaju značajan uticajni faktor u početnom koncipiranju sistema upravljanja otpadom.

U okviru postupka višekriterijumskog odlučivanja [1], primenjenog u radu, uključen je širok spektar kriterijuma, koji se mogu grupisati u nekoliko glavnih kategorija:

1. ekološki kriterijumi,
2. energetske kriterijumi,
3. ekonomski kriterijumi,
4. sociološki kriterijumi i
5. kriterijumi iz oblasti zakonske regulative.

Neophodno je da svaki od kriterijuma dobije odgovarajući težinski koeficijent, na osnovu koga će vršiti svoj relativni uticaj u fazi vrednovanja (ocenjivanja) alternativnih rešenja. Za potrebe modeliranja, simulacije i vrednovanja određenog broja mogućih varijantnih rešenja u radu je korišćen softverski alat DSS [2].

## 2 DEFINISANJE SISTEMA I OSNOVNI ULAZNI PARAMETRI

Za potrebe istraživanja u ovom radu, definisana su dva različita sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom. U okviru prvog, modeliran je sistem upravljanja komunalnim otpadom, koji bi se odnosio na grad Kragujevac. Drugi sistem je koncipiran na bazi teritorijalnih smernica navedenih u Nacionalnoj strategiji upravljanja otpadom 2010. – 2019. [3]. S tim u vezi, razmatrane su opcije upravljanja otpadom za teritorijalnu oblast (u daljem tekstu Region), koja, pored Kragujevca kao regionalnog centra za upravljanje komunalnim otpadom, obuhvata i opštine Aranđelovac, Gornji Milanovac, Topolu i Knić. U tabeli 1 predstavljeni su osnovni podaci, za grad Kragujevac i Region [4].

Tabela 1. Osnovni podaci za grad Kragujevac i Region

	GRAD KRAGUJEVAC	REGION
Broj stanovnika	179.417	320.000*
Proračunski period (vremenski horizont)	2014 – 2034	2014 – 2034
Produkcija otpada po stanovniku (kg/dnevno)	0,75	1,25
Godišnja stopa rasta produkcije otpada	1,5	1,5

U tabeli 1, broj stanovnika za grad Kragujevac u skladu je sa rezultatima popisa stanovništva u Republici Srbiji iz 2011. godine. Vrednost generisane količine otpada predstavlja rezultat obrade i sistematizacije podataka višegodišnjeg evidentiranja i merenja masenih tokova otpada koja su sprovedena u okviru postojećeg sistema upravljanja komunalnim otpadom na teritoriji grada Kragujevca [5]. Jedinичna produkcija otpada na nivou Regiona, uvećana je u odnosu na odgovarajuću vrednost za grad Kragujevac. Treba istaći da ovaj nivo produkcije može da se prihvatiti u kontekstu očekivanih trendova u bliskoj budućnosti, vezanih za promene u načinu života i standardu stanovništva. Sa druge strane, u svrhu istraživanja, hipotetičkim povećanjem jedinичne produkcije komunalnog čvrstog otpada, na teritoriji sa 320.000 stanovnika, stiču se uslovi da se u razmatranje uključe i opcije termičkog tretmana otpada. Naime, izvodljivost, odnosno ekonomska opravdanost izgradnje postrojenja za insineraciju otpada, uslovljena je odgovarajućom količinom otpada koja je neophodna da bi investiciona ulaganja bila u zoni isplativosti.

Neki od osnovnih ciljeva koje svaki od predloženih i odabranih alternativnih scenarija mora da ispuni, a u kontekstu obima deponovanog otpada i nivoa reciklaže (izdvajanja materijala iz otpada), definisani su u skladu sa zakonskom regulativom Evropske unije, budući da je Republika Srbija u statusu kandidata za članstvo u EU od januara 2014. godine. Usklađenost je izvršena prema odredbama Okvirne direktive o otpadu (Waste Framework Directive, 2008/98/EC), Direktive o deponijama (Landfill Directive, 1999/31/EC), kao i Direktive o ambalažnom otpadu (Packaging Directive, 94/62/EC).

Ukupan obim reciklaže za komunalni otpad predviđen je na nivou od 54,39%, a samo za ambalažni otpad 79,35% (tabela 2). Ove vrednosti su dobijene kao suma proizvoda masenog udela pojedinačne frakcije u celokupnom otpadu [5] i usvojenog procenta planiranog izdvajanja određenog materijala (tabela 2). Istovremeno, na

osnovu odredbi Direktive o deponijama (1999/31/EC), kao i Uredbe o odlaganju otpada na deponije (Službeni glasnik Republike Srbije 92/2010), obim deponovanog biorazgradivog i ukupnog komunalnog čvrstog otpada, do 2020. godine potrebno je svesti na nivo od 35% količina iz 1995. godine. Treba istaći da za grad Kragujevac i analizirani Region nisu evidentirani pouzdani podaci o komunalnom čvrstom otpadu za 1995. godinu. Otuda, ove vrednosti su dobijene ekstrapolacijom raspoloživih aktuelnih podataka i usvojene stope rasta produkcije komunalnog otpada.

Tabela 2. Količine otpada i procenat reciklaže za referentnu 2020. godinu

DIREKTIVA O DEPONIJAMA							
Komunalni otpad	Odloženo na deponiju (u tonama)			Preusmereno sa deponije (u tonama)			
	Kragujevac	Region		Kragujevac	Region		
Biorazgradivi	8.873	26.376		27.911	82.967		
Ukupno	13.547	40.268		42.611	126.667		
DIREKTIVA O AMBALAŽNOM OTPADU							
Materijal	Papir	Staklo	Metal	Plastika	Drvo	Ukupno (>60%)	
Procenat izdvajanja	80	80	80	80	60	<b>79,35</b>	
OKVIRNA DIREKTIVA O OTPADU							
Fracija otpada	Organski	Baštenski	Papir i karton (amb.) >60%	Papir (ostalo)	Drvo (amb.) >15%	Drvo (ostalo)	Staklo (amb.) >60%
Procenat izdvajanja	50	50	80	30	60	30	80
Fracija otpada	Staklo (ostalo)	Metal (amb.) >50%	Metal (ostalo)	Plastika (amb.) >22,5%	Plastika (ostalo)	Ostali otpad	Ukupno (>50%)
Procenat izdvajanja	30	80	30	80	30	30	<b>54,39</b>

U tabeli 3 prikazani su potrebni kapaciteti predviđenih postrojenja za tretman komunalnog otpada za oba razmatrana sistema.

Tabela 3. Potrebni kapaciteti postrojenja za tretman komunalnog otpada

Potrebni kapaciteti postrojenja (u tonama, KG- Kragujevac, R- Region)										
God.	Ukupna količina otpada		Ambalažni otpad (izdvojen na izvoru)		Biorazgradivi otpad (izdvojen na izvoru)		Mešani otpad		Ostali otpad	
	KG	R	KG	R	KG	R	KG	R	KG	R
1995	38.704 <sup>*</sup>	115.053 <sup>*</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
2014	51.359	152.669	15.466	45.975	10.970	32.610	23.425	69.632	1.498	4.452
2020	56.158	166.935	16.912	50.271	11.995	35.657	25.614	76.139	1.638	4.868
2034	69.173	205.623	20.831	61.922	14.775	43.921	31.550	93.784	2.017	5.996

\*ne postoje podaci, ekstrapolirana vrednost

U skladu sa iskustvom i savremenim rešenjima u razvijenim zemljama, uzimajući u obzir trenutno stanje u oblasti upravljanja otpadom u Republici Srbiji, na

lokalnom i regionalnom nivou, kao i odgovarajuće karakteristike otpada, u svrhu analize, odabrane su sledeće tehnologije tretmana:

- 1) Kompostiranje,
- 2) Anaerobna digestija (AD),
- 3) Postrojenja za izdvajanje materijala (separacija i reciklaža) (MRF),
- 4) Mehaničko - biološki tretman (sa opcijom kompostiranja dela mešanog otpada) (MBT),
- 5) Mehaničko - biološki tretman (sa opcijom anaerobne digestije dela mešanog otpada) (MBT),
- 6) Biološko sušenje mešanog otpada,
- 7) Spaljivanje – insineracija mešanog otpada.

Kroz formiranje relativno velikog broja scenarija, svaka od navedenih tehnologija (postrojenja) za tretman mešanog dela otpada je uključena u bar neko od varijantnih rešenja. Na taj način je sprovedena i odgovarajuća valorizacija primene tih tehnologija, i ocenjen stepen kompatibilnosti sa tehnologijama tretmana ostalih frakcija komunalnog otpada. Treba napomenuti da je, iz razloga kapacitativnih ograničenja, postrojenje za insineraciju uključivano samo u predložena rešenja za regionalni sistem upravljanja otpadom.

Predviđena mogućnost instalacije dva postrojenja za tretman mešane komponente otpada je iskorišćena u gotovo polovini kreiranih scenarija.

U okviru dvadeset četiri scenarija za Kragujevac, u trinaest je za tretman biološkog otpada korišćen proces kompostiranja, a u jedanaest proces anaerobne digestije, Potpuno isti odnos zastupljenosti ove dve vrste tretmana je i kod scenarija upravljanja otpadom formiranih i za Region. Ambalažni otpad je u svim scenarijima usmeravan u postrojenja za sekundarnu separaciju. Što se tiče mešanog otpada, dominantna je tehnologija mehaničko – biološkog tretmana. Ovaj vid tretmana je primenjen u jednom od dva predviđena postrojenja i to u dvadeset tri scenarija za grad i dvadeset jedan za Region. Biološko sušenje mešanog otpada je predviđeno u četrnaest scenarija za grad i u pet za Region. Insineracija kompletnog dela mešanog otpada je primenjena samo u jednom scenariju za upravljanje otpadom na nivou Regiona. Spalionica, kao primarno postrojenje za tretman mešane komponente komunalnog otpada, predviđena je u još jednom scenariju (4R), gde se određeni deo ovog tipa otpada tretira kroz proces biološkog sušenja. Proces spaljivanja preostalog mešanog otpada u okviru eventualnog sekundarnog postrojenja čini sastavni deo četiri predložena alternativna rešenja za regionalni sistem.

Dva postrojenja za tretman mešanog otpada, predviđena su u ukupno trinaest scenarija za grad i deset za Region.

RDF i SRF (gorivo iz otpada i čvrsta goriva masa iz otpada) su, u predloženim rešenjima gradskog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom, šesnaest puta iskorišćeni za dobijanje energije iz otpada dok je, u preostalih osam varijanti, planirano njihovo deponovanje. U slučaju regionalnog sistema, ovi produkti su sedam puta transportovani na deponiju a devet puta su predstavljali energetska goriva. U šest scenarija, koji uključuju opciju spaljivanja preostalog mešovito otpada, ove komponente se i ne pojavljuju u procesu.

U tabelama 4 i 5 korišćene su sledeće skraćenice: TBO (tretman biološkog otpada), TAO (tretman ambalažnog otpada), TMOT1 (tehnologija za postrojenje 1 za tretman mešanog otpada), TMOT2 (tehnologija za postrojenje 2 za tretman mešanog otpada), komp. (kompostiranje), rec. (reciklaža), %1 (procenat mešanog otpada koji se tretira u postrojenju 1) i %2 (procenat mešanog otpada koji se tretira u postrojenju 2).

Tabela 4. Alternativni scenariji upravljanja otpadom za grad Kragujevac

GRAD KRAGUJEVAC (Ukupna količina otpada: 56 158 t)							
Scenario	Tehnologija tretmana otpada za:						
	Biološki otpad (11 995 t)	Ambalažni otpad (16 912 t)	Preostali, mešani rezidualni otpad (25 614 t)				Ostali otpad (1 638 t)
	TBO	TAO	TMOT1	% 1	TMOT2	% 2	RDF/SRF tretman
1G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
2G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Deponovanje
3G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Deponovanje
4G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Deponovanje
5G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
6G	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
7G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
8G	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
9G	Kompostiranje	MRF postrojenje	Biološko sušenje	100	-	0	Deponovanje
10G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	75	Biološko sušenje	25	Otpad u energiju
11G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Deponovanje
12G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	51	MBT (AD, rec.)	49	Otpad u energiju
13G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	60	MBT (komp., rec.)	40	Deponovanje
14G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	60	MBT (komp., RDF)	40	Otpad u energiju
15G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	60	Biološko sušenje	40	Otpad u energiju
16G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., RDF)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
17G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
18G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
19G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Otpad u energiju
20G	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	60	MBT (komp., rec.)	40	Otpad u energiju
21G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
22G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	80	Biološko sušenje	20	Otpad u energiju
23G	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Otpad u energiju
24G	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., RDF)	100	-	0	Otpad u energiju

Tabela 5. Alternativni scenariji upravljanja otpadom za Region

REGION (Ukupna količina otpada: 166 935 t)							
Scenario	Tehnologija tretmana otpada za:						
	Biološki otpad (35 657 t)	Ambalažni otpad (50 271 t)	Preostali, mešani rezidualni otpad (76 139 t)				Ostali otpad (4 868 t)
	TBO	TAO	TMOT1	% 1	TMOT2	% 2	RDF/SRF tretman
1R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
2R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT ( komp. RDF)	100	-	0	Deponovanje
3R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
4R	Kompostiranje	MRF postrojenje	Insineracija	60	Biološko sušenje	40	-
5R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
6R	Kompostiranje	MRF postrojenje	Insineracija	100	-	0	-
7R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	40	Insineracija	60	-
8R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	40	Insineracija	60	-
9R	Kompostiranje	MRF postrojenje	Biološko sušenje	100	-	0	Deponovanje
10R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	40	Insineracija	60	-
11R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT ( komp. RDF)	75	Biološko sušenje	25	Otpad u energiju
12R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	40	Insineracija	60	-
13R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	50	Biološko sušenje	50	Deponovanje
14R	AD	MRF postrojenje	Biološko sušenje	75	MBT (AD, rec.)	25	Otpad u energiju
15R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	40	Insineracija	60	-
16R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	40	Insineracija	60	-
17R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
18R	Kompostiranje	MRF postrojenje	MBT ( komp. RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
19R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp., rec.)	100	-	0	Deponovanje
20R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Deponovanje
21R	AD	MRF postrojenje	MBT (komp. RDF)	100	-	0	Otpad u energiju
22R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Deponovanje
23R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, rec.)	100	-	0	Otpad u energiju
24R	AD	MRF postrojenje	MBT (AD, RDF)	100	-	0	Otpad u energiju

### 3 MULTIPARAMETARSKA ANALIZA I VIŠEKRITERIJUMSKO ODLUČIVANJE

U skladu sa navedenim projektovanim ciljevima, definisani su i odgovarajući kriterijumi u okviru procesa simulacije i vrednovanja alternativnih tehnologija upravljanja komunalnim čvrstim otpadom. Ovi kriterijumi se mogu svrstati u sledećih pet kategorija [6]:

- 1) *Ekološki kriterijumi* (emisije gasova staklene bašte, emisije sumpor-dioksida, ušteda konvencionalnih goriva, generisanje otpadnih voda, potrošnja vode, produkcija neopasnog otpada, produkcija opasnog otpada, zagađenje bukom),
- 2) *Tehničko – energetski kriterijumi* (postojeće iskustvo – pouzdanost, prilagodljivost lokalnim uslovima, fleksibilnost, energetska potrošnja, energetska produkcija, sekundarni proizvodi, povezanost sa reciklažnim aktivnostima),
- 3) *Ekonomski kriterijumi* (kapitalni troškovi, troškovi funkcionisanja i održavanja, prihodi od proizvoda, potrebna površina zemljišta, tržišno stanje proizvoda, eksterni troškovi i dobiti),
- 4) *Sociološki kriterijumi* (društvena prihvatljivost, vizuelni uticaj, prihvatanje rizika, kvalitet zapošljavanja, stvaranje novih radnih mesta) i
- 5) *Zakonsko – regulativni kriterijumi* (usklađivanje sa prioritetima domaćeg i zakonodavstva EU, doprinos dostizanju ciljeva Direktive o deponijama).

Da bi se sproveda efikasna i pouzdana simulacija izabranih scenarija upravljanja otpadom, potrebno je definisati rejtinge i težinske koeficijente za svaki od pojedinačnih kriterijuma. Vrednost rejtinga može da varira od 0 (potpuno nevažno) do 100 (maksimalno važno). Težinski koeficijenti, zavisno od odgovarajuće vrednosti rejtinga i ukupnog broja kriterijuma, predstavljaju relativnu vrednost uticaja pojedinačnog kriterijuma. U preliminarnoj fazi simulacija, korišćene su preporučene vrednosti, nastale kao rezultat analiza i istraživanja sprovedenih za susedne zemlje članice Evropske unije [6]. Tokom glavne faze procesa simulacije, izvršeno je specifično variranje rejtinga i težinskih koeficijenata, sa ciljem utvrđivanja uticaja važnosti pojedinih vrsta kriterijuma. Tokom postupka koncipiranja jednog složenog sistema upravljanja komunalnim otpadom, realno je očekivati izvestan sukob interesa različitih učesnika u procesu. Otuda, varijacijom vrednosti rejtinga i težinskih koeficijenata može se uporediti veličina uticaja tih promena što će, u krajnjoj instanci, svakako pružiti dodatne korisne informacije donosiocima konačnih odluka.

U okviru analize i ocenjivanja predloženih scenarija definisano je ukupno 26 različitih kriterijuma kroz simuliranje 5 varijanti različitih vrednosti rejtinga i težinskih koeficijenata. Svaka od varijanti je predviđala dodeljivanje prioriteta (odnosno povećanja vrednosti rejtinga i težinskih koeficijenata) pojedinim grupama kriterijuma (ekološkim, tehničko energetskim itd.) [4].

Treba istaći da je, zbog ograničenog broja scenarija koji u okviru jedne analize mogu da se uporede, u preliminarnoj fazi simulacija uvek vršena zatvorena analiza za po osam alternativnih rešenja (razmatranje relativno malog broja alternativa je karakteristično za sve metode višeatributskog odlučivanja u koje spada i PROMETHEE metoda, na bazi koje je koncipiran softverski paket DSS). U cilju poređenja scenarija koji, u preliminarnoj fazi nisu pripadali istoj grupi, ova algoritamska specifičnost je prevaziđena naknadnim, parcijalnim, poređenjima varijantnih rešenja sa bliskim vrednostima ocena. Konačno, poređenjem ocena svih četrdeset osam scenarija (u okviru dve podgrupe, 24 + 24), izvršen je izbor od po devet najbolje ocenjenih scenarija za grad Kragujevac i Region. Na kraju, u okviru tih grupa, konačno su rangirani scenariji.



Tehnologije tretmana i količine otpada za pojedine vrste otpada, za najbolje ocenjene scenarije za oba sistema (17G i 17R), predstavljene su u tabeli 6. U tabeli 7, prikazani su maseni bilansi za ta dva scenarija.

Tabela 6. Tehnologije i količine tretiranog otpada za najbolje rangirane scenarije

Scenario	Vrsta otpada				
	Biološki otpad	Ambalažni otpad	Preostali mešani otpad	Mešani otpad Postrojenje 1	RDF/SRF
17G	Kompostiranje (11.995 t)	MRF postrojenje (16.912 t)	MBT (kompostiranje i reciklaža) (25.614 t)	100 %	Otpad u energiju
17R	Kompostiranje (35.657 t)	MRF postrojenje (50.271 t)	MBT (kompostiranje i reciklaža) (76.139 t)	100 %	Otpad u energiju

Tabela 7. Maseni bilansi kod najbolje ocenjenih scenarija

M A S E N I B I L A N S (za dva najbolja scenarija)		
(u tonama)	Scenario 17G	Scenario 17R
Ukupno reciklirano	18.643	55.417
Fe	1.207	3.587
Al	234	696
Plastika	7.081	21.048
Papir	8.351	24.825
Staklo	1.358	4.036
Drvo	412	1.226
RDF	3.785	11.250
SRF	0	0
Kompost (nizak kvalitet)	3.838	11.410
Kompost (visok kvalitet)	4.198	12.480
Biogas	0	0
Gubici	12.715	37.796
Rezidue, ostaci	11.341	33.713

#### 4 ZAKLJUČAK

Stanje u sektoru upravljanja otpadom, prepoznato je kao jedan od ključnih problema zaštite životne sredine. Izbor optimalne tehnologije podrazumeva

sagledavanje uticaja velikog broja faktora, kao i specifičnosti okruženja [7]. Veliki broj i raznovrsnost kriterijuma za vrednovanje performansi sistema upravljanja otpadom, nameće potrebu za primenom složenih metoda i alata koji treba da pomognu donosiocima odluka prilikom procedure izbora optimalnih rešenja. Za sistem upravljanja komunalnim otpadom na teritoriji grada Kragujevca, najpovoljniju alternativu predstavlja scenario sa oznakom 17G. U okviru ovog sistema, za tretman biološkog otpada predviđen je proces kompostiranja, za tretman ambalažnog otpada MRF postrojenje, dok je za tretman mešanog otpada planirana izgradnja samo jednog postrojenja, koje uključuje mehaničko–biološki tretman sa kompostiranjem organske komponente otpada, kao i reciklažu reciklabilnih materijala. RDF i SRF komponente se, prema ovom scenariju, usmeravaju u postrojenja za dobijanje energije. Na nivou Regiona, najbolje ocenjeni scenario je 17R. Proces kompostiranja biološkog otpada pokazao se kao relativno superioran u pogledu uticaja na opšte performanse sistema. Pod odgovarajućim okolnostima i u skladu sa određenim interesima, i postupak anaerobne digestije daje visoko rangirane rezultate.

## ZAHVALNOST

Ovaj rad predstavlja deo istraživanja realizovanih na projektu TR 33015, finansiranom od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.

## LITERATURA

- [1] Marttunen, M.,(2011), Description of Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA), Finnish Environment Institute.
- [2] Panagiotidou, N., Stavrakakis, G., Maria, E., (2010), Decision Support Software, Technical University of Crete.
- [3] Službeni glasnik Republike Srbije (2010). Nacionalna strategija za upravljanje otpadom za period 2010-2019, Vlada Republike Srbije, Beograd, Srbija, *Službeni glasnik RS*, br. 29, str. 13-57.
- [4] Jovanović, S. (2015). Modeliranje ekološko-energetskih i ekonomskih performansi održivih tehnologija upravljanja čvrstim otpadom, *Doktorska disertacija*, Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Kragujevac.
- [5] Vujić, G., Ubavin, D., Batinić, B., Vojinović Miloradov, M., Štrbac, D., Gvozdenac, B., Stanisavljević, N., Milovanović, D., Adamović, D., Bačlić, S., Dvornić, A., (2009), Utvrđivanje sastava otpada i procene količine u cilju definisanja strategije upravljanja sekundarnim, sirovinama u sklopu održivog razvoja Republike Srbije, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- [6] Alevridou, A., Venetis, C., Malini, D., Epoglou, O., Papatīs, T., Skopa, T.,(2011), BALKWASTE - Report on the Criteria for the Assessment of Alternative Technologies version 2, Technical University of Crete.
- [7] Jovanović, S., Jovičić, N., Bošković, G., Đorđević, Z. (2016). Izbor optimalnog sistema upravljanja komunalnim čvrstim otpadom na osnovu ekoloških, energetskih i ekonomskih performansi. *Energija, ekonomija, ekologija*, vol. 18, no. 3-4, p.p. 304-312.

CIP - Каталогизација у публикацији  
Народна и универзитетска библиотека  
Републике Српске, Бања Лука

621.03(082)(0.034.4)

МЕЂУНАРОДНА научна конференција "Примијењене технологије у машинском инжењерству" COMETA (4 ; 2018 ; Источно Сарајево)  
Zbornik radova [Elektronski izvor] / [4. Међународна научна конференција "Primijenjene tehnologije u mašinskom inženjerstvu", COMETA 2018.], Istočno Sarajevo - Jahorina, BiH, RS 27 - 30. Novembar 2018. = Proceedings / 4th International Scientific Conference "Conference on Mechanical Engineering Technologies and Applications" COMETA 2018, 27th - 30th November 2018, East Sarajevo - Jahorina ; [urednici, editors Milija Krašnik]. - 1 izd. - Istočno Sarajevo : Mašinski fakultet, 2018. - 1 optički disk (CD-ROM) : tekst, slika ; 12 cm

Sistemske zahtjevi nisu navedeni. - Radovi na srp. i engl. jeziku. -  
Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad.  
- Rezimeji na engl. i srp. jeziku.

ISBN 978-99976-719-4-3

COBISS.RS-ID 7818520

ISBN 978-99976-719-4-3

ISBN 978-99976-719-4-3



9 789997 671943