



UNIVERZITET U NIŠU
FAKULTET ZAŠTITE NA RADU U NIŠU



Ana V. Luković

RAZVOJ MODELA ZA UPRAVLJANJE TOKOVIMA INDUSTRIJSKOG OTPADA ZASNOVANOG NA FORMIRANJU EKO- INDUSTRIJSKIH MREŽA

DOKTORSKA DISERTACIJA

Текст ове докторске дисертације ставља се на увид јавности,
у складу са чланом 30., став 8. Закона о високом образовању
("Сл. гласник РС", бр. 76/2005, 100/2007 – аутентично тумачење, 97/2008, 44/2010, 93/2012,
89/2013 и 99/2014)

НАПОМЕНА О АУТОРСКИМ ПРАВИМА:

Овај текст сматра се рукописом и само се саопштава јавности (члан 7. Закона о ауторским и
сродним правима, "Сл. гласник РС", бр. 104/2009, 99/2011 и 119/2012).

**Ниједан део ове докторске дисертације не сме се користити ни у какве сврхе,
осим за упознавање са њеним садржајем пре одбране дисертације.**

Niš, 2016



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF OCCUPATIONAL SAFETY IN NIŠ



Ana V. Luković

**DEVELOPMENT OF AN ECO-INDUSTRIAL
NETWORK-BASED MODEL FOR
MANAGING INDUSTRIAL WASTE FLOW**

DOCTORAL DISSERTATION

Niš, 2016

Podaci o doktorskoj disertaciji

Mentor:	dr Srđan Glišović, vanredni profesor Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu
Naslov:	Razvoj modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža
Rezime:	Predmet disertacije obuhvata razvoj novog modela upravljanja tokovima industrijskog otpada, komplementarnog konceptu međusobne interakcije industrijskih subjekata u razmeni nusproizvoda, sa ciljem formiranja funkcionalne eko-industrijske mreže. Na osnovu geografske lokacije i raspoloživih količina određenog otpada kod generatora, omogućava se optimalno lociranje novih industrijskih pogona zadatog kapaciteta, sa aspekta efikasnog snabdevanja sekundarnim sirovinama uz minimizaciju transportnih troškova, ali i uvažavanje osnovnih postulata regionalnog održivog razvoja. Prethodno su definisani ekonomski, društveni i kriterijumi zaštite životne sredine neophodni za razvoj sredstava odlučivanja, namenjeni integrisanom planiranju resursa i preventivnoj minimizaciji negativnih uticaja koji nastaju u industrijskoj zoni i njenom neposrednom okruženju. Osnovni cilj istraživanja ispunjen je kreiranjem modela za rešavanje lokacijskog problema objekta za tretman otpada, uzimajući u obzir teritorijalnu zastupljenost, vrstu i količinu sekundarnih sirovina i međusobno rastojanje između članica eko-industrijske mreže, ali i ekonomske, ekološke i socijalne okolnosti na potencijalnim lokacijama postrojenja za preradu. Odgovarajuće softversko rešenje omogućava sistematizaciju kvalitativnih i kvantitativnih podataka o sekundarnim sirovinama industrijskog sub-sektora ili mreže preduzeća, kao i reverzno-logističku analizu svih relevantnih industrijskih postrojenja u okviru posmatranog regiona prema vrsti traženih sekundarnih materijala i sa količinama otpada koje ona generišu. Metodi globalne optimizacije primenjeni su za rešavanje problema određivanja lokacije postrojenja za tretman sekundarnih sirovina. Modeliranje je bazirano na lokacijskoj optimizaciji korišćenjem pristupa modela <i>p medijana</i>. Za konačno određivanje alternative prvog prioriteta, nakon lokacijske optimizacije i <i>p medijana</i> modela, korišćen je analitički hijerarhijski proces kao višekriterijumska metoda za podršku u odlučivanju pri upravljanju industrijskim otpadom. Razvijeni softverski alat može biti od koristi za razvoj ekološki održivih lanaca snabdevanja sekundarnim materijalima u različitim industrijskim sektorima, kao i za unapređenje politike regionalnog upravljanja industrijskim otpadom.
Naučna oblast:	Inženjerstvo zaštite životne sredine i zaštite na radu
Naučna disciplina:	Upravljanje kvalitetom radne i životne sredine

Ključne reči:	Industrijski odpad, eko-industrijske mreže, reverzna logistika, održiva logistika, lokacijska optimizacija, model p medijana, višekriterijumsko odlučivanje.
UDK:	519.8:628.54:[338.45:502]
CERIF klasifikacija:	T 270, Tehnologija životne sredine, kontrola zagađivanja
Tip licence Kreativne zajednice:	Autorstvo – nekomercijalno – bez prerade (CC BY-NC-ND)

Datum odbrane doktorske disertacije: _____

Data on Doctoral Dissertation

Doctoral Supervisor:	Srđan Glišović, Ph.D., Associate Professor. University of Niš, Faculty of Occupational Safety in Niš
Title:	Development of an eco-industrial network-based model for managing industrial waste flow
Abstract:	The Dissertation comprises the development of a new model for regional management of secondary raw materials within the concept of by-product exchange, with the aim to develop a functional eco-industrial network. As a part of the model for industrial waste flow management, a software platform for processing data on secondary materials in the framework of an industrial sub-sector or enterprise network was created. Based on geographic location and the available quantities of required by-products, the optimal location of a new industrial unit (by-product consumer) of a given capacity was determined, in terms of effective supply and/or minimal transportation costs, acknowledging regional sustainability priorities. The main goal of the research was creation of a model for solving the location problem of waste (secondary materials) treatment facilities, taking in consideration the territorial distribution of raw materials, the type and the quantities of raw materials and the distance between the industries, but simultaneously considering regional social, economic and environmental issues. The specific goal of the research was to design an appropriate model and software tool capable of analyzing all relevant industrial plants within an observed region according to the type of required secondary material and the amount of waste they generate, but in context of regional sustainability. Methods of global optimization, i.e. heuristic algorithms were applied to determine the initial location of by-product treatment facility. The limited capacity model of <i>p-median</i> and other similar models were used for initial network optimization. For the final placement of the waste facility, after the initial priority optimization by <i>p-median</i> model, the analytic hierarchy process (AHP) was used as a multi-criteria decision support method of choice for the regional management of industrial waste. Previously, the economic, social and environmental protection criteria were defined as a necessary prerequisite for decision-making during integrated resource planning and preventive mitigation of the impacts that arise in an industrial area and its immediate surroundings. The developed model for industrial by-product flow management, based on eco-industrial network operation principles, constitute a foundation for design of a software tool / a decision support system which might contribute improvement of the current by-product management practices in the region.
Scientific Field:	Environmental and Occupational Safety Engineering

Scientific Discipline:	Environmental Management
Key Words:	Industrial waste, eco-industrial networks, reverse logistics, sustainable logistics, location optimization, p median model, multi-criteria decision making.
UDC:	519.8:628.54:[338.45:502]
CERIF Classification:	T270 Environmental technology, pollution control
Creative Commons License Type:	CC BY-NC-ND

Doctoral dissertation defence date:_____

Zahvalnost autora

Ovom prilikom se zahvaljujem svim dobronamernim prijateljima i saradnicima na korisnim savetima, sugestijama i podršci koju su mi pružali prilikom izrade doktorske disertacije.

U prvom redu zahvalnost dugujem mentoru profesoru Srđanu Glišoviću na strpljenju, sugestijama, tehničkoj podršci i rukovođenju pri izradi doktorske disertacije.

Zahvaljujem se komentoru, uvaženom profesoru Miomiru Stankoviću, za profesionalnu i ljudsku pomoć u svim fazama izrade ove disertacije.

Isto tako se zahvaljujem i članovima Komisije na korisnim sugestijama, koje su svakako poboljšale kvalitet materijala izloženog u disertaciji.

Posebnu zahvalnost dugujem profesorima Miroljubu Jeftiću i Jordanu Radosavljeviću sa Fakulteta tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici, na nesebičnoj podršci pri izradi delova ovog istraživanja.

Na kraju, ali ne po važnosti, zahvaljujem se svojoj porodici, dok posebnu zahvalnost dugujem sinu Borisu na bezrezervnoj podršci i toleranciji, kome zapravo i posvećujem doktorsku disertaciju.

Autor

U Nišu, jula 2016.

Sadržaj:

1. UVODNA RAZMATRANJA	1
1.1. Predmet istraživanja	1
1.2. Ciljevi istraživanja	4
1.3. Radne hipoteze	5
1.4. Metodologija istraživanja	5
1.5. Naučni doprinos istraživanja	6
1.6. Struktura doktorske disertacije	7
2. UTICAJ INDUSTRIJSKIH SISTEMA NA ŽIVOTNU SREDINU	11
2.1. Industrijski razvoj i životna sredina	11
2.2. Održivost i životna sredina	15
2.3. Industrijska ekologija i eko-industrijska simbioza	17
2.4. Eko-industrijski park i eko-industrijske mreže	20
3. PREGLED AKTUELNOG STANJA U UPRAVLJANJU INDUSTRIJSKIM OTPADOM EVROPSKE UNIJE I SRBIJE	23
3.1. Upravljanje industrijskim otpadom u Evropskoj uniji	23
3.2. Upravljanje industrijskim otpadom u Srbiji	30
4. EVROPSKO I NACIONALNO ZAKONODAVSTVO IZ OBLASTI UPRAVLJANJA INDUSTRIJSKIM OTPADOM	34
4.1. Pregled najznačajnijih propisa EU koji se odnose na upravljanje industrijskim otpadom	34
4.1.1. Šesti akcioni program EU u oblasti životne sredine	36
4.1.2. Tematska strategija o prevenciji i reciklaži otpada	37
4.1.3. Okvirna direktiva o otpadu (eng. <i>Directive 2008/98/EC on waste</i>)	39
4.1.4. Ključni principi u upravljanju otpadom	42
4.1.5. Direktiva Saveta 99/31/EC o deponijama otpada	43
4.1.6. Direktiva Saveta 94/62/EC o ambalaži i ambalažnom otpadu dopunjena direktivom 2005/20/EC, 2004/12/EC, 1882/2003/EC	43
4.1.7. Direktiva 96/61/EEC o integralnoj prevenciji i kontroli zagađivanja	44
4.1.8. Sedmi akcioni program EU u oblasti životne sredine (eng. <i>7th Environment Action Programme</i>)	45
4.1.9. Komunikacija „Prema cirkularnoj ekonomiji: program nulte stope otpada za Evropu“	45
4.2. Nacionalno zakonodavstvo u upravljanju industrijskim otpadom	49
4.2.1. Pregled osnovnih propisa kojima se uređuje oblast upravljanja industrijskim otpadom u Republici Srbiji	49

4.2.2. Upravljanje otpadom u industriji.....	53
4.2.2.1. Informacioni sistem zaštite životne sredine - Nacionalni registar izvora zagađivanja-----	58
4.2.2.2. PRTR registar - Registar ispuštanja i prenosa zagađujućih supstanci	59
4.2.2.3. Informacioni sistem Nacionalnog registra izvora zagađivanja -----	61
4.2.2.4. Analiza baza podataka Nacionalnog registra izvora zagađenja i prikaz postojećih internacionalnih baza podataka -----	62
5. REVERZNA LOGISTIKA I ODRŽIVA LOGISTIKA-----	66
5.1. Logistika i upravljanje lancem snabdevanja	66
5.1.1. Lanci snabdevanja i upravljanje lancima snabdevanja.....	68
5.1.1.1. Upravljanje zelenim lancem snabdevanja (eng. Green Supply Chain Management) -----	72
5.2. Reverzna logistika – definicije i osnove pojma	73
5.2.1. Elementi sistema reverzne logistike (karakteristike reverzno-logističke mreže)	75
5.2.2. Projektovanje reverzno logističke mreže	83
5.3. Održiva logistika (dilema logistike u okviru održivog razvoja)	86
6. KLASIFIKACIJA LOKACIJSKIH PROBLEMA U LANCIMA SNABDEVANJA I MODELIRANJE-----	96
6.1. Klasifikacija lokacijskih problema u lancima snabdevanja	96
6.2. Lokacijski problemi na mrežama	100
6.2.1. Diskretni lokacijski problemi	101
6.2.1.1. Lokacijski modeli pokrivanja skupa (eng. Set Covering Location Model) -----	102
6.2.1.2. Lokacijski modeli maksimalnog pokrivanja (eng. Maximal Covering Location Problem) -----	103
6.2.1.3. P centar problem (eng. p-center problem)-----	104
6.2.1.4. Model p medijana -----	105
6.2.1.5. Model fiksnih troškova-----	107
6.3. Optimizacione metode za rešavanje lokacijskih problema (konvencionalne metode optimizacije i globalne optimizacione metode).....	109
7. POTENCIJAL METODA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU PRI IZBORU MIKROLOKACIJA -----	113
7.1. Analitički hijerarhijski proces – AHP	116
7.1.1. Dileme i kontroverze vezane za primenu AHP metoda	122
8. NOVI INTEGRATIVNI MODEL ZA REŠAVANJE REVERZNO- LOGISTIČKIH PROBLEMA EKO-INDUSTRIJSKE SIMBIOZE-----	125
8.1. Formiranje strukture baze podataka za razvoj integrativnog modela primene metode <i>p medijana</i> u kombinaciji sa AHP.....	130

8.2. Struktura i algoritam integrativnog modela primene metode <i>p medijana</i> u kombinaciji sa AHP	131
8.3. Izbor i obrazloženje kriterijuma za podršku odlučivanju pri odabiru lokacije novih industrijskih pogona / pogona za tretman otpada	136
9. PRIMENA MODELA ZA UPRAVLJANJE TOKOVIMA INDUSTRIJSKOG OTPADA ZASNOVANOG NA FORMIRANJU EKO-INDUSTRIJSKIH MREŽA-----	152
9.1. Primena modela <i>p medijana</i>	152
9.1.1. Kvantifikacija i obrada podataka po izabranim indeksnim brojevima.....	154
9.2. Primena AHP metoda.....	159
9.2.1. Struktuiranje problema odlučivanja	159
9.2.2. Formiranje matrice odlučivanja (poređenje u parovima) i evaluacija kriterijuma.....	165
9.2.3. Rezultati primene AHP metode.....	166
9.2.4. Određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija) i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik) 169	
9.2.4.1. Sinteza rezultata i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj otpada 170405 (otpadno gvožđe i čelik)-----	177
9.2.5. Određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija) i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj 170402 (aluminijum)	179
9.2.5.1. Sinteza rezultata i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj otpada 170402 (aluminijum) -----	185
9.2.6. Određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija) i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj 160103 (otpadne gume) 187	
9.2.6.1. Sinteza rezultata i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj otpada 160103 (otpadne gume) -----	193
9.2.7. Određivanje sopstvenih vektora alternativa prvog prioriteta za sve tri vrste otpadnih materijala i izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada (sekundarni kompozitni AHP)	194
9.2.6.1. Sinteza rezultata i izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada-----	199
9.3. Diskusija rezultata primene modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža	200
10. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA-----	203
LITERATURA-----	208
PRILOZI-----	228
BIOGRAFIJA AUTORA-----	263
IZJAVE AUTORA-----	264

PREGLED SLIKA

Broj slike	Naziv slike	Strana
Slika 2.1	Konvencionalni industrijski sistem	11
Slika 2.2.	Industrijski sistem sa tretmanom zagađenja na kraju proizvodnog procesa	12
Slika 2.3.	Industrijski sistem sa prevencijom nastajanja zagađenja	14
Slika 2.4.	Komponente održivog razvoja	16
Slika 2.5.	Prikaz eko-industrijske mreže	22
Slika 3.1.	Udeo privrednih aktivnosti i domaćinstava u ukupnoj proizvodnji otpada u EU-28	25
Slika 3.2.	Pregled vidova tretmana otpada u EU-28 (u periodu od 2004. do 2012. godine)	26
Slika 3.3.	Način postupanja sa proizvedenim količinama industrijskog neopasnog otpada u Srbiji 2014. godine	31
Slika 3.4.	Način postupanja sa proizvedenim količinama industrijskog opasnog otpada u 2014. godini u Srbiji	31
Slika 3.5.	Način postupanja sa proizvedenim količinama industrijskog otpada (opasnog i neopasnog)	32
Slika 4.1.	Hijerarhija upravljanja otpadom	40
Slika 4.2.	Razmišljanje o životnom ciklusu	42
Slika 4.3.	Pojednostavljeni model cirkularne ekonomije u Evropi	48
Slika 4.4.	Dijagram toka informacija pri upravljanja otpadom u industriji	55
Slika 4.5.	Grafički prikaz izveštavanja za PRTR registar	62
Slika 5.1.	Osnovni razlozi za uključivanje kompanija u procese reverzne logistike	74
Slika 5.2.	Integrirani lanac snabdevanja	76
Slika 5.3.	Osnove procesa logistike i reverzne logistike	78
Slika 5.4.	Elementi sistema reverzne logistike	80
Slika 5.5.	Logistika u okviru sistema kvaliteta	90
Slika 6.1.	Koraci u procesu odlučivanja	109
Slika 7.1.	Hijerarhijska struktura problema u AHP metodu	117
Slika 8.1.	Algoritam za rešavanje lokacijskog problema p medijana	129

Broj slike	Naziv slike	Strana
Slika 8.2.	Dijagram strukture modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža	132
Slika 8.3.	Algoritam izbora lokacije za nove industrijske pogone / pogone za tretman otpada	133
Slika 8.4.	Prikaz lokacija postrojenja koja generišu aluminijum na karti u Google Maps	135
Slika 8.5.	Dijalog prozor za odabir parametara proračuna	136
Slika 8.6.	Serbian Water Quality Index za 2013. godinu – prikaz vodotokova Srbije i indikatora kvaliteta površinskih voda	147
Slika 9.1.	Transportna mreža G	153
Slika 9.2.	Unos ulaznih podataka (vrste potrebnog materijala) – otpadno gvožđe / aluminijum / otpadne guma	156
Slika 9.3.	Rezultati primene p medijana modela za razmatrane tri vrste otpada	156
Slika 9.4.	Hijerarhijska struktura odlučivanja za izbor lokacije (alternative) prvog prioriteta	161
Slika 9.5.	Rezultati primene AHP kalkulatora za indeksni broj otpada 170405 (otpadno gvožđe i čelik)	178
Slika 9.6.	Rezultati primene AHP kalkulatora za indeksni broj otpada 170402 (aluminijum)	186
Slika 9.7.	Rezultati primene AHP kalkulatora za indeksni broj otpada 160103 (otpadne gume)	194
Slika 9.8.	Rezultati primene AHP kalkulatora za izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada	200

PREGLED TABELA

Broj tabele	Naziv tabele	Strana
Tabela 2.1.	Faktori koji utiču na razvoj i operativne karakteristike eko-industrijske simbioze	19
Tabela 3.1.	Generisani otpad iz ekonomskih aktivnosti i domaćinstva u 2012. godini (1000 tona)	23
Tabela 3.2.	Korišćeni vidovi tretmana u državama članicama EU (EU-28) 2012. godine	25
Tabela 3.3.	Pregled Direktiva od značaja za prevenciju otpada	28
Tabela 3.4.	Način postupanja sa proizvedenim otpadom u 2014. godini	30
Tabela 3.5.	Način postupanja sa proizvedenim otpadom u 2013. godini	32
Tabela 4.1.	Podzakonska akta koja propisuju metodologiju izveštavanja za Nacionalni registar izvora zagađivanja	58
Tabela 4.2.	Prikaz internacionalnih baza podataka o otpadu i analogne nacionalne baze	64
Tabela 5.1.	Integracija načela i definicije različitih pristupa logistici i logističkom menadžmentu	89
Tabela 5.2.	Vrste učesnika (interesnih grupa) i njihova očekivanja	94
Tabela 6.1.	Klasifikacija lokacijskih modela	98
Tabela 6.2.	Konvencionalne metode optimizacije	110
Tabela 7.1.	Satijeva skala relativnog značaja	118
Tabela 7.2.	Slučajni indeksi RI za matrice različitog formata	121
Tabela 8.1.	Granične i tolerantne vrednosti parametara za zaštitu zdravlja ljudi, prema Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha	144
Tabela 8.3.	Klasifikacija površinskih voda metodom SWQI	146
Tabela 8.4.	Srpski indeks kvaliteta voda	146
Tabela 8.5.	Ključni kriterijumi i podkriterijumi za lociranje novih industrijskih pogona / pogona za tretman otpada i njihov opis	150
Tabela 9.1.	Alokacija generatora otpada za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik)	157
Tabela 9.2.	Alokacija generatora otpada za indeksni broj 170402 (aluminijum)	158
Tabela 9.3.	Alokacija generatora otpada za indeksni broj 160103 (otpadne gume)	158

Broj tabele	Naziv tabele	Strana
Tabela 9.4.	Kriterijumske grupe i podkriterijumi korišćeni za izbor alternative prvog prioriteta optimalnih lokacija za indeksni broj 170405	162
Tabela 9.5.	Kriterijumske grupe i podkriterijumi korišćeni za izbor alternative prvog prioriteta optimalnih lokacija za indeksni broj 170402	163
Tabela 9.6.	Kriterijumske grupe i podkriterijumi korišćeni za izbor alternative prvog prioriteta optimalnih lokacija za indeksni broj 160103	164
Tabela 9.7.	Poređenje kriterijuma u parovima u odnosu na cilj	166
Tabela 9.8.	Poređenje parova podkriterijuma u odnosu na ekonomsku grupu kriterijuma	166
Tabela 9.9.	Poređenje parova podkriterijuma u odnosu na kriterijumsku grupu zaštite životne sredine	166
Tabela 9.10.	Poređenje parova podkriterijuma u odnosu na društvenu kriterijumsku grupu	166
Tabela 9.11.	Težine svih ključnih faktora u procesu odlučivanja	167
Tabela 9.12.	Prosečne zarade (RSD) za indeksni broj 170405	169
Tabela 9.13.	Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za indeksni broj 170405	170
Tabela 9.14.	Poređenje parova u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost” za indeksni broj 170405	171
Tabela 9.15.	Infrastrukturna opremljenost lokacije za indeksni broj 170405	171
Tabela 9.16.	Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum “Dostupnost infrastrukture” za indeksni broj 170405	171
Tabela 9.17.	Poređenje u parovima alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet vazduha” za indeksni broj 170405	172
Tabela 9.18.	Skala bodovanja SWQI indikatora kvaliteta površinskih voda	173
Tabela 9.19.	Poređenje u parovima alternativa u odnosu na podkriterijum „Kvalitet površinskih voda“ za indeksni broj 170405	173
Tabela 9.20.	Skala bodovanja zaštićenih područja	174
Tabela 9.21.	Stepen ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170405	174
Tabela 9.22.	Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170405	174
Tabela 9.23.	Skala bodovanja obrazovne strukture stanovništva	175

Broj tabele	Naziv tabele	Strana
Tabela 9.24.	Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa za indeksni broj 170405	175
Tabela 9.25.	Nezaposleni na 1000 stanovnika za indeksni broj 170405	176
Tabela 9.26.	Poređenje u parovima alternativa u odnosu na podkriterijum „Prostorno uređenje“ za indeksni broj 170405	177
Tabela 9.27.	Prosečne zarade (RSD) za indeksni broj 170402	179
Tabela 9.28.	Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za indeksni broj 170402	179
Tabela 9.29.	Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum „Putna povezanost“ za indeksni broj 170402	180
Tabela 9.30.	Infrastrukturna opremljenost lokacije za indeksni broj 170402	180
Tabela 9.31.	Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum “Dostupnost infrastrukture” za indeksni broj 170402	181
Tabela 9.32.	Koncentracija zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ (µg/m ³) na alternativnim lokacijama za indeksni broj 170402	181
Tabela 9.33.	Ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ u odnosu na GV (µg/m ³) za indeksni broj 170402	182
Tabela 9.34.	Normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ za indeksni broj 170402	182
Tabela 9.35.	Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” za indeksni broj 170402	182
Tabela 9.36.	Proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170402	183
Tabela 9.37.	Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170402	183
Tabela 9.38.	Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa za indeksni broj 170402	184
Tabela 9.39.	Nezaposleni na 1000 stanovnika za indeksni broj 170402	184
Tabela 9.40.	Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje” za indeksni broj 170402	185
Tabela 9.41.	Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za indeksni broj 160103	187
Tabela 9.42.	Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost” za indeksni broj 160103	188

Broj tabele	Naziv tabele	Strana
Tabela 9.43.	Infrastruktorna opremljenost lokacije za indeksni broj 160103	188
Tabela 9.44.	Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum “Dostupnost infrastrukture” za indeksni broj 160103	188
Tabela 9.45.	Koncentracija zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ (µg/m ³) na alternativnim lokacijama za indeksni broj 160103	189
Tabela 9.46.	Ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ u odnosu na GV (µg/m ³) za indeksni broj 160103	189
Tabela 9.47.	Normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ za indeksni broj 160103	189
Tabela 9.48.	Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” za indeksni broj 160103	190
Tabela 9.49.	Proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 160103	190
Tabela 9.50.	Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 160103	190
Tabela 9.51.	Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa za indeksni broj 160103	191
Tabela 9.52.	Nezaposleni na 1000 stanovnika za indeksni broj 160103	192
Tabela 9.53.	Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje” za indeksni broj 160103	192
Tabela 9.54.	Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za sve tri vrste otpadnih materijala	195
Tabela 9.55.	Poređenje parova alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost”	195
Tabela 9.56.	Infrastruktorna opremljenost lokacije za sve tri vrste otpadnih materijala	195
Tabela 9.57.	Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum “Dostupnost infrastrukture” za sve tri vrste otpadnih materijala	196
Tabela 9.58.	Koncentracija zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ (µg/m ³) na alternativnim lokacijama (izabranim alternativama prvog prioriteta)	196
Tabela 9.59.	Ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ u odnosu na GV (µg/m ³) na alternativnim lokacijama	196

Broj tabele	Naziv tabele	Strana
Tabela 9.60.	Normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO ₂ i NO ₂ na odabranim alternativama prvog prioriteta	197
Tabela 9.61.	Poređenje parova alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda”	197
Tabela 9.62.	Proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja za alternative prvog prioriteta	197
Tabela 9.63.	Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja	197
Tabela 9.64.	Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva alternativa prvog prioriteta	198
Tabela 9.65.	Nezaposleni na 1000 stanovnika za alternative prvog prioriteta	198
Tabela 9.66.	Poređenje parova alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje”	199

KORIŠĆENE SKRAĆENICE

Skraćenica	Originalni naziv	Naziv na srpskom jeziku
AHP	Analytic Hierarchy Process	Analitički hijerarhijski proces
ANP	Analytic Network Process	Analitički mrežni proces
API	Application Programming Interface	Aplikacijski programski interfejs
BAT	Best Available Technique	Najbolja dostupna tehnika
BDP	Gross Domestic Product	Bruto društveni proizvod
CI	Consistency Index	Indeks konzistentnosti
CLM	Council of Logistic Management	Savet za upravljanje logistikom
CP	Compromise Programing	Kompromisno programiranje
CR	Consistency Ratio	Stepen konzistentnosti
CSCMP	Council of Supply Chain Management Professionals	Savet eksperata za upravljanje lancima snabdevanja
DLA	District Logistics Analysis	Analiza regionalne logistike
DPSIR	Driving forces, Pressures, State, Impact, Responses	Pokretački faktori, pritisci, stanje, uticaji i reakcije
EA	Evolutionary Algorithms	Evolutivni algoritmi
EC	European Comission	Evropska komisija
EEA	European Environment Agency	Evropska Agencija za životnu sredinu
ELA	European Logistics Association	Evropska logistička asocijacija
ELECTRE	ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELimination and Choice Expressing REality)	ELECTRE - metod za podršku odlučivanju
EMS	Environmental Management System	Sistem upravljanja životnom sredinom
ENSDL	European Network for Sustainable District Logistics	Evropska mreža za održivu regionalnu logistiku
EU	European Union	Evropska unija
Eurostat	European Statistics Bureau	Zavod za statistiku Evropske unije
FAHP	Fuzzy Analytical Hierarchy Process	Fazi analitički hijerarhijski proces
GIS	Geographic Information System	Geografski Informacioni Sistem

Skraćenica	Originalni naziv	Naziv na srpskom jeziku
GSCF	Global Supply Chain Forum	Globalni forum upravljanja lancem snabdevanja
GSCM	Green Supply Chain Management	Upravljanje zelenim lancem snabdevanja
GUP	-	Generalni urbanistički plan
GV	-	Granična vrednost
HS	Harmony Search	Harmonijsko pretraživanje
IPPC	Integrated Prevention and Pollution Control	Integrisano sprečavanje i kontrola zagađivanja životne sredine
ISO	International Organization for Standardisation	Međunarodna organizacija za standardizaciju
IUCN	International Union for Conservation of Nature	Međunarodna unija za zaštitu prirode
LCA	Life Cycle Assessment	Procena životnog ciklusa
LCA	Local Contexts Analysis	Analiza lokalnog konteksta
LLST	Logarithmic Least Squares Technique	Logaritamski metod najmanjih kvadrata
LP	Linear Programming	Linearno programiranje
LSW	Local Scenario Workshops	Lokalne radionice
MADM	Multi Attribute Decision Making	Višeatributno odlučivanje
MAHP	Multiplication Analytic Hierarchy Process	Multiplikativni analitički hijerarhijski proces
MATLAB	MATrix LABoratory	MATLAB – softverski paket za matrične proračune
MCDM	Multi Criteria Decision Making	Višekriterijumsko odlučivanje
MILP	Mixed Integer Linear Programming	Mešovito celobrojno linearno programiranje
MODM	Multiple Objective Decision Making	Višeciljno odlučivanje
NP	Nonlinear Programming	Nelinearno programiranje
NRIZ	-	Nacionalni registar izvora zagađivanja
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	Organizacija za ekonomsku saradnju i razvoj

Skraćenica	Originalni naziv	Naziv na srpskom jeziku
PCB	Polychlorinated biphenyls	Polihlorovani bifenili
PCT	Polychlorinated terphenyls	Polihlorovani terfenili
PDR	-	Plan detaljne regulacije
PROMETHEE	Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation	PROMETHEE – metod za podršku odlučivanju
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register	Registar ispuštanja i prenosa zagađujućih supstanci
RI	Random Index	Slučajni indeks
SA	Simulated Annealing	Simulirano kaljenje
SAW	Simple Additive Weights	Metoda aditivnih težinskih faktora
SC	Supply Chain	Lanac snabdevanja
SCM	Supply Chain Management	Upravljanje lancem snabdevanja
SDL	Sustainable District Logistics	Održiva regionalna logistika
SOLE	Society of Logistics Engeineers	Društvo inženjera logistike
SSCM	Sustainable Supply Chain Management	Održivo upravljanje lancem snabdevanja
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats	Prednosti, nedostaci, mogućnosti i pretnje
SWQI	Serbian Water Quality Index	Srpski indeks kvaliteta voda
TQM	Total Quality Managemant	Menadžment totalnim kvalitetom
TS	Tabu Search	Tabu pretraživanje
TV	-	Tolerantna vrednost
UNEP	UN Environment programme	Program UN za životnu sredinu
VIKOR	Multicriteria Optimization and Compromise Solution	VIšeKriterijumska Optimizacija i Kompromisno Rešenje
WB	World Bank	Svetska banka
WEEE	Waste electrical and electronic equipment	Otpad od električne i elektronske opreme
WSM	Weighted Sum Model	Metoda aditivnih težinskih faktora
WWF	World Wildlife Fund	Svetski fond za zaštitu prirode

1. UVODNA RAZMATRANJA

1.1. Predmet istraživanja

Kvalitet života današnjih i budućih generacija usko je povezan sa sposobnošću prepoznavanja i poštovanja prirodnih granica apsorpcije ekosistema planete. Koncept održivog razvoja podrazumeva da, osim ekonomskih parametara, i socijalni, kulturni i ekološki aspekti moraju biti uključeni u proces donošenja odluka, posebno kada su u pitanju dugoročni efekti po životnu sredinu i zdravlje stanovništva. Održivost se, između ostalog, postiže projektovanjem industrijskih sistema koji obezbeđuju dugoročno korišćenje prirodnih resursa i podržavaju metaboličke cikluse u biološkim sistemima.

Industrijska ekologija proučava međusobne odnose prirodnih i industrijskih sistema, podržava koncept čistije proizvodnje i održivog razvoja i predstavlja okvir za bolje razumevanje uticaja industrijskih sistema na životnu sredinu. Zaštita životne sredine predstavlja kompleksan, sistemski problem, pa je industrijska ekologija u konstantnoj potrazi za sistemskim rešenjima problema antropogenih uticaja na životnu sredinu. Ekonomski aspekt je takođe obuhvaćen u sistemskoj analizi interakcije industrija / životna sredina. Pri projektovanju industrijskih operacija i procesa, moguće je poboljšati performanse elemenata sistema i optimizovati procese cikličnim transformacijama materijala (od ekstrakcije sirovina do finalnog proizvoda i tretmana industrijskog otpada). Industrijska ekologija uspostavlja analogiju između industrijskih i prirodnih sistema stvaranjem mreže razmene materijala i energije između preduzeća.

Jedan od osnovnih koncepata industrijske ekologije su modeli eko-industrijskih mreža. Eko-industrijska mreža predstavlja model savremenog upravljanja resursima, model formiranja održivih zajednica i bezotpadnih (zatvorenih) ciklusa, tj. model koji omogućava približavanje konceptu čistije proizvodnje u realnim okvirima. Industrijskom simbiozom se omogućava značajno unapređenje ukupne eko-efikasnosti jednog složenog industrijskog sistema. Ovde se pre svega misli na uspostavljanje kolaboracije između činilaca eko-industrijske mreže, što rezultira razmenom materijala i energenata između organizacionih jedinica, a sve u cilju smanjenja potrošnje resursa i energije, a time i smanjenja količina nusproizvoda u industrijskom sektoru. Industrijska simbioza vodi poboljšanju produktivnosti resursa u proizvodnom procesu, smanjenju generisanja otpada i korišćenju otpadnih materijala jednog proizvodnog sektora kao vredne sirovine za drugi, što predstavlja razmenu industrijskih nusprodukata. Pri industrijskoj proizvodnji, nastajanju proizvoda, javljaju se eksterni efekti u

vidu degradacije životne sredine i generisanja otpada koji opterećuje ekosistem. Ubrzani industrijski razvoj rezultirao je degradacijom životne sredine, a jedan od glavnih elemenata degradacije predstavlja i produkcija sve veće količine otpada (UNEP, 2005; WB, 2012; Kumar, 2011). Uspostavljanje jedinstvenog sistema upravljanja otpadom u industrijama zahteva poznavanje procesa nastajanja, manipulacije, skladištenja, transporta, tretiranja i odlaganja otpada. Jedan od opštih ciljeva u oblasti upravljanja otpadom je smanjenje količine otpada i obezbeđenje njegovog ponovnog korišćenja ili odlaganja na način koji ne uzrokuje degradaciju životne sredine i omogućava značajno unapređenje resursne efikasnosti.

Osnovni elementi politike Evropske unije u oblasti upravljanja otpadom definisani su relevantnim odredbama Ugovora o funkcionisanju Evropske unije u delu koji se odnosi na životnu sredinu, Šestim akcionim programom EU u oblasti životne sredine, Tematskom strategijom o prevenciji i reciklaži otpada, kao i Sedmim akcionim programom EU u oblasti životne sredine.

Pristup Evropske unije u upravljanju otpadom temelji se na „hijerarhiji otpada“ (*EU Directive 2008/98/EC on waste*), koja postavlja prioritete u politici upravljanja otpadom, kao i prioritete u upravljanju otpadom na operativnom nivou, a to su: prevencija, priprema za ponovnu upotrebu, recikliranje, ponovna upotreba i (kao najmanje poželjna opcija) odlaganje otpada (odlaganje i spaljivanje otpada bez upotrebe dobijene energije).

Nacionalno zakonodavstvo kroz Zakon o upravljanju otpadom definiše i tzv. načelo blizine i regionalnog pristupa pri upravljanju otpadom, koje propisuje da se “otpad tretira ili odlaže što je moguće bliže mestu njegovog nastanka, odnosno u regionu u kojem je proizveden” (*Zakon o upravljanju otpadom* (“*Sl. Glasnik RS*”, br. 36/09 i 14/16)). Strategijom upravljanja otpadom za period od 2010-2019. godine propisuju se smernice i mere za smanjenje opterećenja životne sredine usled proizvodnje i tretmana otpadnih materijala, što podrazumeva da otpadne materijale treba posmatrati kao zamenu za prirodne resurse neophodne za industrijsku proizvodnju. Sekundarne sirovine predstavljaju potencijalno važne inpute za različite industrijske procese, što je i jedna od polaznih pretpostavki u istraživanju.

Od industrijske revolucije do današnjih dana se razvijao takozvani „linearni industrijski sistem“ koji se zasnivao na pretpostavci da su resursi obilni, dostupni, da se lako mogu koristiti i jeftino odlagati. Evropska unija svake godine stvara približno 3 milijarde tona otpada. Proizvodni sektor (industrija) godišnje generiše 360 miliona tona otpada, građevinski sektor proizvodi 900 miliona tona otpada, dok sektor snabdevanja vodom i proizvodnja energije proizvode 95 miliona tona otpada (EEA, 2015). Tokom poslednjih nekoliko godina, reciklaža otpada u Evropskoj uniji se stimuliše odgovarajućim propisima, dok zakonodavstvo Evropske unije

pruža izuzetan podsticaj nacionalnim vladama u naporima da poboljšaju svoje sisteme za reciklažu (EU, 2008; Bing, 2014).

Industrijski subjekti, težeći konkurentnom upravljanju, unapređuju svoje procese proizvodnje, smanjuju ukupne troškove poslovanja i cene krajnjih proizvoda, povećavaju produktivnost, efikasnost i ekonomičnost dostave proizvoda do krajnjeg potrošača. Nakon iskorišćenja proizvodi postaju otpad, pa je potrebno rešiti problem odlaganja ostataka. Sa druge strane proizvodni procesi generišu određene količine otpada, koje na adekvatan način treba zbrinuti. Promene u zakonodavstvu uslovljene potrebom da se zaštiti životna sredina i razvoj novih sektora usluga utiču na to da sve veći broj kompanija uzima u obzir reverzne tokove u svojim logističkim sistemima, tj. tokove koji se odnose na kretanje ostataka proizvoda od kupaca do reciklažnih centara i nazad ka industrijskim postrojenjima. Korišćenjem reverzne logistike u sistemu integrisanog poslovanja podiže se nivo korporativne odgovornosti industrijskog subjekta, što mu obezbeđuje veći kredibilitet i prednost na tržištu.

Uprkos činjenici da je reciklaža otpada od izuzetne koristi za životnu sredinu, postoje i troškovi koji nastaju u procesu sakupljanja i transporta ostataka proizvoda, pa je važno minimizirati ove troškove kako bi se povećala ukupna dobit za životnu sredinu (Tsoulfas & Pappis, 2006; Bing, 2014). Primena principa održivog razvoja zahteva promenu prioriteta u većini lanaca snabdevanja, uključujući i reverznu logistiku u sistemu upravljanja industrijskim otpadom. Ekološka održivost se odnosi na dugoročno smanjenje negativnog uticaja aktivnosti preduzeća na životnu sredinu (Li & Leigh, 2010). Ekološka održivost predstavlja izazov za održivo upravljanje lancem snabdevanja i za primenu koncepata kao što su industrijska ekologija i industrijska simbioza (Leigh & Li, 2015).

Strateško odlučivanje pri projektovanju mreža reverzne logistike zahteva sagledavanje određenog broja objekata na mreži, njihovu lokaciju i kapacitet. Strateške odluke se odnose na menadžerske politike i razvoj odgovarajućih resursa kako bi se zadovoljili eksterni zahtevi u skladu sa organizacionim ciljevima (Lu & Bostel, 2007). U takvom procesu odlučivanja, osnovno pitanje se odnosi na lokaciju i kapacitet glavnih objekata u sistemu. Lokacija objekata je strateški problem koji je veoma često deo hijerarhijskog procesa planiranja logističkih sistema (Lu & Bostel, 2007).

Eksterni faktori, kao što su određeni podsticaji, zakonske odredbe i inicijative, mogu bitno uticati na odlučivanje pri projektovanju mreža reverzne logistike. Deker i kolege (Dekker et al, 2004) su identifikovali tri glavna činioca koja utiču na procese reverzne logistike: ekonomiju, zakonodavstvo i produženu odgovornost proizvođača (socijalnu, ekološku i

ekonomsku). Utvrđeno je da su politički, ekonomski, socijalni, tehnološki, ekološki i pravni faktori ključ za upravljanje strateškim odlučivanjem (*Law, 2009; Bing, 2014*).

Predmet ovog istraživanja je formiranje novog modela za podršku konceptu međusobne interakcije industrijskih subjekata bazirane na upotrebi sekundarnih sirovina i nusproizvoda, a sa ciljem formiranja funkcionalne eko-industrijske mreže u okviru reverzno-logističkog sistema. Na ovaj način se optimizuje korišćenje resursa, kroz interakciju između kompanija na osnovu razmene nusproizvoda i uz primenu integrisanih sistema upravljanja industrijskim otpadom. Na osnovu geografske lokacije i raspoloživih količina određenog otpada kod generatora u mreži, potrebno je omogućiti optimalno lociranje novih industrijskih pogona zadatog kapaciteta, radi efikasnog snabdevanja sekundarnim sirovinama uz minimizaciju transportnih troškova. Dosadašnja praksa je pokazala da su troškovi transporta, kao i dostupnost sekundarnih sirovina, jako važni ekonomski parametri pri strateškom planiranju mreže reverzne logistike, kao i za efikasno lociranje novih industrijskih pogona. Međutim, s obzirom na to da se lociranje novih industrijskih pogona zasniva na konceptu održive logistike, pa time i održivog razvoja, potrebno je lociranjem novih industrijskih pogona uzeti u obzir i ostale parametre održivosti, koji bi obuhvatili ekonomski aspekt, aspekt zaštite životne sredine i društveni aspekt. Održivi razvoj podrazumeva dugoročno balansiranje ekoloških, ekonomskih i socijalnih uticaja na nivou društva (*Aiking & Boer, 2004; Seuring & Muller, 2008*), pa je važno naglasiti značaj ključnih pitanja koja se odnose na kvalitet života i stanje prirodnog okruženja. Da bi se ostvarili postulati održivog razvoja i zadovoljile potrebe budućih generacija, neophodno je postići održive performanse sistema upravljanja industrijskim otpadom. Razvijeni model predstavlja sredstvo za podršku odlučivanju koje se može primeniti u planiranju mreža eko-industrijske simbioze. Radi se o elementu strateškog planiranja i formiranja mreže reverzne logistike sa ciljem uspostavljanja integrisanog sistema upravljanja industrijskim otpadom. Na ovaj način se omogućava unapređenje ukupne održivosti industrijskog regiona.

1.2. Ciljevi istraživanja

Informacioni sistem zaštite životne sredine u Republici Srbiji je u ingerenciji Agencije za zaštitu životne sredine. Zakonom o zaštiti životne sredine su definisane obaveze državnih institucija kao i svih zagađivača da dostavljaju relevantne podatke i informacije Agenciji za zaštitu životne sredine u unapred definisanom formatu. Nacionalni registar izvora zagađivanja sadrži relevantne podatke o zagađivačima životne sredine i predstavlja katastar zagađivača.

Postojeća baza podataka Nacionalnog registra izvora zagađivanja se u ovom istraživanju koristi za potrebe sistematizovanja podataka, za razvoj modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada (sekundarnih sirovina) koji će omogućiti uspostavljanje kolaboracije između i unutar industrijskih sektora. Osnovni cilj je stvaranje platforme za razmenu sekundarnih sirovina između industrija, odnosno stvaranje uslova za primenu osnovnog postulata eko-industrijske simbioze – efikasnu razmenu nusprodukata (eng. *by-product exchange*). Jedan od ciljeva istraživanja je i kreiranje modela za rešavanje lokacijskog problema objekta za tretman otpada (sekundarnih sirovina), uzimajući u obzir teritorijalnu zastupljenost sekundarnih sirovina, vrstu sekundarnih sirovina i međusobno rastojanje između industrija. Kao osnovni kriterijum za definisanje matematičkog modela uzeće se minimizacija ukupnih troškova transportnog sistema i kapacitativno ograničenje objekta za tretman sekundarnih sirovina koji je potrebno locirati. Poseban cilj istraživanja predstavlja kreiranje odgovarajućeg modela i softverskog rešenja pomoću koga je moguć pregled svih relevantnih industrijskih postrojenja u okviru posmatranog regiona, a prema vrsti traženih sekundarnih materijala i sa količinama otpada koje ona generišu (za referentnu godinu).

1.3. Radne hipoteze

Polazna hipoteza: ostaci iz proizvodnih procesa (sekundarne sirovine) i otpadni materijali mogu da budu potencijalno vredni inputi u različitim komplementarnim industrijskim procesima i predstavljaju osnov za uspostavljanje kolaboracije između i unutar industrijskih sektora ukoliko se primene odgovarajući modeli optimizacije upravljanja industrijskim otpadom.

Osnovna hipoteza: Moguće je kreirati primenljive modele lociranja za optimizaciju transportnih troškova pri agregaciji neophodnih količina sekundarnih materijala za podmirenje kapaciteta prerađivača primenom matematičkih modela koji podržavaju proces donošenja odluka o makrolokacijama i kapacitetima u okviru zadate eko-industrijske mreže.

1.4. Metodologija istraživanja

U toku istraživanja korišćeni su opšti metodi, pre svega analiza i sinteza, indukcija i dedukcija, metodi systemske analize eko-industrijskih mreža kao kompleksnih sistema, kao i specifični metodi koji su saglasni sa predmetom istraživanja.

Metod simulacije i benčmarking (eng. *benchmarking*) je upotrebljen za razvoj odgovarajućeg modela upravljanja. Metodi globalne optimizacije, tj. heuristički algoritmi su primenjeni za rešavanje problema određivanja lokacije postrojenja za tretman sekundarnih sirovina. Ovim

metodima se teži pronalaženju dobrog (zadovoljavajućeg rešenja) optimizacionog problema. Sistematizacijom predhodnih saznanja i iskustava eksperata u rešavanju odgovarajućih inženjerskih problema može se izvršiti procena dobijenog “dobrog” rešenja i ocena njegove bliskosti optimalnom rešenju.

Pri matematičkom modelovanju korišćen je p medijana model i AHP metod. U slučaju problema p medijane potrebno je locirati jedan ili više objekata na mreži, tako da se minimizira prosečno rastojanje (ili prosečno vreme putovanja ili prosečni transportni troškovi) od objekta do korisnika ili od korisnika do objekta. Model p medijana je prilagođen predmetu istraživanja i stavljen u kontekst upravljanja industrijskim otpadom, dok je AHP metod upotrebljen kao koristan alat za višekriterijumsku analizu, što omogućava ispitivanje većeg broja mogućih rešenja u procesu izbora lokacije novih industrijskih pogona, uz istovremeno uključivanje značajnog broja relevantnih kriterijuma. Radom na disertaciji obuhvaćena je i kritička analiza dostupne literature, dok je značajan obim informacija i podataka prikupljen analizom relevantnih naučnih publikacija, kao i iz izveštaja resornog ministarstva.

1.5. Naučni doprinos istraživanja

Istraživanje razmatra mogućnosti udruživanja proizvođača u jedan vid eko-industrijske simbioze kroz sinergijske veze koje se odnose na fizičku razmenu nusproizvoda. Naučni doprinos realizovanog istraživanja ogleda se u razvijanju modela koji omogućava kvalitetniju saradnju industrijskih subjekata u okviru posmatranih granica sistema (jednog regiona). Prednosti ovakve razmene se odnose na smanjenje potrošnje resursa i energije, što direktno utiče i na minimizaciju troškova skladištenja otpada i porast ekološke odgovornosti u industrijskom sektoru.

Industrijska simbioza se može posmatrati kao jedan specifičan oblik zelenog lanca snabdevanja koji predstavlja još jedno značajno područje istraživanja. Pouzdanost snabdevanja sekundarnim sirovinama zavisi od njihove raspoloživosti, kao i od logističkih troškova snabdevanja, odnosno lokacije postrojenja za preradu otpada (ili lokacije industrijske proizvodnje koja može da koristi određeni nusproizvod kao sirovinu za svoj proizvodni proces). Razvijeni model za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovan na principima funkcionisanja eko-industrijskih mreža, predstavlja osnov softverskog alata - sistema za podršku odlučivanju, kojim bi mogla da se unapredi postojeća praksa upravljanja otpadom. Formiranjem odgovarajućeg metodološkog okvira se pruža doprinos nastojanju da se sistemskim sagledavanjem konsekvenci industrijskih aktivnosti i adekvatnim merama i

postupcima spreči dalja degradacija kvaliteta životne sredine industrijskim otpadom, smanji upotreba primarnih materijala i pomogne očuvanju prostornog resursa, uzimajući pri tome u obzir i ekonomske faktore, kao i indikatore održivog razvoja.

Istraživanje realizovano u okvirima disertacije je društveno opravdano, jer je za uspostavljanje mehanizma industrijske simbioze neophodna podrška šire društvene zajednice, koja bi mogla da se ogleda u formiranju Nacionalnog programa industrijske simbioze. Razvojem modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na principima funkcionisanja eko-industrijskih mreža stvorile se neophodni preduslovi za eventualno formiranje programa podrške projektima eko-industrijske simbioze.

1.6. Struktura doktorske disertacije

U saglasnosti sa predmetom, ciljem istraživanja i postavljenim hipotezama doktorska disertacija sadrži uvodna razmatranja, radna poglavlja, zaključak, popis korišćene literature i priloge.

Uvodni deo sadrži opis problema i predmeta istraživanja, ciljeve, metodologiju i hipoteze istraživanja, kao i naučni doprinos doktorske disertacije.

Drugo poglavlje opisuje uticaj industrijskih sistema na životnu sredinu i daje pregled generalnih koncepata za rešavanje problema kontrole industrijskih emisija i smanjenje otpada, odnosno koncepta primene tehničkih rešenja za kontrolu zagađenja, koncepta čistije proizvodnje i koncepta nulte emisije. U ovom poglavlju je dat osvrt i prikazani su principi na kojima se zasniva eko-industrijska ekologija, dati su mehanizmi eko-industrijske simbioze i definisani su eko-industrijski parkovi. Opisana je interakcija industrijske simbioze i lanaca snabdevanja, kao i značaj kolaboracije učesnika u lancu snabdevanja kako bi se olakšala implementacija i razvoj ekološki orijentisanih inicijativa.

Treće poglavlje se odnosi na pregled aktuelnog stanja u upravljanju industrijskim otpadom Evropske unije i Srbije. U ovom poglavlju je dat pregled ukupne količine generisanog otpada država članica Evropske unije (EU-28) u 2012. godini iz svih privrednih aktivnosti i iz domaćinstva, korišćenih vidova tretmana otpada u državama članicama EU (EU-28) za istu godinu, objašnjene su aktivnosti i primeri dobre prakse EU koji se odnose na prevenciju i reciklažu otpada i istaknute su Direktive od značaja za prevenciju otpada. U domenu upravljanja otpadom u Republici Srbiji prema Izveštaju o stanju životne sredine Republike Srbije za 2014. i 2013. godinu, prikazane su količine generisanog industrijskog otpada, kao i načini postupanja sa proizvedenim količinama industrijskog otpada.

Četvrto poglavlje daje sveobuhvatnu analizu Evropskog i nacionalnog zakonodavstva iz oblasti upravljanja industrijskim otpadom. Kao najznačajniji propisi EU istaknuti su: Šesti akcioni program EU u oblasti životne sredine, Tematska Strategija o prevenciji i reciklaži otpada, Okvirna direktiva o otpadu iz 2008. godine, Direktiva Saveta 99/31/EC o deponijama otpada, Direktiva EU koja se odnosi na ambalažu i ambalažni otpad, Direktiva 96/61/EEC o integralnoj prevenciji i kontroli zagađivanja, Sedmi akcioni program Evropske unije u oblasti životne sredine i Komunikacija „Prema cirkularnoj ekonomiji: program nulte stope otpada za Evropu“. Navedeni propisi EU su razmatrani sa aspekta postizanja ciljeva za bolju resursnu efikasnost kao i upravljanje resursima i otpadom radi ostvarivanja održivijih modela proizvodnje i potrošnje. U pogledu osnovnih propisa kojima se uređuje oblast upravljanja industrijskim otpadom u Republici Srbiji istaknuti su Zakon o zaštiti životne sredine, Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine, Zakon o upravljanju otpadom, Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu, Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada, Uredba o odlaganju otpada na deponije i Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine. U ovom poglavlju su definisane odgovornosti i obaveze proizvođača u sistemu upravljanja otpadom, izrađen je dijagram toka organizacionih aktivnosti pri upravljanju otpadnim materijalima u industriji (usklađen sa standardom ISO 14001:2004) i opisana je procedura izveštavanja nadležnih organa. Poseban značaj je dat informacionom sistemu Nacionalnog registra izvora zagađivanja i analizi baze podataka o upravljanju industrijskim otpadom NRIZ radi formiranja strukture baze podataka za razvoj modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na principima formiranja eko-industrijskih mreža. Peto poglavlje definiše logistiku, upravljanje lancem snabdevanja, upravljanje zelenim lancem snabdevanja, reverznu logistiku i održivu logistiku. Predmet istraživanja u okviru doktorske disertacije je u saglasnosti sa konceptom reverzne logistike koji obuhvata niz aktivnosti usmerenih ka ekološki prihvatljivom odlaganju proizvoda ili sprovođenju prihvatljivog tretmana koji nema uticaj na životnu sredinu, što je u korelaciji sa naučnim doprinosom disertacije koji se ogleda u integraciji povratnih tokova u lancima snabdevanja. U okviru ovog poglavlja dat je i pregled savremenih dostignuća u predmetnoj oblasti i bliže je objašnjen koncept održive regionalne logistike koji ima za cilj da doprinese usvajanju koncepta održivog razvoja.

U šestom poglavlju su klasifikovani lokacijski problemi u lancima snabdevanja, objašnjena je teorija lokacije, dok je posebna pažnja posvećena mrežnim lokacijskih problemima koji pripadaju grupi diskretnih lokacijskih problema, zbog prirode problema koji se razmatra u okviru disertacije. U ovom poglavlju je data matematička formulacija modela p medijana i

njegova primena, kao i pregled optimizacionih metoda za rešavanje lokacijskih problema (konvencionalne metode optimizacije i globalne optimizacione metode).

Sedmo poglavlje govori o potencijalu metoda višekriterijumske analize za podršku odlučivanju pri izboru mikrolokacija, matematičkoj postavci analitičkog hijerarhijskog procesa i prednostima primene AHP u rešavanju problema zaštite životne sredine.

U osmom poglavlju je kreiran i obrazložen novi integrativni model primene metode p medijana u kombinaciji sa AHP metodom, odnosno model za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža. Obrazložena je osnovna premisa integracionog modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada i definisana je metodologija izbora odgovarajuće lokacije za izgradnju novih industrijskih pogona / postrojenja za preradu otpada, koja obuhvata dve faze modeliranja. Prva faza modeliranja se odnosi na optimizaciju lokacije prethodno definisane (po kapacitetima i zastupljenim materijalima) industrijske proizvodnje, gde se kao osnovni kriterijum optimizacije posmatraju ukupni transportni troškovi i količine sekundarnih sirovina (otpada) u lancu snabdevanja. U drugoj fazi modeliranja razmatrano je određivanje alternative prvog prioriteta dobijenih lokacija modelom p medijana, uključivanjem i drugih kriterijuma u razmatranje, s obzirom da se modelom p medijana posmatrao izbor lokacije sa aspekta minimizacije transportnih troškova, koji imaju najveći uticaj na logističke troškove i ukupne troškove tretmana sekundarnih sirovina. Druga faza modeliranja obuhvata primenu višekriterijumske procene za analizu pogodnosti različitih oblasti / alternativa (lokacija) koje su potencijalni lokalitet novih industrijskih pogona (pogona za tretman otpada). U okviru ovog poglavlja dat je dijagram strukture modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža, algoritam izbora lokacije za nove industrijske pogone / pogone za tretman otpada, kao i opis softverskog rešenja. Poglavlje sadrži izbor i obrazloženje kriterijuma za podršku odlučivanju pri odabiru lokacije novih industrijskih pogona / pogona za tretman otpada, pri čemu su identifikovane tri ključne kriterijumske grupe, od kojih svaka sadrži određeni broj podkriterijuma za proces izbora alternative prvog prioriteta. Kriterijumske grupe su razmatrane uz obrazloženje selektovanih podkriterijuma u okviru svake od njih. Za potrebe istraživanja, pri izboru kriterijuma i podkriterijuma za AHP razmatrani su statistički indikatori Republike Srbije, Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine, pravni propisi Republike Srbije, kao i relevantni radovi iz oblasti istraživanja.

Deveto poglavlje se odnosi na primenu modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža, pri čemu su izdvojene dve celine: primena modela p medijana i primena AHP analize. Za potrebe verifikacije modela za upravljanje

tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža, pretpostavljena je potreba za izgradnjom novog industrijskog postrojenja koje će biti potrošač tri osnovna tehnička materijala (čelika, aluminijuma i gume). Metod p medijana upotrebljen je za region Južne i Istočne Srbije, za koji je sistematizovana baza podataka industrija/generatora otpada za izabrane tri vrste otpada. Kvantifikacija i obrada podataka po izabranim materijalima (indeksnim brojevima) sadrži proračun dobijenih optimalnih lokacija pomoću razvijenog softverskog alata kojim se prilikom unosa ulaznih podataka dobijaju tražene 3 medijane (3 optimalne lokacije) i alokacija generatora otpada odgovarajućim optimalnim lokacijama.

Na osnovu prethodno utvrđene 3 medijane (po 3 lokacije za svaki od klastera definisanih indeksnim brojevima) primenjen je AHP metod. Definisani kriterijumi i podkriterijumi razmatrani su sa aspekta izbora alternative prvog prioriteta za svaki od tri izabrana klastera koji formiraju generatori tri vrste otpada (gvožđe/čelik, aluminijum i otpadne gume) u cilju optimalnog lociranja novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada. U okviru AHP analize kreirana je hijerarhijska struktura odlučivanja za izbor lokacije (alternative) prvog prioriteta, prikazane su i obrazložene težine svih ključnih faktora u procesu odlučivanja, dato je određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija), kao i sinteza rezultata i izbor alternative prvog prioriteta za sve tri vrste posmatranih materijala (indeksnih brojeva).

Za potrebe određivanja alternative prvog prioriteta za sva tri indeksna broja, kao i za određivanje sopstvenih vektora kriterijuma, podkriterijuma i alternativa, kreiran je “AHP kalkulator” koji na osnovu vrednosti unetih u matrice poređenja, automatski određuje vrednosti težina selektovanih kriterijuma i podkriterijuma, najveću sopstvenu vrednost matrice λ_{max} , indeks konzistentnosti CI i odnos konzistentnosti CR na osnovu vrednosti slučajnog indeksa RI za datu dimenziju matrice n . Na kraju ovog poglavlja je data diskusija rezultata primene modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža.

Zaključna razmatranja sadrže komentare od interesa za realizovano istraživanje, rezultate istraživanja, kao i smernice daljeg istraživanja u predmetnoj oblasti.

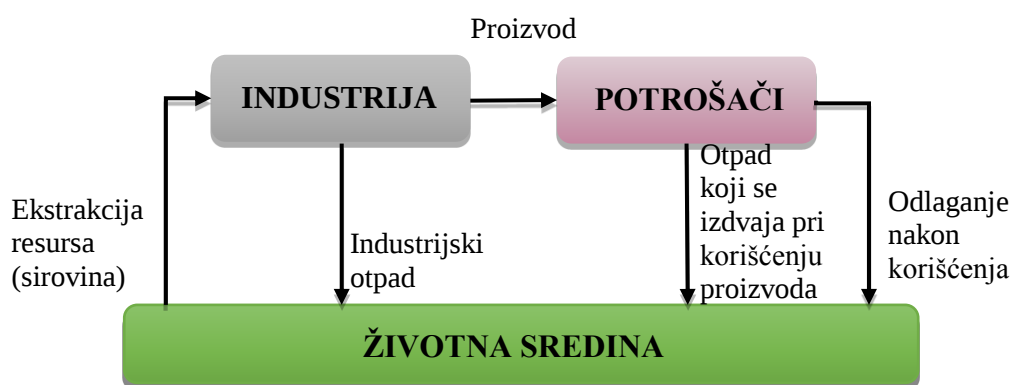
Popis korišćene literature i biografija autora su dati nakon zaključnog poglavlja.

Prilozi koji se odnose na: obrasce „Dnevna evidencija o otpadu proizvođača otpada“ i „Godišnji izveštaj o otpadu proizvođača otpada“, bazu podataka modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na principima formiranja eko-industrijskih mreža (za region Južne i Istočne Srbije), matricu drumskih rastojanja svih generatora otpada definisanog regiona i segment „AHP kalkulatora“, nalaze se nakon popisa literature i biografije autora.

2. UTICAJ INDUSTRIJSKIH SISTEMA NA ŽIVOTNU SREDINU

2.1. Industrijski razvoj i životna sredina

Intenzivan industrijski razvoj doprineo je globalnom rastu privrede i ekonomije, dok je sa druge strane doveo do degradacije životne sredine. Uticaj industrijskih aktivnosti na životnu sredinu predstavlja glavni problem kako u razvijenim zemljama, tako i u zemljama u razvoju. Razvijene zemlje degradaciju životne sredine nastoje da reše uvođenjem novih tehnologija, ali usled povećanja industrijske proizvodnje dolazi i do veće eksploatacije prirodnih resursa. Zemlje u razvoju se suočavaju sa dva problema: prvi se odnosi na nerešena istorijska zagađenja (istorijske deponije industrijskog otpada), dok se novi problemi uglavnom vezuju za emisiju gasova staklene bašte, zagađenje vazduha, vode i zemljišta, sve veću produkciju otpada i zagađenje hemikalijama i opasnim materijama. Tokom poslednjih godina prošloga veka, na međunarodnom planu je sazrela svest da je jedan od prioriternih problema čovečanstva potreba očuvanja i unapređenja zaštite životne sredine. Međunarodna zajednica je shvatila opasnost od zagađenja na globalnom planu i potrebu za adekvatnom i efikasnom zaštitom životne sredine. Konvencionalni industrijski sistemi posluju na takav način da koriste prirodne resurse za svoje proizvodne procese, a kao eksterni efekti se izdvajaju otpadne materije koje imaju značajan uticaj na životnu sredinu. Ovakav industrijski sistem je neodrživ, jer životna sredina nije izvor neograničenih resursa i ne može da apsorbuje sve emisije potekle od industrijskih aktivnosti, kao ni sav otpad. Na slici 2.1. predstavljen je konvencionalni, linearni industrijski sistem.



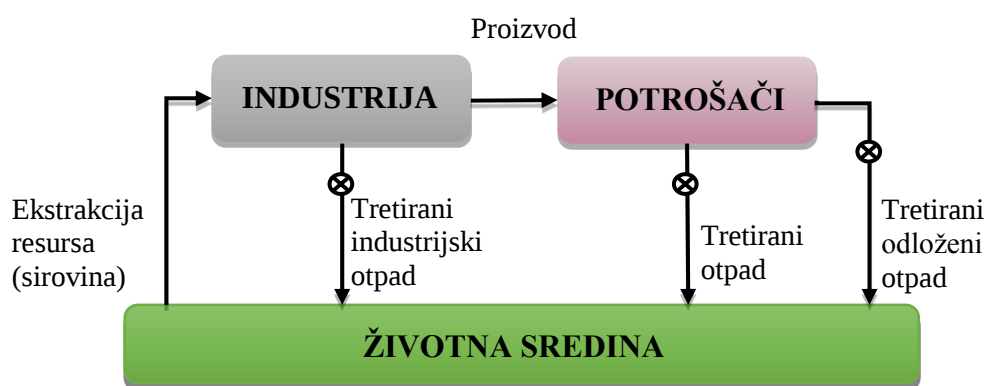
Slika 2.1. Konvencionalni industrijski sistem

Za rešavanje problema kontrole industrijskih emisija i smanjenje otpada, generalno postoje tri koncepta:

1. Koncept primene tehničkih rešenja za kontrolu zagađenja, odnosno tehnologija tretmana zagađenja na kraju proizvodnog procesa (eng. *End-of-Pipe Pollution Control Technologies*);

2. Koncept čistije proizvodnje (eng. *Cleaner Production Concept*) i
3. Koncept nulte emisije (eng. *Zero Emissions Concept*)

Koncept primene tehničkih rešenja za kontrolu zagađenja, odnosno tehnologija tretmana zagađenja na kraju proizvodnog procesa (eng. *End-of-Pipe Pollution Control Technologies*) podrazumeva sanaciju zagađenja i otpada tek po njegovom nastanku (Slika 2.2.). Ovaj tradicionalni koncept još uvek je nezamenljivo rešenje u velikom broju slučajeva kada je u pitanju redukcija zagađenja koje nastaje kao posledica rada složenih, zastarelih tehnoloških kompleksa. Tehnologije tretmana otpadnih voda baziraju se na mehaničkom, hemijskom ili biološkom prečišćavanju pre njihovog ispuštanja u prijemnik; tehnologije prečišćavanja otpadnih gasova podrazumevaju korišćenje raznih vrećastih filtera, keramičkih filtera, ciklona, skrubera, radi uklanjanja zagađujućih materija u emitovanim gasovima nekog proizvodnog procesa. Za tretman otpada takođe postoji više tehnologija, a izbor odgovarajuće zavisi od nekoliko faktora, kao što su agregatno stanje otpada (čvrsto, tečno ili gasovito), količina, fizičko-hemijske karakteristike otpada, nivo tretmana koji se zahteva, i sl. Tehnologije za preradu otpada obuhvataju fizičke, hemijske i biološke tretmane.



Slika 2.2. Industrijski sistem sa tretmanom zagađenja na kraju proizvodnog procesa (eng. *end-of-pipe treatment*)

Koncept čistije proizvodnje (eng. *Cleaner Production Concept*) predstavlja napredak u odnosu na koncept kontrole zagađenja na kraju proizvodnog procesa, jer ima za cilj prevenciju nastajanja zagađenja, a time i smanjenje količine otpadnih materijala. Koncept čistije proizvodnje se odnosi na uzroke zagađenja životne sredine i nastajanja otpada, za razliku od koncepta tretmana zagađenja na kraju proizvodnog procesa kojim se otklanjaju posledice.

Čistija proizvodnja je kompatibilna konceptu održivog razvoja, jer uzima u obzir ograničene kapacitete životne sredine da apsorbira industrijska zagađenja. Ovakav koncept proizvodnje zahteva dugoročne industrijske strategije.

Svetski samit o održivom razvoju, održan u Johannesburgu 2002. godine, identifikovao je čistiju proizvodnju kao preventivnu strategiju zaštite životne sredine, koja se odnosi na proizvodne procese, proizvode i usluge, čija primena može dovesti do smanjenja emisija i otpada i povećanja efikasnosti korišćenja resursa. Pojam „čistija proizvodnja” objašnjen je definicijom Programa UN za životnu sredinu (UNEP). S tim u vezi, u dokumentu pod naslovom “Strategija uvođenja čistije proizvodnje u Republici Srbiji” (*Sl. Glasnik RS, br. 17/2009*) navedeno je da: “Čistija proizvodnja predstavlja primenu sveobuhvatne preventivne strategije zaštite životne sredine na proizvodne procese, proizvode i usluge, sa ciljem povećanja ukupne efikasnosti i smanjenja rizika po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Čistija proizvodnja može se primeniti na bilo koje procese u industriji, na same proizvode i na različite usluge koje se pružaju u društvu. Kod **proizvodnih procesa** čistija proizvodnja se odnosi na očuvanje sirovina, vode i energije, smanjenje primene toksičnih i opasnih sirovina i smanjenje količina i toksičnosti svih emisija i otpada na izvoru proizvodnog procesa.

Kod **proizvoda**, čistija proizvodnja teži da smanji uticaje, tokom celog životnog ciklusa proizvoda na životnu sredinu, zdravlje i bezbednost, od eksploatacije sirovina, preko prerade i korišćenja, do konačnog odlaganja.

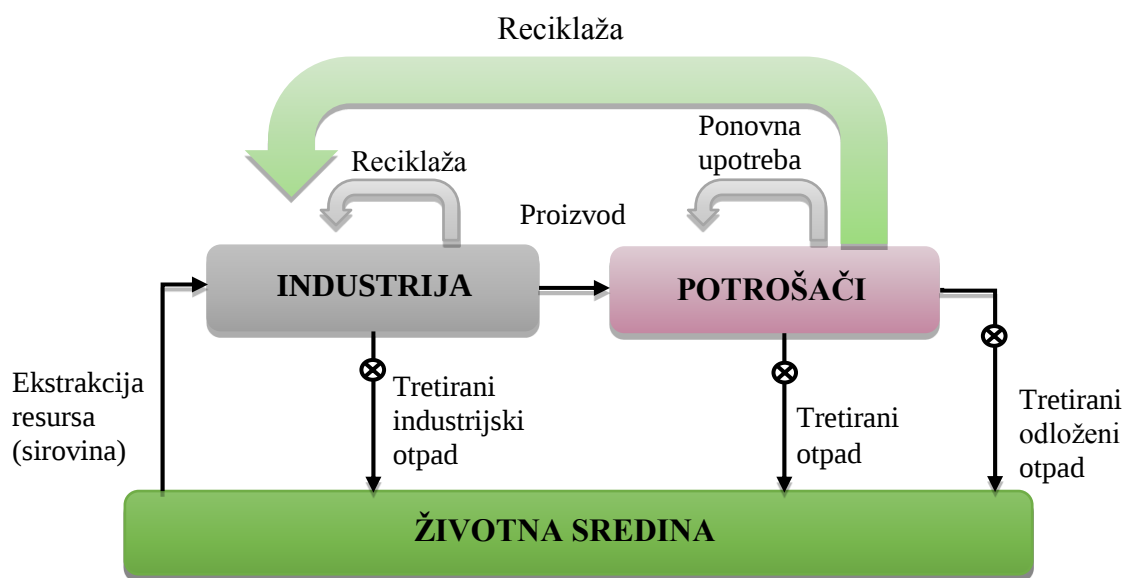
Kod **usluga**, čistija proizvodnja podrazumeva uključivanje brige za zaštitu životne sredine pri projektovanju i pružanju usluga.”

Za razliku od visoko industrijalizovanih zemalja, u zemljama u razvoju postoji veliki broj industrijskih sektora koji ne kontrolišu svoje emisije i efluente. Retki industrijski sektori koji primenjuju koncept čistije proizvodnje ostvaruju ekonomsku dobit kroz smanjenje troškova rada, smanjen obim tretmana otpada i smanjenje troškova odlaganja otpada. Primena koncepta dugoročno utiče na bolje ekonomske rezultate preduzeća čime se smanjuju troškovi u odnosu na primenu *a posteriori* rešenja za tretman već nastalog otpada (“*Sl. Glasnik RS*”, br. 17/2009). Idealni tehnološki proces zasnovan na čistijoj proizvodnji se izvodi uz reciklažu u toku procesa i bez emitovanja zagađenja (slika 2.3.).

Koncept čistije proizvodnje prema Strategiji uvođenja čistije proizvodnje u Republici Srbiji obuhvata sledeće metode:

1. Unapređenje efikasnosti procesa, čime se omogućava ušteda primarnih sirovina i resursa, što se postiže projektovanjem novih ili izmenom postojećih sistema;

2. Zamena materijala – zamena opasnih materijala neopasnim uz zadržavanje željenih svojstava;
3. Kontrola zaliha i gubitaka proizvoda;
4. Preventivno održavanje uključenjem svih aktivnosti koje imaju za cilj prevenciju lošeg rada opreme i emisije zagađujućih materija;
5. Poboljšanje resursne efikasnosti poslovanja;
6. Interna reciklaža – ponovno korišćenje proizvodnih ostataka, što za rezultat ima smanjenje nastajanja otpada na izvoru;
7. Eksterna reciklaža, kojom se postiže ušteda u tretmanu i odlaganju otpada, a može se ostvariti i prihod od prodaje otpadnih materijala.



Slika 2.3. Industrijski sistem sa prevencijom nastajanja zagađenja (eng. pollution prevention)

Međutim, i nakon primene koncepta čistije proizvodnje, postoji niz procesa sa izlaznim materijalnim tokovima koji ne predstavljaju proizvod. Koncept nulte emisije (eng. *Zero Emissions Concept*) predviđa, slično kao u prirodi, kruženje materijalnih tokova i shodno tome minimalnu emisiju materije i energije u životnu sredinu. Količina generisanog otpada je minimalna, jer se otpad koji nastaje u nekom proizvodnom procesu koristi kao sirovina za neki drugi, komplementarni proizvodni proces. Primena ovog koncepta, pored očiglednih ekoloških prednosti, obezbeđuje i značajne ekonomske benefite jer se smanjuje potreba za angažovanjem primarnih resursa. Međutim, razvoj koncepta nulte emisije zahteva uspostavljenje odgovarajućeg sistema upravljanja, značajne promene u tehnološkim procesima, njihovoj organizaciji, logistici, potrošnji primarnih materijala za proizvodnju i sprečavanju nastajanja

otpada. Pored toga, procenu rizika na životnu sredinu treba uraditi pre i tokom implementacije svakog značajnog tehnološkog iskoraka. Odgovarajuća regulativa ima presudan značaj, jer može podržati i ubrzati proces uspostavljanja održivog razvoja u industrijskom sektoru.

2.2. Održivost i životna sredina

Dosadašnji linearni model industrijskog razvoja, koji je vodio iscrpljivanju prirodnih resursa i nagomilavanju otpada je u suprotnosti sa konceptom održivosti koji podrazumeva ispunjenje sadašnjih potreba na takav način da se ne ugroze mogućnosti budućih generacija da zadovolje svoje sopstvene potrebe. Ključni elementi za sagledavanje industrijskog metabolizma jesu proučavanje kretanja mase i energije kroz industrijske sisteme. Razumevanje dinamike metabolizma industrijskog sistema doprinosi minimizaciji nus-produkata. Dalja sistemska integracija tehnološkog sistema, na osnovu podataka o industrijskom metabolizmu, doprinosi smanjenju uticaja na ekosistem uz maksimalnu efikasnost i profit. Koncept održivog razvoja primenjuje se sa ciljem da se prevaziđu nedostaci konvencionalnog industrijskog rasta, ali se pri njegovoj operacionalizaciji treba suočiti sa dva osnovna izazova (*INNESTO Project, 2004*):

- Neophodno je integralno razmatrati različite aspekte održivog razvoja: ekonomsku održivost, ekološku održivost i socijalnu održivost. Ekonomska održivost podrazumeva ekonomski rast i razvoj, ekološka održivost obuhvata integritet ekosistema i brigu o njihovom kapacitetu i biodiverzitetu, dok socijalna održivost obuhvata vrednosti kao što su jednakost i socijalna pravda.
- Održivi razvoj zahteva otvorenost prema budućnosti, ne teži samo očuvanju prirodnih potencijala i resursa, već i podsticanju razvojnih inovacija u održivom pravcu.

Devedesetih godina prošlog veka, pojam održivosti ulazi u stručnu literaturu o menadžmentu, i od tada postaje veoma popularan koncept. U suštini, održivi razvoj je proces promena kod kojih su eksploatacija resursa, usmeravanje investicija, orijentacija tehnološkog razvoja i institucionalne promene u harmoniji i omogućavaju korišćenje sadašnjih i budućih potencijala kako bi se zadovoljile ljudske potrebe (*Dali & Cobb, 1994; Witjes & Lozano, 2016*). Sveobuhvatna definicija koju često pronalazimo donosi više pitanja nego odgovora, a neka od njih su (*Linton et al., 2007*):

- Koji resursi će budućim generacijama biti potrebni?
- U kojoj meri je dozvoljeno emitovanje zagađujućih materija bez posledica po buduće generacije?

- Da li ćemo u budućnosti imati dovoljno novih izvora neobnovljivih resursa?
- Do kog nivoa se može vršiti eksploatacija obnovljivih izvora?
- U kojoj meri tehnologija može uticati na održivo korišćenje resursa ako uzmemo u obzir kontinualno povećanje materijalnog bogatstva?
- U kojoj meri tržište može da utiče na održivost?
- Da li je potrebno promeniti način života, i ako jeste kako?
- Koje politike podstiču održivost?

Takođe, ima autora (*Milutinović, 2004*) koji su u fokus stavili operacionalizaciju održivog razvoja; “definicija održivosti koja se donekle približava operativnom pristupu i dozvoljava da se na osnovu nje gradi strategija održivog razvoja je ona koju su zajednički razvili IUCN (Međunarodna unija za zaštitu prirode), UNEP (Program zaštite životne sredine Ujedinjenih Nacija) i WWF (Svetski fond za zaštitu prirode) u poznatoj knjizi “Caring for the Earth”: “Održivi razvoj u svom fokusu ima ljude i njegov cilj je da se unapredi kvalitet ljudskog života. Održivi razvoj se zasniva na zaštiti, tako da je uslovljen potrebom da se uvažava kapacitet prirode kako bi se obezbedili resursi i usluge potrebne za život. Iz ove perspektive, održivi razvoj znači unapređenje kvaliteta ljudskog života u granicama kapaciteta podnošenja ekosistema koji ga podržavaju” (IUCN, UNEP, WWF, 1991).

Navedena definicija uključuje tri osnovne komponente – ekonomsku, društvenu i komponentu zaštite životne sredine – koje čine temelj održivog razvoja (Slika 2.4). Sve tri komponente su međusobno povezane i međuzavisne i zbog toga zahtevaju da razvoj industrijskih aktivnosti bude u skladu sa svakom od njih ponaosob.



Slika 2.4. Komponente održivog razvoja (Zavargo, 2013)

2.3. Industrijska ekologija i eko-industrijska simbioza

U industrijskim sistemima je uočljiva tendencija naglašavanja međuzavisnosti preduzeća. Sve je zastupljeniji pristup jedinstvenog sistema upravljanja u mnogim industrijskim granama. Kompanije postaju sastavni deo lanaca ili mreža dobavljača i potrošača koje su slične lancima i mrežama koje se sreću u autohtonim ekosistemima. Kako bi osigurale svoju produktivnost, industrije postaju zavisne od resursa u okruženju, dok pojedine kompanije i korporacije postaju delovi jedinstvenog sistema, zavise jedne od drugih i ostvaruju saradnju u cilju opstanka na tržištu (*Leigh, 2015*).

Industrijski sistemi nisu angažovani samo na polju razmene materijala sa okolinom, već i sa širom društvenom zajednicom, čime se pospešuje industrijski metabolizam. Uspešni industrijski sistemi, zasnovani su na proučavanju kretanja mase i energije, što doprinosi minimizaciji količina otpadnih materijala (*Luković et al., 2014*). Značajna karakteristika tehnološkog sistema, kao dela industrijskog sistema, je sistematska integracija, koja predstavlja korelaciju svih važnih aspekata da bi se postigla maksimalna efikasnost i profit. U tom pogledu, postavlja se pitanje da li su industrijski ekosistemi prosta analogija prirodnih ekosistema, da li je metabolizam sistema industrijske proizvodnje i potrošnje neizostavan deo biosfere, kao i da li su industrijski ekosistemi još jedan oblik ekosistema u kojima su ljudi dominantna vrsta? Industrijska ekologija predstavlja naučnu disciplinu koja bliže opisuje razumevanje uticaja industrijskih sistema na životnu sredinu, kao i međusobne odnose između ekoloških i industrijskih sistema.

Postoje različite forme definicija industrijske ekologije, pri čemu pojedini autori nalaze analogiju sa procesima koji se odvijaju u prirodi, ili ukazuju na potrebu simulacije prirodnog sistema. Industrijska ekologija teži ostvarivanju postulata održivosti, integraciji antropogenih i prirodnih sistema, smanjenju korišćenja energije i primarnih sirovina, nastoji da minimizuje posledice industrijskih i potrošačkih sistema po životnu sredinu.

Formalni početak istraživanja u oblasti industrijske ekologije vezuje se za Roberta Froscha i Nocholasa E. Gallopoulosa čija je vizija “analogija industrijskih sistema sa prirodnim ekosistemima, gde otpad jedne industrije predstavlja sirovinu za drugu industriju, čime bi se smanjila upotreba primarnih sirovina, zagađenje životne sredine i troškovi odlaganja otpada.” Pomenuti autori su ukazivali na potrebnu modifikaciju industrijskih sistema, kroz simulaciju prirodnih ekosistema u svim svojim segmentima i operacijama (*Frosch & Gallopoulos, 1989*). Od posebnog značaja je sledeći par eko-industrijskih principa na kojima je zasnovana industrijska ekologija:

- Svet prirode je izvoriste modela efikasnosti i obnovljivosti energije i resursa.

- Ograničeni resursi se moraju vraćati u materijalno-energetske tokove na ponovnu upotrebu, sekundarno korišćenje, recikliranje, rekuperaciju kako bi se zatvorili ciklusi kruženja materije i minimizovala potrošnja energije u sistemu.

Industrijska ekologija uzima u obzir ekološki aspekt onda kada dolazi do interakcije i povezanosti unutar industrijskih sistema i između industrijskih i prirodnih sistema (*Despeisse et al., 2012; Lombardi & Laybourn, 2012*). Interakcije u industrijskim sistemima se nazivaju „razmene u tehnosferi”, dok su interakcije između industrijskih i prirodnih sistema ”razmene u ekosferi” (*Despeisse et al., 2012*). Slabija razmena u ekosferi prouzrokuje manji uticaj na životnu sredinu.

U okviru šireg koncepta industrijske ekologije, industrijska simbioza se može definisati kao proces koji optimizuje tokove resursa, energije i ekonomske dobiti, kroz sinergiju između aktera koji kreiraju eko-industrijsku mrežu. Jedna od definicija industrijske simbioze je “Industrijska simbioza povezuje tradicionalno različite industrije kolektivnim pristupom, radi postizanja konkurentske prednosti, putem fizičke razmene materijala, energije, vode i/ili proizvoda. Ključ industrijske simbioze jeste kolaboracija i sinergijske mogućnosti koje su određene malom geografskom udaljenošću” (*Chartow, 2000*).

Industrijska simbioza je koncept koji nije prvenstveno osmišljen za lance snabdevanja, ali se isto tako može posmatrati kao jedan specifičan oblik lanca snabdevanja. Viši stepen razmene resursa u skladu sa načelima industrijske ekologije pozitivno utiče na razvoj ekološki održivog lanca snabdevanja. Za razvoj potpuno zatvorenog kruga u kome se odvija cirkulacija resursa neophodna je saradnja partnera u lancu snabdevanja, na čemu se zasniva koncept industrijske simbioze (*Bansal & McKnight, 2009*).

Industrijska simbioza podržava kolektivni pristup primene industrijske ekologije od strane preduzeća u proširenom sistemu (*Chertow, 2000; Costa & Ferrão, 2010; Lombardi & Laybourn, 2012*). Međutim, princip industrijske simbioze podstiče bolje povezivanje između organizacija i pomaže jačanju mreža u lancu snabdevanja kroz poboljšanje odnosa između svih partnera u cilju ekološki podobnijih aktivnosti (*Bansal & McKnight, 2009*). Industrijska simbioza podrazumeva postojanje najmanje tri različita entiteta koja učestvuju u razmeni najmanje dva različita resursa (*Chertow, 2007*). Pojedini autori su razvili nekoliko modela industrijske simbioze koji se razlikuju po količini razmenjenih resursa i nivou uticaja na životnu sredinu (*Chertow & Ehrenfeld, 2012*). Po ovim autorima, modeli industrijske simbioze su: „model planiranog eko-industrijskog parka”, „model samoorganizujuće simbioze”, „model rekonstruisanog industrijskog parka” i „model eko-industrijskog parka sa konceptom

cirkularne ekonomije”. U svakom od ovih modela teži se ka jačanju saradnje i ekološke podobnosti. Princip industrijske simbioze podstiče učesnike u lancu snabdevanja na visok nivo kolaboracije kako bi se olakšala implementacija i razvoj ekološki orjentisanih inicijativa. Mogućnost primene principa industrijske simbioze nije geografski ograničena na bliske organizacije, učesnike u kolaboraciji (*Lombardi & Laybourn, 2012*). Zajednička geografska lokacija predstavlja prednost u ostvarivanju saradnje za efikasnije upravljanje otpadom (*Chertow & Ehrenfeld, 2012*), ali najvažniji faktor za razvoj odnosa industrijske simbioze je saradnja među organizacijama, jer preduzeća individualno ne mogu implementirati principe industrijske simbioze (*Bansal & McKnight, 2009*). Industrijska simbioza naglašava potrebu za zajednicom, saradnjom i povezanošću u pravcu ekološki determinisanog proširenog sistema (*Ehrenfeld, 2000*). Društvene inicijative pokreću simbiotske odnose i višestruke mehanizme pomoću kojih se partneri povezuju i razvijaju uzajamno korisne odnose. Posmatrano kroz perspektivu lanaca snabdevanja, koncept industrijske simbioze zahteva da učesnici u lancu snabdevanja poboljšaju svoje mehanizme koordinacije, čime se ostvaruje izuzetna korist za životnu sredinu (*Mattila et al., 2010*). Industrijska simbioza na efektivan način unapređuje konkurentnost preduzeća i njegovog lanca snabdevanja u pogledu smanjenja troškova i boljih ekoloških performansi (*Yuan & Shi, 2009*), kroz promovisanje, kreiranje i razmenu znanja između učesnika u mreži, kao i kroz bolju konfiguraciju lanaca snabdevanja zbog primene principa industrijske simbioze (*Ashton, 2008*).

U slučaju industrijske simbioze, interakcija između učesnika u lancu snabdevanja u velikoj meri zavisi od društvenih, informacionih, tehnoloških, ekonomskih i političkih faktora (*Costa et al., 2010*). U tabeli 2.1. su predstavljeni relevantni faktori i njihove potencijalne implikacije na mreže industrijske simbioze.

Tabela 2.1. Faktori koji utiču na razvoj i operativne karakteristike eko-industrijske simbioze (*Costa et al., 2010*)

Kategorije faktora	Elementi koji bliže određuju uticaj faktora na industrijsku simbiozu	Potencijalni okviri delovanja prikazanih faktora
Tehničko-tehnološki faktori	Fizički, hemijski i geografski činioci u ulaznim i izlaznim tokovima; Proizvodnja, iskorišćenje energetskih fluida, logistički kapaciteti i potreba za nusproizvodima; Dostupnost pouzdanih i isplativih tehnologija koje omogućavaju sinergiju.	Broj i raznovrsnost potencijalnih simbiotskih veza; Ostvarivanje ekoloških, ekonomskih i društvenih benefita; Obim investicija potrebnih za razvoj i održavanje industrijske simbioze;

Kategorije faktora	Elementi koji bliže određuju uticaj faktora na industrijsku simbiozu	Potencijalni okviri delovanja prikazanih faktora
Politički faktori	Zakonska regulativa i propisi u oblasti zaštite životne sredine; Porezi, takse, kazne; Subvencije i krediti.	Podsticaji za razvoj i usvajanje održive tehnologije i prakse, kao i podsticaji za formiranje simbiotskih veza između kooperanata.
Ekonomski i finansijski faktori	Cene ulaznih sirovina, komercijalna vrednost otpada i nus-proizvoda; Potencijalni prihodi i ekonomska dobit; Potrebna ulaganja i troškovi; Održavanja sinergijskih sistema; Obrtna sredstva i povraćaj ulaganja.	Obim ekonomske prednosti i konkurentnosti; Neophodnost subvencija za korišćenje obnovljivih izvora energije i reciklažu i korišćenje otpada kao potencijalne sirovine.

Za razvoj i funkcionisanje eko-industrijske simbioze neophodno je uspostavljanje institucionalnog okvira, kao i podsticaj države za ovakvo udruživanje, kroz formiranje nacionalnih programa industrijske simbioze, posebno u oblasti korišćenja otpada, kao potencijalne sirovine. Nacionalni programi industrijske simbioze su razvijeni u mnogim evropskim zemljama: Belgiji, Italiji, Holandiji, Rumuniji, Mađarskoj, Slovačkoj, Poljskoj. U okviru ovih programa organizuju se informativne radionice i predavanja potencijalnim kolaborantima; identifikuju se potencijalne sinergije; kreiraju se baze podataka uz aktivno promovisanje sinergije i analizu rezultata. U okviru nacionalnih programa industrijske simbioze 90% sinergije između preduzeća se odnosi na prevenciju i ponovnu upotrebu otpada kao nusproizvoda. U Velikoj Britaniji, tokom 10 godina trajanja ovog programa, država je uložila 43 miliona evra, a pored značajnog smanjenja ugljenmonoksida, smanjenja korišćenja primarnih materijala i poboljšanja efikasnosti resursa, rezultati su i ekonomska dobit, otvorena radna mesta i realizovane nove investicije.

2.4. Eko-industrijski park i eko-industrijske mreže

Najčešći model eko-industrijske simbioze u praksi su eko-industrijski parkovi. Eko-industrijski parkovi obuhvataju međusobnu interakciju između kompanija ili industrija i predstavljaju nove obrasce poslovanja i korespondiranja zasnovane na integrisanom upravljanju resursima i nusproizvodima (Glišović *et al.*, 2011; Glišović, 2012). Eko-industrijski parkovi mogu u velikoj meri učestvovati u razmeni nusproizvoda (eng. *by-product exchange*) ili u formiranju zajedničke eko-industrijske mreže u cilju poboljšanja ekonomskih performansi i minimizacije uticaja na životnu sredinu.

Može se reći da još uvek ne postoji adekvatna definicija eko-industrijskog parka. Pojedini autori su još 1995. godine dali jednu od definicija, prema kojoj „eko-industrijski park predstavlja industrijski sistem u kome se postiže očuvanje prirodnih i ekonomskih resursa; smanjuju se troškovi proizvodnje, obrade, korišćenja materijala i energije kao i troškovi osiguranja; poboljšava operativna efikasnost, kvalitet, zdravlje radnika i imidž u javnosti; i pruža mogućnosti za ostvarenje prihoda kroz upotrebu i prodaju otpadnog materijala” (Côté & Hall, 1995).

Lov i kolege (Lowe *et al.*, 1995) su eko-industrijski park definisali na sledeći način:

“Eko - industrijski park je zajednica proizvodnih i uslužnih preduzeća čiji je cilj postizanje boljih ekoloških i ekonomskih performansi kroz saradnju u procesima upravljanja životnom sredinom i resursima kao što su energija, voda i materijali. Udruženim snagama, zajednica preduzeća želi da ostvari kolektivnu korist koja je jača od individualne koristi svake kompanije nakon optimizacije svojih interesa.”

Postoji nekoliko tipova industrijskih parkova koji čine grupaciju ekosistema sa različitim vidovima sinergije. Jedna od klasifikacija eko-industrijskih parkova je:

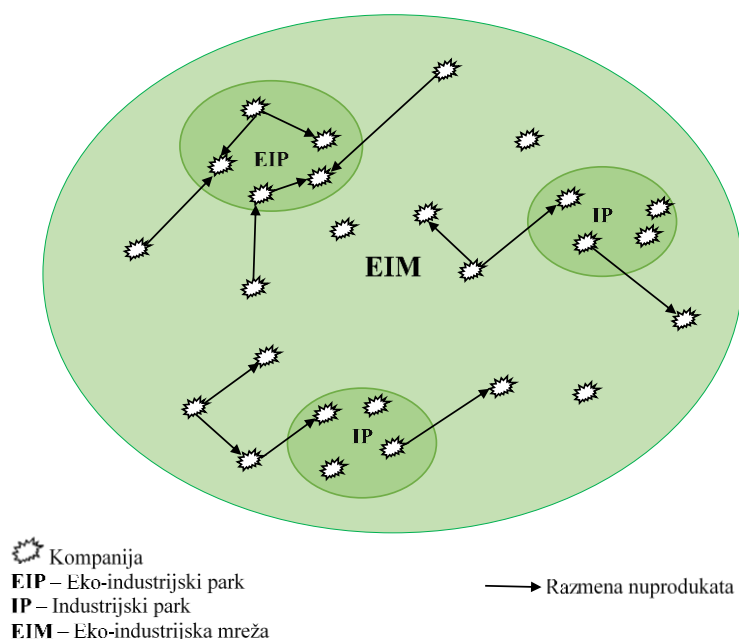
- tip 1: sinergija putem razmene otpada,
- tip 2: sinergija u okviru objekata, preduzeća ili organizacije,
- tip 3: sinergija između firmi koje su uređene i definisane kao eko-industrijski park,
- tip 4: sinergija između lokalnih firmi koje nisu organizovane kao eko-industrijski park,
- tip 5: sinergija između preduzeća koja su organizovana po širem regionu (Chertow, 2000).

Aires (Ayres, 1995) je predložio da u industrijskom ekosistemu treba da postoji jedna velika kompanija koja se bavi izvozom primarnih ili prerađenih materijala, koja u kolaboraciji sa drugim preduzećima može iskoristiti veće količine glavnih tokova otpada iz industrijskih aktivnosti. Na taj način, se omogućava povezivanje velikih kompanija sa nekoliko „satelitskih” preduzeća, čime se ostvaruje sinergija, olakšavaju se mehanizmi koordinacije, kao i razmena informacija. Lov i Voren (Lowe & Warren, 1996) u svom radu ukazuju da eko-industrijski park može imati različite karakteristike, ali da je njegova osnovna karakteristika interakcija između preduzeća ili između preduzeća i prirodnog okruženja. Ključni deskriptori eko-industrijskog parka su zajednica, saradnja, interakcija, efikasnost, resursi i sistem.

Formiranje sistema eko-industrijskog parka može imati značajne prednosti za industrije koje se ogledaju kroz ekonomsku efikasnost, smanjenje troškova poslovanja i proizvodnje,

povećanje materijalne i energetske efikasnosti, reciklaže otpada i eliminisanje raznih regulatornih taksi koje se odnose na zagađenje životne sredine. Povećana ekonomska efikasnost može omogućiti subjektima eko-industrijskog parka proizvodnju konkurentnijih proizvoda. Članovi eko-industrijskog parka imaju mogućnost raspodele troškova raznih aktivnosti koje se ne odnose samo na primarnu proizvodnju, već i na upravljanje otpadom, na razne obuke, razvoj monitoringa i informacionih sistema za zaštitu životne sredine, a sve u cilju postizanja veće ekonomske efikasnosti kroz međusobnu saradnju. Eko-industrijski parkovi privlače najsavremenije korporacije i njihove investicije, čime se omogućava otvaranje novih radnih mesta, dok kompanije u regionu dobijaju nove klijente za svoje usluge. Mala i srednja preduzeća često imaju problem sa dostupnošću informacija, pa im integrisani pristup razvoja eko-industrijskog parka može pomoći u prevazilaženju prepreka i pristupu investicijama kojima mogu poboljšati svoje proizvodne performanse (Fleig, 2000; Glišović et al., 2015).

Eko-industrijski parkovi omogućavaju redukciju emisija zagađujućih materija i smanjenje količina otpada, kao i smanjenje potražnje za prirodnim resursima, kroz implementaciju inovativnih pristupa za čistiju proizvodnju. Ovakav pristup uključuje prevenciju zagađenja, energetska efikasnost, upravljanje otpadnim vodama, smanjenje primarnih resursa itd. Jedan ili više eko-industrijskih parkova može učestvovati u razmeni nusproizvoda u okviru eko-industrijske mreže. Eko-industrijska mreža može obuhvatiti samostalne kompanije, preduzeća u industrijskim parkovima i organizacije za upravljanje eko-industrijskim parkom (Slika 2.5).



Slika 2.5. Prikaz eko-industrijske mreže (Lowe et al., 1995)

3. PREGLED AKTUELNOG STANJA U UPRAVLJANJU INDUSTRIJSKIM OTPADOM EVROPSKE UNIJE I SRBIJE

3.1. Upravljanje industrijskim otpadom u Evropskoj uniji

Dugoročni ciljevi politike Evropske unije odnose se na smanjenje količina generisanog otpada, promovisanje korišćenja otpada kao potencijalnog resursa, kao i postizanje višeg nivoa reciklaže i bezbednog odlaganja otpada. Ukupna količina generisanog otpada država članica Evropske unije (EU-28) u 2012. godini iz svih privrednih aktivnosti i iz domaćinstva iznosila je 2, 514 miliona tona, što u odnosu na 2008. i 2010. godinu predstavlja nešto veću količinu generisanog otpada (2, 427 miliona tona i 2, 460 miliona tona, respektivno). Manja količina generisanog otpada u 2008. i 2010. godini uslovljena je rezultatom pada ekonomskih aktivnosti Evropske unije (*Eurostat, 2015*).

Postoje značajne razlike između država članica Evropske unije (EU-28) kako u količinama ukupnog generisanog otpada, tako i u aktivnostima koje za rezultat imaju generisanje otpada, što je prikazano u tabeli 3.1.

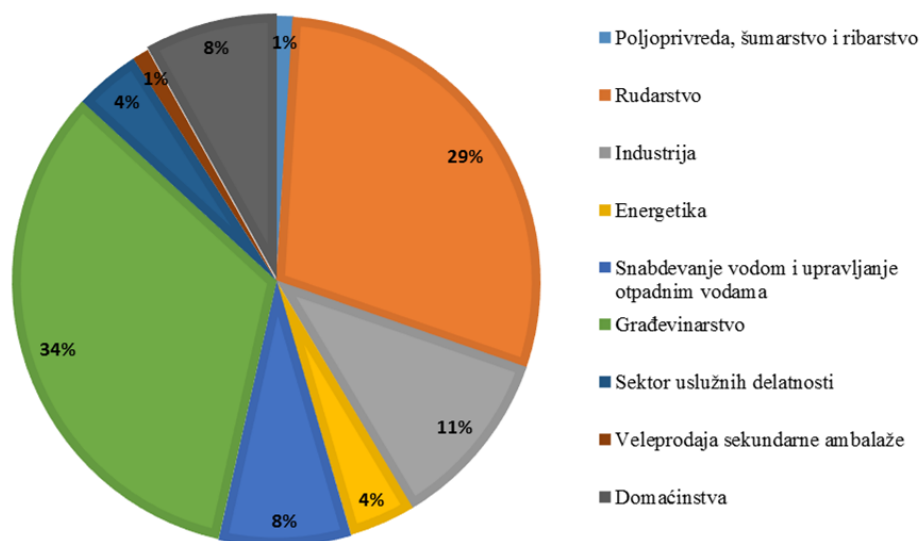
Tabela 3.1. Generisani otpad iz ekonomskih aktivnosti i domaćinstva u 2012. godini (1000 tona) (*Eurostat, 2015*)

	Ukupno	Rudarstvo	Industrija	Energetika	Gradevinarstvo	Ostale ekonomske aktivnosti	Domaćinstva
EU 28	2.514.220	733.980	269.630	96.480	821.160	379.560	213.410
Belgija	67.630	115	17.736	1.314	24.570	18.891	5.004
Bugarska	161.252	141.083	3.009	9.533	1.033	3.841	2.755
Češka	23.171	167	4.376	1.063	8.593	5.739	3.233
Danska	16.332	18	1.610	893	3.867	6.216	3.727
Nemačka	368.022	8.625	56.596	8.050	197.528	60.752	36.472
Estonia	21.992	9.365	4.121	6.258	657	1.165	436
Irska	13.421	2.025	4.599	396	366	4.379	1.657
Grčka	72.328	47.832	4.183	12.259	813	2.383	4.859
Španija	118.562	22.509	14.594	5.772	26.129	28.333	21.224
Francuska	344.732	2.477	21.431	2.100	246.702	42.024	29.996
Hrvatska	3.379	5	425	108	682	968	1.191
Italija	162.765	720	34.142	3.616	52.966	41.708	29.613
Kipar	2.086	218	98	2	965	353	451

	Ukupno	Rudarstvo	Industrija	Energetika	Građevinarstvo	Ostale ekonomske aktivnosti	Domaćinstva
Letonija	2.310	2	396	133	8	558	1.213
Litvanija	5.679	26	2.551	29	419	1.477	1.177
Luksemburg	8.397	131	509	2	7.079	426	249
Mađarska	16.310	91	2.991	2.872	4.038	3.638	2.681
Malta	1.452	45	9	2	1.041	201	155
Holandija	123.613	179	14.115	1.342	81.354	17.758	8.864
Austrija	34.047	51	3.636	622	19.471	6.247	4.020
Poljska	163.378	68.035	31.135	20.706	15.368	18.809	9.324
Portugal	14.184	243	3.188	422	928	4.672	4.731
Rumunija	266.976	223.293	6.029	9.043	1.325	22.638	4.647
Slovenija	4.547	14	1.345	1.069	535	941	641
Slovačka	8.425	311	2.516	1.046	806	2.090	1.657
Finska	91.824	52.880	14.531	1.011	16.034	5.635	1.734
Švedska	156.307	129.481	6.158	1.852	7.656	6.967	4.193
Velika Britanija	241.101	24.044	13.596	4.965	100.230	70.759	27.506
Island	529	0	93	2	11	191	233
Lihteštajn	467	29	12	0	107	2	316
Norveška	10.721	470	2.639	89	1.881	3.205	2.438
Crna Gora	386	1	33	351	0	0	0
BJR Makedonija	8.472	802	1.304	6	0	6.360	0
Srbija	55.003	47.895	760	5.744	364	238	0
Turska	1.013.226	950.587	13.141	18.424	0	289	30.785
Bosna i Hercegovina	4.457	72	1.213	3.171	0	0	0
Kosovo	1.167	177	80	151	0	268	490

Slika 3.1. prikazuje udeo svih privrednih aktivnosti i domaćinstava u ukupnoj proizvodnji otpada u EU-28 za 2012. godinu. Sektor građevinarstva učestvuje sa 33% od ukupne količine generisanog otpada ili generiše 821 miliona tona otpada, sektor rudarstva učestvuje sa 29% ili generiše 734 miliona tona otpada, industrijski sektor učestvuje sa 11% ili 270 miliona tona otpada, energetske sektor učestvuje sa 4% ili 96 miliona tona otpada, domaćinstva sa 8% ili

213 miliona tona generisanog otpada, dok preostalih 15% predstavlja otpad iz drugih privrednih aktivnosti (Eurostat, 2015).



Slika 3.1. Udeo privrednih aktivnosti i domaćinstava u ukupnoj proizvodnji otpada u EU-28 (Eurostat, 2015)

Prosečna količina generisanog otpada država članica Evropske unije (EU-28), predstavljena u odnosu na broj stanovnika u 2012. godini bila je blizu 5 tona otpada po stanovniku (4982 kg). Kada je u pitanju tretman otpada, u 2012. godini, oko 2,302 miliona tona otpada je imalo neku vrstu tretmana. Tabela 3.2. prikazuje više informacija o zastupljenim tipovima tretmana otpada u EU-28.

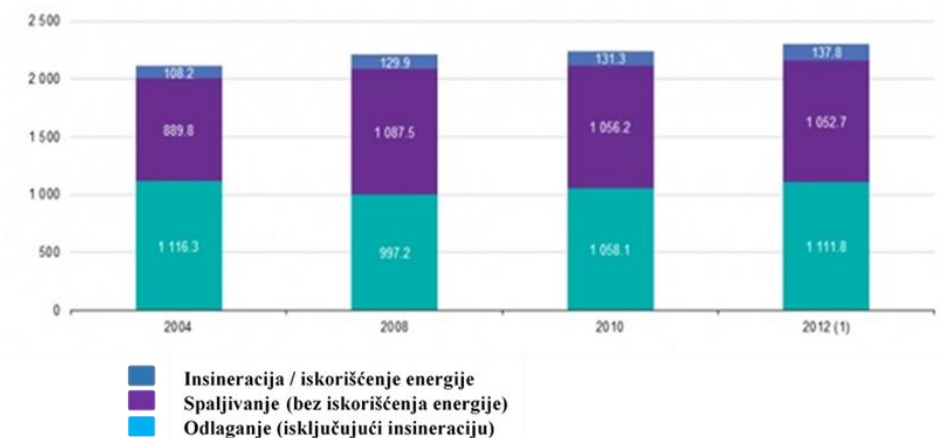
Tabela 3.2. Korišćeni vidovi tretmana u državama članicama EU (EU-28) 2012. godine (Eurostat, 2015)

	Ukupno	Reciklaža	Upotreba energije	Zatrpavanje / nasipanje	Insineracija	Deponovanje
EU 28	2 302 490	838 960	101 200	213 850	36 460	1 112 020
Belgija	41 328	30 237	4 612	0	3 331	3 148
Bugarska	158 752	1 789	172	0	14	156 777
Češka	18 263	8 420	959	5 137	76	3 670
Danska	14 070	8 147	3 255	0	0	2 668
Nemačka	352 996	152 807	33 953	91 469	11 017	63 750
Estonia	20 610	7 903	349	4 196	0	8 162
Irska	8 033	827	403	1 985	13	4 805
Grčka	71 334	2 928	118	5 440	21	62 827
Španija	108 475	48 745	3 269	8 194	7	48 259
Francuska	315 147	151 724	11 637	39 591	7 153	105 042
Hrvatska	2 999	994	39	42	0	1 923

	Ukupno	Reciklaža	Upotreba energije	Zatrpavanje / nasipanje	Insineracija	Deponovanje
Italija	130 460	98 809	2 593	160	5 814	23 084
Kipar	2 077	409	2	232	7	1 429
Letonija	1 573	808	153	0	1	612
Litvanija	4 287	999	106	66	1	3 115
Luksemburg	10 302	4 691	36	1 934	134	3 507
Mađarska	12 964	4 637	960	436	90	6 842
Malta	1 351	116	0	46	6	1 183
Holandija	119 835	61 796	9 057	0	1 425	47 556
Austrija	32 122	14 272	3 305	2 795	75	11 675
Poljska	160 697	80 941	3 567	35 103	328	40 757
Portugal	10 188	4 598	1 735	0	70	3 785
Romunija	264 647	18 849	1 708	1 037	182	242 871
Slovenija	5 068	2 965	326	1 102	36	639
Slovačka	7 052	2 651	270	0	71	4 059
Finska	90 478	31 700	10 317	0	445	48 015
Švedska	151 225	18 732	6 712	774	43	124 964
Velika Britanija	186 163	77 467	1 585	14 114	6 102	86 895
Island	521	344	14	3	0	160
Norveška	10 103	4 303	4 271	143	86	1 300
BJR Makedonija	9 023	68	19	0	41	8 896
Srbija	55 023	793	49	0	0	54 180
Turska	983 046	307 467	440		44	675 095

Skoro polovina (48,3%) otpada generisanog u EU-28 u 2012. godini bila je predmet operacija odlaganja ili deponovanja, 36,4% otpada u EU-28 u 2012. godini je reciklirano, dok je 9,3% otpada podvrgnuto operacijama zatrpavanja / nasipanja.

Preostalih 6,0% otpada u EU-28 je poslato na spaljivanje (insineraciju) od čega je od 4,4% otpada pri spaljivanju iskorišćena energija, dok je 1,6% otpada spaljeno bez iskorišćenja energije.



Slika 3.2. Pregled vidova tretmana otpada u EU-28 (u periodu od 2004. do 2012. godine)
(Eurostat, 2015)

Uprkos obimnom zakonodavstvu iz oblasti upravljanja otpadom i pažnji koju javnost poklanja ovom problemu, u 2012. godini u zemljama Evropske unije deponovano je 48,3% otpada (Eurostat, 2015).

Proklamovana hijerarhija upravljanja otpadom najveću prednost daje prevenciji otpada, a nakon toga ponovnoj upotrebi, reciklaži i drugim načinima prerade, i na samom kraju odlaganju otpada. Postavljeni ciljevi Direktive EU 2008/98/EC "Tematske strategije za prevenciju i reciklažu otpada", Sedmog akcionog programa EU u oblasti životne sredine, kao i „Tematske strategije o održivom korišćenju prirodnih resursa“ se odnose, između ostalog i na prevenciju otpada.

U Evropskoj uniji do kraja 2014. godine usvojeno je 27 nacionalnih i regionalnih programa za prevenciju otpada u 24 zemlje članice (EEA Report, 2014).

Prema Izveštaju Evropske agencije za životnu sredinu "*Waste Prevention in Europe - the status in 2014*", u 2012. godini, 28 država članica Evropske unije je generisalo 2,5 milijarde tona otpada, od čega je blizu 4% predstavljalo opasan otpad. Iako je stopa ukupnog generisanog otpada u Evropi u periodu između 2004. i 2012. godine opala za 1% u ukupnim generisanim količinama, i za više od 3% generisanog otpada po stanovniku (približno 5t otpada po stanovniku), udeo opasnog otpada u ukupnoj količini generisanog otpada se povećava (Eurostat, 2015).

Prevencija otpada predstavlja preduzimanje aktivnosti tokom ranih faza životnog ciklusa proizvoda. Ova inicijativa ima za cilj smanjenje uticaja otpada na životnu sredinu, kroz kvantitativnu i kvalitativnu prevenciju. Kvantitativna prevencija teži minimiziranju otpada direktnim smanjenjem količine materijala koji se koristi, što se postiže kroz korišćenje odgovornog načina proizvodnje i manju potrošnju resursa, produžavajući životni vek proizvoda. Kvalitativna prevencija smanjuje toksičnost otpada i poboljšava mogućnosti za njegovu preradu i tako omogućava smanjenje izloženosti ljudi i životne sredine opasnim materijalima. Smanjenje ili ograničavanje upotrebe opasnih materijala je jedan od preduslova za uspostavljanje cirkularne ekonomije, a time i industrijske simbioze. Integracija pristupa prevencije otpada u poslovanje može dovesti industrijske subjekte do razmišljanja o ekodizajnu proizvoda na sveobuhvatniji i inovativniji način sa ciljem optimizacije proizvodnje, uz smanjenje otpada i posledica po životnu sredinu.

Uspešne strategije za prevenciju otpada razvijene širom Evropske unije omogućavaju smanjenje uticaja na životnu sredinu i doprinose efikasnosti upotrebe resursa. Kao jedan od primera dobre prakse koji se odnosi na prevenciju otpada u Evropskoj uniji može se navesti Nacionalni program industrijske simbioze Velike Britanije (eng. *National Industrial Symbiosis*

Programme UK). Naime, Britanska vlada je uvela kombinaciju ekonomskih, regulatornih i dobrovoljnih instrumenata koji predstavljaju podršku razvoju Nacionalnog programa industrijske simbioze. Procenjuje se da je primenom ovog programa ekonomija Velike Britanije ostvarila dobit od približno 3 milijarde € (*Costa et al., 2010*).

Tabela 3.3. Pregled Direktiva od značaja za prevenciju otpada (*Vavić i dr., 2012*)

Direktiva	Relevantne odredbe
Okvirna Direktiva o otpadu (2008/98/EC)	Prevenција na vrhu hijerarhije otpada; Redukcija količine otpada; Akcioni plan EU za promene u potrošnji; Postavljanje ciljeva za prevenciju otpada do 2014. godine čije je dostizanje 2020. godina;
Direktiva o baterijama (2006/66/EC)	Zabrana prodaje baterija i akumulatora sa sadržajem merkura i kadmijuma iznad propisanog težinskog procenta; Zabrana odlaganja ili insineracije industrijskih i automobilskih akumulatora i baterija; Izveštaji zemalja članica EU moraju sadržati mere preduzete u pogledu prevencije.
Direktiva o kraju životnog veka vozila (2000/53/EC)	Prevenција nastajanja otpada poteklog od otpadnih vozila; Zahtevi automobilske industrije za limitiranjem i redukcijom opasnih komponenti, dizajniranje proizvoda pogodnih za reciklažu, povećanje učešća recikliranog materijala u proizvodima; Zabrana i limitiranje korišćenja opasnih supstanci kao što su olovo, živa, kadmijum i šestovalentni hrom u proizvodnji.
Direktiva o otpadu iz rudarstva (2006/21/EC)	Propisuje obavezu operaterima za izradu plana upravljanja otpadom kojim će se predvideti načini i ciljevi za smanjanje količine otpada i njegove štetnosti.
Direktiva o ambalaži (1994/62/EC)	Prevenција generisanja otpadne ambalaže se postavlja kao prioritet; Definisana je odgovornost proizvođača za sprovođenje preventivnih mera; Razvoj odgovarajućeg evropskog standarda za minimizaciju uticaja ambalažnog otpada na životnu sredinu.
WEEE Direktiva (2002/96/EC)	Prioritet je prevencija elektronskog otpada uz ponovnu upotrebu i reciklažu;
RoHS Direktiva (2002/95/EC)	Zabrana i mogućnost zabrane određenih hazardnih supstanci i njihovih substituenata.
REACH Regulatoriva (1907/2006)	Prevenција kroz supstituciju supstanci koje predstavljaju neprihvatljiv rizik gde je to izvodljivo tehnički i socio-ekonomski, njihova identifikacija i restrikcija usmerena ka proizvođačima.
Regulatoriva o supstancama koje oštećuju ozonski omotač (1005/2009)	Postavlja pravila životnog ciklusa supstanci kao što su CFC, haloni, HBFC, HCFC i dr, a koji negativno utiču na ozonski omotač.
Eko Dizajn Direktiva (2009/125/EC)	Cilj je unapređenje performansi uređaja i proizvoda u pogledu energetske efikasnosti kroz definisanje uslova, procesa i kriterijuma za postavljanje proizvoda na tržište.

Politika Evropske unije ima za cilj obezbeđivanje korišćenja otpada kao sirovine za dobijanje novih proizvoda, pa se iz tog razloga tokom poslednjih nekoliko godina reciklaža otpada stimuliše propisima. Zakonodavstvo Evropske unije pruža izuzetan podsticaj nacionalnim vladama za poboljšanje njihovih sistema za reciklažu (EU, 2008). U Direktivama EU su definisane reciklažne stope za sve vrste reciklabilnog otpada - staklo, papir, plastiku, drvo i metal.

Propisi EU o tretmanu otpada su glavni izvor povećanog pritiska na zemlje članice da umesto deponovanja ulažu napore u reciklažu i ponovnu upotrebu. Direktiva Evropske unije o deponijama iz 1999. godine je usvojena sa ciljem da pruži podsticaj različitim mogućnostima za tretman otpada. Svaka država članica je u obavezi da izgradi svoje kapacitete za odlaganje i uspostavi sistem nacionalnih postrojenja za tretman otpada. Evropska komisija je definisala nekoliko specifičnih tokova otpada koji su od prioritetnog značaja, u koje se ubrajaju: ambalažni otpad, vozila na kraju životnog ciklusa, baterije, električni i elektronski otpad, itd. U Direktivi EU 2008/98/EC je navedeno da će do 2020. godine, priprema za ponovnu upotrebu i reciklažu otpada biti povećana za minimum 50% (EU, 2012). Osim ciljeva za reciklažu otpada, ovom Direktivom su precizirani zahtevi za projektovanje reciklažnih mreža. Direktiva EU 2008/98/EC definiše da reciklažna mreža treba da bude projektovana na takav način da države članice budu samostalne u pogledu odlaganja i prerade otpada, tj. korišćenja otpada za nove proizvode. Tretman otpada treba da se vrši u skladu sa zahtevima specijalno projektovanih postrojenja.

Pored podsticaja da reciklabilni otpad postane deo reciklažnog sistema, od značaja je i tržišna potražnja za recikliranim materijalima. Cena recikliranih materijala je važna za konkurentnost reciklažnih inicijativa, pa je neophodno uvesti mere kojima bi se uspostavila stabilnost cena, a samim tim i profitabilnost u pripremi recikliranih materijala. Velika Britanija je jedna od zemalja sa najvišim stepenom reciklaže, koja godišnje reciklira 25 miliona tona industrijskog otpada, što predstavlja 52% od ukupne količine otpada. Ovakvo upravljanje otpadom u značajnoj meri doprinosi razvoju ekonomije Velike Britanije, jer je oko 26% prihoda upravo iz industrije otpada (SUOVB, 2013). Reciklaža otpada treba da postane deo slobodnog tržišta, a akterima u sistemu upravljanja otpadom treba omogućiti slobodan izbor tržišta u skladu sa njihovim potrebama i potražnjom (*Pro-Europe*, 2009).

3.2. Upravljanje industrijskim otpadom u Srbiji

U težnji da ostvari industrijski razvoj u različitim sektorima, Srbija se suočava sa pretnjama generisanja velike količine nusproizvoda. Velika industrijska postrojenja se smatraju najznačajnim generatorima otpada. Prema Zakonu o upravljanju otpadom („*Službeni glasnik RS*“, broj 36/09 i 14/16) „industrijski otpad je otpad iz bilo koje industrije ili sa lokacije na kojoj se nalazi industrija, osim otpada iz rudnika i kamenoloma“. Pod industrijskim otpadom se podrazumevaju sve vrste otpadnih materijala koji nastaju tokom određenih tehnoloških procesa i koji po svom karakteru mogu biti neopasani ili opasni.

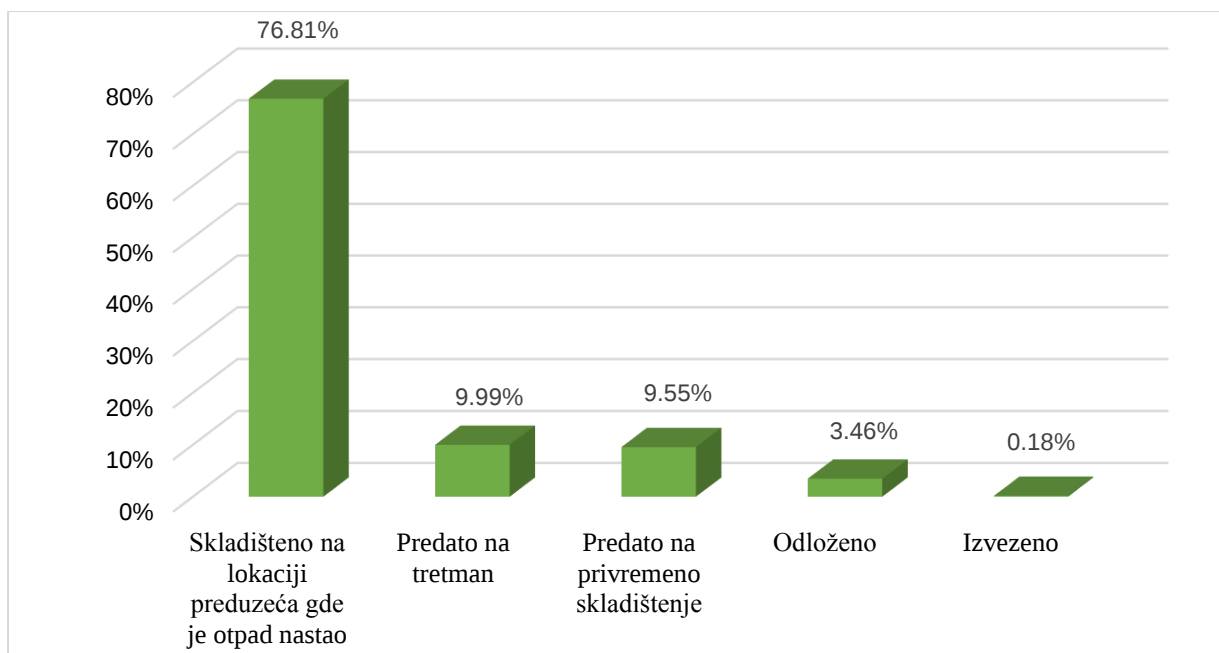
Prema Izveštaju o stanju životne sredine Republike Srbije za 2014. godinu, količina generisanog industrijskog otpada u 2014. godini iznosila je oko 6,12 miliona tona otpada. Od toga je 5,9 miliona tona imalo karakter neopasnog otpada, a približno 210 hiljada tona je predstavljalo opasan otpad. Najveći proizvođači industrijskog otpada su termoenergetski objekti, dok je leteći pepeo od uglja generisan u količini od 4,1 miliona tona, odnosno čini 60% ukupne količine proizvedenog otpada u toku 2014. godine (*ISŽSRS, 2015*).

Od ukupno proizvedene količine otpada, za 1 579 213 t (26%) prijavljen je način postupanja, dok je 4 545 768 t (74%) ostalo na lokacijama na kojima je otpad proizveden. Tabela 3.4. prikazuje način postupanja sa otpadom proizvedenim u 2014. godini, na osnovu Izveštaja o stanju životne sredine Republike Srbije za 2014. godinu.

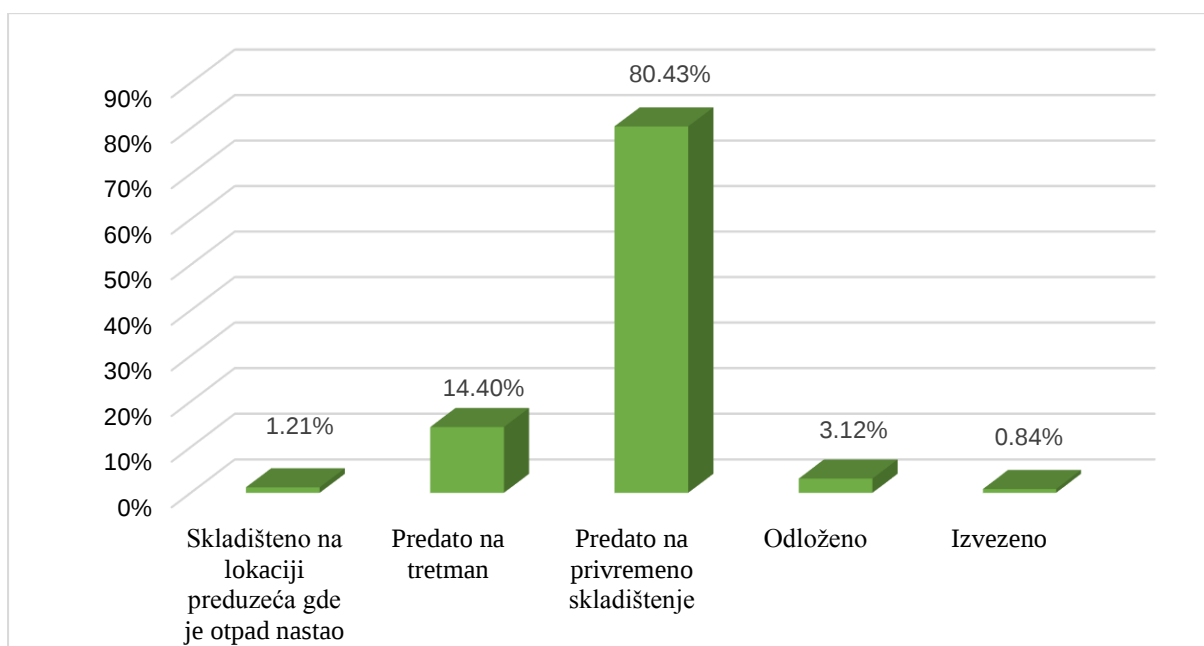
Tabela 3.4. Način postupanja sa proizvedenim otpadom u 2014. godini (*ISŽSRS, 2015*)

Karakter otpada	Proizvedena količina otpada (2014.)	Količina otpada predata na privremeno skladištenje drugom preduzeću (2014.)	Količina otpada predata za odlaganje (2014.)	Količina otpada predata na tretman (2014.)	Izvezena količina otpada (2014.)
Opasan	209.877	168.811	6.538	30.215	1.769
Neopasan	5.915.105	565.038	204.883	591.158	10.778

Slike 3.3. i 3.4. predstavljaju grafički prikaz načina postupanja sa proizvedenim neopasnim i opasnim otpadom u 2014. godini, prema Izveštaju o stanju životne sredine Republike Srbije za 2014. godinu.



Slika 3.3. Način postupanja sa proizvedenim količinama industrijskog neopasnog otpada u Srbiji 2014. godine (ISŽSRS, 2015)



Slika 3.4. Način postupanja sa proizvedenim količinama industrijskog opasnog otpada u 2014. godini u Srbiji (ISŽSRS, 2015)

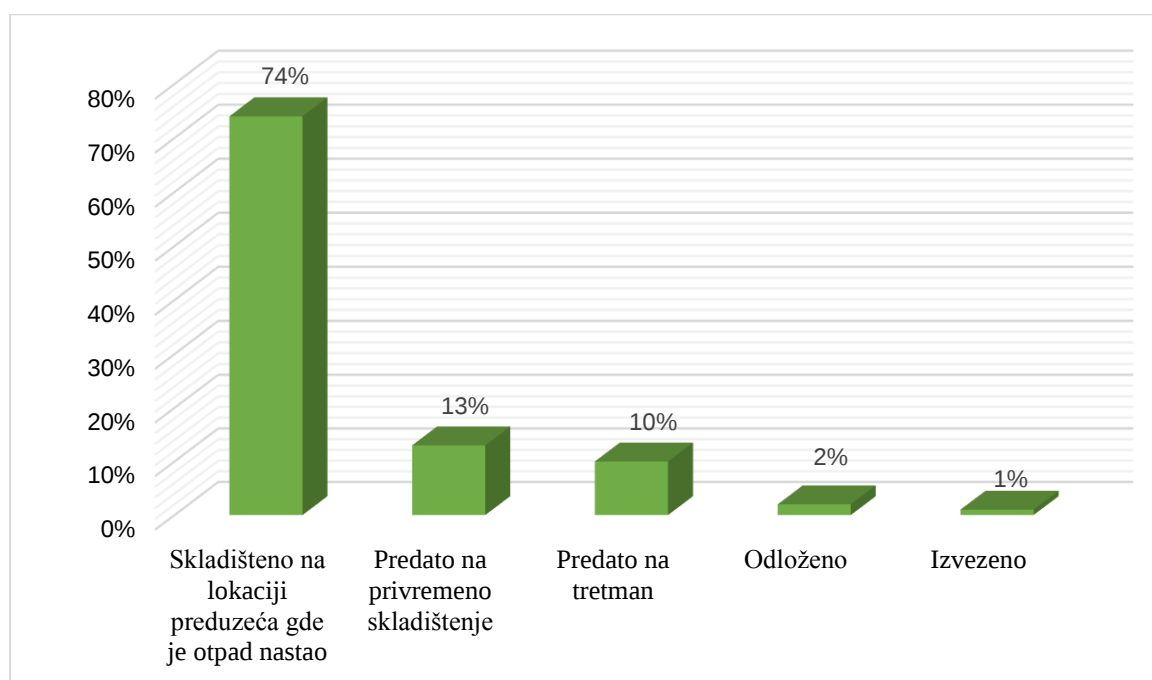
Na osnovu Izveštaja o stanju životne sredine Republike Srbije, količina generisanog industrijskog otpada u 2013. godini iznosila je oko 8,7 miliona tona. Od toga, 8,2 miliona tona imalo je karakter neopasnog otpada, a približno 580 hiljada tona je predstavljalo opasan otpad. Od ukupno proizvedene količine industrijskog otpada, 16% je odloženo/tretirano ili izvezeno, a 10% je predato operaterima na ponovno korišćenje. Na lokacijama gde je otpad proizveden

ostalo je 74% (značajan udeo ima otpad iz termičkih procesa i leteći pepeo od uglja) (ISŽSRS, 2014). Tabela 3.5. prikazuje način postupanja sa proizvedenim otpadom na osnovu Izveštaja o stanju životne sredine Republike Srbije za 2013. godinu.

Tabela 3.5. Način postupanja sa proizvedenim otpadom u 2013. godini (ISŽSRS, 2014)

Karakter otpada	Proizvedena količina otpada (2013.)	Količina otpada predata na privremeno skladištenje drugom preduzeću (2013.)	Količina otpada predata na odlaganje (2013.)	Količina otpada predata na tretman (2013.)	Izvezena količina otpada (2013.)
Opasan	577.605,92	150.740,86	6.973,10	81.364,23	2.359,97
Neopasan	8.203.392,06	984.044,87	165.840,64	756.082,70	43.283,60

Slika 3.5. predstavlja grafički prikaz načina postupanja sa proizvedenim otpadom u 2013. godini na osnovu Izveštaja o stanju životne sredine Republike Srbije za 2013. godinu.



Slika 3.5. Način postupanja sa proizvedenim količinama industrijskog otpada (opasnog i neopasnog) (ISŽSRS, 2014)

Na osnovu prikazanih podataka iz Izveštaja o stanju životne sredine za 2013. i 2014. godinu može se zaključiti da je preovlađujući metod tretmana industrijskog otpada privremeno

skladištenje unutar kompleksa generatora otpada ili deponovanje zajedno sa komunalnim čvrstim otpadom na gradskim deponijama.

Činjenica je da Srbija zaostaje za zemljama u regionu i da je neophodno značajno ulaganje u oblast upravljanja industrijskim otpadom. Potrebno je razvijati reciklažnu industriju, tretirati otpad kako bi postao novi resus i težiti cirkularnoj ekonomiji. Neophodna je i primena najsavremenijih tehničkih standarda i rešenja koja se odnose na formiranje centara za kolekciju industrijskog otpada, u skladu sa važećom zakonskom regulativom Srbije i direktivama Evropske unije.

4. EVROPSKO I NACIONALNO ZAKONODAVSTVO IZ OBLASTI UPRAVLJANJA INDUSTRIJSKIM OTPADOM

4.1. Pregled najznačajnijih propisa EU koji se odnose na upravljanje industrijskim otpadom

Strategijama i zakonskim odredbama Evropske unije, kao što su Strategija Evropa 2020. (predvodnička inicijativa za resursno efikasnu Evropu), Okvirna direktiva o otpadu ili 7. akcioni program za zaštitu životne sredine, teži se uvođenju dugoročnoj održivosti u ključnim privrednim delatnostima.

Evropska unija je definisala tri osnovna tipa zakonodavnih dokumenata: uredbe, direktive i odluke. Uredbe su slične u svim nacionalnim zakonodavstvima i primenjuju se u svim državama EU. Direktive određuju opšta pravila koja sve države moraju preneti u nacionalno zakonodavstvo na način koji smatraju najprikladnijim. Direktive su osnovni izvor za usklađivanje nacionalnih pravnih okvira, pa time predstavljaju i obavezujuće pravne norme EU u pogledu ciljeva koje treba da dostignu države članice. Odluke se odnose samo na jasno određena pitanja ili precizno navedene organizacije.

Prema Bazelskoj konvenciji pod otpadom se podrazumevaju „materije ili predmeti koji se odlažu, ili treba da se odlože ili se zahteva da se odlažu u skladu sa odredbama nacionalnog zakonodavstva“ (Bazelska konvencija, član 2. tačka 1); dok Direktiva 2008/98/EC pod otpadom kategoriše „svaku materiju ili predmet koji vlasnik odbacuje ili namerava ili mora odbaciti“ (Direktiva 2008/98/EC o otpadu, član 3. tačka 1).

Intenzivnije aktivnosti u delu upravljanja otpadom Evropska zajednica je započela u periodu realizacije prvog akcionog programa (od 1973. do 1976. godine), donošenjem Direktive 75/439 o upravljanju otpadnim uljima i o uklanjanju polihlorovanog bifenila i polihlorovanog terfenila (*Vodiči kroz EU politike, 2010*). Nakon toga, usledilo je donošenje većeg broja propisa, tako da danas regulativa Evropske unije u oblasti upravljanja otpadom spada u grupu najopsežnijih, jer je doneto više od 70 pravnih akata iz oblasti upravljanja otpadom i čistih tehnologija.

Najznačajniji opšti propisi EU u oblasti upravljanja industrijskim otpadom su:

- Direktiva Saveta 2008/98/EC o otpadu (eng. *Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives*) koja zamenjuje i dopunjuje Okvirnu Direktivu 75/442/EEC, 2006/12/EC o otpadu. Ukidanje važenja relevantnih odredbi ovih direktiva počelo je da važi od decembra 2010. godine;

- Direktiva Saveta 2000/76/EC o spaljivanju otpada (eng. *Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste*);
- Direktiva Saveta 99/31/EC o deponijama (eng. *Council Directive 1999/31/EC of 26 April 1999 on the landfill of waste*);
- Uredba 1013/2006 o kretanju otpada (eng. *Regulation EC No. 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste*);
- Uredba Evropskog parlamenta o statistici otpada 2150/2002 EC i Uredba Evropskog parlamenta o statistici otpada 849/2010/EC koje obavezuju države članice da izveštavaju Evropsku statističku agenciju o podacima o otpadu uz preporučene standarde, definicije i klasifikacije. (eng. *Regulation on waste statistics EC 2150/2002 and Commission Regulation on waste statistics No. 849/2010, amending Regulation EC 2150*).

Regulativa Evropske unije koja se odnosi na posebne tokove otpada obuhvata:

- Direktivu Saveta 94/62/EC o ambalaži i ambalažnom otpadu (eng. *European Parliament and Council Directive 94/62/EC of 20 December 1994 on packaging and packaging waste*), dopunjena Direktivom 2005/20/EC, 2004/12/EC, 1882/2003/EC;
- Direktivu Saveta 96/59/EC o odlaganju polihlorovanih bifenila (PCB) i polihlorovanih terfenila (PCT) (eng. *Council Directive 96/59/EC of 16 September 1996 on the disposal of polychlorinated biphenyls and polychlorinated terphenyls*);
- Direktivu Saveta 2006/66/EC koja zamenjuje i dopunjuje Direktivu 91/157/EEC o baterijama i akumulatorima i otpadnim baterijama i akumulatorima (eng. *Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators and repealing Directive 91/157/EEC*);
- Direktivu Saveta 75/439/EEC o odlaganju otpadnih ulja koja je dopunjena direktivama 1987/101/EEC, 91/692/EEC, 2000/76/EC (eng. *Council Directive 75/439/EEC of 16 June 1975 on the disposal of waste oils*);
- Direktivu Saveta 2000/53/EC o vozilima po isteku upotrebne vrednosti (eng. *Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles*);

- Direktivu 2002/95/EC o ograničavanju korišćenja nekih opasnih supstanci u električnoj i elektronskoj opremi (eng. *Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment - RoHS*);
- Direktivu 2002/96/EC o otpadu od električne i elektronske opreme (*Directive 2002/96/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on waste electrical and electronic equipment - WEEE*).

Kada je u pitanju opasan otpad u osnovnu regulativu EU spadaju sledeći propisi:

- Odluka Saveta 93/98/EEC od 1. februara, 1993. godine koja se odnosi na Konvenciju o kontroli prekograničnog kretanja opasnih otpada i njihovom odlaganju - Bazelska konvencija (eng. *Council Decision 93/98/EEC of 1 February 1993 on the conclusion, on behalf of the Community, of the Convention on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal - Basel Convention*);
- Odluka Saveta 97/640/EC od 22. septembra, 1997. godine, koja se odnosi na odobravanje, amandmana na Konvenciju o prekograničnom kretanju opasnih otpada i njihovom odlaganju (Bazelska konvencija) (eng. *Council Decision 97/640/EC of 22 September 1997 on the approval, on behalf of the Community of the amendment to the Convention on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal (Basel Convention), as laid down in Decision III/1 of the Conference of the Parties*) i
- Direktiva Saveta 91/689/EEC o opasnom otpadu dopunjena Direktivom 94/31/EC i 166/2006/EC (eng. *Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste*).

4.1.1. Šesti akcioni program EU u oblasti životne sredine (eng. *Sixth Community Environment Action Programme*)

Šestim akcionim programom EU¹ (eng. *Decision No 1600/2002/EC of the European Parliament and of the Council of 22 July 2002 laying down the Sixth Community Environment Action Programme*) utvrđeni su opšti i konkretni ciljevi u oblasti upravljanja prirodnim resursima i otpadom.

¹ dokument usvojen od strane Evropskog parlamenta i Saveta 22. jula 2002. godine kojim je definisan okvir za delovanje EU u oblasti životne sredine u periodu od 2002. do 2012. godine.

Šesti akcioni program EU imao je za cilj, „bolju resursnu efikasnost kao i upravljanje resursima i otpadom radi ostvarivanja održivijih modela proizvodnje i potrošnje”. Kao poseban cilj se navodi smanjenje količine otpada za konačno odlaganje za 20% do 2010. godine, odnosno za 50% do 2050. godine. Radi dostizanja navedenih ciljeva predviđeno je preduzimanje sledećih aktivnosti:

- razvoj strategije za održivo upravljanje resursima i utvrđivanje prioriteta u smanjivanju potrošnje;
- oporezivanje korišćenja resursa;
- uklanjanje subvencija koje podstiču prekomerno korišćenje resursa;
- integrisanje pitanja resursne efikasnosti u proizvodnu politiku;
- razvoj sistem eko-označavanja i sistema procene uticaja;
- donošenje strategije za prevenciju i reciklažu otpada;
- unapređivanje postojećih sistema upravljanja otpadom i
- investiranje u kvantitativnu i kvalitativnu prevenciju i integraciju prevencije otpada u proizvodnu politiku industrijskog sektora.

Ciljevi Evropske zajednice predviđeni Šestim akcionim programom EU u oblasti održivog korišćenja i upravljanja prirodnim resursima i otpadom obuhvataju:

- obezbeđivanje da potrošnja resursa ne prevaziđe kapacitete životne sredine, kao i raskidanje korelacije između ekonomskog rasta i intenziteta upotrebe resursa,
- dostizanje ukupnog smanjenja količina otpada putem inicijativa za prevenciju novonastalog otpada, boljom resursnom efikasnošću i usmeravanjem ka održivijim modelima proizvodnje i potrošnje;
- značajno smanjenje u količini deponovanog otpada i obimu proizvodnje opasnog otpada uz izbegavanje emisija u vazduh, vodu i zemljište;
- podsticanje ponovne upotrebe generisanog otpada i reciklaže.

4.1.2. Tematska strategija o prevenciji i reciklaži otpada (COM(2005)0666)

Evropska unija je 21. decembra 2005. godine usvojila dokument – Tematsku Strategiju o prevenciji i reciklaži otpada (COM(2005)0666). Strategija je izrađena u sklopu izrade 6 tematskih strategija proizašlih na osnovu obaveza definisanih kroz VI Akcioni plan za zaštitu životne sredine. Cilj Tematske Strategije o prevenciji i reciklaži otpada je sprečavanje nastajanja otpada i korišćenje otpada kao resursa, pre svega kao sekundarne sirovine ili za

dobijanje energije. Tematskom Strategijom zahteva se i uspostavljanje takvog tržišta koje će obezbediti razvoj i aktivnosti na polju reciklaže i ponovne upotrebe otpada uz postavljanje visokih standarda zaštite životne sredine.

U skladu sa ciljevima Tematske strategije predloženo je i dalje unapređenje Okvirne direktive o otpadu (2006/12/EC), koje se odnosi na uključivanje pristupa zasnovanog na “životnom ciklusu”, kao i na utvrđivanje minimalnih standarda za aktivnosti u oblasti reciklaže. Jedan od osnovnih elemenata Tematske strategije o prevenciji i reciklaži otpada je uvođenje analize životnog ciklusa proizvoda, kao analitičkog instrumenta za donošenje odluka u politici upravljanja otpadom. U cilju usaglašavanja sa zahtevima Tematske strategije o prevenciji i reciklaži otpada, zemlje članice EU moraju da:

- razviju javno dostupne programe za prevenciju stvaranja otpada,
- promovišu upotrebu IPPC Direktive i drugih alata uz obavezno širenje i razmenu iskustava iz prakse,
- postave minimum standarda za aktivnosti vezane za reciklažu i karakteristike recikliranih materijala,
- obezbede pravilno funkcionisanje internog tržišta reciklaže,
- stvore preduslove za primenu različitih opcija upravljanja otpadom,
- smanje tokove otpada za odlaganje na deponijama kroz promovisanje visokih tehničkih zahteva za odlaganje i obezbeđenje ekonomskih instrumenata koji bolje reflektuje pravi uticaj deponovanog otpada na životnu sredinu,
- promovišu izdvajanje biorazgradivog otpada, njegov tretman kroz kompostiranje ili anaerobnu digestiju i energetska iskorišćenje sistemima kogeneracije,
- uvedu standarde kvaliteta za reciklabilne komponente koji će stimulisati potražnju i prihvatljivost recikliranih materijala.

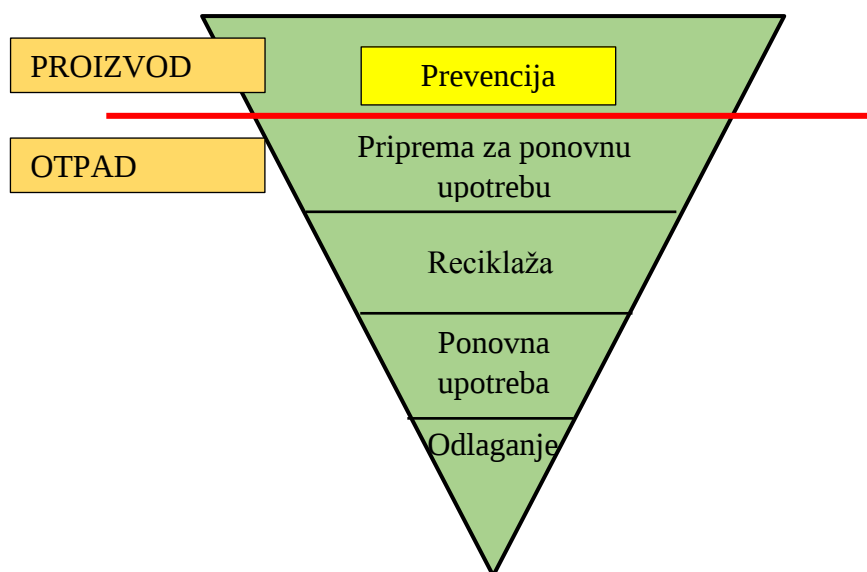
U okviru Tematske strategije o prevenciji i recikliranju otpada, Komisija EZ je dala jasne smernice u vezi sa otpadom i nusproizvodima utvrdivši tzv. Komunikaciju o otpadu i nusproizvodu. Komunikacija između Evropske komisije i Saveta i Evropskog Parlamenta o tumačenju statusa otpada i nusproizvoda iz 2007. godine (eng. *Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on the Interpretative Communication on Waste and By-Product*) jasno daje preporuke o postupku odlučivanja da li je neka materija ili predmet otpad ili nije. Ovaj dokument je nastao kao proizvod rasprave vođene o definiciji otpada tokom pripreme Okvirne direktive o otpadu.

4.1.3. Okvirna direktiva o otpadu (eng. *Directive 2008/98/EC on waste*)

Evropski Parlament je u više navrata zahtevao pokretanje novog programa za budući evropski rast koji se zasniva na efikasnosti upotrebe resursa i obuhvata radikalne promene u načinu proizvodnje i potrošnje. Ideja sagledavanja životnog ciklusa naglašava upotrebu sekundarnih sirovina i stvara mogućnost za nacionalne podsticaje u okviru smanjenje nastanka otpada i njegove ponovne upotrebe. U oktobru 2008. godine Evropski Parlament je usvojio novu Okvirnu direktivu o otpadu (eng. *Directive 2008/98/EC on waste*), koja sadrži nove pristupe, zasnovane na definicijama prestanka statusa otpada. Okvirna direktiva o otpadu nastavlja se na Tematsku strategiju o sprečavanju nastajanja i recikliranja otpada (COM(2005)0666), stavljajući van snage prethodnu Okvirnu direktivu o otpadu (eng. *Directive 2006/12/EZ*), Direktivu o opasnom otpadu (eng. *Directive 91/689/EEZ*) i Direktivu o odlaganju otpadnih ulja (eng. *Directive 75/439/EEZ*). Cilj Okvirne direktive o otpadu je reformisati i pojednostaviti evropsku politiku upravljanja otpadom uvođenjem novog okvira i novih ciljeva sa naglaskom na sprečavanje nastajanja otpada. Njom se određuju osnovni koncepti i definicije u području upravljanja otpadom, uključujući i definicije otpada, recikliranja i ponovne upotrebe.

Pristup Evropske unije u upravljanju otpadom temelji se na „hijerarhiji otpada“ (*Directive 2008/98/EC on waste*, član 4.), koja postavlja prioritete u politici upravljanja otpadom, kao i prioritete u upravljanja otpadom na operativnom nivou, a to su: prevencija, priprema za ponovnu upotrebu (revitalizacija, recikliranje), ponovna upotreba i kao najmanje poželjna opcija - odlaganje otpada (što uključuje odlaganje i spaljivanje otpada bez iskorišćenja energije). Hijerarhija principa podrazumeva da strategije upravljanja otpadom moraju primarno biti zasnovane na sprečavanju generisanja otpada i smanjenju njegovih štetnih efekata. Kada ovo nije moguće, otpadne materijale treba ponovo iskoristiti u proizvodnji, reciklirati, obnoviti ili upotrebiti kao izvor energije. U poslednjoj fazi ostavljena je mogućnost za primenu mera koje se odnose na odlaganje otpada u skladu sa definisanim standardima.

Direktiva 2008/98/EC objašnjava kada materijal gubi status otpada i postaje sekundarna sirovina (tzv. *end-of-waste* kriterijumi), i kako razlikovati otpad od nusproizvoda. Direktivom se takođe uspostavlja sistem za koordinisano upravljanje otpadom Evropske unije sa ciljem da se ograniči proizvodnja otpada. Zakonodavstvo i politika zemalja članica EU kao prioritet u upravljanju otpadom postavlja hijerarhiju upravljanja otpadom koja je prikazana na slici 4.1.



Slika 4.1. Hijerarhija upravljanja otpadom (Directive 2008/98/EC)

Direktiva 2008/98/EC o otpadu uvodi princip „zagađivač plaća“ i „produženu odgovornost proizvođača“, sadrži odredbe o opasnom otpadu i otpadnim uljima i uključuje nove ciljeve reciklaže i ponovnog iskorišćenja materijala koje treba ostvariti do 2020. godine. ovom direktivom uvodi se novi koncept pod nazivom „kraj otpada“ (eng. *end of waste*) kojim se ukazuje na definisane kriterijume pod kojima materijal koji već zadovoljava definiciju otpada može prestati da to bude. Takav materijal više ne podleže primeni propisa o otpadu (npr. dozvole za sakupljanje, transport, tretman i odlaganje otpada; dokumenti o kretanju otpada kako opasnog, tako i neopasnog, itd), već postaje proizvod.

Prema ovoj direktivi, „materije ili predmeti koji nastaju kao rezultat proizvodnog postupka čiji primarni cilj nije proizvodnja tih materija ili predmeta, mogu se smatrati nusproizvodom, a ne otpadom, ali samo ako su zadovoljeni određeni uslovi“ (*član 5. Directive 2008/98/EC on waste*). Sa druge strane, određenom materijalu prestaje status otpada, ako je prošao kroz operacije ponovnog iskorišćenja (uključujući i reciklažu) u skladu sa određenim kriterijumima:

1. Ako se supstanca ili predmet koriste za specifične namene;
2. Ako postoji tržišna potražnja za takvim supstancama ili predmetima;
3. Ako je njihova upotreba zakonita, odnosno ako supstanca ili predmet ispunjavaju tehničke uslove za specifične namene i u skladu su sa postojećom regulativom i standardima koji su primenljivi za proizvode.
4. Ako njihova upotreba neće dovesti do opštih nepovoljnih uticaja na životnu sredinu ili ljudsko zdravlje.

Poštovanje prva dva kriterijuma podrazumeva:

- Postojanje trgovine između dobavljača i korisnika;
- Verodostojnu tržišnu cenu plaćanja materijala;
- Postojanje specifikacija ili standarda trgovine.

Treći kriterijum podrazumeva usklađenost sa bilo kojom relevantnom tehničkom specifikacijom ili tehničkim standardom koji se koristi za materijale iste namene. Usklađenost po četvrtom kriterijumu može se utvrditi upoređivanjem korišćenja materijala po relevantnoj regulativi koja se odnosi na proizvode, u odnosu na korišćenje istog materijala po regulativi za upravljanje otpadom, uključujući i specifične propise kao što su uredbe o kretanju otpada ili specifični zahtevi za spaljivanje otpada.

Da bi se otpad proglasio nusproizvodom prema Direktivi 2008/98/EC neophodno je ispunjenje sledećih uslova:

- Postojanje zakonskih propisa kojima se uređuju tehnički zahtevi za proizvode i kojima se uređuje status „kraj otpada“;
- Dostizanje osnovnog cilja koji predstavlja tehničku mogućnost da sekundarna sirovina (nusproizvod) zameni primarnu sirovinu koja se koristi u proizvodnji;
- Postojanje tržišta;
- Da je propisan odgovarajući tehnički standard kojim će se garantovati kvalitet sekundarne sirovine (nusproizvoda) ili tehnički standard koji odgovara sirovini koju zamenjuje sekundarna sirovina.

Nusproizvodi mogu da potiču iz širokog spektra proizvodnih sistema i mogu da imaju vrlo različite uticaje na životnu sredinu. Neispravna klasifikacija nusproizvoda može biti uzrok štete po životnu sredinu ili može doprineti nepotrebnim troškovima poslovanja. Svi proizvodi i usluge imaju određeni uticaj na životnu sredinu, počev od ekstrakcije sirovina koje se koriste za njihovu proizvodnju, samog proizvodnog procesa (tehnološkog procesa proizvodnje), distribucije, korišćenja proizvoda i na kraju odlaganja. Uticaj na životnu sredinu uključuje korišćenje energije, korišćenje prirodnih resursa, zagađenje zemljišta, vazduha i zagađenje vode, kao i emisiju gasova staklene bašte. Razmišljanje o životnom ciklusu (eng. *life cycle thinking*) je od fundamentalnog značaja za razvoj ključnih politika zaštite životne sredine širom sveta. Analiza životnog ciklusa predstavlja pristup inkorporiran u propise Evropske unije koji definišu upravljanje otpadom kroz nadogradnju Okvirne direktive o otpadu.

Razmišljanje o životnom ciklusu proizvoda zahteva korišćenje znanja o uticaju iskorišćenja resursa, proizvodnji, skladištenju i korišćenju različitih vrsta proizvoda, kao i generisanju i načinu upravljanja otpadom (slika 4.2). Sprovođenje LCA analize (eng. *Life Cycle Assessment*) se sprovodi na osnovu mehanizama opisanih u Tematskoj strategiji o održivom korišćenju prirodnih resursa (eng. *EU Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources*).



Slika 4.2. Razmišljanje o životnom ciklusu (adaptirano prema MSCPR, 2010)

4.1.4. Ključni principi u upravljanju otpadom

Pored opštih principa politike Evropske unije u oblasti životne sredine definisanih Ugovorom o funkcionisanju EU (prevencija, predostrožnost, zagađivač plaća i sprečavanje štete u životnoj sredini na izvoru nastanka) postoje principi koji se specifično odnose na oblast upravljanja otpadom. Ključni principi u upravljanju otpadom su:

- princip blizine, prema kome otpad treba odlagati što je moguće bliže izvoru nastanka;
- princip odgovornosti proizvođača, koji podrazumeva da privredni subjekti moraju da budu uključeni u donošenje mera zasnovanih na pristupu sagledavanja životnog ciklusa proizvoda;
- sprečavanje ilegalnog odlaganja otpada, što podrazumeva preduzimanje odgovarajućih mera monitoringa, obezbeđivanje poštovanja propisa i međunarodne saradnje i

- princip najbolje dostupnih tehnika koje ne zahtevaju velika investiciona ulaganja, a podrazumevaju da emisije iz postrojenja u životnu sredinu moraju biti dovedene na nivo BAT zahteva (eng. *Best Available Technique*).

4.1.5. Direktiva Saveta 99/31/EC o deponijama otpada

Popunjenost kapaciteta izgrađenih deponija i svest o mogućim negativnim uticajima deponija na životnu sredinu, poput emisije metana i drugih gasova u atmosferu, zagađenja podzemnih i površinskih voda, degradacije zemljišta i slično, usloveli su donošenje Direktive EU o deponijama (*Directive on the landfill of waste - 1999/31/EC*). Ova direktiva sadrži osnovne smernice za projektovanje i izgradnju deponija komunalnog i industrijskog otpada. Cilj navedene Direktive je da pomoću strogih radnih i tehničkih zahteva o otpadu i deponijama, osigura mere, postupke i smernice za sprečavanje štetnih uticaja na životnu sredinu ili njihovo smanjenje u najvećoj mogućoj meri, i to naročito za sprečavanje i smanjenje zagađenja površinskih voda, podzemnih voda, zemljišta i vazduha. Ovom Direktivom se uvodi klasifikacija deponija, prema vrsti otpada i nameni. Prepoznate su deponije za opasan, neopasan i inertan otpad, i u odnosu na ovu klasifikaciju definisani su tehnološko-tehnički uslovi za projektovanje, izgradnju i rad deponija otpada (*Luković, 2015*). Direktiva sadrži niz opštih kriterijuma za određivanje lokacije i mera zaštite voda, tla i vazduha, pa nalaže primenu mera sakupljanja i prečišćavanja procednih voda i sakupljanja i korišćenja deponijskog gasa uz obnavljanje energije. Ukoliko se gas ne koristi za proizvodnju energije mora se sagorevati radi sprečavanja njegove emisije u atmosferu. Takođe, za sve klase deponija zahteva se pokrivanje površine deponije slojem debljine veće od 1 m, kao i merenje i praćenje određenih radnih parametara. Direktiva 99/31/EC na teritoriji EU zabranjuje deponovanje biorazgradivog otpada, tečnog otpada, zapaljivog ili izuzetno zapaljivog otpada, eksplozivnog otpada, infektivnog medicinskog otpada, otpadnih guma, tj. zabranjuje deponovanje netretiranog otpada.

4.1.6. Direktiva Saveta 94/62/EC o ambalaži i ambalažnom otpadu dopunjena direktivom 2005/20/EC, 2004/12/EC, 1882/2003/EC

Na nivou država članica EU je 1994. godine usvojena (a, 2004. dopunjena) posebna Direktiva EU koja se odnosila na ambalažu i ambalažni otpad (eng. *Directive on packaging and packaging waste - 1994/62/EC, 2004/12/EC*). Direktiva je sadržala tačno definisane ciljeve koje su zemlje članice morale da ispune do kraja 2008. godine. Krajnji cilj ove direktive

odnosio se na postizanje reciklaže najmanje 55% ambalažnog otpada. Direktiva Saveta 94/62/EC o ambalaži i ambalažnom otpadu težila je tome da harmonizuje nacionalne mere za upravljanje ambalažnim otpadom, smanji uticaje ambalažnog otpada na životnu sredinu i da izbegne trgovinske barijere u EU koje mogu sprečiti konkurenciju. Direktiva je propisivala:

- sprečavanje stvaranja ambalažnog otpada;
- ponovnu upotrebu ambalaža i smanjenje odlaganje takvog otpada;
- preradu / reciklažu i spaljivanje uz upotrebu energije, kao i odlaganje;
- ustanovljavanje sistema garancija za povraćaj upotrebljene ambalaže i/ili ambalažnog papira.

Ustanovljeni ciljevi su bili predviđeni za realizaciju u roku od pet godina od usvajanja i implementacije odgovarajuće regulative u zemljama članicama. Jedan od značajnih elemenata ove Direktive je promovisanje koncepta “odgovornost proizvođača”.

4.1.7. Direktiva 96/61/EEC o integralnoj prevenciji i kontroli zagađivanja

Direktiva 96/61/EEC o integralnoj prevenciji i kontroli zagađivanja (*eng. Integrated Pollution Prevention and Control - IPPC*) primenjuje se na industrijska i druga postrojenja i aktivnosti koje su klasifikovane prema nivou zagađivanja i riziku po zdravlje ljudi i životnu sredinu. U oblasti upravljanja otpadom postrojenja koja spadaju u nadležnost pomenute direktive su:

- postrojenja namenjena za odlaganje ili ponovno iskorišćenje opasnog otpada, uključujući i otpadno ulje, sa kapacitetom koji prelazi 10 tona dnevno;
- postrojenja za spaljivanje komunalnog otpada, čiji kapacitet prelazi 3 tone na sat;
- postrojenja za odlaganje neopasnog otpada, kapaciteta preko 50 tona na dan;
- deponije koje primaju više od 10 tona otpada na dan ili ukupnog kapaciteta koji prelazi 25000 tona, isključujući deponije inertnog otpada.

Obaveze industrijskih postrojenja koje su definisane direktivom 96/61/EEC o integralnoj prevenciji i kontroli zagađivanja odnose se na primenu najbolje dostupnih tehnika, smanjenje nastajanja otpada, energetske efikasnosti, preduzimanje svih preventivnih mera za sprečavanje nastanka udesa, kao i mera po prestanku rada postrojenja za vraćanje lokacije u zadovoljavajuće stanje. Takođe, utvrđene su i obaveze nadležnih organa, resornog Ministarstva ili lokalne samouprave:

- nijedno novo postrojenje ne može početi sa radom ako ne dobije integrisanu dozvolu;

- postojeća postrojenja mogu dobiti dozvolu tako što će uskladiti svoj rad sa propisanim zahtevima i najboljim dostupnim tehnikama;
- pri izdavanju dozvole za rad postrojenja, potrebno je utvrditi uslove čije ispunjenje garantuje primenu propisanih zahteva;
- nadležni organ je u obavezi da prati razvoj najboljih dostupnih tehnika i monitoringa;
- nadležni organ je u obavezi da sve podatke i rezultate kojima raspolaže učini dostupnim javnosti.

4.1.8. Sedmi akcioni program EU u oblasti životne sredine (eng. *7th Environment Action Programme*)

U skladu sa Sedmim akcionim programom Evropske unije u oblasti životne sredine (2013 – 2020. *Decision of the European Parliament and of the Council on a General Union Environment Action Programme to 2020 „Living well, within the limits of our planet“*) postavljeni su sledeći ciljevi, koji se odnose na politiku upravljanja otpadom:

- Redukovati količinu generisanog otpada;
- Otpadne materijale maksimalno reciklirati ili ponovo iskoristiti;
- Smanjiti spaljivanje reciklabilnog materijala;
- Smanjiti deponovanje reciklabilnog materijala i otpada koji se ne može ponovo iskoristiti;
- Obezbediti potpunu implementaciju ciljeva politike upravljanja otpadom u državama-članicama Evropske unije.

4.1.9. Komunikacija „Prema cirkularnoj ekonomiji: program nulte stope otpada za Evropu“

Evropska komisija je 2014. godine usvojila Komunikaciju „Prema cirkularnoj ekonomiji: program nulte stope otpada za Evropu“ (eng. *Communication „Towards a circular economy: a zero waste programme for Europe“*) koja teži uspostavljanju zajedničkog okvira EU za promociju cirkularne ekonomije, odnosno ekonomije koja svoje proizvode koristi na održivi način. Prelazak na cirkularnu ekonomiju nužan je za završetak programa efikasnog korišćenja resursa u okviru strategije Evropa 2020 - za pametan, održiv i sveobuhvatan rast. U sistemima cirkularne ekonomije vrednost proizvoda se zadržava što je duže moguće i ne stvara se otpad. Za prelazak na cirkularnu ekonomiju potrebne su promene u čitavom lancu vrednosti proizvoda, od dizajna do novih poslovnih i tržišnih modela, od novih načina pretvaranja otpada

u resurse, do novih načina ponašanja potrošača. Procenjuje se da bi se poboljšanjem efikasnog korišćenja resursa moglo doprineti smanjenju potrebe za unosom materijala za 17–24% do 2030. godine (*Meyer et al., 2011*). Boljim korišćenjem resursa u Evropskoj industriji mogla bi se ostvariti ušteda od 630 milijardi evra godišnje (*Europe INNOVA, 2012*). Evropska Komisija je 2011. godine Planom za Evropu, koji se odnosio na efikasno korišćenje resursa, predložila okvir za delovanje i naglasila potrebu za integrisanim pristupom u mnogim područjima. Glavne zamisli navedene u Planu za Evropu dalje su se razvijale u okviru Sedmog akcionog programa EU u oblasti životne sredine.

Zbog postojeće infrastrukture, aktuelnih poslovnih modela i tehnologije, kao i zbog ukorenjenog ponašanja, privrede su „zarobljene” u linearnom modelu poslovanja. Privrednim subjektima nedostaju informacije i kapaciteti za prihvatanje rešenja cirkularne ekonomije. Umesto oslanjanja na rešenja usmerena na kraj upotrebne vrednosti proizvoda, u cirkularnoj ekonomiji se u fazi projektovanja eliminiše otpad, a inovacije su prisutne tokom celog životnog ciklusa proizvoda. Rešenja cirkularne ekonomije obuhvataju:

- smanjenje količine materijala i sirovina koje se koriste za proizvodne procese;
- produžavanje veka trajanja proizvoda;
- smanjenje i efikasnost korišćenja energije i materijala u fazama proizvodnje i korišćenja;
- smanjenje upotrebe opasnih materijala ili materijala koje je teško reciklirati u proizvodnim procesima;
- stvaranje tržišta za sekundarne sirovine;
- projektovanje proizvoda koji su jednostavni za održavanje, prerađu ili recikliranje;
- razvijanje odgovarajućih usluga za potrošače (usluga održavanja, repapacije, itd.);
- podsticanje potrošača da smanjuju količine otpada; podsticanje razvoja sistema odvajanja i prikupljanja otpada kojima se troškovi recikliranja i ponovne upotrebe smanjuju na najmanju moguću meru;
- olakšavanje stvaranja industrijskih klastera kojima se sprečava da nusproizvodi postanu otpad (industrijska simbioza).

Evropskom platformom za efikasno korišćenje resursa utvrđene su smernice koje se zasnivaju na dosadašnjem iskustvu:

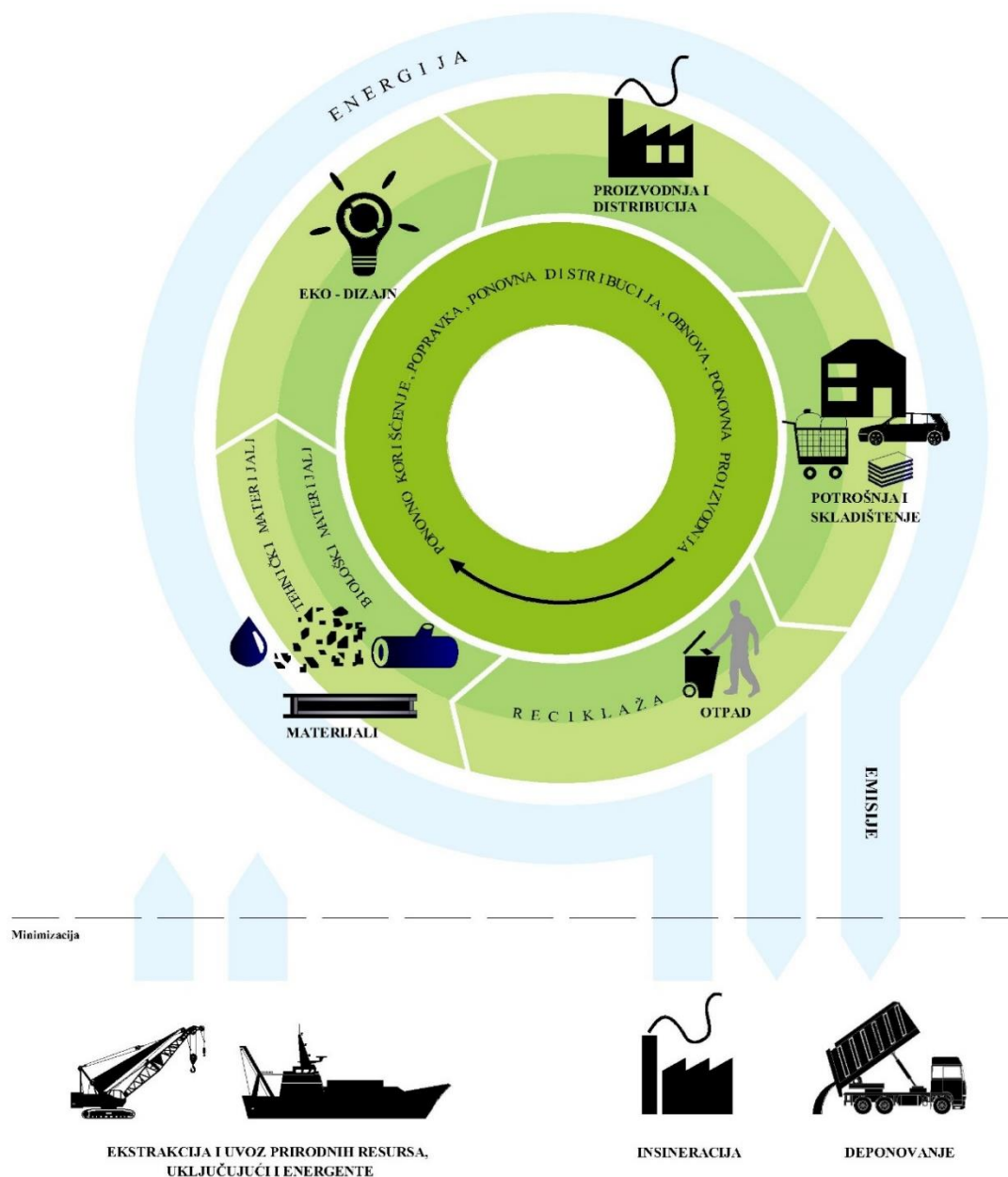
- u fazi proizvodnje: implementiranje standarda održive nabavke i dobrovoljnih programa u industriji;

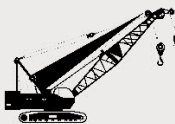
- u fazi distribucije: bolje informacije o resursima koji se mogu koristiti u proizvodnji, kao i o načinima na koji se proizvodi mogu popraviti ili reciklirati i
- u fazi potrošnje: razvijanje modela zajedničke potrošnje zasnovane na zameni i razmeni proizvoda.

Cirkularna ekonomija predstavlja šansu da se zemlje članice EU okrenu višim ekološkim standardima i da se tako smanji uticaj ekonomskih aktivnosti na neodrživo korišćenje prirodnih resursa. Okretanje Evrope ka modelu cirkularne ekonomije doprinosi:

- jačanju reciklaže i sprečavanju gubitaka vrednih materijala;
- otvaranju novih radnih mesta, kao i ekonomskom razvoju;
- razvoju novih poslovnih modela u okviru kojih eko-dizajn i industrijska simbioza mogu doprineti razvoju koncepta nulte stope otpada (eng. *zero – waste*);
- smanjenju emisija gasova sa efektom staklene bašte, kao i uticaju na životnu sredinu.

Navedeni ciljevi predstavljaju deo strategije Evropa 2020 (eng. *(European Commission, 2010), Europe 2020: A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth*) kojom su definisani socio-ekonomski kriterijumi za 2020. godinu. Plan za uspostavljanje cirkularne ekonomije razmatra poboljšanje efikasnosti javnih nabavki u smislu efikasnijeg korišćenja resursa i recikliranja. Radi se o ponovnoj upotrebi, popravkama, reciklaži postojećih materijala i proizvoda - sve što se nekada smatralo otpadom može da se pretvori u resurs. Svim resursima je potrebno efikasnije upravljati tokom njihovog životnog ciklusa. Pojednostavljeni model cirkularne ekonomije materijala i energije predstavljen je na slici 4.3.



	11,5	t materijala po osobi - ekstrakcija u EU u 2014. godini (direktna potrošnja materijala)		0,3	t otpada po osobi je spaljeno u EU u 2012. godini
	3,0	t materijala po osobi je uvezeno u 2014. godini (direktni tokovi materijala)		2,2	t otpada po osobi je odloženo na deponije u EU u 2012. godini

Slika 4.3. Pojednostavljeni model cirkularne ekonomije u Evropi (EEA Report, 2015)

4.2. Nacionalno zakonodavstvo u upravljanju industrijskim otpadom

Jedan od najvećih problema zaštite životne sredine u Srbiji je neodgovarajuće postupanje sa otpadom (nedovoljna iskorišćenost industrijskog otpada, ograničeni kapaciteti za reciklažu otpada i nedovoljna upotreba otpada u energetske svrhe) što za posledicu ima negativne implikacije po životnu sredinu, kao i veliku eksploataciju prirodnih resursa. U skladu sa problemima koji se javljaju u sistemu upravljanja otpadom u Srbiji, neophodno je kreiranje finansijskih instrumenata za sistemsku podršku u oblasti reciklažne industrije, jer se smanjenjem upotrebe resursa smanjuju i operativni troškovi poslovanja privrednih subjekata. Investiranje u tehnologije koje nisu opasne po životnu sredinu može doprineti povećanju konkurentnosti preduzeća na međunarodnom tržištu, uz istovremeno dostizanje standarda koji postoje u Evropskoj uniji.

Prema dokumentu Ministarstva poljoprivrede i zaštite životne sredine Srbije „strateški pristup Srbije u implementaciji savremenih evropskih i srpskih standarda za upravljanje otpadom se zasniva na koordinaciji zakonodavnih, tehničkih i administrativnih aktivnosti.“ (*PSDŽSKP, 2015*). Donošenjem seta zakona u oblasti zaštite životne sredine, 2004. godine je uspostavljen zakonski okvir za upravljanje otpadom u Srbiji. Oblast upravljanja otpadom je obuhvaćena mnogim zakonskim odredbama poput Zakona o upravljanju otpadom, Zakona o ambalaži i ambalažnom otpadu, Zakona o potvrđivanju Bazelske konvencije o prekograničnom kretanju opasnih otpada i njihovom odlaganju itd. Postojeća zakonska regulativa je trenutno u procesu redefinisanja kako bi bila u potpunosti usklađena sa standardima EU. Donošenjem Zakona o upravljanju otpadom i Zakona o ambalaži i ambalažnom otpadu, kao i donošenjem odgovarajućih podzakonskih akata uspostavljen je sistem upravljanja otpadom, koji je u velikoj meri u skladu sa zakonskom regulativom EU.

4.2.1. Pregled osnovnih propisa kojima se uređuje oblast upravljanja industrijskim otpadom u Republici Srbiji

Zakon o zaštiti životne sredine („*Službeni glasnik RS*“, br. 135/04, 36/09, 36/09 - dr. zakon i 72/09, 14/16) uređuje integralni sistem zaštite životne sredine. Sa stanovišta upravljanja otpadom određuje: primenu posebnih pravila ponašanja u upravljanju otpadom od njegovog nastanka do odlaganja, odnosno sprečavanje ili smanjenje nastajanja, ponovnu upotrebu i reciklažu otpada; izdvajanje sekundarnih sirovina i korišćenje otpada kao energenta; uvoz, izvoz i tranzit otpada; unapređenje obrazovanja obukom kadrova i razvijanjem svesti; pristup informacijama i učešće javnosti u donošenju odluka.

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu („*Službeni glasnik RS*“, br. 135/04 i 36/09) uređuje postupak procene uticaja projekata na životnu sredinu, sadržaj Studije uticaja na životnu sredinu i druga pitanja od značaja za procene uticaja na životnu sredinu.

Zakon o potvrđivanju Bazelske konvencije o prekograničnom kretanju opasnih otpada i njihovom odlaganju („*Službeni list SRJ - Međunarodni ugovori*“, broj 2/99) obezbeđuje međunarodno usaglašene mehanizme i instrumente za kontrolu prekograničnog kretanja otpada;

Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine („*Službeni glasnik RS*“, broj 135/04) uređuje uslove i postupak izdavanja integrisane dozvole za rad postrojenja i obavljanje aktivnosti koje mogu imati negativne uticaje na zdravlje ljudi, životnu sredinu ili materijalna dobra; definiše vrste aktivnosti i postrojenja koje spadaju u delokrug ovog zakona, itd.

Zakon o upravljanju otpadom („*Službeni glasnik RS*“, broj 36/09 i 14/16) uređuje vrste i klasifikaciju otpada, planiranje upravljanja otpadom, subjekte, odgovornosti i obaveze u upravljanju otpadom, upravljanje posebnim tokovima otpada, uslove i postupak izdavanja dozvola, prekogranično kretanje otpada, izveštavanje, finansiranje upravljanja otpadom, nadzor i druga pitanja od značaja za upravljanje otpadom. Upravljanje otpadom podrazumeva sprovođenje propisanih mera za postupanje sa otpadom u okviru sakupljanja, transporta, skladištenja, tretmana i odlaganja, uključujući nadzor nad tim aktivnostima i brigu o postrojenjima za upravljanje otpadom posle zatvaranja. Prema odredbama Zakona o upravljanju otpadom „industrijski otpad jeste otpad iz bilo koje industrije ili sa lokacije na kojoj se nalazi industrija, osim jalovine i pratećih mineralnih sirovina iz rudnika i kamenoloma“. Zakon o upravljanju otpadom definiše pojam nusproizvod, prema kome su “nusproizvodi materije ili predmeti nastali u procesu proizvodnje (proizvodni ostaci sa kojima se može postupati kao sa nusproizvodom, a ne kao otpadom), čiji cilj nije proizvodnja te materije ili predmeta”, kao i kriterijume po kojima se neka materija smatra nusproizvodom, a ne otpadom. Ovaj zakon takođe definiše i prestanak statusa otpada, gde “pojedine vrste otpada prestaju da budu otpad ako su bile podvrgnute operacijama ponovnog iskorišćenja, uključujući i reciklažu, pod sledećim uslovima:

- da se materija ili predmet obično koriste za posebne namene;
- da postoji tržište ili potražnja za takvim materijama ili predmetima;
- da materija ili predmet ispunjava tehničke uslove za posebne namene i uslove propisane zakonom i standardima koji se primenjuju na te proizvode;

- da upotreba materije ili predmeta neće dovesti do štetnih uticaja na životnu sredinu ili zdravlje ljudi (*Zakon o upravljanju otpadom („Službeni glasnik RS“, broj 36/09 i 14/16)*).

Materijali ili predmeti koji su prestali da budu otpad, uračunavaju se u ukupne količine recikliranog i iskorišćenog otpada za potrebe ispunjavanja nacionalnih ciljeva reciklaže i ponovnog iskorišćenja koji su utvrđeni za ambalažni otpad, otpadna vozila, otpadnu električnu i elektronsku opremu i otpadne baterije i akumulatore. U skladu sa tehničkim zahtevima za pojedine vrste otpada (papir, staklo, guma, tekstil, i metal), koji su u skladu sa propisima Evropske unije, propisuje se kada navedeni materijali prestaju da budu otpad. Ocenjivanje usaglašenosti sa tehničkim zahtevima sprovodi vlasnik otpada u skladu sa zakonom koji uređuje kriterijume za proizvode i ocenjivanje usaglašenosti.

Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu („Službeni glasnik RS“, broj 36/09) uređuje uslove zaštite životne sredine koje ambalaža mora da ispuni; stavljanje u promet, upravljanje ambalažom i ambalažnim otpadom, izveštavanje o ambalaži i ambalažnom otpadu, primenu ekonomskih instrumenata, kao i druga pitanja od značaja za upravljanje ambalažom i ambalažnim otpadom. Ovaj zakon se primenjuje na novoprodukovanu i uvezenu ambalažu, kao i na sav ambalažni otpad koji je nastao privrednim aktivnostima na teritoriji Republike Srbije, bez obzira na njegovo poreklo, namenu i upotrebljeni materijal.

Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („Službeni glasnik RS“, broj 56/10) propisuje:

- katalog otpada,
- listu kategorija otpada (tzv. Q listu),
- listu kategorija opasnog otpada prema njihovim karakteristikama ili prema načinu na koji se stvaraju (Y listu),
- listu komponenata otpada koje ga čine opasnim (C listu),
- listu opasnih karakteristika otpada (H listu),
- listu postupaka i metoda odlaganja i ponovnog iskorišćenja otpada (D i R liste),
- granične vrednosti koncentracije opasnih komponenata u otpadu, na osnovu kojih se određuju karakteristike otpada,
- parametre za određivanje fizičko-hemijskih osobina opasnog otpada namenjenog za fizičko–hemijski tretman,
- vrste parametara za ispitivanje otpada za potrebe termičkog tretmana,

- vrste parametara za ispitivanje otpada i ispitivanje eluata namenjenog odlaganju,
- vrste, sadržinu i obrazac izveštaja o ispitivanju otpada i način i postupak klasifikacije otpada.

Sastavni deo pomenutog Pravilnika je i Katalog otpada, u kome su indeksni brojevi opasnog otpada označeni zvezdicom, sa detaljno propisanim načinom i postupkom klasifikacije otpada.

Pravilnik o obrascu dokumenta o kretanju opasnog otpada i uputstvu za njegovo popunjavanje („Sl. gl. RS“, br.114/13) i **Pravilnik o obrascu dokumenta o kretanju otpada i uputstvu za njegovo popunjavanje** („Sl. gl. RS“, br.114/13) određuju da se obrazac Dokumenta o kretanju opasnog otpada sastoji od šest istovetnih primeraka, dok se obrazac Dokumenta o kretanju neopasnog otpada sačinjava u četiri istovetna primerka.

Uredba o odlaganju otpada na deponije („Službeni glasnik RS“, broj 92/2010) se u najvećoj meri oslanja na evropsku Direktivu o deponijama 99/31/EC. Osnovne odredbe ove Uredbe vezane su za deponovanje komunalnog otpada, ali se njena nadležnost, administrativno, odnosi i na deponovanje industrijskog otpada. U prilogu 2. ove Uredbe dati su Tehnički i tehnološki uslovi za projektovanje, izgradnju i puštanje u rad deponije.

Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine („Službeni glasnik RS“, br. 29/2010 i revidirani nacrt iz 2015.) predstavlja osnovni dokument koji obezbeđuje uslove za racionalno i održivo upravljanje otpadom na nivou Republike Srbije.

Kratkoročni ciljevi koji su definisani Strategijom upravljanja otpadom čiji je rok izvršenja bio do 2014. godine su: donošenje nacionalnih planova za pojedinačne tokove otpada, izgradnja 12 regionalnih centara za upravljanje otpadom, uspostavljanje sistema upravljanja opasnim otpadom, uspostavljanje sistema upravljanja posebnim tokovima otpada, podsticanje korišćenja otpada kao goriva u cementarama, železarama i termoelektranama – toplanama.

Dugoročni ciljevi definisani Strategijom upravljanja otpadom čiji je rok izvršenja do 2019. godine su:

- Uvođenje odvojenog sakupljanja i tretmana opasnog otpada iz domaćinstava i industrije,
- Izgradnja još 12 regionalnih centara za upravljanje otpadom,
- Obezbeđenje kapaciteta za spaljivanje (insineraciju) organskog industrijskog i medicinskog otpada,
- Uspostavljanje sistema upravljanja građevinskim otpadom i otpadom koji sadrži azbest,
- Jačanje profesionalnih i institucionalnih kapaciteta za upravljanje opasnim otpadom.

Nacionalna strategija upravljanja otpadom 2010 – 2019. godine je revidirana 2015. godine kako bi se prilagodila zahtevima u vezi sa reciklažom iz Okvirne direktive o otpadu. Potpuna transpozicija Okvirne direktive o otpadu očekuje se 2018. godine (u pogledu ciljeva reciklaže). Isto tako do 2018. godine se očekuje i potpuno prenošenje zahteva Direktive o deponijama 99/31/EC, Direktive o baterijama 2006/66/EC, Direktive o električnom i elektronskom otpadu 2012/19/EU i Direktive o otpadnim vozilima 2000/53/EC.

4.2.2. Upravljanje otpadom u industriji

Plan upravljanja otpadom - odgovornost i obaveza proizvođača u sistemu upravljanja otpadom

Prema Zakonu o upravljanju otpadom („*Službeni glasnik RS*“, broj 36/09 i 14/16), „proizvođač otpada je dužan da: izradi plan upravljanja otpadom ako godišnje proizvodi više od 100t neopasnog otpada ili više od 200kg opasnog otpada, pribavi izveštaj o ispitivanju otpada, primenjuje načelo hijerarhije u upravljanju otpadom, kao i propisane mere postupanja sa otpadom prilikom sakupljanja, skladištenja ili predaje otpada i dr.“. Takođe, prema istom zakonu, „otpada je svaka materija ili predmet sadržan u listi kategorija otpada (Q listi) koji vlasnik odbacuje, namerava ili mora da odbaci. Industrijski otpad jeste otpad iz bilo koje industrije ili sa lokacije na kojoj se nalazi industrija, osim jalovine i pratećih mineralnih sirovina iz rudnika i kamenoloma“.

Plan upravljanja otpadom se izrađuje kao odgovor na potrebu rešavanja problema postupanja sa otpadnim materijama. Upravljanje otpadom predstavlja sprovođenje propisanih mera i postupaka u okviru sakupljanja, transporta, ponovnog iskorišćenja i odlaganja otpada uključujući i nadzor nad tim aktivnostima i brigu o mestima odlaganja otpada posle zatvaranja. Upravljanje otpadom se vrši na način kojim se obezbeđuje najmanji rizik po ugrožavanje života i zdravlja ljudi i životne sredine, kontrolom i merama smanjenja:

- zagađenja voda, vazduha i zemljišta;
- opasnosti po biljni i životinjski svet;
- opasnosti od nastajanja udesa, eksplozija ili požara;
- negativnih uticaja na predele i prirodna dobra posebnih vrednosti.

Radi preuzimanja odgovornosti za zaštitu životne sredine, Planom o upravljanju otpadom se ostvaruju sledeći ciljevi:

1. Uspostavljanje efikasnog sistema za upravljanje otpadom;

2. Utvrđivanje preciznih podataka o vrstama, količinama i tokovima otpada;
3. Usaglašavanje poslovanja sa nacionalnom i Evropskom regulativom;
4. Smanjenje količine generisanog otpada i ublažavanje njegovih opasnih karakteristika;
5. Maksimalno korišćenje otpada, čiji nastanak ne može da se spreči, u druge svrhe;
6. Ostvarivanje saradnje sa predstavnicima nadležnih organa i Ministarstvima.

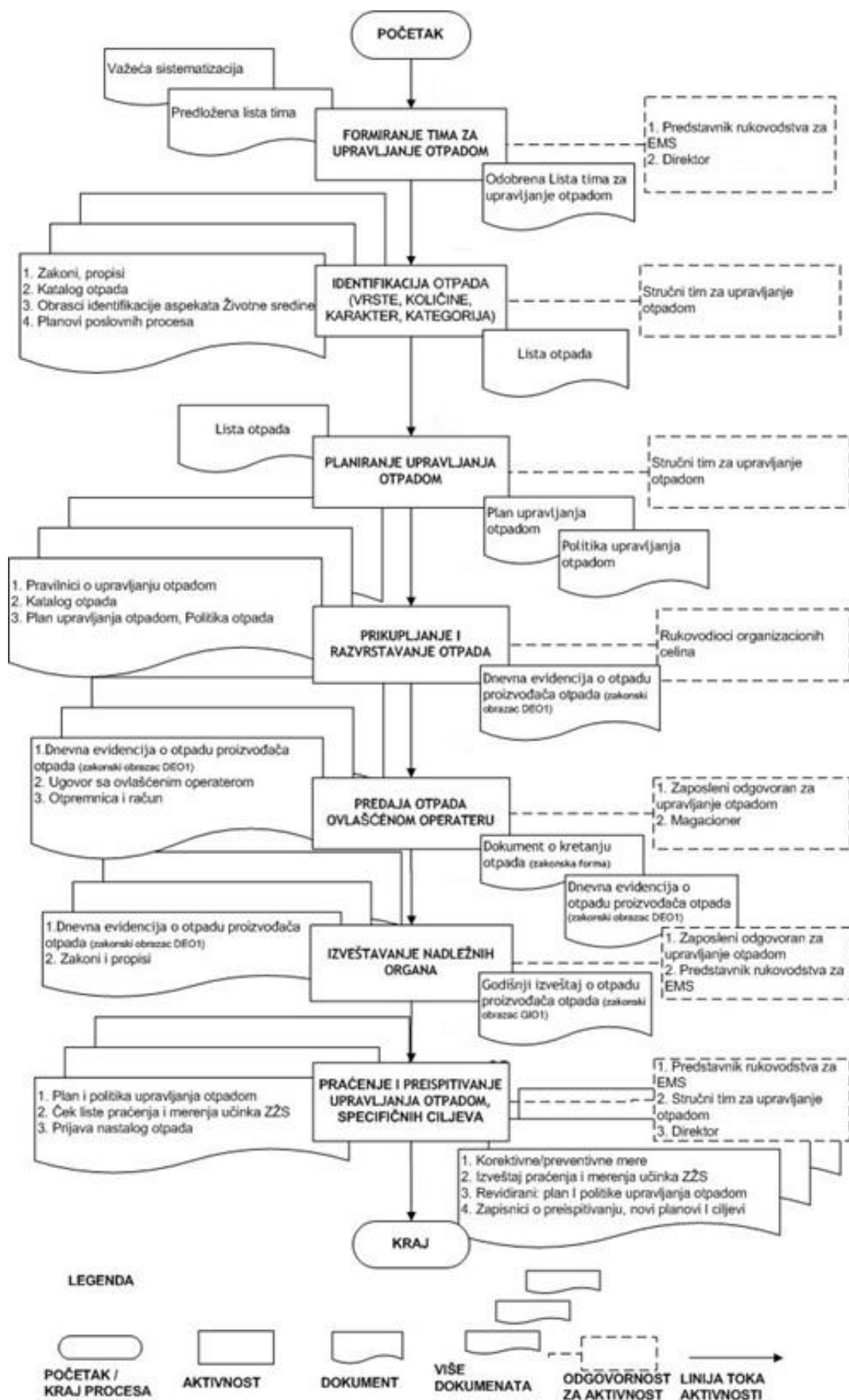
Osnovni elementi Plana upravljanja otpadom su:

1. Dokumentacija o otpadu koji nastaje u procesima u preduzeću;
2. Postupci i načini razvrstavanja različitih vrsta otpada, posebno opasnog otpada i otpada koji se ponovo koristi;
3. Način skladištenja, tretmana i odlaganja otpada;
4. Izveštavanje lica odgovornih za upravljanje otpadom u preduzeću i nadležnim institucijama;
5. Mere koje se preduzimaju u cilju smanjenja proizvodnje otpada, posebno opasnog otpada i
6. Mere zaštite životne sredine i zdravlja ljudi.

Hijerarhija upravljanja otpadom se odnosi na redosled prioriteta:

- prevencija stvaranja otpada i smanjenje korišćenja resursa i smanjenje količina i/ili opasnih karakteristika nastalog otpada,
- ponovna upotreba, odnosno ponovno korišćenje proizvoda za istu ili drugu namenu,
- reciklaža, odnosno tretman otpada radi dobijanja značajne sirovine za proizvodnju istog ili drugog proizvoda,
- iskorišćenje vrednosti otpada (kompostiranje, anaerobna digestija, spaljivanje uz iskorišćenje energije i dr.),
- odlaganje otpada deponovanjem ili spaljivanje bez iskorišćenja energije, ako ne postoji drugo odgovarajuće rešenje.

Organizacione aktivnosti pri upravljanju otpadom u industriji prikazane su na slici 4.4. koje se odnose na dijagram toka informacija pri upravljanju otpadom u industriji. Ovakvo predstavljenje organizacionih aktivnosti je usklađeno sa standardom ISO 14001:2004, uz poštovanje propisa u oblasti upravljanja otpadom.



Slika 4.4. Dijagram toka informacija pri upravljanja otpadom u industriji

Prvi korak za uspostavljanje sistema upravljanja otpadom u okviru sistema upravljanja zaštitom životne sredine je formiranje tima privrednog subjekta, što se verifikuje na obrascu *Lista tima za upravljanje otpadom*. Stručni tim za upravljanje otpadom, na osnovu propisanih obrazaca za vođenje dnevne i godišnje evidencije o generisanim količinama otpada, kataloga otpada, u okviru organizacionih planova (proizvodnje, nabavke, održavanja i drugih), kao i identifikovanih aspekata zaštite životne sredine, sačinjava *Listu otpada*, koja sadrži vrstu otpada sa odgovarajućim indeksnim brojem iz *Kataloga otpada*.

Zakonska regulativa o upravljanju otpadom razlikuje sledeće vrste otpada:

- komunalni otpad,
- komercijalni otpad i
- industrijski otpad.

U zavisnosti od opasnih karakteristika dalja podela otpada je na:

- inertni,
- neopasan i
- opasan otpad.

Otpad u okviru organizacije se razvrstava prema Katalogu otpada koji je propisan Pravilnikom o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada („*Sl. gl. RS*“, br. 56/10). Katalog otpada je zbirna lista neopasnog i opasnog otpada prema kojoj se vrši razvrstavanje u 20 grupa u zavisnosti od mesta nastanka i njegovog porekla. U katalogu je sistematizovano više od 800 vrsta otpada. Opasan otpad se klasifikuje prema poreklu, karakteristikama i sastavu. Radi utvrđivanja sastava i opasnih karakteristika otpada, organizacija-vlasnik otpada, vrši ispitivanje u laboratorijama ovlašćenim od strane Ministarstva nadležnog za poslove zaštite životne sredine.

Na osnovu izvršene karakterizacije i klasifikacije, liste otpada, evidencije i u skladu sa zakonskim obavezama, tim izrađuje Plan upravljanja otpadom. Na osnovu ovog plana, sklapaju se ugovori sa ovlašćenim operaterima za sakupljanje, transport, odlaganje ili tretman otpada i nabavlja se potrebna oprema za primarnu selekciju, prikupljanje i privremeno skladištenje. Prikupljanje i razvrstavanje otpada obuhvata primarnu selekciju, prikupljanje i privremeno skladištenje kod operatera. Nakon primarne selekcije, a u skladu sa Politikom upravljanja otpadom, otpad se privremeno skladišti u objektu skladišta ili na otvorenom i ograđenom platou (u zavisnosti od vrste i kategorizacije), do 12 meseci. Obeležavanje i skladištenje otpada u okviru preduzeća treba da bude u skladu sa Pravilnikom o načinu skladištenja, pakovanja i obeležavanja opasnog otpada („*Sl. glasnik RS*“, br. 92/2010) i Pravilnikom o uslovima i načinu

sakupljanja, transporta, skladištenja i tretmana otpada koji se koristi kao sekundarna sirovina ili za dobijanje energije („*Sl. glasnik RS*“, br. 98/2010).

Sve promene u količini i vrsti otpada na dnevnom nivou se evidentiraju u standardnom obrascu pod nazivom *Deo I Dnevna evidencija o otpadu proizvođača otpada*, (prilog 1).

Predaja otpada ovlašćenom operateru (za sakupljanje, transport, tretman ili odlaganje) se vrši na osnovu dnevne evidencije otpada. Odgovorno lice za upravljanje otpadom je u obavezi da prilikom predaje otpada ovlašćenim operaterima, popuni obrazac iz Pravilnika o obrascu dokumenta o kretanju otpada i uputstvu za njegovo popunjavanje („*Sl. Glasnik RS*“, br. 114/2013) i obrazac iz Pravilnika o obrascu dokumenta o kretanju opasnog otpada i uputstvu za njegovo popunjavanje („*Sl. Glasnik RS*“, br. 114/2013).

Izveštavanje nadležnih organa o upravljanju industrijskim otpadom

Članom 75. Zakona o upravljanju otpadom („*Sl. Glasnik RS*“, br. 36/2009 i 88/2010) regulisana je obaveza vođenja dnevne evidencije o otpadu i godišnje izveštavanje. Prema ovom Zakonu ”proizvođač i vlasnik otpada, dužan je da vodi i čuva dnevnu evidenciju o otpadu i dostavlja redovni godišnji izveštaj Agenciji za zaštitu životne sredine u skladu sa Pravilnikom o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu („*Sl. Glasnik RS*“, br. 95/2010). Izveštaj sadrži podatke o: vrsti, količini, poreklu, karakterizaciji i klasifikaciji, sastavu, skladištenju, transportu, uvozu, izvozu, tretmanu i odlaganju nastalog otpada, kao i otpada primljenog u postrojenje za upravljanje otpadom.”

Lice odgovorno za upravljanje otpadom na nivou kompanije na kraju godine, sačinjava propisane izveštaje o otpadu na obrascu *GIOI - Godišnji izveštaj o otpadu proizvođača otpada* (prilog 2). Izveštavanje se obavlja u skladu sa Pravilnikom o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka („*Sl. Glasnik RS*“, br. 91/2010 i 10/2013) na *Obrascu 5 – Upravljanje otpadom*. Izveštaj se dostavlja nadležnom državnom organu - Agenciji za zaštitu životne sredine. Izveštaj o upravljanju otpadom na teritoriji Republike Srbije sastavni je deo godišnjeg izveštaja o stanju životne sredine. Obrazac 5 je analogan Obrascu GIO 1 – Godišnji izveštaj o otpadu proizvođača otpada.

4.2.2.1. Informacioni sistem zaštite životne sredine - Nacionalni registar izvora zagađivanja

U skladu sa Zakonom o zaštiti životne sredine („*Službeni glasnik RS*“, br. 135/04, 36/09, 36/09 - dr. zakon i 72/09, 14/16) i u skladu sa Zakonom o upravljanju otpadom, Zakonom o ambalaži i ambalažnom otpadu, Zakonom o zaštiti vazduha, 2009. godine je definisan zakonski okvir neophodan za uspostavljanje i vođenje Nacionalnog registra izvora zagađivanja. Od 2014. godine podaci za Nacionalni registar izvora zagađivanja unose se u novi informacioni sistem pod nazivom TEAMS, koji je nastao kao rezultat projekta “Uspostavljanje Centra za upravljanje životnom sredinom”. U tabeli 4.1. je prikazan zakonski okvir koji bliže propisuje metodologiju izveštavanja za Nacionalni registar izvora zagađivanja.

Tabela 4.1. Podzakonska akta koja propisuju metodologiju izveštavanja za Nacionalni registar izvora zagađivanja

(<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=20168&id=18&akcija=showXlinked>)

Redni broj	Oblast	Zakonski osnov
1.	PRTR registar	Pravilnik o izmeni Pravilnika o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka („ <i>Sl. glasnik RS</i> “, br. 10/2013) i Pravilnik o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka (<i>Sl. glasnik RS</i> , br. 91/2010).
2.	Upravljanje otpadom	Pravilnik o izmenama i dopunama Pravilnika o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu sa uputstvom za njegovo popunjavanje („ <i>Sl. glasnik RS</i> “, br. 88/2015); Pravilnik o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu sa uputstvom za njegovo popunjavanje („ <i>Sl. glasnik RS</i> “, br. 71/10)
3.	Emisije u vazduh	Uredba o graničnim vrednostima emisija zagađujućih materija u vazduh („ <i>Sl. glasnik RS</i> “, br. 71/10 i 6/2011 – ispr.)
4.	Ambalaža	Pravilnik o izmenama Pravilnika o obrascu izveštaja o upravljanju ambalažom i ambalažnim otpadom („ <i>Sl. glasnik RS</i> “, br. 10/13) i Pravilnik o obrascu izveštaja o upravljanju ambalažom i ambalažnim otpadom („ <i>Sl. glasnik RS</i> “, br. 21/10)
5.	Posebni tokovi otpada	Uredba o proizvodima koji posle upotrebe postaju posebni tokovi otpada, obrazcu dnevne evidencije o količini i vrsti proizvedenih i uvezenih proizvoda i godišnjem izveštaju, načinu i rokovima dostavljanja godišnjeg izveštaja, obveznicima plaćanja naknada, kriterijumima za obračun, visinu i način obračunavanja i plaćanja naknade („ <i>Sl. glasnik RS</i> “, br. 54/10, 86/2011, 41/2013 - dr. pravilnik i 3/2014).

U dokumentima Agencije za zaštitu životne sredine navodi se da “nacionalni registar izvora zagađivanja predstavlja registar informacija i podataka o zagađivačima životne sredine i čini osnovu za identifikaciju i monitoring izvora zagađivanja životne sredine, dakle predstavlja bazu podataka ili katastar zagađivača.”. NRIZ predstavlja bazu podataka ili katastar zagađivača postrojenja koja imaju obavezu godišnjeg izveštavanja o: emisijama u vazduh, vode i tlo, kao i o upravljanju generisanim otpadom. Ovakav tip registra postoji u svim evropskim zemljama i uspostavlja se kako bi državnim organima i široj zajednici bile dostupne informacije o izvorima i količinama zagađujućih materija emitovanih u životnu sredinu.

4.2.2.2. PRTR registar - Registar ispuštanja i prenosa zagađujućih supstanci

Uredba Evropske Komisije EC No 166/2006 o ustanovljenju Evropskog registra ispuštanja i prenosa zagađujućih materija (*eng. European Pollutant Release and Transfer Register*) imala je za opšti cilj unapređenje pristupa informacijama koje se tiču životne sredine. PRTR predstavlja poseban protokol Orhuske konvencije². Protokol o registrima ispuštanja i prenosa zagađujućih materija je sačinjen u Kijevu 21.maja 2003. godine. PRTR registar sadrži informacije o ispuštinjima zagađujućih supstanci u vazduh, vodu i zemljište, kao i prenos otpada i zagađujućih supstanci kada emisije prelaze propisane granične vrednosti i podrazumeva prikupljanje podataka na godišnjem nivou. ANEX I Orhuske konvencije sadrži spisak delatnosti i minimalne granične vrednosti za izveštavanje, dok ANEX II sadrži spisak zagađujućih materija (*Zakon o potvrđivanju protokola o registrima ispuštanja i prenosa zagađujućih materija uz konvenciju o dostupnosti informacija, učešću javnosti o donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine („Sl. glasnik RS - Međunarodni ugovori“, br. 8/2011)*)).

Registar ispuštanja i prenosa zagađujućih materija (PRTR registar) predstavlja sredstvo za podsticanje unapređenja zaštite životne sredine, za obezbeđivanje dostupnosti informacija javnosti o zagađujućim materijama, za praćenje trendova od strane država, praćenje poštovanja odredbi određenih međunarodnim sporazumima, utvrđivanje prioriteta i ocenjivanje napretka postignutog kroz politike i programe za zaštitu životne sredine. Svrha Protokola o registrima ispuštanja i prenosa zagađujućih materija je unapređenje dostupnosti informacija javnosti preko uspostavljanja usklađenih, integrisanih, nacionalnih registara ispuštanja i prenosa

² Orhuska konvencija (*Aarhus Convention*)- konvencija o dostupnosti informacija, učešću javnosti u donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine. Orhuska konvencija, koja potiče iz 1998. godine, predstavlja jedan od najnaprednijih međunarodnih ugovora koji se tiču životne sredine, definiše pravac održivog razvoja i jača osnovne demokratske principe. (*Strategija za primenu Orhuske konvencije, 2011*) Srbija je 2009. godine ratifikovala Orhusku konvenciju.

zagađujućih materija (PRTR registara), što bi moglo olakšati učešće javnosti u donošenju odluka o pitanjima zaštite životne sredine, kao i doprineti sprečavanju i smanjenju zagađenja životne sredine.

Aktivnosti na uspostavljanju Nacionalnog PRTR registra u Agenciji za zaštitu životne sredine započete su 2006. godine, što je uključilo i aktivnosti vezane za implementaciju Orhuskog protokola. Podaci za PRTR se prikupljaju iz tačkastih izvora zagađivanja odnosno iz fabričkih postrojenja. Prema Zakonu o potvrđivanju protokola o registrima ispuštanja i prenosa zagađujućih materija uz konvenciju o dostupnosti informacija, učešću javnosti o donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine, osnovni elementi sistema nacionalnog registra ispuštanja i prenosa zagađujućih materija su:

- registar ispuštanja i prenosa zagađujućih materija je organizovan po postrojenju;
- registar omogućava izveštavanje o difuznim izvorima (difuzni izvor zagađivanja podrazumeva mnogo malih ili rasutih izvora iz kojih zagađujuće materije mogu biti ispuštene u zemljište, u vodu ili vazduh, čiji kombinovani uticaj na ove elemente može biti značajan, a za koje je nepraktično prikupljati izveštaje sa svakog pojedinačnog izvora.);
- PRTR je organizovan po zagađujućim materijama ili vrsti otpada;
- PRTR je organizovan prema medijumima životne sredine;
- registar obuhvata informacije o prenosu;
- registar sačinjavaju standardizovani i pravovremeni podaci, kao i ograničen broj graničnih vrednosti;
- PRTR je koherentan i projektovan tako da bude jednostavan za upotrebu i dostupan javnosti;
- PRTR omogućava i učešće javnosti u njegovom razvoju;
- PRTR je struktuirana, kompjuterizovana baza podataka koju održava Agencija za zaštitu životne sredine.

Potrebno je da podaci koji su sadržani u PRTR registrima budu predstavljeni zbirno ili separatno, tako da se emisije i transport polutanata mogu pretraživati i identifikovati prema:

- postrojenju i njegovoj geografskoj lokaciji;
- aktivnosti;
- vlasniku ili operateru, tj. preduzeću;
- zagađujućoj materiji ili otpadu;

- medijumu životne sredine u koji se zagađujuća materija ispušta;
- prema aktivnostima na odlaganju ili tretmanu otpada.

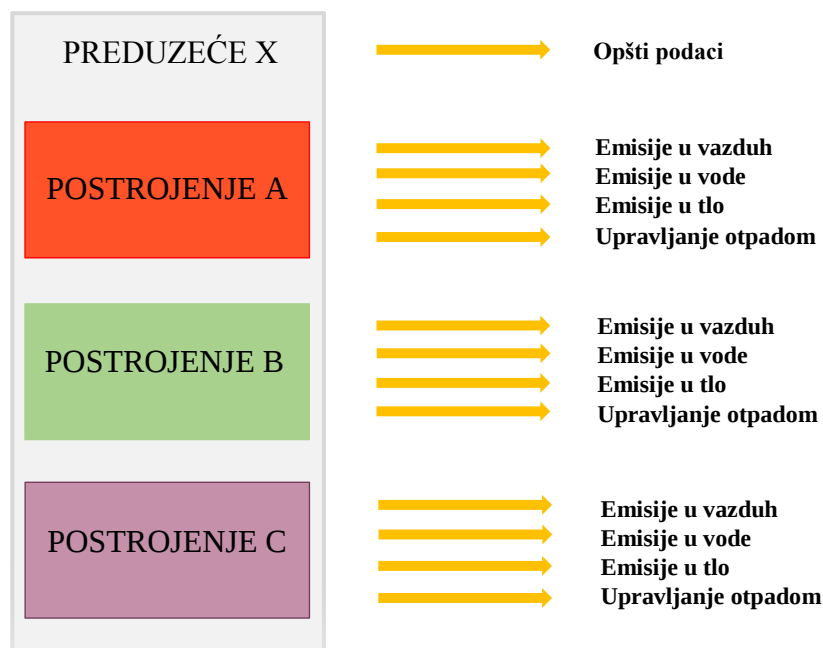
4.2.2.3. Informacioni sistem Nacionalnog registra izvora zagađivanja

Informacioni sistem Nacionalnog registra izvora zagađivanja (NRIZ) koriste preduzeća (zagađivači) koji imaju obavezu izveštavanja prema Agenciji za zaštitu životne sredine. Preduzeća imaju zakonsku obavezu da jednom godišnje, do 31. marta tekuće godine, dostave podatke iz prethodne godine o emitovanim količinama zagađujućih materija u vazduh, vode i tlo, kao i o upravljanju otpadom i proizvodima koji nakon upotrebe postaju posebni tokovi otpada.

Izveštavanje o količinama emitovanih zagađujućih materija u vazduh, vode i tlo podrazumeva da preduzeće bar na jednoj lokaciji ima jedno ili više postrojenja (proizvodnih pogona) koji predstavljaju izvor zagađenja. Izveštavanje prema PRTR Registru je propisano Pravilnikom o izmeni Pravilnika o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka („*Sl. glasnik RS*“, br. 10/2013) i Pravilnikom o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka („*Sl. glasnik RS*“, br. 91/2010). Izveštavanje se oslanja na ispunjavanje obaveza iz podzakonskih akata kojima je regulisano praćenje uticaja na životnu sredinu postrojenja i njihovih aktivnosti. Dostavljanje podataka za PRTR registar se vrši u okviru 5 tematskih celina, na sledećim obrazcima:

- Obrazac br. 1 - Opšti podaci o preduzeću,
- Obrazac br. 2 - Emisije u vazduh,
- Obrazac br. 3 - Emisije u vode,
- Obrazac br. 4 - Emisije u tlo,
- Obrazac br. 5 - Upravljanje otpadom.

Grafički prikaz izveštavanja za PRTR registar dat je na slici 4.5.



Slika 4.5. Grafički prikaz izveštavanja za PRTR registar (EMCS, 2012)

Izveštavanje o upravljanju otpadom usklađeno je sa:

- Pravilnikom o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnih izvora zagađivanja i
- Pravilnikom o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu sa uputstvom za njegovo popunjavanje.

Industrije imaju obavezu izveštavanja o prenosu otpada van sopstvene lokacije kada se radi o količinama opasnog otpada većim od 2t godišnje i većim od 2000t godišnje kada je reč o neopasnom otpadu. Godišnje izveštaje o upravljanju otpadom dostavljaju:

- Proizvođači otpada,
- Vlasnici otpada (operatori postrojenja za odlaganje otpada i operatori postrojenja za ponovno iskorišćenje otpada),
- Izvoznici otpada,
- Uvoznici otpada.

4.2.2.4. Analiza baza podataka Nacionalnog registra izvora zagađenja i prikaz postojećih internacionalnih baza podataka

Zakonom o upravljanju otpadom predstavljene su obaveze i aktivnosti Agencije za zaštitu životne sredine Republike Srbije, koje se odnose na:

- vođenje i ažuriranje baze podataka o upravljanju otpadom u informacionom sistemu zaštite životne sredine, u skladu sa zakonom kojim se uređuje oblast zaštite životne sredine;
- vođenje podataka o raspoloživim i potrebnim količinama otpada, uključujući sekundarne sirovine, razmenu i stavljanje na raspolaganje tih podataka elektronskim putem;
- izveštavanje o upravljanju otpadom, u skladu sa preuzetim međunarodnim obavezama.

Sumirani prikaz informacija o upravljanju otpadom generatora, kao i detaljnih informacija o PRTR preduzećima (kompanijama koje podležu izveštavanju), dat je na sajtu Agencije za zaštitu životne sredine, sa koga je moguć pristup nacionalnoj bazi podataka na osnovu različitih kriterijuma pretraživanja. Pretraživanje o generisanim količinama otpada je moguće vršiti na osnovu regiona, oblasti, opštine, ili mesta u kome se postrojenje (generator) nalazi, ali i na osnovu pretežne delatnosti kompanije, PRTR aktivnosti postrojenja, naziva preduzeća, ili indeksnog broja otpada.

Generatori otpada izveštavaju u skladu sa Pravilnikom o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka („*Sl. glasnik RS*”, br. 91/2010 i 10/2013) popunjavanjem Godišnjeg izveštaja o otpadu proizvođača otpada (kao što je opisano u poglavlju 4.2.1.1), koji sadrži sledeće podatke:

- Indeksni broj otpada (prema katalogu otpada);
- Oznaku da li je otpad opasan ili neopasan (O/N);
- Generisanu količinu otpada za izveštajnu godinu (t);
- Količinu otpada predatu na tretman (t);
- Način tretmana otpada (tzv. R–lista, po Katalogu otpada);
- Količinu otpada datu na deponovanje (t);
- Način deponovanja otpada (tzv. D–lista po Katalogu otpada);
- Količinu izvezenog otpada;
- Način određivanja navedenih količina (merenjem ili procenom).

Još jedan vid digitalne baze podataka Agencije za zaštitu životne sredine je i Berza otpada. Na sajtu Berze otpada Agencije za zaštitu životne sredine je moguće objavljivanje oglasa o vrsti i količini otpada koje neko preduzeće generiše. Ideja Agencije za zaštitu životne sredine bila je da „berza otpada povezuje preduzeća u kojima se generiše otpad sa preduzećima koja taj otpad

otkupljuju i na neki od dozvoljenih načina ponovo iskorišćavaju ili ga izvoze“. Pretraga oglasa “Berze otpada” se obavlja po indeksnom broju (prema Katalogu otpada) i po vrsti otpada (ukoliko je nepoznat indeksni broj), odnosno ključnoj reči. Pretraživanje baze je moguće i po vremenu postavljanja oglasa. Međutim, usled slabe informisanosti preduzeća o ovakvom vidu podrške za usmeravanje tokova industrijskog otpada i zbog nedovoljnog interesovanja za javno objavljivanje podataka o generisanim količinama otpada, adekvatna primena digitalne baze podataka je izostala.

U tabeli 4.2. je dat prikaz internacionalnih baza podataka o otpadu i kratak opis njihovih sadržaja (Stanković i dr., 2007), kao i opis sadržaja nacionalne baze podataka.

Tabela 4.2. Prikaz internacionalnih baza podataka o otpadu i analogne nacionalne baze (Stanković i dr., 2007; Pravilnik o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu sa uputstvom za njegovo popunjavanje („Sl. glasnik RS“, br. 71/10))

Zemlja	Naziv sistema	Kratak opis sistema
Austrija	Abfallstoffdaten	Sistem sadrži podatke o tipu otpada koji se generiše, štetnom dejstvu otpada po životnu sredinu i ljude, kao i nacionalni identifikacioni broj tipa otpada, količinu generisanog otpada i dodatne informacije o opasnim materijama (karakteristikama otpada, transportu i načinu skladištenja).
Danska	Information System for Waste and Recycling – ISAG	ISAG sadrži informacije o celokupnom otpadu koji se u Danskoj generiše od 1994 godine. Pored podataka o količinama otpada koji se generiše (klasifikovano na osnovu vrste otpada), porekla otpada (domaćinstva, industrija), sistem sadrži i informacije o tipu otpada (opasne materije, kućni otpad), načinu tretiranja otpada (recikliranje, deponovanje) i datumu generisanja.
Estonija	Information System of Environmental Permits, KLIS	KLIS sadrži podatke o dozvolama za prikupljanje otpada, licencama za rad sa opasnim materijama, PCB listu, napomene o opasnim materijama.
Nemačka	DESTATIS	DESTATIS sadrži tri grupe informacija vezane za otpad: količinu generisanog otpada, količinu otpada generisanu po glavi stanovnika, kao i način na koji se tretira otpad.
Mađarska	Waste Management Information System (HIR)	HIR sadrži informacije o generisanom otpadu, načinu tretiranja otpada, 30 najvećih izvora otpada, kao i podatke na nivou regiona i sektora.

Zemlja	Naziv sistema	Kratak opis sistema
Irska	Periodic National Waste Database Reports	Sistem sadrži informacije o generisanju i deponovanju otpada (komunalnog i industrijskog), kao i o opasnim materijama, skladištenju, uvozu/izvozu otpada.
Slovačka	Regional Informational System for Waste (EN), RISONet	Sistem sadrži informacije o generisanju otpada u Slovačkoj od 1996. godine. Baza sadrži podatke koje unose autorizovane osobe iz kompanija koje generišu otpad, prevoze i sakupljaju otpad, recikliraju i deponuju otpad.
Evropska Unija	Eurostat	Sistem se koristi za sakupljanje podataka vezanih za upravljanje otpadom iz svih članica EU.
Republika Srbija	Nacionalni registar izvora zagađenja Republike Srbije	Baza podataka Nacionalnog registra izvora zagađivanja Republike Srbije sadrži podatke o upravljanju otpadom, odnosno: indeksni broj otpada; oznaku da li je otpad opasan ili neopasan; generisanu količinu otpada za izveštajnu godinu; količinu otpada datu na tretman; način tretmana otpada; količinu otpada predatu na deponovanje; način deponovanja otpada; količina izvezenog otpada i način određivanja pomenutih količina.

Za efikasno usmeravanje tokova otpada, neophodno je generisanje izveštaja pojedinačnih proizvođača i vlasnika otpada na lokalnom i regionalnom nivou, kako bi se ostvarila klasterizacija i omogućilo mikrolociranje. Postojeća baza podataka Nacionalnog registra izvora zagađivanja se može koristiti za kreiranje sekundarnih baza podataka koje bi odgovarale novom modelu za upravljanje tokovima sekundarnih sirovina koji će omogućiti uspostavljanje kolaboracije između i unutar industrijskih sektora.

5. REVERZNA LOGISTIKA I ODRŽIVA LOGISTIKA

5.1. Logistika i upravljanje lancem snabdevanja

Logistika je jedan od ključnih faktora konkurentnosti na tržištu razvijenih zemalja i zahteva integrisani pristup za efikasno i strateško upravljanje skladištenjem i transportom materijala, sirovina i proizvoda počev od dobavljača, preko proizvođača i na kraju do potrošača (*Strati et all., 2004*). Koren reči logistika potiče iz grčke reči “*léghein*” što znači spojiti, povezati, sastaviti. Iz ovog korena su evoluirali termini logo, logika i logistika, koji su usko povezani sa strategijom i taktikom koja se usvaja kako bi se subjekti pridržavali vremenskih i prostorno određenih ciljeva. Originalno značenje reči logistika evoluiralo je sa specijalizacijom ljudskih aktivnosti i danas logistika predstavlja nauku o planiranju, nabavci i dostavljanju resursa neophodnih za održavanje aktivnosti proizvodnog sistema. Logistika obuhvata aktivnosti, koje se odnose na pozicioniranje resursa i uključuje nabavku, proizvodnju, distribuciju, skladištenje sirovina i proizvoda, transport, informacione tehnologije kao i reciklažu i skladištenje otpadnog materijala. Pojedini autori (*Quayle & Jones, 2001*) naglašavaju da logistika podržava proizvodnju i prati tok proizvoda i usluga kroz njegov životni ciklus. Definicija logistike je evoluirala tokom vremena, a složenost prirode samog logističkog konteksta (koji se odnosi na različite poslovne oblasti) i logističkog okruženja su uticali na to da se logistika može definisati na veliki broj relativno različitih načina (*Maslarić, 2014*). Prva definicija logistike koja se u literaturi navodi je definicija Kavinata (*Cavinata, 1982*), prema kojoj se logistika definiše kao: „... upravljanje svim dolazećim (eng. *inbound*³) i odlazećim (eng. *outbound*⁴) materijalima, poluproizvodima, sirovinama i gotovim proizvodima. Logistika se sastoji od integrisanog upravljanja nabavkom, transportom i skladištenjem na funkcionalnom nivou. Na nivou kanala dostave, logistiku čini upravljanje u kanalima koji prethode proizvodnji, proizvodnim i postproizvodnim kanalima. Termin logistika treba razlikovati od termina fizička distribucija koji se odnosi samo na postproizvodne kanale.“ Navedena definicija je značajna, jer pravi razliku između pojmova “*fizička distribucija*” i “*logistika*” na način da logistiku predstavlja kao širi pojam koji obuhvata ne samo tokove izlaznih materijala, nego i ulazne tokove roba za posmatranu kompaniju. Institut za logistiku i transport (eng. *The Chartered Institute of Logistics and Transport*) definiše logistiku kao “proces upravljanja transportom, zalihama, skladištenjem i informacijama o dobrima i materijalima od izvora do mesta finalne potrošnje”. Značaj ove definicije je u tome što ona inkorporiše četiri najveća i najvažnija podsistema

³ *Inbound* – materijalna dobra koja se dopremaju u neku kompaniju (sirovine, poluproizvodi).

⁴ *Outbound* – materijalna dobra koja se otpremaju iz neke kompanije (gotovi proizvodi).

logistike – transport, zalihe, skladištenje i informacije (Maslarić, 2014). Definicija logistike koju je formulisala poslovna organizacija pod nazivom Savet eksperata za upravljanje lancima snabdevanja (eng. *Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP*), glasi: „Logistika je deo upravljanja lancem snabdevanja koji obuhvata proces planiranja i kontrole efikasnih i troškovno-efektivnih tokova materijala, skladištenja robe, usluga i njima pripadajućih informacionih tokova od mesta izvora do mesta potrošnje sa ciljem zadovoljenja zahteva krajnjih korisnika”. Evropska logistička asocijacija (eng. *European Logistics Association – ELA*) definiše logistiku kao “organizaciju, planiranje, kontrolu i realizaciju tokova materijalnih dobara od nabavke sirovina, preko proizvodnje i distribucije do krajnjih korisnika sa ciljem zadovoljenja tržišnih zahteva uz minimalne troškove i minimalno vezan kapital”. Ova definicija govori o potrebi realizacije logističkih aktivnosti na način koji će obezbediti što manje trošenje finansijskih sredstava, jer logistika, pored toga što predstavlja “fundamentalnu i esencijalnu osnovu svih ekonomskih aktivnosti” (Christopher, 1998), zahteva i značajne finansijske resurse. Prema nekim autorima (Waters, 2007; Maslarić, 2015) okvirne vrednosti troškova logistike se kreću oko 15-20% od ukupnog prometa na nivou kompanija ili oko 10-20% od ukupnog BDP-a, na nivou država. Na posmatrane logističke troškove najveći uticaj imaju troškovi saobraćaja 41%, dok troškovi upravljanja zalihama iznose 23%, troškovi skladištenja 21%, a troškovi administrativnih aktivnosti iznose 15% od ukupnih logističkih troškova (INNESTO Project, 2004). Treba ukazati i na postojanje takozvane „8P“ odrednice logistike, koja podrazumeva sve aktivnosti koje obezbeđuju da „**p**rava roba, u **p**ravo, vreme, na **p**ravom mestu, u **p**ravoj količini, po **p**ravoj (najboljoj) ceni, **p**ravog kvaliteta, stigne do **p**ravog (odgovarajućeg) kupca sa **p**ravim (očekivanim) karakteristikama“. U navedenoj definiciji Društva inženjera logistike (eng. *Society of Logistics Engineers - SOLE*) su implementirani najvažniji logistički elementi, jer se razmatra prostorna i vremenska dimenzija (mesto, vreme, transport i skladištenje), čime se obezbeđuje najšire shvatanje pojma logistike. Ona takođe naglašava i troškove i značaj pružanja usluga potrošačima u cilju zadovoljenja njihovih želja i potreba. Naredni značajan element je kvalitet proizvodnje, jer je osnovna ideja da kompanija mora da izvrši postavljene zadatke u pravo vreme i na konkurentnom tržištu. Na osnovu navedenih definicija može se izvesti generalni zaključak da se pod logistikom podrazumevaju sve aktivnosti vezane za prostornu i vremensku transformaciju tokova roba i njima pripadajućih tokova informacija, finansija i usluga. Savet za upravljanje logistikom (eng. *The Council of Logistics Management*), početkom devedesetih godina prošlog veka definisao je logistiku na sledeći način: “Logistika je proces planiranja, primene i kontrole efikasnog toka (i skladištenja) sirovina, dobara u procesu

proizvodnje, gotovih proizvoda, usluga i sa njima povezanih informacija, od mesta porekla do mesta potrošnje, i pri tome obuhvatajući ulazna (*inbound*), izlazna (*outbound*), interna i eksterna kretanja, u cilju prilagođavanja zahtevima potrošača“ (*Council of Logistics Management ECMT/OECD, 1985*). Ova definicija potencira dve osnovne logističke aktivnosti: kretanje i skladištenje. Prva aktivnost ukazuje da se sirovine, poluproizvodi i gotovi proizvodi moraju kretati duž različitih rastojanja između dobavljača, skladišta i potrošača, pa je potrebno odabrati odgovarajući način transporta. Druga aktivnost (skladištenje) odnosi se na veličinu, tehničke karakteristike i lokaciju skladišta (*Maslarić, 2014*). Prema Kvejlju i Džonsu, (*Quayle & Jones, 2001*) logistika je holistički lanac snabdevanja zamišljen kao “menažment svim raspoloživim aktivnostima koje ultimativno zadovoljavaju krajnjeg potrošača” i zato je u neraskidivoj vezi sa menadžmentom kvaliteta (eng. *Total Quality Managemant - TQM*) koji pokriva “sve poslovne aktivnosti, uključujući marketing, industriju, nabavku, logistiku transporta, finansije, kao i stručne kadrove” (*INNESTO Project, 2004*).

5.1.1. Lanci snabdevanja i upravljanje lancima snabdevanja

Integracija sistema dobavljača, proizvođača i distribucije čini lanac snabdevanja. Savremena shvatanja logistike kao skupa aktivnosti koje obuhvataju tok sirovina do proizvođača i tok gotovih proizvoda do potrošača, takođe uključuju i povratne tokove od mesta upotrebe proizvoda do mesta proizvodnje. Na ovaj način se u logističke aktivnosti uključuje i reverzna logistika koja obuhvata kretanje materijala i gotovih proizvoda u suprotnom smeru kako bi se vrednost proizvoda potpuniše iskoristila.

Pojam „lanac snabdevanja“ je u intenzivnijoj upotrebi počev od 1982. godine. Već u samom početku javljale su se dileme oko razlike uticaja logističkog upravljanja i upravljanja lancem snabdevanja na stvaranje vrednosti za krajnjeg korisnika i uticaja ovih upravljačkih modela na profitabilnost kompanija. Nedostatak standarda i precizne terminologije kojom bi se razdvojile oblasti logistike i lanca snabdevanja u poslovnom i naučnom domenu rezultirao je formiranjem više organizacija za razmatranje pomenute problematike, a neke od vodećih su:

1. Savet za upravljanje logistikom (eng. *Council of Logistic Management – CLM*);
2. Globalni forum upravljanja lancem snabdevanja (eng. *Global Supply Chain Forum – GSCF*);
3. Savet eksperata za upravljanje lancem snabdevanja (eng. *Council of Supply Chain Management Professionals – CSCMP*).

Prema Savetu za upravljanje logistikom (CLM, 2005) „lanac snabdevanja (eng. *Supply Chain* – SC) počinje sa neobrađenim sirovinama i završava sa upotrebom gotovih proizvoda od strane krajnjeg korisnika. Lanac snabdevanja povezuje mnoge kompanije i podrazumeva razmenu materijala i informacija u logističkim procesima koji se protežu od prikupljanja sirovina do isporuke gotovih proizvoda krajnjem korisniku“. Upravljanje lancem snabdevanja (eng. *Supply Chain Management* - SCM) je proces planiranja, upravljanja i optimizacije svih aktivnosti koje se odnose na snabdevanje i nabavku, preradu i ostale segmente logističkog upravljanja (Leigh & Li, 2015). Cilj je da se obezbedi lakši i bolji protok informacija i materijala kroz razvoj integracije, saradnje i dobrih odnosa između učesnika u lancu snabdevanja (Ashby et al., 2012). Upravljanje lancem snabdevanja predstavlja razvojnu šansu za sve učesnike u lancu koji žele da ostvare viši nivo saradnje prevazilaženjem organizacionih barijera (Frankel et al., 2008). Održivo upravljanje lancem snabdevanja (eng. *Sustainable Supply Chain Management* - SSCM) uzima u obzir društvene, ekološke i ekonomske aspekte održivosti u lancu snabdevanja (Carter & Rogers, 2008). Cilj upravljanja ekološki održivim lancem snabdevanja je smanjenje negativnog uticaja na životnu sredinu svih aktivnosti u lancu (Sarkis et al., 2011; Wu & Pagell, 2011; Yeh & Chuang, 2011; Andic et al., 2012). Razvoj ekološki održivih lanaca snabdevanja počinje kada preduzeće koje je inicijator poslovnih aktivnosti u saradnji sa svojim dobavljačima i/ili potrošačima nastoji da poboljša ekološke performanse svojih proizvoda, usluga, procesa i dostave (Simpson & Power, 2005). Ekološke performanse se odnose na nivo uticaja na životnu sredinu. Primenom različitih pristupa moguće je poboljšati performanse preduzeća i lanac snabdevanja u ekološkom smislu. Literatura iz oblasti upravljanja ekološki održivim lancem snabdevanja nudi različite pristupe koje kompanije mogu implementirati kako bi ostvarile poboljšanje ekoloških performansi u svojim lancima, a neki od njih su:

- „Ekološki menadžment“ (eng. *Environmental Management*) koji se odnosi na tri različite metode u okviru poslovne strategije, sa različitim nivoima uticaja: prva metoda se odnosi na reaktivnu kontrolu zagađenja ili kontrolu zagađenja na kraju proizvodnog procesa; druga metoda podrazumeva proaktivnu ponovnu upotrebu, reproizvodnju i reciklažu proizvoda i materijala u lancu snabdevanja; treća metoda predstavlja integrisani pristup pri redizajnu lanaca snabdevanja koji treba da postane lanac vrednosti integrisan u uspešnu poslovnu strategiju (Leigh, 2015). Prevencija zagađenja u lancu snabdevanja daje bolje ekološke performanse u odnosu na kontrolu zagađenja na kraju proizvodnog procesa – eng. *end of pipe* kontrola (Lee & Rhee, 2005; Leigh, 2015). Međutim, investicije u ekološki menadžment imaju tendenciju da budu

reaktivne, tako da većina proizvodnih procesa i proizvoda ostaje nepromenjena (Vachon & Klassen, 2006).

Primena sistema upravljanja zaštitom životne sredine (EMS) kao što je ISO 14000 je odraz nastojanja partnera u lancu snabdevanja da smanje negativan uticaj na životnu sredinu (Wiengarten et al., 2013). Organizacije koje sprovode sistem upravljanja zaštitom životne sredine postižu bolje rezultate kroz kooperaciju sa dobavljačima i potrošačima u okviru lanaca snabdevanja (Agarwal & Thiel, 2012). Takođe, organizacije koje su postigle visok nivo upravljanja zaštitom životne sredine lakše razvijaju eksterno orijentisan sistem ekološkog menadžmenta (Darnall et al., 2008; Grekova et al., 2014). Međutim, implementacija sistema upravljanja zaštitom životne sredine u preduzeću ne mora nužno da dovede do koordinacije ekoloških i ekonomskih parametara učesnika u lancu snabdevanja (Nawrocka et al., 2009).

- „Ekodizajn“ je koncept koji obuhvata i dizajn proizvoda i dizajn procesa u okviru lanca snabdevanja. Ekološki koncipiran proizvod treba biti dizajniran na način da njegovi iskoristivi delovi budu dugotrajni i održivi, da se mogu koristiti za istu ili drugu namenu, da se mogu beskonačno obnavljati bez potrebe za odlaganjem u fazi dizajna i razvoja proizvoda (Tsoulfas & Pappis, 2006; Kurk & Eagan, 2008). Ovakav pristup odražava zabrinutost proizvođača za stanje životne sredine, pa se kao neminovnost nameće mogućnost reciklaže ili upotrebe korisnih delova na kraju životnog ciklusa proizvoda. Poželjni ekološki atributi prilikom ekodizajna proizvoda su proizvod bez toksičnih supstanci, proizvod koji je biorazgradiv i reciklabilan, proizvod koji se može poboljšati i koji je energetske efikasan (Soylu & Dumville, 2011). Kod ovog pristupa fokus je na fazi projektovanja čime se naglašava značaj dizajna proizvoda, procesa i lanca snabdevanja kao i uticaja njegovog životnog ciklusa na životnu sredinu (Bevilacqua et al., 2012).
- „Upravljanje proizvodima“ (eng. *Product Stewardship*) je važan koncept koji se odnosi na „dizajn proizvoda“. Ovde se naglašava značaj koncepta dizajna proizvoda u kome svi materijali cirkulišu u zatvorenoj petlji, tj. zatvorenom sistemu (eng. *closed-loop*) kako bi se izbegao odliv materijala u spoljašnju sredinu (Lewis, 2005; Varma et al., 2006; Leigh, 2015). Ovakav pristup pruža mogućnost smanjenja odgovornosti u lancu snabdevanja. Upravljanje proizvodima podrazumeva razumevanje procesa upravljanja životnim ciklusom i može doprineti širenju perspektive ekološke održivosti na usluge i sve vrednosti u lancu snabdevanja. Korišćenje navedenog koncepta zahteva partnerstvo

projektanata, dobavljača, proizvođača i potrošača koji imaju transparentne i jasno definisane odgovornosti prema proizvodima i uslugama. Navedeni koncept može se primeniti i u procesu projektovanja uz korišćenje obnovljivih izvora energije čime bi se redukovao negativan uticaj na životnu sredinu (Rusinko, 2007). Proces koji se bazira na konceptu upravljanja proizvodima podrazumeva postojanje odgovornosti učesnika u lancu snabdevanja.

- „Zelena nabavka/kupovina” (eng. *Green Purchasing*) zahteva i logističku i tehnološku integraciju sa dobavljačima u cilju jačanja saradnje u ekološki orijentisanim aktivnostima. Saradnja obuhvata razvoj novih proizvoda i uvođenje novih proizvodnih linija koje su ekološki podobne (Yen & Yen, 2012). Zelena nabavka/kupovina novog proizvoda podrazumeva maksimalnu ponovnu upotrebu proizvoda, delova ili materijala, gde se svaki izlazni proizvod vraća u svoj prirodni sistem ili postaje ulaz u neki novi proces proizvodnje (Tsoulfas & Pappis, 2006). U ovom konceptu naglašava se značaj izgradnje partnerstva sa dobavljačima za proces snabdevanja. Pored toga, zeleni informacioni sistemi su neophodan preduslov za implementaciju zelene kupovine (Green et al., 2012).
- „Reverzna logistika” se odnosi na upravljanje procesima u kojima potrošači vraćaju korišćene proizvode centralnim kompanijama. Ukoliko primenjuje sistem reverzne logistike, centralna kompanija je dužna da obnovi ili na ekološki prihvatljiv način deponuje iskorišćene proizvode. (Blumberg, 2005; Leigh, 2015). Aktivnosti u procesu reverzne logistike počinju kada kupac vrati neželjeni proizvod koji može biti ponovo prodat ili iskorišćen za zamenu delova neispravnih proizvoda (Kleindorfer et al., 2005). U procesima reverzne logistike, kompanije proširuju svoju odgovornost preuzimanjem ranije isporučenih proizvoda koji će se reciklirati, fabrički remontovati, osposobiti za ponovnu upotrebu ili adekvatno zbrinuti. Otpadni proizvodi i zaostali materijali se recikliraju i postaju ulaz u isti ili neki novi proizvodni proces ili se šalju na dalju preradu. Reverzna logistika proširuje koncept postojećih lanaca snabdevanja u cilju poboljšanja ekonomskih performansi (Jayant et al., 2012). Neki od ključnih faktora za implementaciju reverzne logistike su korisnička podrška, podrška menadžmenta kompanija, komunikacija i ekološka svest (Huscroft et al., 2013).
- „Reciklaža, ponovna upotreba i ponovna proizvodnja” se pojavljuju u većini navedenih pristupa; npr. ponovna upotreba se pominje u okviru „Ekološkog menadžmenta“,

„Zelene nabavke“ i „Reverzne logistike“, dok se reproizvodnja pominje u kontekstu „Ekološkog menadžmenta“.

Mnogi od prethodno navedenih pristupa se preklapaju, ali svaki od njih ima drugačiji fokus u smislu smanjenja negativnog uticaja na životnu sredinu. Mogućnost integracije različitih pristupa uz primenu principa industrijske ekologije i industrijske simbioze nudi novi način razmišljanja i pruža obilje mogućnosti partnerima u lancu snabdevanja koji teže da na što efikasniji način razviju ekološki održivu mrežu lanaca snabdevanja.

5.1.1.1. Upravljanje zelenim lancem snabdevanja (eng. Green Supply Chain Management)

Aдекватno upravljanje lancem snabdevanja može doprineti povećanju kvaliteta proizvoda, eliminisati viškove zaliha, povećati efikasnost internih procesa i smanjiti suvišne troškove. U tom kontekstu nova paradigma upravljanja “zelenim” lancem snabdevanja predstavlja inovativni pristup stvaranju i korišćenju kompetencija preduzeća u određenom lancu snabdevanja. Koncepti upravljanja “zelenim” lancem snabdevanja (eng. *Green Supply Chain Management - GSCM*) ili upravljanja ekološki održivim lancem snabdevanja (eng. *Green Sustainable Supply Chain Management*) integrišu ekološki menadžment i upravljanje lancem snabdevanja.

Upravljanje “zelenim” lancem snabdevanja identifikuje ekološki uticaj i usmerava ostvarivanje ekološke dimenzije procesa i aktivnosti lanca snabdevanja kompanija. Zeleni lanac snabdevanja predstavlja pristup kojim se minimizira negativan uticaj proizvoda ili usluga na životnu sredinu. Koncept zelenog lanca snabdevanja obuhvata sve faze životnog ciklusa proizvoda, od eksploatacije sirovina, projektovanja i konstrukcije proizvoda do distributivne faze, njegove upotrebe, i na kraju odlaganja, gde bi se primenio neki od načina ponovne upotrebe (prerada, recikliranje, rekuperacija..) pre konačnog odlaganja.

Fokus u novom konceptu upravljanja zelenim lancem snabdevanja se pomera sa minimiziranja troškova na balans između troškova i uticaja na životnu sredinu (*Srivastava, 2007*). Upravljanje zelenim lancem snabdevanja je oblast u kojoj se kombinuju koncepti održivosti i logistike. Osnovni principi zelene logističke strategije su:

- optimizacija logističke organizacije (udruživanje logističkih operatera, optimizacija transportnih ruta, smanjenje ukupnog broja skladišta duž logističkog lanca, optimizacija transportnog rastojanja, smanjenje vremena isporuke i slično) i

- upotreba manje štetnih vidova transporta (vodni, železnički, kombinovani, intermodalni transport). Izgradnja zelenih terminala sa ciljem smanjenja energetske potrošnje i emisije CO₂ primenom alternativnih vidova energije (Zečević i Gojković, 2010).

5.2. Reverzna logistika – definicije i osnove pojma

Prostorni i vremenski procesi transformacije koji su karakteristični za logistiku, uslovljeni su ograničenim prirodnim resursima, ograničenim izvorima energije, kao i sve većim pogoršanjem kvaliteta životne sredine. Evropska unija donosi sve strožije propise o pakovanju proizvoda, transportu, upravljanju otpadom, što ukazuje na činjenicu da će sve veće angažovanje logistike biti upravo u području upravljanja i zbrinjavanja otpada.

Integrirani sistemi logistike obično omogućavaju kretanje proizvoda ka potrošačima. Međutim, logistički sistemi, u cilju smanjenja pritiska na životnu sredinu, moraju omogućiti reverzno kretanje proizvoda od potrošača ka ostalim subjektima u lancu snabdevanja. Ovakav sistem je poznat kao sistem reverzne logistike. Reverzna logistika se odnosi na aktivnosti logistike i veštine upravljanja koje se koriste za smanjenje, upravljanje i odlaganje otpada počev od ambalaže za jednokratnu upotrebu pa do različitih proizvoda (Luković & Glišović, 2016). Mere usmerene na smanjenje količine otpada otpočinju u prvoj fazi projektovanja proizvoda i uključuju čitav niz mera sagledavajući životni ciklus proizvoda, uz uključenje transporta i konačne dispozicije.

Istraživanja o reverznoj logistici su evoluirala tokom godina, a reverzna logistika je od strane autora koji su izučavali njene koncepte definisana na različite načine. Na samom početku istraživači i stručnjaci posvetili su više pažnje jednom smeru lanca snabdevanja zanemarujući obrnute (reverzne) tokove lanaca snabdevanja (Bernon & Cullen, 2007). Tradicionalni lanci snabdevanja (tkz. “*forward supply*”) koji podrazumevaju tok sirovina do gotovog proizvoda i potrošača su se proširili i na obrnuti tok proizvoda, od potrošača do izvora sirovina (Rodžers & Tibben-Lembke, 2001). Najraniju definiciju reverzne logistike dali su Marfi i Poist (Murphy & Poist, 1989) posmatrajući reverznu logistiku kao “*povratni tok proizvoda*”. Definicija reverzne logistike se vremenom menjala, od naglašavanja ekoloških aspekata, do povratka na originalne postulate koncepta. Reverzna logistika se odnosi na logističke aktivnosti smanjenja, upravljanja i povlačenja proizvoda i otpada iz proizvodnje, kao i na upravljanje proizvodima na kraju životnog ciklusa. Isto tako, reverzna logistika se vezuje za vraćanje delova ili čitavih proizvoda koji poseduju izvesnu vrednost u cirkulaciju, kao i na tretman tih proizvoda, pri čemu rezultat obrade ulazi u novi lanac snabdevanja, tj. ne završava uvek kao otpad.

Pojedini autori (*Rodžers & Tibben-Lembke, 1998*) su isticali svrhu reverzne logistike i doneli svoju definiciju baziranu na ranijoj formulaciji logistike Saveta za upravljanje logistikom (eng. *Council of Logistics Management*) po kojoj “reverzna logistika predstavlja proces planiranja, sprovođenja i kontrole efikasnog i ekonomičnog toka sirovina, zaliha, gotovih proizvoda i informacija od tačke njihovog nastajanja do tačke njihovog korišćenja prema zahtevima kupaca.” Pomenuti autori su definisali reverznu logistiku na sledeći način: “reverzna logistika predstavlja proces planiranja, implementiranja i kontrolisanja efikasnog i efektivnog toka sirovina, zaliha poluproizvoda, gotovih proizvoda i povezanih informacija, od mesta potrošnje do mesta porekla u cilju ponovnog dobijanja vrednosti ili adekvatnog odlaganja”. (*Rogers & Tibben-Lembke, 2001*). Od tada je definicija reverzne logistike dobijala nove dimenzije i dopune u značenju. *Lete (Leite, 2003)* je opisao reverznu logistiku kao “oblast poslovne logistike koja se bavi planiranjem, upravljanjem i kontrolisanjem toka proizvoda i logističkih informacija, koje se odnose na povratak prodatih proizvoda od krajnjeg kupca do procesa proizvodnje, uz pomoć reverznih distributivnih kanala, dodajući im različitu vrednost: ekonomsku, ekološku, pravnu, logističku, korporativnu.”

Definicija reverzne logistike se vremenom menjala i proširivala svoj okvir u skladu sa interesima istraživača i stručnjaka koji su je izučavali. Lanci snabdevanja podrazumevaju da se proizvodi uobičajeno kreću od proizvođača, dobavljača do potrošača, ali se često nužno ostvaruje kretanje i u obrnutom toku od potrošača do dobavljača i proizvođača. U literaturi o reverznoj logistici je ukazivano na ključne razloge zbog kojih se kompanije angažuju u procesu reverzne logistike, što je prikazano na slici 5.1. Program reverzne logistike može doneti direktnu dobit kompanijama kroz: smanjenje upotrebe primarnih sirovina, povećanje vrednosti vraćenih proizvoda i smanjenje troškova odlaganja otpada.



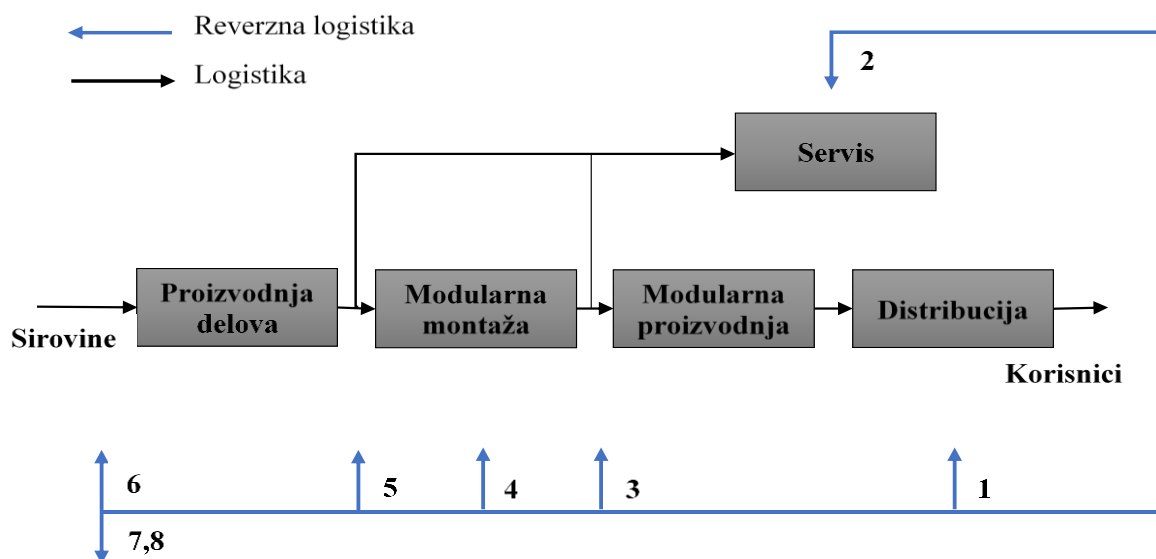
Slika 5.1. Osnovni razlozi za uključivanje kompanija u procese reverzne logistike

Koncept reverzne logistike su usvajale i industrije kao strateški alat za ekonomsku dobit i bolju sliku u društvu (Kannan et al., 2012a), a time i mogućnosti obezbeđenja konkurentne prednosti na tržištu (Stock & Mulki, 2009). Iako su mnoge industrije shvatile da je reverzna logistika neophodna za održivu konkurentnost, stav o vremenu prilagođavanja i implementacije sistema reverzne logistike nije jedinstven. Reverznu logistiku su kao koristan alat prepoznale neke od kompanija kao što su General Motors, Canon, Dell, HP itd. Žejeramo i Luo (Jaiaraman & Luo, 2007) su u svom istraživanju naveli da je Kodak povratio do osamdeset posto delova polovnih aparata zahvaljujući prepoznavanju koncepta reverzne logistike. Poslednjih godina je objavljen veliki broj radova koji se bave problemima projektovanja i optimizacije reverzno-logističkih sistema (Bostel et.al., 2005). Većina radova koja se bavi problemima sakupljanja u reverznoj logistici fokusirana je na probleme rutiranja vozila.

Reverzna logistika obuhvata niz aktivnosti usmerenih ka ekološki prihvatljivom odlaganju proizvoda ili sprovođenju prihvatljivog tretmana koji nema uticaj na životnu sredinu. Ove aktivnosti uključuju sakupljanje proizvoda, operacije testiranja i sortiranja, demontažu proizvoda, skladištenje, transport i sam proces sprovođenja neke od opcija obnavljanja. Dakle, reverzna logistika obrađuje sve operacije vezane za ponovnu upotrebu proizvoda i materijala. Reverzna logistika predstavlja razvojni put od nastanka “otpada” do mesta njegove ponovne upotrebe.

5.2.1. Elementi sistema reverzne logistike (karakteristike reverzno-logističke mreže)

Postoje različiti procesi reverzne logistike, koji su definisani od strane različitih autora. Teri i kolege (Thierry et al., 1995) uvode termin “upravljanje vraćenim proizvodima” (eng. *Product recovery management*) kojim opisuje sve aktivnosti vezane za tretman korišćenih i vraćenih proizvoda, komponentata i materijala, prikazane na slici 5.2. Pomenuti autor ističe da “upravljanje vraćenim proizvodima” u velikoj meri utiče na povraćaj ekonomske i ekološke vrednosti korišćenih proizvoda, i razlikuje tri kategorije aktivnosti: direktnu ponovnu upotrebu, aktivnosti obnavljanja proizvoda i upravljanje otpadom. Opcije obnavljanja iskorišćenih proizvoda u reverznoj logistici mogu predstavljati jednu ili kombinaciju nekoliko glavnih opcija obnavljanja (Thierry et al., 1995), kao što su ponovna upotreba, popravka, “kanibalizacija”, reciklaža i ponovna proizvodnja.



Upravljanje otpadom	1. Upravljanje vraćenim proizvodima		Direkna ponovna upotreba
7. Insineracija 8. Deponovanje	5. Kanibalizacija 6. Reciklaža	2. Popravka 3. Obnavljanje 4. Ponovna proizvodnja	1. Ponovna upotreba / ponovna prodaja

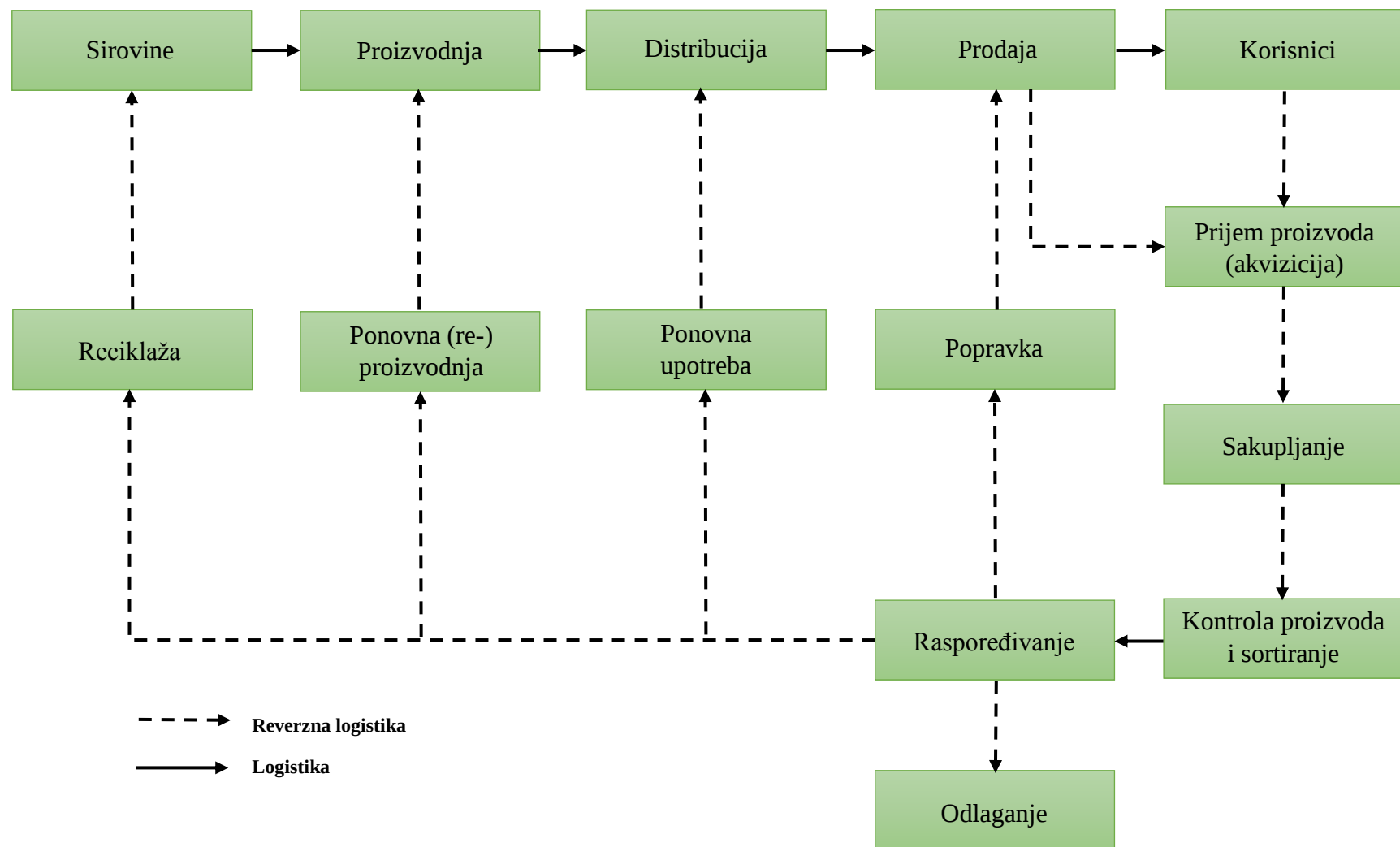
Slika 5.2. Integrirani lanac snabdevanja (Thierry et al., 1995)

Postoji nekoliko klasifikacija reverzno logističkih mreža predloženih od strane više autora. Neki autori (Bloemhof-Ruward & Salomon, 1997; Fleischmann, 2000; Zuluaga, 2005) klasifikuju reverzno logističke mreže prema obliku procesa obnavljanja na:

- Mreže za ponovnu proizvodnju;
- Reciklažne mreže i
- Mreže za direktnu ponovnu upotrebu.

Ključni elemenat reverzno – logističkih sistema je sakupljanje proizvoda koji su odbačeni od vlasnika ili krajnjeg korisnika. Sakupljanje predstavlja prvu i najznačajniju aktivnost reverzne logistike koja inicira sve ostale aktivnosti i koja mora biti planirana unapred kako bi se realizovala u skladu sa važećom zakonskom regulativom i kako bi sistem reverzne logistike bio profitabilan (Güngör & Gupta, 2011). U literaturi, većina autora (Giuntini & Andel, 1995b, Rodžers & Tibben-Lembke, 1998, Marku, et al., 2001; Berza, 2004; Lambert et al., 2011), definiše sistem reverzne logistike kroz četiri glavna koraka: prijem i analiza vraćenih proizvoda (eng. *gatekeeping*), sakupljanje (eng. *collection*), sortiranje (eng. *sorting*) i konačno odlaganje (eng. *disposal*). Korišćeni i vraćeni proizvodi se sakupljaju nakon upotrebe i pregledaju kako

bi se razvrstali u različite kategorije. U sledećim koracima korišćeni i vraćeni proizvodi dalje odlaze na preradu, ponovnu proizvodnju, reciklažu, ponovnu upotrebu ili krajnje odlaganje. Agrawal i kolege ističu da (Agrawal *et al.*, 2015), organizaciona struktura sistema reverzne logistike obuhvata prijem proizvoda, sakupljanje, kontrolu proizvoda i sortiranje / razvrstavanje i konačno odlaganje što je prikazano na slici 5.3.



Slika 5.3. Osnove procesa logistike i reverzne logistike (Agrawal et al., 2015)

Prijem, preliminarni pregled i analiza vraćenih proizvoda i ambalaže

Prvi korak u sistemu reverzne logistike je prijemno odeljenje za preliminarni pregled i analizu vraćenih proizvoda ili ambalaže radi odlučivanja da li je potrebno dalje sortiranje i tretman (Rodžers & Tibben-Lembke, 1998). Prijem proizvoda predstavlja proces nabavke iskorišćenih proizvoda, komponenata ili materijala od krajnjih korisnika, a u svrhu njihove dalje obrade. Sastoji se od skupa aktivnosti koje se obično izvršavaju u maloprodajnim radnjama kako bi se identifikovali proizvodi koji se vraćaju u sistem. Kako je vraćanje proizvoda neizvesno po pitanju vremena, količina i kvaliteta, prijem proizvoda je posebno značajan za uspešnu realizaciju reverzne logistike (Fleischmann, 2015). Prijem proizvoda je prvi korak i ključni proces za uspostavljanje profitabilne reverzne logistike jer omogućava kontrolu reverzno-logističkih troškova (Guide & Wassenhove, 2003; 2015).

Sakupljanje

Sledeći korak sistema reverzne logistike podrazumeva preliminarno sakupljanje proizvoda za narednu operaciju, na primer za ponovnu proizvodnju ili za proces reciklaže. Nakon prijema i preliminarnog pregleda, vraćeni proizvodi se sakupljaju i dostavljaju na kontrolu, sortiranje i raspoređivanje. Sakupljanje korišćenih proizvoda se odnosi na aktivnosti pri kojima firma dobija nazad svoje proizvode (Fleischmann, 2003). Postoje dve metode sakupljanja proizvoda koje se međusobno razlikuju u odnosu na nivo kontrole vraćenih proizvoda. Prva metoda predstavlja kolektivno vraćanje u kojima proizvođač nema kontrolu nad vraćenim proizvodima, dok je druga metoda individualno sakupljanje pri čemu proizvođači imaju potpunu kontrolu nad povraćajem svojih proizvoda. Izbor metode sakupljanja zavisi od troškova i od odluke proizvođača (Atasu, 2013).

Kontrola proizvoda i sortiranje

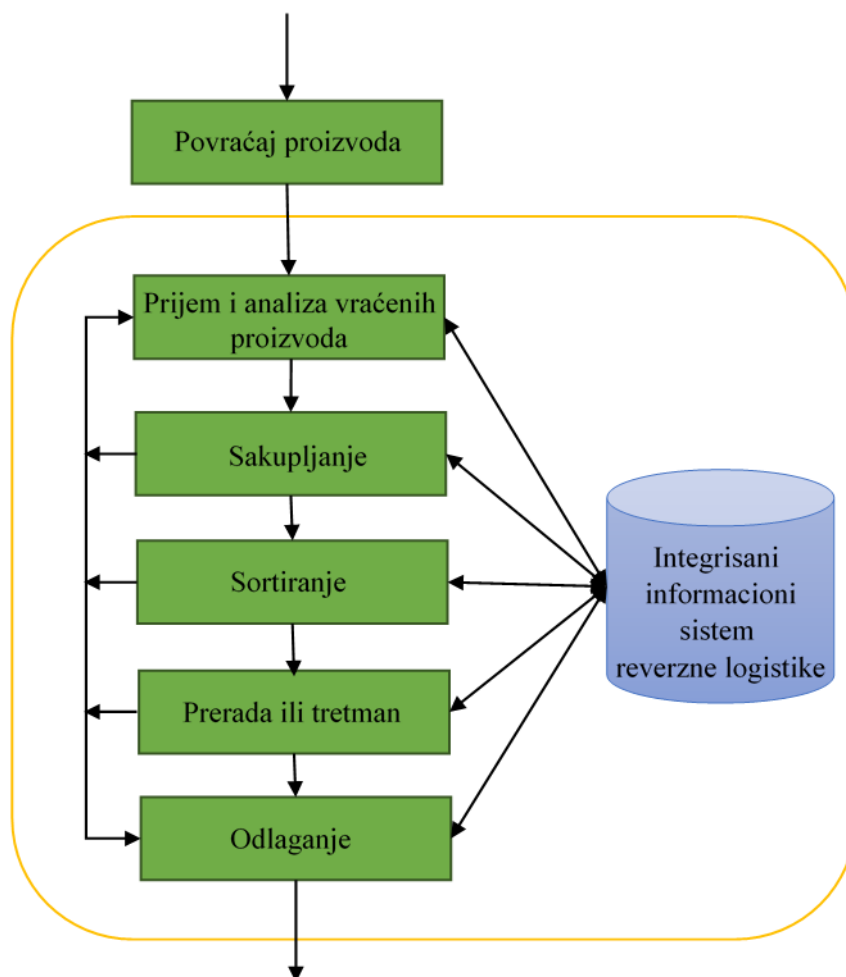
U fazi kontrole proizvoda i sortiranja (što predstavlja treći korak reverzne logistike) vrši se sortiranje vraćenih proizvoda za dalje faze: popravku, obnavljanje, re-proizvodnju, kanibalizaciju, recikliranje ili konačno odlaganje kao otpadni materijal (četvrta faza sistema reverzne logistike).

Raspoređivanje

Nakon kontrole proizvoda i sortiranja, neophodno je doneti odluke o raspoređivanju iskorišćenih proizvoda za dalje procese. Postoje različite opcije koje se mogu koristiti za

raspoređivanje iskorišćenih proizvoda. Pet najčešćih mogućnosti za ponovno korišćenje proizvoda koje su autori navodili su ponovna upotreba, popravka, ponovna proizvodnja, reciklaža i na kraju odlaganje (*Thierry, 1995; De Brito & Dekker 2002; Mutha & Pokharel 2009; 2015*).

Važno je navesti da su sistem upravljanja informacijama i sistem ponovnog korišćenja proizvoda dve osnovne komponente za efikasno upravljanje sistemom reverzne logistike. Informacioni sistemi su od koristi za upravljanje reverznim tokovima, kao i za efikasno komuniciranje između različitih učesnika u sistemu reverzne logistike (*Lambert et al., 2011*). Na slici 5.4. je prikazana integracija specijalizovanih informacionih sistema sa elementima sistema reverzne logistike.



Slika 5.4. Elementi sistema reverzne logistike (*Lambert et al., 2011*)

Reverzna logistika se obavlja kroz kanale povratne distribucije. Ovi kanali predstavljaju nove distributivne tokove i sadrže povratne aktivnosti, ponovnu upotrebu, reciklažu i pravilno

odlaganje materijala nakon korišćenja (*Pereira, 2012*). Akvino i kolege navode da (*Aquino et al., 2013*) postoje dva kanala reverzne distribucije koji se definišu kao:

- Kanali povratne distribucije upotrebljenih proizvoda (eng. *post-consumer goods*);
- Kanali povratne distribucije proizvoda sa tržišta (eng. *aftermarket goods*).

U navedenim oblastima reverzne logistike, kanali distribucije (post-potrošački i post-prodajni) se razlikuju po nivou ili fazi životnog ciklusa proizvoda. Ova razlika je suštinska, jer ostale razlike kao što su logistika proizvoda, povratni kanali, strateški ciljevi i operativne tehnike koje se koriste u obe oblasti, postoje, ali se i preklapaju (*Leite, 2003*). Reverzna logistika post-potrošnje je oblast delovanja koja se između ostalog odnosi na odbačene proizvode sa isteklim rokom trajanja ili one proizvode koji mogu biti ponovo korišćeni, kao i na industrijski otpad (*Leite, 2003*). Ovakvi proizvodi se vraćaju u proizvodni proces kroz specifične reverzno distributivne kanale, odnosno ponovnu upotrebu, demontažu, reciklažu. Reverznom logistikom se planira, upravlja i kontroliše povratni tok proizvoda koji su klasifikovani kao: upotrebljivi, neupotrebljivi i industrijski otpad. Reverzna logistika sekundarnog tržišta je aktivnost koja čini operativnim fizički protok proizvoda i logističke informacije povezane sa post prodajnim proizvodima, koji su slabo upotrebljivi ili uopšte nisu upotrebljivi, bilo iz komercijalnih razloga, ili zbog grešaka i nedostataka u procesu proizvodnje, oštećenosti prilikom transporta, itd.

Sledeća tri faktora su specifična za reverzno logističke mreže:

1. **Neizvesnost snabdevanja;** U reverznoj logistici se snabdevanje posmatra kao dodatni element neizvesnosti. Korišćeni proizvodi su mnogo manje standardizovan input nego tradicionalne komponente snabdevanja ili primarne sirovine, pa su kvalitet, količina i vreme povratka korišćenih proizvoda generalno neizvesni.
2. **Stepen centralizacije procesa testiranja i sortiranja;** Potreba za operacijama testiranja i sortiranja u reverznoj logistici je direktna posledica nesigurnosti snabdevanja. Stepem centralizacije procesa testiranja i sortiranja ima suštinski uticaj na potrebe za transportom u reverzno logističkoj mreži. Testiranje prethodno sakupljenih proizvoda u samom povratnom kanalu smanjuje ukupno transportno rastojanje tako što se ispitani proizvodi direktno šalju ka odgovarajućem sistemu prerade ili tretmana, a ovakav pristup obezbeđuje redukovanje transporta bezvrednog otpada. Sa druge strane, troškovi investicija za, na primer, najsavremeniju opremu za testiranje ili posebno obučenu radnu snagu mogu zahtevati centralizaciju operacija testiranja i sortiranja.

3. **Međusobna povezanost direktnih i povratnih tokova.** Još jedna značajna karakteristika povratno-logističkih mreža tiče se potencijalne sinergije između različitih tokova proizvoda. Dok tradicionalne distributivne mreže funkcionišu u jednom smeru, *closed loop* lanci obuhvataju višestruke tokove dolaska i odlaska proizvoda ukrštajući sopstvene putanje. Integrisanjem operacija reverznog i direktnog kanala redukuju se prekomerni troškovi. Međutim, ove mogućnosti integracije postavljaju i pitanje kompatibilnosti. Naime, zatvoreni lanci nabavke (eng. *closed loop supply chains*) nisu projektovani kao celina, ali se mogu realizovati dodavanjem aktivnosti reverzne logistike postojećoj distributivnoj mreži. Još uvek nije jasno da li ovakav sekvencijalni pristup predstavlja dobro rešenje ili se mora uzeti u razmatranje integralni redizajn celokupne *closed loop* mreže.

Neki od razloga zbog kojih se reverznoj logistici i logistici upravljanja industrijskim otpadom posvećuje više pažnje su:

- Zakonodavni okvir koji obavezuje kompanije (proizvođače) da primaju posle upotrebe natrag svoje proizvode. Primera radi, Direktiva Evropske unije *Directive 2012/19/EU on waste electrical and electronic equipments (WEEE)* propisuje sakupljanje, reciklažu i pravilno odlaganje elektronskih proizvoda na kraju životnog ciklusa (tzv. *End-of-Life* proizvoda);
- Ekonomska korist od korišćenja proizvoda vraćenih u proizvodni proces, umesto ostvarivanja velikih troškova deponovanja otpada;
- Kompleksan sistem upravljanja industrijskim otpadom koji obuhvata sve industrijske subjekte (generatore otpada) što zahteva velika ulaganja u prateću infrastrukturu, kao i dobru procenu logističkih troškova. Mnogi proizvodi se mogu ili reciklirati ili ponovo iskoristiti u drugoj proizvodnji. Navedena činjenica zahteva da projektanti sistema reverzne logistike definišu na koji način stimulisati potrošače da vraćaju korišćene proizvode. Pojedine kompanije nude finansijske podsticaje potrošačima ukoliko korišćene proizvode upute centrima za reciklažu.

Da bi bili u mogućnosti da otpadne proizvode i materijale učinimo dostupnim za reciklažu ili ponovnu upotrebu, neophodno je uspostaviti efikasne reciklažne mreže, odnosno omogućiti da otpadni materijali budu sakupljeni, reciklirani i kasnije ponovo iskorišćeni. Iako se brojne EU direktive odnose na različite vrste proizvoda na kraju životnog ciklusa i definišu određene

standarde, one u suštini ne pružaju dovoljno informacija o detaljnoj strukturi logističkih mreža, kao i o tehnologijama za sprovođenje operacija povratne logistike (*Vidović i dr., 2010*).

5.2.2. Projektovanje reverzno logističke mreže

Projektovanje reverzno logističke mreže je jedno od značajnih strateških pitanja koje može imati dugoročan uticaj na reverznu logistiku. Strateško odlučivanje o reverzno-logističkim mrežama uglavnom se odnosi na projektovanje mreža, objekata čiju lokaciju i region mreža treba da pokrije, kao i na predviđanje njihovog kapaciteta ili veličine (*Derito & Dekker, 2002*). Ovakve odluke zahtevaju velike investicije i dugoročno planiranje. Ključne odluke pri dizajniranju ovakvih sistema se odnose na lokaciju novih postrojenja, njihovo dimenzionisanje, izbor novih proizvodnih linija, definisanje transportnih sistema itd. Pri definisanju lokacije objekata i njihovog dimenzionisanja potrebno je uzeti u obzir i reverzno logističke tokove i aktivnosti. Lu (*Lu, 2003*) je predložio hijerarhijski okvir za planiranje reverzne logistike u kojoj strateški nivo planiranja obuhvata:

- Projektovanje logističke mreže uzimajući u obzir logističke i reverzno logističke tokove: određivanje broja i lokacija svih vrsta logističkih objekata i kapaciteta uključujući industrije, skladišta, distributivne centre tradicionalnih logističkih mreža. Strateške odluke projektovanja vezane za same granice reverzno-logističke mreže uključuju izbor metode sakupljanja / akvizicije, procesa sortiranja i ponovne prerade, kao i definisanje različitih transportnih sistema.
- Određivanje potrebnih kapaciteta / resursa za sve navedene objekte, kao i alokaciju resursa svakom navedenom objektu.

Taktičke odluke planiranja fokusirane su na proces korišćenja resursa u okviru strateškog plana. Osnovni ciljevi taktičkog odlučivanja se odnose na rešavanje alokacije resursa u zavisnosti od kapaciteta objekta, dostupnosti radne snage, skladištenja i distribucije resursa. Reverzni tokovi moraju biti integrisani u sveukupne aktivnosti logističkih tokova: upravljanje i skladištenje sirovina, transport, nabavku, planiranje proizvodnje i upravljanje zalihama.

Projektovanje reverzno logističke mreže je ispitivano za različite poslovne situacije kroz različite tehnike modeliranja, jer je rast troškova upravljanja otpadom uticao na povećanje potrebe za njegovim recikliranjem. Karakteristike reverzno logističke mreže za reciklažu otpada određuju njenu konfiguraciju. Postojeće metode u mrežnom modeliranju obuhvataju neka od ključnih pitanja koja se odnose na projektovanje mreže, kao što su: struktura mreže,

određivanje lokacije, projektovanje kapaciteta postrojenja za preradu, formiranje mreža sa više dobijenih korisnih proizvoda (eng. *network with multi-commodity*), kao i projektovanje održivih mreža. Reverzno logistička pitanja i projektovanje mreže reverzne logistike je istraživao veliki broj autora. Model mešovitog celobrojnog programiranja za logistički sistem reciklaže papira sa promenljivim prioritetima distributivne mreže formulisao je Pati (Pati, 2008). Zebalus (Zeballos, 2012) je razvio model istovremeno koristeći planiranje i dizajn u uslovima neizvesnosti u smislu kvantiteta i kvaliteta protoka proizvoda za portugalsku kompaniju koja proizvodi staklo. Modeli reciklažnih mreža pomažu pri strateškom odlučivanju koje se odnosi na broj objekata, lokaciju, region, njihov kapacitet i veličinu. Metodologije rešenja koje su primenjivane uključuju uzročno, stohastičko modeliranje, simulaciju i heurističke metode (Agrawal et al., 2015).

U pogledu strukture mreže, većina mreža reverzne logistike ima konvergentnu, pre nego divergentnu mrežnu strukturu. Flajšman i kolege (Fleischmann et al., 2001) su razvili generički MILP model, model mešovitog celobrojnog linearnog programiranja (eng. *Mixed Integer Linear Programming - MILP*), koji se koristi pri projektovanju mreže za ponovnu upotrebu proizvoda, što je u njihovom radu prikazano kroz primer reciklaže papira. U navedenoj postavci, model ima tri nivoa objekata koji se posmatraju za jednu vrstu proizvoda (centre za testiranje, proizvodna postrojenja i postrojenja za preradu proizvoda, i distributivna skladišta), a uključuje dva načina postupanja sa proizvodima nakon upotrebe – tok konačnog odlaganja proizvoda (odlaganje na deponije) i tok proizvoda koji su predviđeni za obnavljanje, pri čemu je opcija obnavljanja ograničena na određenu vrednost maksimalnog profita (Fleischmann et al., 2001).

Kada je reč o zbrinjavanju otpada, u reverznom lancu snabdevanja pri projektovanju reverzno logističkih mreža potrebno je razmotriti i lokacije kao što su transfer stanice ili druge lokacije za transfer otpada do konačnog odlagališta. Neke studije o reverznoj logistici se bave problematikom odlučivanja o lokaciji i projektovanju postrojenja za preradu otpada. Kod takvih modela, konvergentna struktura mreže sa velikim brojem izvora se svodi na nekoliko mesta potražnje u lancu snabdevanja.

U modelima reciklažne logistike, Lowers i saradnici (Louwers et al., 1999) su projektovali mrežu za reciklažu otpadnih tepiha i predložili lokacijsko-alokacijski model za određivanje lokacije i ponovnu distribuciju otpadnih tepiha. Huang i kolege (Huang et al., 2002) su uveli model mešovitog fuzzy linearnog programiranja (eng. *interval fuzzy capacity expansion integer programming model*) za podršku odlučivanju u slučaju potrebe za povećanjem kapaciteta postrojenja za reciklažu. Gomeš je sa kolegama (Gomes et al., 2011) modelirao

mreže za reciklažu elektronskog i električnog otpada u Portugaliji. Ovi autori su predložili model mešovitog celobrojnog linearnog programiranja u kome se najbolje lokacije centara za prikupljanje i sortiranje otpada biraju u toku procesa mrežnog planiranja. U navedenom istraživanju uzeti su obzir procesi višestruke reciklaže, tj. reciklaže više vrsta otpada u jednom lancu snabdevanja.

Veliki broj novijih istraživanja je posvećen izazovima za unapređenje održivosti ključnih performansi lanca snabdevanja. Pitanja zaštite životne sredine su postala važan parametar pri projektovanju logističkih mreža, a cilj većine studija je da se dokaže da postoji balans između profita i uticaja na životnu sredinu. Novi koncept upravljanja „zelenim” lancem snabdevanja, koji kombinuje koncepte održivosti i logistike, predstavlja pomak sa minimiziranja troškova na ostvarivanje balansa između troškova i uticaja na životnu sredinu (Srivastava, 2007). Integraciju ovog koncepta u proces projektovanja održive logističke mreže uz pomoć metode višekriterijumskog programiranja (eng. *multi-objective programming*) opisali su Neto i saradnici (Quariguasi Frota Neto et al., 2008). Neki istraživači (Chaabane et al., 2012) su koristili model mešovitog celobrojnog linearnog programiranja kao okvir za projektovanje održivog lanca snabdevanja i dokazali da efikasne strategije upravljanja emisijom ugljendioksida mogu pomoći u ostvarivanju održivosti na ekonomski isplativ način. Navedene činjenice ukazuju da postoji tendencija uvođenja parametara održivosti u modeliranje mreža reverzne logistike.

Može se zaključiti da modeliranje reciklažnih mreža obuhvata:

- sakupljanje otpada,
- formiranje strukture mreže,
- projektovanje kapaciteta postrojenja,
- lociranje objekata za reciklažu otpada i definisanje transportnih veza,
- rukovanje različitim vrstama otpada,
- primenu strategije multimodalnosti i
- pronalaženje balansa između emisija i ekonomskih problema.

5.3. Održiva logistika (dilema logistike u okviru održivog razvoja)

Da bi se omogućilo održivo korišćenje primarnih resursa, potrebno je uspostaviti niz različitih strategija, planova i projekata koji se najčešće odnose na razvoj i promovisanje novih modela proizvodnje i potrošnje, kao i na favorizovanje lokalne mreže u lancima snabdevanja. Skorija istraživanja navode na zaključak da je sledeći korak na koji treba obratiti pažnju interakcija između održivosti i lanca snabdevanja. Iako postoji veliki broj naučnih radova na temu ekoloških operacija, politika i strategija zaštite životne sredine, eko-dizajna proizvoda, odnosa sa dobavljačima i upravljanja proizvodima po isteku njihove upotrebne vrednosti, teško je napraviti korak napred u pogledu rešavanja sistemskih pitanja koja se odnose na održivost, upravljanje životnom sredinom i lancima snabdevanja (*Linton et al., 2007*).

Fokus na lance snabdevanja predstavlja korak ka usvajanju i razvoju koncepta održivosti, budući da se u lancu snabdevanja prati tok proizvoda od početne prerade sirovina do isporuke kupcima. Međutim, održivost mora integrisati pitanja i tokove koji se nalaze izvan fokusa upravljanja lancem snabdevanja, kao na primer: dizajn proizvoda, proizvodnju nusproizvoda, produžetak radnog veka proizvoda, tretman proizvoda na kraju životnog ciklusa i procese reciklaže (obnavljanja) proizvoda nakon upotrebne veka. Godine 2004. formirano je međunarodno neprofitno udruženje pod nazivom Evropska mreža za održivu regionalnu logistiku (eng. *European Network for Sustainable District Logistics – ENSDL*) sa ciljem promovisanja održive regionalne logistike, novog pristupa za analizu i poboljšanje logistike u određenom regionu (sa posebnim osvrtnom na uticaj logističkih operacija na životnu sredinu, kao i na društveni i ekonomski aspekt). Na Konferenciji održanoj u gradu Arezzo u Italiji pod nazivom “*Spreading Sustainable District Logistics*” 2004. godine, predstavljen je pristup održive regionalne logistike (eng. *Sustainable District Logistics - SDL*) kojim se teži prevazilaženju negativnih implikacija logistike na veliki broj privrednih aktivnosti u okviru izabranih geografskih regiona. Prema zaključcima Inesto projekta (*INNESTO Project, 2004*) pristup održive regionalne logistike obuhvata:

- Održivu dostupnost robe, usluga, stručnog kadra, mesta i informacija, što predstavlja uslov za poboljšanje kvaliteta života na osnovu jednakosti pojedinaca, teritorijalnog razvoja i generacija posmatrajući lokalnu i globalnu dimenziju.
- Učešće, saradnju, umrežavanje, pregovaranje i zajedničku viziju.
- Teritorijalne uprave zasnovane na holističkoj viziji uzimajući u obzir i potrebe budućih generacija.

- Razvoj novih metodologija kroz istraživanja i analizu tržišne strategije (proizvodnja i potrošnja) na regionalnom nivou i sa koristima za lokalna preduzeća.

Pristup održive regionalne logistike je usmeren ka promeni paradigme dosadašnjeg pristupa logistici. Ova promena se može opisati kroz osnovnu definiciju koja bliže objašnjava pojam logistike i razvijenu definiciju održive regionalne logistike. Dok je logistika definisana na sledeći način: „Logistika je proces planiranja, primene i kontrole efikasnog i efektivnog toka (i skladištenja) sirovina, dobara u procesu proizvodnje, gotovih proizvoda, usluga i sa njima povezanih informacija, od mesta porekla do mesta potrošnje, i pri tome obuhvatajući ulazna (inbound), izlazna (outbound), interna i eksterna kretanja, u cilju prilagođavanja zahtevima potrošača“ (*Council of Logistics Management ECMT/OECD, 1997*), definicija održive regionalne logistike glasi: “Održiva regionalna logistika (SDL) predstavlja integrisano upravljanje tokovima materijala, energije i informacija u kohezivnom teritorijalnom sistemu⁵ u cilju poboljšanja dostupnosti proizvoda, usluga, stručnog kadra i mesta, kao i očuvanje i obnavljanje raspoloživih resursa (ljudskih, prirodnih i antropogenih resursa)” (*INNESTO Project, 2004*).

Održiva regionalna logistika ima za cilj da doprinese usvajanju koncepta održivog razvoja, koji je formulisan u nizu dokumenata Evropske unije, među kojima se ističu:

- Strategija Evropske unije za održivi razvoj (eng. *A sustainable Europe for a Better World: A European Union Strategy for Sustainable Development (Communication from the commission, 2001)*);
- Evropska politika transporta (eng. *European transport policy for 2010: time to decide (EC, 2001)*);
- Evropska uprava (eng. *European Governance - Communication from the commission, 2001*).

Osnovna pitanja koja razmatra pristup održive regionalne logistike su:

- Kako logistika može doprineti održivom razvoju?
- Na koji način kreirati upravljanje logistikom?
- Na koji način kombinovati interese različitih interesnih grupa održive regionalne logistike?
- Na koji način planirati i upravljati logistikom usmerenom ka održivom razvoju?

⁵ koheziona politika predstavlja smanjenje nejednakosti socijalne i ekonomske prirode.

- Kako upravljati kompleksnim logističkim sistemom?
- Kako koncept održivog menadžmenta kvaliteta (eng. *Sustainable Quality Management*) može biti koristan za transformaciju logistike ka održivim modelima?

Logistika se odnosi na upravljanje dostupnim resursima i na pitanja jednakog pristupa sredstvima za proizvodnju, kupovinu, usluge i potrošnju. Upravljanje „dostupnošću“ definiše kako se raspoloživi resursi (ekonomski, ekološki i društveni) mogu koristiti. Upravljanje, kao i dostupnost, zahteva integraciju velikog broja elemenata koji su dobro povezani. Drugim rečima, logistika povezuje teritorijalne sisteme, tako što obezbeđuje međusobne veze između resursa tokom njihovog životnog ciklusa, od nabavke proizvoda, preko transformacije i distribucije do finalne upotrebe. Ona predstavlja vezu materijalnih i nematerijalnih sredstava u različitim vremenskim i prostornim okvirima. Zbog izraženog kapaciteta za povezivanje, u logistici su mogući višestruki tokovi različitog intenziteta – protok materijala, energije, informacija, ljudi i znanja. Održiva regionalna logistika omogućava nesmetani protok, međuzavisnost i povezivanje unutar i između različitih teritorija, uzimajući u obzir osnovne dimenzije lokalnog razvoja kako bi se na ekonomski isplativ način osigurao kvalitet robe i usluga. U tom kontekstu, neke od osnovnih aktivnosti koje treba preduzeti su:

- reorganizacija logističkih lanaca u kojima se favorizuju lokalne mreže proizvodnje i potrošnje;
- inkorporacija društvenih troškova i troškova životne sredine;
- promovisanje eko-efikasnosti proizvoda i procesa proizvodnje tokom celog životnog ciklusa;
- integracija unutrašnjih i eksternih, međusobno povezanih sistema organizacije;
- upotreba informacionih i komunikacionih tehnologija u kombinaciji sa integracijom logističkih usluga (reverzna logistika, multi-operativni i multimodalni transport, itd.).

Rezultati ovih aktivnosti mogu biti smanjenje neželjenih kretanja, intenziteta saobraćaja i zagušenja, zamenom fizičkog prenosa informacija (nematerijalni transport). Time se postiže dematerijalizacija lokalne ekonomije čime se ostvaruje pozitivan uticaj na životnu sredinu (npr. smanjenje potrošnje energije i upotrebe prirodnih resursa). Koherentnom teritorijalnom reorganizacijom moguće je postići smanjenje troškova poslovanja, ali i troškova zaštite životne sredine. Sa aspekta poslovnog upravljanja, logistički troškovi kompanije (npr. troškovi upravljanja zalihama, troškovi skladištenja i rukovanja materijalima, administrativni troškovi i

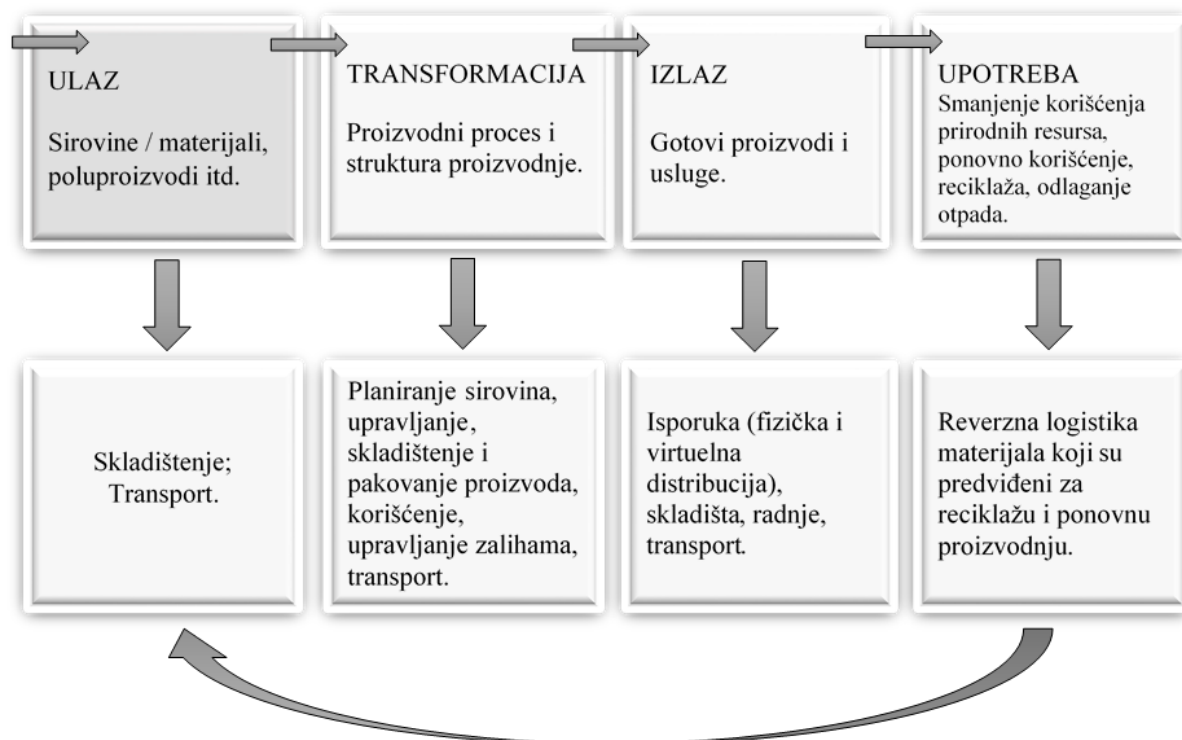
troškovi transporta) se mogu smanjiti dugoročnim planiranjem i primenom inovativnih metoda. Mnogobrojne koristi proističu iz primene metoda eko–efikasnosti na nivou određenog regiona. Kompanije koje imaju dobru međusobnu saradnju mogu ulagati napore u razvoj novih tehnologija i procesa kako bi s jedne strane smanjile potrošnju resursa, zagađenje životne sredine i izbegle ekološki rizik, a s druge strane postigle finansijske uštede. Otpad iz jednog proizvodnog procesa može biti od izuzetne vrednosti u drugom procesu. Transportno rastojanje i vreme prenosa materijala se može optimizovati kroz tokove materijala na nivou oblasti ili regiona. Ovaj cilj je moguće ostvariti ukoliko postoji saradnja između kompanija i lokalnih vlasti na regionalnom nivou, u vidu partnerstva i umrežavanja radi boljeg teritorijalnog upravljanja materijalnim tokovima. Moguća je integracija različitih pristupa logistici i logističkom menadžmentu, kao što je prikazano u tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Integracija načela i definicije različitih pristupa logistici i logističkom menadžmentu (*INNESTO Project, 2004*)

9 mehanizama logistike	Ciljevi logistike “8R”	7 dimenzija eko efikasnosti
Planiranje i strategija marketinga (analiza uticaja projektovanja i marketinga na izbor materijala i njegovu distribuciju)	Pravi material	Smanjiti intenzitet upotrebe materijala i usluga.
Kupovina (istraživanje i selekcija dobavljača, pregovori, postizanje poslovnih sporazuma)	Prava količina	Smanjiti intenzitet upotrebe energenata i usluga.
Planiranje proizvodnje (planiranje kapaciteta i izbor lokacija industrijske proizvodnje, raspoređivanje i planiranje resursa za proces proizvodnje, kontrola i monitoring)	Pravi kvalitet	Smanjiti količinu otpada. Povećati efikasnost upotrebe materijala.
Skladištenje i manipulacija materijalima (skladištenje, manipulacija i pakovanje proizvoda)	Pravo mesto	Reciklirati materijal što bliže mestu nastanka otpada.
Upravljanje zalihama (kontrola toka proizvoda, minimalno vreme zadržavanja, smanjenje rasipanja i zastarevanja).	Pravo vreme	Maksimizirati upotrebu obnovljivih resursa.
Magacini i skladišta (izbor lokacija, kapaciteta, operacija)	Pravi metod	Produžiti trajnost proizvoda i izabrati način i mesto za tretman.
Transport	Pravi troškovi	Povećati efikasnost nabavke materijala i usluga.

9 mehanizama logistike	Ciljevi logistike "8R"	7 dimenzija eko efikasnosti
(upravljanje ulaznim i izlaznim magacinom; planiranje i usmeravanje)		
Korisnička podrška (predviđanje potreba, podizanje nivoa usluga, obrada narudžbina i korisnički servis)	Prave impresije	
Tehnička podrška (upravljanje sistemima podrške logističkim aktivnostima)		

Logističke aktivnosti u okviru sistema kvaliteta mogu biti predstavljene kao što je prikazano na slici 5.5.



Slika 5.5. Logistika u okviru sistema kvaliteta (INNESTO Project, 2004; Glišović et al., 2014)

Održiva regionalna logistika razmatra osnovno pitanje: "Kako strateški planirati i upravljati logistikom u cilju obezbeđivanja implementacije održivog razvoja kroz bolje teritorijalno upravljanje?" Pristup održive regionalne logistike obuhvata tri dimenzije koje se međusobno preklapaju:

- integrisanu viziju održivosti (kroz upravljanje kvalitetom);

- primenu ekonomskog sistema koji doprinosi napretku regiona;
- principe strateškog menadžmenta; uključivanje globalnih i lokalnih aktera u procese donošenja odluka; obezbeđenje pristupačnosti / dostupnosti resursa.

Ekonomski aspekti održive regionalne logistike su:

- logistički troškovi u poslovnim organizacijama (troškovi planiranja, troškovi upravljanja zalihama, administracije, marketinga, skladištenja, transporta, nabavke energenata);
- procentualni udeo troškova logistike u odnosu na ukupni BDP, prosečan broj zaposlenih u logističkim kompanijama, međuzavisnost uvozno-izvoznih tokova;
- struktura distribucije i trgovine;
- intenzitet i struktura transporta koji je pod uticajem logističkih strategija (ostvareni tona-kilometri ili intenzitet transporta putnika i tereta u odnosu na BDP, modalna raspodela, kamionski transport – pređeni km po jedinici BDP, faktor opterećenja saobraćaja, procena vremena i troškova zbog zagušenja saobraćaja).

Aspekti od značaja za zaštitu životne sredine koje održiva regionalna logistika razmatra su:

- upotreba zemljišta (zastupljenost industrijskog zemljišta, zastupljenost zelenih površina, udaljenost od zaštićenih oblasti, gustina naseljenosti, dužina puteva u kilometrima za drumski, železnički i vodeni transport);
- upotreba resursa (procentualno učešće tretiranog otpada u zavisnosti od tipa obrade, potrošnja energenata, količina energije proizvedena iz obnovljivih izvora energije, neophodne investicije koje se odnose na smanjenje zagađenja životne sredine);
- uticaj na životnu sredinu – uticaj na zagađenje vazduha (koncentracija emitovanih gasova staklene bašte).

Glavni društveni aspekti, koji su obuhvaćeni teritorijalnim logističkim sistemom su:

- struktura stanovništva koje je “krajnji korisnik” logističkih aktivnosti (starosna struktura stanovništva, prosečna stopa nezaposlenosti, prosečni dohodak po stanovniku);
- ulaganja u ljudski kapital (nivo obrazovanja stanovništva, ulaganje u obuku i obrazovanje stanovništva);

- zdravstveno stanje stanovništva (broj saobraćajnih nesreća, procena troškova koji su posledica saobraćajnih nezgoda, procena gubitka vremena po stanovniku zbog zagušenja saobraćaja).

Logistički menadžment treba da predstavlja:

- integraciju više zainteresovanih strana koje mogu doći do tzv. *win-win* rešenja, tj. rešenja koja će maksimalno zadovoljiti sve zainteresovane strane (npr. *stakeholdere* iz javnog, privatnog i društvenog sektora);
- integraciju više nivoa upravljanja kojom će se poboljšati primena načela *subsidiarnosti* i unaprediti menadžment različitim procesima;
- integraciju različitih interesa, kada je razumevanje određenih stavova i problema značajno za pronalaženje odgovarajućih rešenja, novih saznanja i inovacija;
- multikulturalnu integraciju u kojoj se uspešno komunicira zajedničkim jezikom između različitih kultura;
- multidisciplinarnu integraciju u kojoj je moguće kombinovati različita znanja, veštine i iskustva na adekvatan način.

Ovakav nivo integracije je neophodan da bi se smanjio intenzitet materijalnih tokova i maksimiziralo održivo korišćenje obnovljivih resursa kroz:

- favorizovanje lokalnih mreža i novih stilova proizvodnje i potrošnje;
- promovisanje pristupa orijentisanog ka lokalnom razvoju;
- unapređenje ponovne upotrebe i reciklaže materijala;
- produženje veka trajanja proizvoda;
- zamenu upotrebe materijalnih dobara odgovarajućim uslugama;
- zamenu fizičkog kretanja sirovina i proizvoda (zamenom transporta) drugim sredstvima za upravljanje proizvodima i uslugama (npr. informacionim tehnologijama);
- organizovanje transporta na optimalan način.

Upravljanje u okviru održive regionalne logistike

Održiva regionalna logistika obuhvata složene međusobne odnose između učesnika u logističkim procesima (preduzeća, pojedinci i zajednica). Cilj održive logistike je razvoj kompetencija učesnika u procesu i njihovog kapaciteta za donošenje odluka. Održiva regionalna logistika podstiče „*novo društveno i teritorijalno uređenje*” kojim utiče na:

- jačanje fer partnerstva i kapaciteta zainteresovanih strana da razumeju različitosti i otkriju širok spektar međusobnih veza između kompanija i unutar teritorijalnog mrežnog sistema;
- realizaciju principa subsidijarnosti kroz fleksibilan spoj različitih elemenata: nadležnosti, procedure, pravni sistem, principi proizvodnje i potrošnje, transporta i distribucije;
- podsticanje učešća svih zainteresovanih strana u logističkom procesu, uzimajući u obzir njihove različite interese u procesima zajedničkog odlučivanja;
- razvoj fer pristupa robi, uslugama, ljudima i lokacijama, uz poštovanje „društvene jednakosti” u prostornom i vremenskom domenu;
- raspoloživost resursa, uzimajući u obzir ekonomske, ekološke i društvene aspekte.

Održiva regionalna logistika, kao sastavni deo složene dinamike u određenom kontekstu, je društveno definisan sistem za upravljanje procesima mrežne logistike na nekoj teritoriji, u kome se lokalni resursi koriste na transparentan, razvojno orijentisan i održiv način.

Učesnici i zainteresovane strane u održivoj regionalnoj logistici

Održiva regionalna logistika je pristup koji je usmeren ka integraciji unutrašnjih i međusobno povezanih organizacionih sistema, uz uvažavanje njihovih različitosti, različitih interesa, kao i različitih nivoa i dimenzija odlučivanja. Učesnici u ovom sistemu su teritorijalno povezane interesne grupe, kompanije, društvene organizacije i javni sektor (lokalne samouprave). Učesnici u logističkim procesima (dobavljači, proizvođači, potrošači, lokalne zajednice, ekosistemi, itd.) predstavljaju entitete sa različitim ekonomskim, društvenim i ekološkim stavovima i interesima. Druge grupacije učesnika, koje su izuzetno uticajne u procesima održive regionalne logistike, su eksterni akteri (stejkholderi): regionalne i nacionalne vlade kao i različite regionalne, nacionalne i evropske asocijacije.

Tabela 5.2. Vrste učesnika (interesnih grupa) i njihova očekivanja (Strati et al., 2004)

Interesne grupe	Očekivanja
Proizvođači i dobavljači; Mala i srednja preduzeća i velike kompanije (zaposleni, menadžeri, preduzetnici)	Povećanje profita; Smanjenje logističkih troškova; Efikasnost logistike i pojednostavljenje procedura;
Prodavci u velikim i malim trgovinama	Stabilni i trajni odnosi;
Logistički operatori	Nova tržišta, novi klijenti i odnosi;
Transportne kompanije u zavisnosti od vrste transporta (drumski, železnički, vodeni, vazdušni)	Saradnja i podrška javnog sektora; Sigurnost zaposlenja; Bezbednost i zdravlje na radu; Obuka i razvoj profesionalne karijere.
Lokalna samouprava i administracija	Planiranje procedura i efikasnost rada u odgovarajućim oblastima nadležnosti i odgovornosti; Smanjenje ekoloških i socijalnih pritisaka; Smanjenje javne potrošnje; Podizanje nivoa obučenosti i stručnosti zaposlenih.
Javnost (građanstvo i zajednice)	Jednake mogućnosti pristupa proizvodima i uslugama; Efikasna logistika, transport i informacione usluge; Efikasne i odgovorne institucije; Bolji kvalitet života, smanjenje uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi.
Životna sredina	Smanjenje korišćenja prirodnih resursa; Smanjenje zagađenja životne sredine; Poštovanje biodiverziteta i ekosistema.
Buduće generacije	Očuvanje resursa neophodnih za budući održivi razvoj.

Prema zaključcima Innesto projekta (*INNESTO Project, 2004*), postoje četiri prepoznatljive faze u pripremi projekata zasnovanih na pristupu održive regionalne logistike (*Glišović et al., 2014*):

- Analiza zainteresovanih strana (*eng. Stakeholders Analysis*) predstavlja identifikaciju i uključivanje lokalnih subjekata (zainteresovanih strana) u projekte održive regionalne logistike, a oni imaju različite interese u skladu sa specifičnim okolnostima i pitanjima koja se tiču izabranog lokalnog konteksta.
- Analiza lokalnog konteksta (*eng. Local Contexts Analysis – LCA*) služi da se logistika i prostorno planiranje preorijentišu ka održivom razvoju, sa ciljevima koji se zasnivaju na aktuelnim zaključcima i na odabranim indikatorima. Ukupne karakteristike (ekonomske, društveno-kulturne i ekološke) svakog teritorijalnog sistema se uzimaju u obzir zajedno sa najvažnijim projektima, planovima i programima. Cilj je da se uoče

međusobne veze između trenutnih logističkih situacija i očekivanih logističkih trendova, kao i da se pretpostavi uticaj logističkih aktivnosti na teritorijalne sisteme. Analiziraju se: prednosti (*eng. strengths*), slabosti (*eng. weaknesses*), mogućnosti (*eng. opportunities*) i pretnje (*eng. threats*). Za svaki aspekt pristupa održive regionalne logistike potrebno je identifikovati listu indikatora koji se mogu prilagoditi regionalnim specifičnostima.

- Analiza regionalne logistike (*eng. District Logistics Analysis – DLA*) služi da se integrišu hipoteze inovativnih opcija koje su definisane kroz analizu lokalnog konteksta (LCA), ispitivanjem logističkih tokova i poslovnih performansi. Analiza regionalne logistike se bazira na glavnim karakteristikama logističkih tokova i poslovanja. U okviru analize regionalne logistike obavlja se prikupljanje podataka od strane lokalnih preduzeća kroz upotrebu upitnika i intervjua. Tokom analize regionalne logistike razrađuju se rezultati koji su u korelaciji sa hipotezama analize lokalnog konteksta kroz integraciju i, ako je potrebno, modifikaciju.
- Lokalne radionice (*eng. Local Scenario Workshops – LSW*) služe za utvrđivanje zajedničke, lokalne platforme i pravaca ka budućem razvoju sistema održive regionalne logistike, kao i za validaciju hipoteze nastale na osnovu LCA i DLA u skladu sa koherentnom vizijom budućeg razvoja.

6. KLASIFIKACIJA LOKACIJSKIH PROBLEMA U LANCIMA SNABDEVANJA I MODELIRANJE

6.1. Klasifikacija lokacijskih problema u lancima snabdevanja

Lociranje nekog proizvodnog pogona, skladišta, distributivnog centra, transfer stanice, deponije otpada, itd., predstavlja kompleksan zadatak strateškog planiranja. Realizacija ovih zadataka povezana je sa visokim investicionim ulaganjima, kao i značajnim rizicima kako u finansijskom pogledu, tako i u pogledu zaštite životne sredine (*Vidović i dr., 2010*). Lokacijski problemi se odnose na određivanje pozicije nekog objekta ili grupe objekata u prostoru, dok se teorija lokacije bavi matematičkom interpretacijom i rešavanjem tih problema. Teorija lokacije spada u oblast primenjene matematike i operacionih istraživanja, čiji se rezultati najčešće koriste za rešavanje praktičnih i inženjerskih problema. U opštem slučaju, „problem spada u lokacijski ako je neka od promenljivih (nepoznatih) u zadatku optimizacije lokacija nekog objekta, odnosno, ako su njene koordinate u dvodimenzionalnom ili trodimenzionalnom realnom prostoru“ (*Mladenović, 2004*).

Početak izučavanja lokacijskih problema vezuje se za francuskog matematičara Pjer de Fermata (Fermat Pierre de 1601–1665), koji je početkom XVII veka postavio lokacijski problem: “za zadate tri proizvoljne tačke u ravni locirati četvrtu, tako da zbir rastojanja između četvrte tačke i zadate tri, bude minimalan” (*Mladenović, 2004; Bojić, 2013*). Začetnikom moderne lokacijske analize smatra se ekonomista *Alfred Weber* koji je 1909. godine, predložio težinski model s tri tačke u problemu nalaženja lokacije fabrike, a sa ciljem minimizacije transportnih troškova od fabrike do tri grupe snabdevača sirovinama (*Teodorović, 2007*). Weber prepoznaje značaj i uticaj lokacije sirovina u odvijanju proizvodnih procesa u industriji, odnosno značaj minimizacije troškova transporta u industriji, jer traga za odgovorom na pitanje: „*gde izgraditi industrijsko postrojenje tako da cena transporta bude minimalna?*“. Naime, u cilju minimizacije transportnih troškova, u nekim granama industrije, proizvodne pogone je potrebno približiti izvorima sirovina, dok je u drugim proizvodne pogone potrebno locirati što bliže tržištu, tj. potrošačima. Weber je optimalnu lokaciju našao konstruktivnim putem i predložio postupak koji je kasnije nazvan Weberov problem i može se formulisati na sledeći način:

Dato je m tačaka u ravni $(a_1, a_2, \dots, a_m)$ i m skalara (težina) pridodeljenih svakoj tački $(w_1, w_2, \dots, w_m)$; naći tačku x za koju je suma težinskih rastojanja do datih tačaka minimalna. Ako na primer $a_i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)})$, $i=1, \dots, m$, predstavljaju koordinate zgrada u nekom naselju u kome

treba izgraditi novu prodavnicu sa nepoznatim koordinatama $x=(x_1, x_2)$, tada težinski koeficijenti w_i predstavljaju broj stanovnika zgrada. Funkcijom cilja se minimizuje težinski zbir rastojanja (ili cene prevoza) do nove prodavnice. Matematički model nalaženja optimalne lokacije se može predstaviti na sledeći način:

$$(\min) f_w(x) = \sum_{i=1}^m w_i \cdot d(x, a_i), \quad (6.1)$$

gde su:

$x=(x_1, x_2)$ – koordinate nepoznate lokacije;

m – broj fiksnih (postojećih) lokacija ili korisnika;

$d(x, a_i)$ – rastojanje i - tog korisnika do nepoznate lokacije;

w_i – težinski koeficijenti pridodeljeni i –tom korisniku;

$a_i = (a_1^{(i)}, a_2^{(i)})$ - koordinate (lokacije) i –tog korisnika;

f_w – funkcija cilja Weberovog problema.

Matematički modeli lokacije imaju za cilj da odgovore na sledeća pitanja (*Mladenović, 2004*):

1. Koliki je ukupan broj objekata na mreži u kojima se obavlja usluga? / Koliko novih objekata treba postaviti?
2. Gde locirati ove objekte?
3. Kog kapaciteta će biti svaki od novolociranih objekata?
4. Na koji način izvršiti alokaciju klijenata koji zahtevaju opslugu po pojedinim objektima?

Lokacijski problemi najčešće podrazumevaju pronalaženje optimalnog broja objekata, njihove lokacije i kapacitete radi minimiziranja transportnih troškova ili maksimiziranja kvaliteta usluge. Ulazni podaci za rešavanje lokacijskih problema predstavljaju „rastojanja“ između korisnika koji zahtevaju uslugu i čvorova u kojima je moguće locirati objekte. Pod “rastojanjem” se pored fizičkog rastojanja može podrazumevati i vreme putovanja, troškovi putovanja i slično. Najkraće rastojanje između čvorova $i \in N$ i $j \in N$ označava se sa $D=[d_{(i,j)}]_{n \times n}$. Lokacijski problemi mogu se klasifikovati na različite načine. Pregledom brojnih literaturnih izvora (*Love et al., 1988; Drezner, 1995; Daskin, 1995; Drezner & Hamacher, 2004; Mladenović et al., 2007; Guvenc & Sural, 2007; Teodorović, 2007; Daskin, 2008; Marić, 2008; Melo et al., 2009*), u tabeli 6.1. sistematizovana je najčešća klasifikacija lokacijskih problema.

Tabela 6.1. Klasifikacija lokacijskih modela (Love et al., 1988; Drezner, 1995; Daskin, 1995; Drezner & Hamacher, 2004; Mladenović et al., 2007; Guvenç & Sural, 2007; Teodorović, 2007; Daskin, 2008; Marić, 2008; Melo et al., 2009)

R.br.	Klasifikacija lokacijskih modela	Podklase matematičkih modela	Karakteristike prikazanih modela
1.	<i>Prema prostoru u kome se donosi odluka (ako se posmatra topografija terena)</i>	Kontinualni	Ako se novi objekti mogu locirati u ravni (R^2) ili prostoru (R^3), govori se o kontinualnim lokacijskim problemima: „ <i>polje promenljivih je kontinuum, odnosno dopustivi skup ima beskonačno mnogo tačaka</i> “ (Mladenović, 2004).
		Diskretni	U diskretnim lokacijskim problemima postoji utvrđena lista mogućih lokacija, pa se zadatak svodi na izbor jedne ili više lokacija iz konačnog, odnosno diskretnog skupa mogućih lokacija. Kod diskretnih lokacijskih problema objekte je moguće locirati samo u određenim, unapred definisanim tačkama.
		Mrežni	Kod mrežnih lokacijskih problema koristi se matematička struktura: težinski graf ili mreža, pa se zadatak izbora lokacije svodi na izbor jednog ili više čvorova mreže (diskretni mrežni problemi) ili tačaka na granama mreže (kontinualni mrežni problemi). Mrežni modeli imaju elemente i kontinualnih i diskretnih problema.
2.	<i>Prema obliku funkcije cilja</i>	Min-sum modeli	Kod <i>min-sum</i> modela funkcijom cilja se minimizuje težinski zbir svih rastojanja novih i fiksnih objekata. Na ovaj način se favorizuju “prosečni” korisnici, a zanemaruju udaljeni ili izolovani.
		Min-max modeli	<i>Min-max</i> modeli funkcijom cilja ravnopravno se tretiraju svi korisnici nalaženjem novih lokacija koje minimizuju maksimalno rastojanje između postojećih i nepoznatih objekata.
3.	<i>Prema broju novolociranih objekata</i>	Endogeni modeli	U endogenim problemima broj novih objekata je unapred zadat (npr. u Weberovom i lokacijsko-alokacijskom kontinualnom problemu, u diskretnim i mrežnim zadacima <i>p-težišta</i> i <i>p-centra</i>).
		Egzogeni modeli	Nasuprot endogenim problemima kod egzogenih problema, broj novih objekata je nepoznata veličina čija se vrednost dobija kao rezultat optimizacije. Primeri egzogenih modela su: prost lokacijski problem i problem pokrivanja skupa.
4.	<i>Prema karakteru promenljivih veličina u modelu (matematička priroda kriterijuma relevantnih za problem)</i>	Deterministički	Deterministički modeli su oni čije se ponašanje može predvideti, odnosno u kojima je novo stanje sistema u potpunosti određeno prethodnim stanjem.
		Stohastički	Stohastični (verovatnosni) modeli su oni čije se ponašanje ne može unapred predvideti, ali se mogu odrediti verovatnoće promene stanja sistema.

R.br.	Klasifikacija lokacijskih modela	Podklase matematičkih modela	Karakteristike prikazanih modela
5.	<i>Prema dinamici relevantnih parametara (Prema mogućnosti promene stanja sistema u vremenu)</i>	Statički	Statičkim problemima smatraju se oni u okviru kojih se ne razmatra dinamika promene relevantnih parametara za izbor lokacije. Statički problemi su najčešće i deterministički, a treba naglasiti da je najveći broj modela koji su u primeni upravo ovog tipa. Statički modeli se primenjuju za opis stanja sistema u određenom vremenskom trenutku ili za opis stanja sistema u kojima vreme ne igra nikakvu ulogu.
		Dinamički	Dinamički problemi, s obzirom na strateški i dugoročni karakter izbora lokacije, uključuju određeni stepen neizvesnosti koji je moguće očekivati u posmatranom vremenskom periodu. Dinamički modeli služe za opis stanja sistema čije ponašanje zavisi od vremena.
6.	<i>Prema vrsti objekata na mreži</i>	Medijane	Ovi modeli podrazumevaju lociranje jednog ili više objekata na mreži, sa ciljem minimiziranja prosečnog rastojanja između objekata i korisnika usluga.
		Centri	Ovi modeli podrazumevaju lociranje jednog ili više objekata na mreži, tako da se minimizira rastojanje do najudaljenijeg korisnika.
		Objekti sa prethodno definisanim performansama sistema	Podrazumevaju lociranje jednog ili više objekata na mreži tako da se zadovolje unapred definisani parametri (pređeno rastojanje, vreme putovanja, vreme čekanja na uslugu...).
7.	<i>Prema karakteru problema koji se posmatra</i>	Lokacijski problemi	U odnosu na povezivanje korisnika sa lokacijama, mogu da se razlikuju „čisti“ lokacijski problemi kojima se prevashodno locira jedan objekat, dok se svi korisnici objekta vezuju upravo na tu jednu izabranu lokaciju.
		Alokacijski problemi	U realnim problemima, najčešće je potrebno locirati veći broj objekata i istovremeno im „dodeliti“ korisnike, odnosno obaviti alokaciju korisnika ka lociranim centrima. Pri tome je jasno da se pri alokaciji podrazumeva da su poznate kako lokacije objekata, tako i lokacije korisnika.
		Lokacijsko-alokacijski problemi	Lokacijsko-alokacijski problemi rešavaju se u slučaju da je potrebno locirati više od jednog objekta i paralelno alocirati korisnike lociranim objektima.
8.	<i>Prema broju kriterijumskih funkcija na osnovu kojih se određuje lokacija objekata - broj kriterijuma optimalnosti relevantnih za problem</i>	Jednokriterijumski	Jednokriterijumski lokacijski problemi podrazumevaju lociranje objekata vodeći se jednim, ključnim ciljem optimizacije, bilo da je reč o minimizaciji troškova, rastojanja, vremena transporta, ili pak maksimizaciji kvaliteta usluge, iskorišćenja raspoloživih kapaciteta itd.
		Višekriterijumski	Kod višekriterijumskih lokacijskih problema, lokacija objekata se determiniše u zavisnosti od više definisanih kriterijuma, kako bi se izabrala lokacija koja će zadovoljiti minimum definisanih uslova s aspekta više optimizacionih kriterijuma.

Iako predstavljena klasifikacija dovoljno govori o kompleksnosti problematike razmatrane u oblasti teorije lokacije, potrebno je naglasiti da time nisu iscrpljeni svi aspekti lokacijske teorije, niti obuhvaćene sve klase problema. Tipovi algoritma za rešavanje lokacijskih problema su:

- Klasične metode optimizacije i
- Globalne metode optimizacije (heuristički i metaheuristički algoritmi).

Jedan od najznačajnijih lokacijskih problema, koji pripadaju grupi diskretnih jesu lokacijski problemi na mreži, koji dozvoljavaju lociranje objekata samo u čvorovima postojeće mreže. Ovoj klasi lokacijskih problema biće posvećena posebna pažnja u daljem istraživanju zbog prirode problema koji se razmatra u okviru disertacije.

6.2. Lokacijski problemi na mrežama

Lokacijska optimizacija je svoju numeričku prezentaciju pomoću diskretnih celobrojnih promenljivih dobila 1964. godine u radovima Hakimija, pretpostavkom da rešenja problema mogu ležati samo u diskretnim čvorovima grafa. Hakimi (*Hakimi, 1964, 1965*) je u svojim radovima istraživao minimalno težinsko rastojanje lociranja p objekata na n čvorova mreže i taj problem je nazvao problem p medijana. Matematički je dokazao postojanje najmanje jednog optimalnog rešenja koje svih p objekata locira pojedinačno na čvorove mreže. Njegov doprinos je bio u tome što je smanjio skup optimalnih rešenja sa potencijalno beskonačnog do konačnog skupa. Ovaj rezultat se obično naziva “*Hakimijeva teorema*” ili “*osobina čvorova*”.

Mrežni lokacijski problemi predstavljaju kombinaciju diskretnih i kontinualnih problema. Mogu imati diskretna rešenja koja se nalaze u čvorovima grafa ili kontinualna rešenja koja se nalaze na granama grafa. Modele za rešavanje problema lokacije na mrežama je proučavao i Klinecvić (*Klinecvić, 1991*). U ovim modelima se koristi pojam rastojanja (prosečno vreme putovanja, prosečni transportni troškovi) između dva čvora mreže koje je po definiciji dužina najkraćeg puta između posmatranih čvorova. Čvorovima se pripisuju brojevi koji predstavljaju težinske koeficijente pri računanju težinskih rastojanja. Kao kriterijum može se koristiti težinsko rastojanje od novog objekta do njemu najudaljenijeg čvora ili zbir težinskih rastojanja od novog objekta do čvorova mreže. U prvom slučaju radi se o problemima tipa *min-max* koji se u teoriji grafova nazivaju problemi određivanja centra grafa. U drugom slučaju u pitanju su problemi tipa *min-sum*, odnosno problemi određivanja medijane grafa.

6.2.1. Diskretni lokacijski problemi

Diskretni lokacijski problemi imaju široku primenu u praksi, a neke od najčešćih primena su određivanje lokacija škola, bolnica, skladišta, industrijskih postrojenja, autobuskih stanica, aerodroma i drugih javnih objekata. Osnovni cilj diskretnih lokacijskih problema predstavlja smanjenje transportnih troškova. U nekim slučajevima potrebno je zadovoljiti i neke dodatne kriterijume, kao što su fiksirani broj snabdevača, minimalna udaljenost na kojoj se snabdevači moraju nalaziti, snabdevanje svakog korisnika sa njemu najbliže lokacije, ograničeni kapaciteti korisnika i/ili snabdevača, smanjenje fiksnih troškova itd. Najpoznatiji diskretni lokacijski problemi su: problemi maksimalnog pokrivanja (eng. *Maximal Covering*), problemi p centra (eng. *P center*), p medijane (eng. *P median*), p disperzije (eng. *P dispersion*), problemi fiksnih troškova (eng. *Fixed Charge Problem*), kao i lokacije habova (eng. *Hub Location Problems*), itd.

Diskretni lokacijski problemi su najčešće vrlo teški za rešavanje, većina spada u NP teške⁶ probleme. Takođe, ne postoji opšti matematički model koji opisuje sve diskretne lokacijske probleme koji se sreću u praksi. Svaki model ima specifičnu strukturu u pogledu funkcije cilja i ograničenja u zavisnosti od problema na koji se odnosi. Iz ovih razloga, klasične metode optimizacije, u razumnom vremenu izvršavanja, često ne mogu da reše probleme većih dimenzija. Zato je do sada razvijen čitav niz najraznovrsnijih heurističkih metoda koje su prilagođene karakteristikama i strukturi specijalnih vrsta problema. Jedna od njih je i tzv. „proždrljiva“ heuristika (eng. *Greedy Heuristic*).

Poslednjih nekoliko decenija razvijeni su opšti heuristički pristupi – metaheuristike, koji su se pokazali vrlo efikasnim u praksi. Najčešće korišćene metaheuristike su: tabu pretraživanje (eng. *Tabu Search*), simulirano kaljenje (eng. *Simulated Annealing*), Lagranžova relaksacija (eng. *Lagrangean Relaxation*), genetski algoritmi (eng. *Genetic Algorithms*), metoda promenljivih okolina (eng. *Variable Neighborhood Search*), neuronske mreže (eng. *Neural Networks*), mravlji sistemi (eng. *Ant Systems*) i druge. Ove metode uglavnom daju dobra rešenja, a neretko se dobijaju optimalna rešenja, iako se u većini slučajeva optimalnost ne može dokazati. Čak i u slučajevima kada problem ima više lokalnih ekstrema, heuristike pronalaze globalni optimum. Moguće je i njihovo međusobno kombinovanje u cilju korišćenja dobrih strana svake od njih, kao i hibridizacija sa klasičnim metodama optimizacije čime se povećava

⁶ NP-teški problemi predstavljaju kombinatorne probleme čija se složenost ne može izraziti polinomnom funkcijom (npr. linearnom, kvadratnom, kubnom,...). „Kada je dimenzija NP teškog problema dovoljno velika, onda se takav problem ne može rešiti pretragom ni na računarima sa najboljim karakteristikama. Iz tog razloga su pronađene razne približne metode (algoritmi) za rešavanje NP teških problema.“ (Marić, 2008)

efikasnost pri nalaženju optimalnog rešenja. Detaljniji pregled metaheuristika sa primenama izložen je u knjizi *Global Optimization Algorithms, Theory and Application* (Weise, 2009).

Opšti primeri diskretnih lokacijskih problema koji se međusobno razlikuju u odnosu na definisanu funkciju cilja su:

- Lokacijski modeli pokrivanja;
- Lokacijski modeli prosečnog rastojanja;
- Lokacijski modeli za lociranje nepoželjnih objekata.

Lokacijski modeli pokrivanja spadaju u grupu najjednostavnijih modela za rešavanje lokacijskih problema. Imaju primenu u slučajevima kada postoji unapred definisano ograničenje, bilo da je u pitanju rastojanje, vreme ili cena za obavljanje opsluge. Pri tome se definiše da su zahevi za opslugom koji se nalaze u definisanom opsegu pokriveni, dok se zahtevi izvan opsega smatraju nepokrivenima. Tipični problemi pokrivanja su:

- pronalaženje minimalno potrebnog broja i lokacija objekata kojima bi se mogla pokriti celokupna potražnja za opslugom - **model pokrivanja skupa**;
- lociranje fiksnog broja objekata tako da se maksimizuje broj “pokrivenih zahteva”- **model maksimalnog pokrivanja**;
- lociranje unapred definisanog broja objekata kako bi se smanjilo maksimalno rastojanje između čvorova u kojima je locirana potražnja i objekata koji se dodeljuju da pokriju tu potražnju - **p centar problem** (Current et al., 2001).

Modeli prosečnog rastojanja koriste se kada se teži minimizaciji ukupnih ili prosečnih rastojanja na mreži (ili prosečnog ili ukupnog vremena putovanja, ili prosečnih ili ukupnih transpornih troškova) između lociranog objekta i čvorova na mreži. Dve osnovne vrste modela koje pripadaju ovoj grupi su modeli p medijana i modeli fiksnih troškova.

Lokacijski modeli za lociranje nepoželjnih objekata, za razliku od modela pokrivanja skupa i modela prosečnog rastojanja, teže ka maksimizaciji rastojanja između objekata koje je potrebno locirati i čvorova koji se alociraju lociranim objektima. Objekti koji se lociraju uz pomoć ovakvih modela su elektrane, deponije otpada, itd. (Daskin & Owen, 2003; Bojić, 2013.)

6.2.1.1. Lokacijski modeli pokrivanja skupa (eng. Set Covering Location Model)

Cilj lokacijskih modela pokrivanja skupa je pronaći minimalan broj objekata potrebnih za “pokrivanje” svih potražnji u čvorovima (Current et al., 2001). Da bi se formulisao navedeni problem potrebno je definisati sledeće ulazne veličine i skupove:

$i = 1, 2, 3, \dots, I$ – skup čvorova u kojima je locirana potražnja,

$j = 1, 2, 3, \dots, J$ – skup čvorova u kojima je moguće locirati objekte,

d_{ij} = rastojanja između čvorova i i j ,

D_c = granično rastojanje pokrivanja,

$N_i = \{j \mid d_{ij} \leq D_c\}$ – skup čvorova koji mogu da pokriju čvor i koji zahteva opslugu,

Kriterijumska funkcija lokacijskog modela pokrivanja skupa može se formulisati na sledeći način:

$$\text{Min} \sum_{j \in J} X_j \quad (6.2)$$

Pri ograničenjima:

$$\sum_{j \in N_i} X_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (6.3)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (6.4)$$

Kriterijumska funkcija (6.2) minimizira ukupan broj lociranih objekata. Ograničenje (6.3) zahteva da svaki čvor koji treba da bude opslužen, mora se “pokriti” sa najmanje jednim lociranim objektom. Ograničenje (6.4) predstavlja binarnu promenljivu i ukazuje na to da se u svakom čvoru koji je kandidat za lociranje, objekat može locirati, ali i ne mora. Lokacijski modeli pokrivanja skupa spadaju u NP teške probleme (*Daskin, 1995; Current et al., 2001*).

6.2.1.2. Lokacijski modeli maksimalnog pokrivanja (eng. Maximal Covering Location Problem)

Osnovni cilj ovih modela je odrediti lokacije određenog broja objekata, pri čemu je potrebno “pokriti” što veći deo potražnje, ali nije potrebno potražnju “pokriti” u celosti. (*Church & ReVell, 1974; Current et al., 2001, Berman et al., 2013*).

Za matematičku formulaciju lokacijskih modela maksimalnog pokrivanja, potrebno je definisati sledeće ulazne veličine:

$i = 1, 2, 3, \dots, I$ – skup čvorova u kojima je locirana potražnja,

$j = 1, 2, 3, \dots, J$ – skup čvorova u kojima je moguće locirati objekte,

a_i – zahtev za opslugom iz čvora i ,

p – broj objekata koje treba locirati na mreži,

$z_i = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko je potražnja u čvoru } i \text{ pokrivena} \\ 0, & \text{ukoliko potražnja u čvoru } i \text{ nije pokrivena} \end{cases}$

Kriterijumska funkcija lokacijskog modela maksimalnog pokrivanja predstavlja ukupnu pokrivenost potražnje i može se formulisati na sledeći način:

$$\text{Maximizirati } \sum_{i \in I} a_i z_i \quad (6.5)$$

Pri ograničenjima:

$$\sum_{j \in N_i} X_j - z_i \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (6.6)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = p \quad (6.7)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (6.8)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (6.9)$$

Ograničenjem (6.6) se dozvoljava pokrivenost potražnje u čvoru i samo ukoliko se objekat locira u jednom od čvorova kandidata j iz kojeg je moguće pokriti potražnju čvora i . Ograničenjem (6.7) se definiše da je broj objekata koje treba locirati jednak broju p . Ograničenja (6.8) i (6.9) odražavaju binarnost odluka. Lokacijski problemi maksimalnog pokrivanja spadaju u NP teške probleme (Daskin, 2001), ali se generalno mogu efikasno rešiti korišćenjem heuristika i metaheuristika, gde se za njihovo rešavanje preporučuje Lagranžova relaksacija (eng. *Lagrangean relaxation*) (Daskin & Owen, 1998; Berman et al., 2013).

6.2.1.3. P centar problem (eng. p-center problem)

P centar problem predstavlja problem lociranja p objekata, tako da se minimizira maksimalno rastojanje između korisnika i lociranih objekata (Hakimi, 1965). Matematički se p centar problem može predstaviti sledećim ulaznim veličinama:

$i = 1, 2, 3, \dots, I$ – skup čvorova u kojima je locirana potražnja,

$j = 1, 2, 3, \dots, J$ – skup čvorova u kojima je moguće locirati objekte,

a_i – zahtev za opslugom iz čvora i ili težinski koeficijent i -tog korisnika,

p – broj objekata koje treba locirati na mreži,

d_{ij} – rastojanja između čvorova i i j ,

W – maksimalno rastojanje između čvora u kojem je locirana potražnja i objekta koji treba da pokrije tu potražnju.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko se potražnja čvora } i \text{ pokriva u čvoru } j \\ 0, & \text{ukoliko se potražnja čvora } i \text{ pokriva u nekom drugom čvoru} \end{cases}$$

Kriterijumska funkcija lokacijskog modela *p* centar problem može se formulisati na sledeći način:

$$\text{Min} W, \quad (6.10)$$

Pri ograničenjima:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (6.11)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = p \quad \forall i \in I \quad (6.12)$$

$$W - \sum_{j \in J} a_i d_{ij} x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (6.13)$$

$$X_j \geq x_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, i \neq j \quad (6.14)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (6.15)$$

Definisana kriterijumska funkcija (6.10) teži da minimizira maksimalno pređeno rastojanje između objekata i korisnika. Ograničenje (6.11) dozvoljava da svaki čvor može biti opslužen od samo jednog objekta. Ograničenjem (6.12) se definiše da je broj objekata koje treba locirati jednak broju *p*. Ograničenje (6.13) determiniše maksimalno rastojanje u odnosu na dodeljene promenljive. Ograničenje (6.14) dozvoljava alokaciju klijenata samo lociranim objektima. Ograničenje (6.15) odražava binarnost odluka koje uz pomoć modela treba da se donesu.

6.2.1.4. Model *p* medijana

U slučaju problema *p* medijane potrebno je locirati jedan ili više objekata na mreži, tako da se minimizira prosečno rastojanje (ili prosečno vreme putovanja ili prosečni transportni troškovi) od objekta do korisnika ili od korisnika do objekta (*Daskin & Maass, 2015*). Problem *p* medijane je naročito značajan za transportne sisteme, s obzirom da se ova grupa problema javlja prilikom projektovanja različitih distributivnih sistema.

Hakimi (*Hakimi, 1964*) je pokazao da postoji najmanje jedan skup *p* medijana u čvorovima mreže koja ima *n* čvorova, što znači da *p* optimalnih lokacija objekata u mreži mora da se nalazi isključivo u čvorovima mreže (*Teodorović, 2007*). Objekte je moguće locirati u bilo kom od *n* čvorova. Ova činjenica u znatnoj meri olakšava proceduru pronalaženja *p* medijana, jer je potrebno ispitati samo lokacije koje se nalaze u čvorovima. Problemi lokacije na mrežama tipa *min-sum* svode se na diskretne lokacijske probleme. Kada su tačke na koje se može postaviti

novi objekat elementi konačnog skupa, radi se o diskretnim lokacijskim problemima. Problem p medijana od n čvorova u mreži ima p rešenja - lokacija za medijane, što se može izraziti na sledeći način:

$$\binom{n}{p} = \frac{n!}{p!(n-p)!} \quad (6.16)$$

Imajući u vidu da obim računanja brzo raste sa porastom broja čvorova u mreži i porastom broja p (lokacija za medijane), u praksi se često koriste razne heuristike za nalaženje rešenja problema p medijane. Model p medijana pripada grupi NP-teških problema (Alp et al, 2003). Ova vrsta modela najčešće se koristi za rešavanje problema na makro i na mikro nivou, pri čemu se kao primer na makro nivou može navesti određivanje lokacije skladišta za prijem proizvoda iz više industrija sa poznatim lokacijama ili skladišta koje bi trebalo da distribuira proizvode mreži maloprodajnih objekata. Na mikro nivou, tipična primena problema p medijana je određivanje optimalne lokacije za novu mašinu u okviru pogona neke industrijske proizvodnje.

Matematička formulacija modela p medijana svodi se na problem linearnog programiranja u čijem se središtu nalazi simetrična matrica rastojanja d_{ij} , odnosno rastojanja između i -te lokacije koju treba servisirati i j -tog kandidata za optimalno rešenje. U kontekstu navedenog, model p medijana može se definisati sledećim parametrima:

- $i = 1, 2, 3, 4, \dots, I$ – skup čvorova u kojima je locirana potražnja,
- $j = 1, 2, 3, 4, \dots, J$ – skup čvorova u kojima je moguće locirati objekte,
- a_i – zahtev za opslugom iz čvora i , težinski koeficijent i -tog korisnika,
- p – broj objekata koje treba locirati na mreži,
- d_{ij} – rastojanje između čvora i i čvora j

Binarne promenljive x_{ij} se definišu na sledeći način:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko se potražnja čvora } i \text{ pokriva u čvoru } j \\ 0, & \text{ukoliko se potražnja čvora } i \text{ pokriva u nekom drugom čvoru} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko je čvor } j \text{ izabrana lokacija za objekat opsluživanja (medijana)} \\ 0, & \text{ukoliko nije} \end{cases}$$

Obzirom da se prilikom lociranja p objekata teži minimiziranju ukupnog pređenog rastojanja između objekata i korisnika, problem p medijana se može formulisati preko kriterijumske funkcije:

$$\min F = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_i d_{ij} x_{ij} \quad (6.17)$$

Pri ograničenjima:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in I \quad (6.18)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = p, \quad (6.19)$$

$$X_j \geq x_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J; i \neq j \quad (6.20)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad \forall j \in J \quad (6.21)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (6.22)$$

Definisana kriterijumska funkcija (6.17) teži da minimizira ukupno pređeno rastojanje između objekata i korisnika. U izrazu (6.17), I i J su gornje granice do kojih se kreću celobrojne promenljive i i j , i u oba slučaja je to broj n , jer je svaka od n lokacija istovremeno i potencijalni kandidat za optimalno rešenje.

Ograničenje (6.18) dozvoljava da svaki čvor može biti opslužen od samo jednog objekta. Ograničenjem (6.19) se definiše da je broj objekata koje treba locirati jednak broju p i predstavlja fizičko ograničenje u broju objekata, ali istovremeno nalaže da se mora rasporediti svih p lokacija. Ograničenje (6.20) predstavlja kontrolno ograničenje kojim se dozvoljava alokacija klijenata samo lociranim objektima (alokacijska promenljiva). Ograničenja (6.21) i (6.22) odražavaju binarnost odluka koje uz pomoć modela treba da se donesu i čime je problem uveden u oblast celobrojne aritmetike. Ograničenja od (6.18) do (6.22) mogu biti promenjena ukoliko je to sa stanovišta rešavanja problema opravdano. Naime, neko od navedenih ograničenja može biti ublaženo ili čak izostavljeno, i tada se odustajanje ili ublažavanje ograničenja u praksi naziva „relaksacija“ problema. Sa druge strane, zaoštavanje postojećih i uvođenje novih ograničenja uslovljeno je samom postavkom problema i postavljenim ciljem. Modeli *p medijana* su našli primenu u određivanju lokacija raznih industrijskih postrojenja, magacina, skladišta, javnih objekata, distributivnih sistema itd.

6.2.1.5. Model fiksnih troškova

Prethodno navedeni modeli lokacijske optimizacije se primenjuju za određivanje lokacije unapred definisanog broja objekata ili za određivanje potrebnog broja i lokacije objekata, podrazumevajući da na raspoloživim lokacijama ne postoje nikakva dodatna ograničenja u vezi sa strukturom i kapacitetom objekata koji se lociraju (Bojić, 2013). Model fiksnih troškova predstavlja model *p medijane* proširen fiksnim troškovima lociranog objekta, s obzirom da se

troškovi lociranja objekata u nekim slučajevima mogu bitno razlikovati na različitim lokacijama u zavisnosti od npr. pristupne saobraćajne infrastrukture, infrastrukturne opremljenosti lokacija, specifičnosti gradnje u pojedinim urbanim područjima itd. Modele fiksnih troškova i lokacijske probleme koji se rešavaju ovim modelima, razmatrali su Balinski i Karent sa saradnicima (*Balinski, 1965; Current et al., 2002*). Lokacijski problem fiksnih troškova može se definisati sledećim parametrima:

$i = 1, 2, 3, \dots, I$ – skup čvorova u kojima je locirana potražnja,

$j = 1, 2, 3, \dots, J$ – skup čvorova u kojima je moguće locirati objekte,

a_i – broj zahteva za opslugom iz čvora i ili težinski koeficijent i -tog korisnika.

d_{ij} – rastojanja između čvorova i i j ,

f_j – fiksni troškovi lociranja objekta u čvoru j ,

C_j – kapacitet objekta koji može da se locira u čvoru j ,

α – jedinični transportni troškovi po jedinici potražnje i jedinici rastojanja.

$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko se potražnja čvora } i \text{ pokriva u čvoru } j \\ 0, & \text{ukoliko ne} \end{cases}$

Matematička formulacija problema fiksnih troškova i kriterijumska funkcija se izražavaju na sledeći način:

$$\text{Min} \sum_{j \in J} f_j x_j + \alpha \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_i d_{ij} y_{ij} \quad (6.23)$$

Pri ograničenjima:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1, \quad \forall i \in I \quad (6.24)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (6.25)$$

$$\sum_{j \in J} a_i y_{ij} - C_j x_j \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (6.26)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (6.27)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (6.28)$$

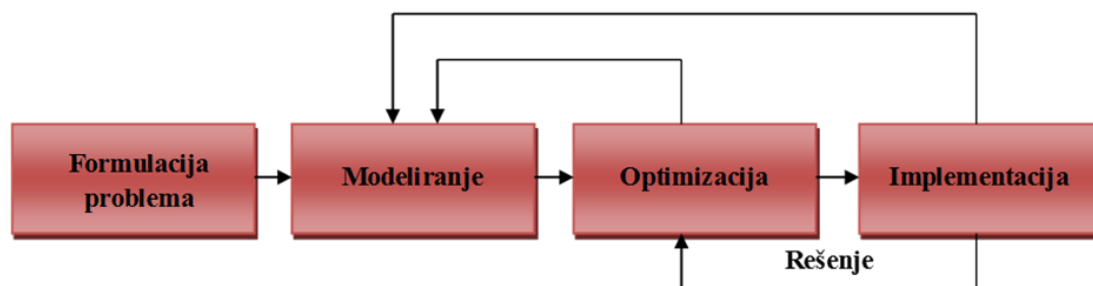
Kriterijumska funkcija (6.23) minimizira sumu troškova lociranja objekata i ukupnih transportnih troškova. Ograničenjem (6.24) definiše se da svaki čvor treba da bude dodeljen samo jednom objektu, dok se ograničenjem (6.25) omogućava da čvorovi budu alocirani samo lociranim objektima. Ograničenje (6.26) ne dozvoljava da ukupna potražnja koja je alocirana

lociranim objektima bude veća od njihovog kapaciteta. Ograničenja (6.27) i (6.28) odražavaju binarnost odluka.

6.3. Optimizacione metode za rešavanje lokacijskih problema (konvencionalne metode optimizacije i globalne optimizacione metode)

Lokacijski problemi se najčešće rešavaju matematičkim programiranjem, pri čemu se obavlja matematičko modelovanje problema definisanjem kriterijumske funkcije, odnosno funkcije cilja i ograničenja (Bojić, 2013). Osnova teorije odlučivanja je sistemska analiza koja u svojoj metodologiji koristi sistemski pristup kao naučni metod (Petrović, 2014). Prilikom rešavanja lokacijskih problema, proces odlučivanja sastoji se iz koraka predstavljenih na slici 7.2. Prvi korak predstavlja definisanje problema i određenih ključnih parametara, odnosno identifikaciju funkcije cilja i internih i eksternih parametara od kojih direktno zavisi odluka. Nakon definisanja problema sledi matematička formulacija problema ili kreiranje matematičkog modela i na kraju rešavanje definisane matematičke interpretacije problema u smislu određivanja dobrog (optimalnog rešenja) (Petrović, 2014).

Testiranjem matematičkog modela, može se zaključiti koje je rešenje najbolje, u cilju postizanja postavljenog cilja odlučivanja. Navedeni proces je iterativan - ako je rešenje neprihvatljivo, model, tj. optimizacioni algoritam se poboljšavaju i proces odlučivanja se ponavlja.



Slika 6.1. Koraci u procesu odlučivanja (Petrović, 2014)

Optimizacione metode se mogu podeliti u dve osnovne grupe: konvencionalne metode i metode globalne optimizacije.

Konvencijalne metode optimizacije (tradicionalne ili klasične) polaze od jedne polazne tačke i koriste lokalne informacije kako bi identifikovale pravac daljeg kretanja algoritma. Osnovna podela konvencijalnih metoda optimizacije je na linearno programiranje, nelinearno programiranje, gradijentne i negradijentne. Kao najveći nedostatak konvencionalnih metoda može se navesti činjenica da nijedna gradijentna metoda optimizacije ne može garantovati

nalaženje globalnog optimuma funkcije, jer su sve metode determinističke, tj. dovode do konvergencije ka najbližem lokalnom ekstremu.

Tabela 6.2. Konvencionalne metode optimizacije (*Petrović, 2014*)

Gradijentne metode	Negradijentne metode
Metoda najstrmijeg spusta	Hooke-Jeeves – ov metod
Newton-Raphson – ov metod	Gauss-Seidel – ov metod
Fletcher-Reeves – ov metod	Nelder-Mead – ov metod
Kvazi Newton – ov metod	Powell-Zangwill – ov metod

Konvencionalne metode optimizacije obezbeđuju optimalno rešenje i verifikuju njegovu optimalnost, ali najčešće daju loše rezultate na problemima velikih dimenzija. U tim slučajevima pribegava se primeni globalnih metoda optimizacije (heurističkih i metaheurističkih metoda). Najveći broj konvencionalnih optimizacionih metoda su determinističke, odnosno slede strogo definisane procedure, tj. za istu početnu tačku na identičan način (istom putanjom pretraživanja) dovode do rešenja.

Najpoznatije i najpopularnije **metode globalne optimizacije** su heurističke i metaheurističke metode, gde spadaju klasična heuristika i metaheuristika. Matematički problemi koji pripadaju grupi NP teških problema ne mogu se rešiti u polinomijalnom vremenu (vremenu potrebnom za izračunavanje nekog problema). Iz tog razloga se pri rešavanju ovakvih problema koriste heuristički i metaheuristički algoritmi. Metodima globalne optimizacije (heuristički i metaheuristički algoritmi) teži se pronalaženju zadovoljavajućih rešenja optimizacionog problema korišćenjem postupaka “pokušaja i greške” kojima se ostvaruje izbor, filtriranje i smanjenje broja izvedenih alternativnih puteva u postupku rešavanja problema. Na ovaj način moguće je odrediti dovoljno dobro rešenje, ali u nekim slučajevima ne i optimalno u razumno raspoloživom vremenu. Sistematizacijom predhodnih saznanja i iskustava eksperata u rešavanju problema, može se očekivati da dobijena “dobra” rešenja budu dovoljno bliska optimalnim. S obzirom na to da je u ovom istraživanju reč o inženjerskoj optimizaciji, a ne o traženju optimuma u matematičkom smislu, može se sa velikom sigurnošću pretpostaviti da su dobra rešenja, određena primenom globalnih optimizacionih metoda, dovoljno blizu optimalnim.

Heurističke metode (kao npr. *Clark&Wright*-ov algoritam, „pohlepni“ algoritam (eng. *Greedy Algorithm*), algoritam najbližeg suseda, algoritam najbližeg ubacivanja, multifragmentalna heuristika, itd.) obično se koriste za nalaženje početnog rešenja koje se dalje može poboljšavati drugim metodama. Heuristike ne garantuju nalaženje optimalnog rešenja problema, ali dobre heuristike rešavaju problem u velikom broju slučajeva i daju suboptimalna rešenja koja su bliska optimalnom rešenju. Neretko se dobijaju optimalna rešenja, ali se optimalnost ne može dokazati.

Veliki broj standardnih inženjerskih problema optimizacije su NP teški i NP kompletni⁷ problemi. Princip rada heurističkih algoritama se zasniva na definisanju prostora rešenja za dati problem, odabiru početnog rešenja, nakon čega se definisani prostor rešenja pretražuje u potrazi za što optimalnijim rešenjima. Razlika među heurističkim algoritmima je u načinu realizacije pretraživanja. Neke od heurističkih metoda optimizacije su: lokalno pretraživanje, simultano kaljenje, „pohlepni“ algoritam.

Jedan od najpoznatijih heurističkih algoritama je pohlepni ili konstruktivni algoritam. Traženje optimalnog rešenja može biti eksponencijalne složenosti, a pohlepni algoritam smanjujući prostor pretraživanja, smanjuje i samu složenost. Ovakav pristup vodi do rešenja koje sigurno predstavlja donju granicu globalnog maksimuma, ukoliko se traži maksimum, odnosno gornju granicu globalnog minimuma, ukoliko se traži minimum. Pohlepni algoritam se brzo izvodi i daje granicu optimalnog rešenja, pa iz tog razloga omogućava da se primenom nekih drugih algoritama smanji prostor pretrage rešenja. Dodatna prednost pohlepne strategije je da, čak i kada se ne pronađe optimalno rešenje, često vodi na novu strategiju razvoja algoritma koja rezultira efikasnijim rešenjem ili tehnikom koja brzo pronalazi dobru aproksimaciju rešenja. Princip pohlepne metode je jednostavan - treba pronaći najbolje trenutno rešenje i krenuti za njim. Postoje mnogi algoritmi koji su zasnovani na “pohlepnom” pristupu.

Drugu oblast globalne optimizacije čine **metaheurističke metode**. Termin metaheuristika, prvi je predložio *Fred Glover* 1986. godine i definisao metaheuristiku kao “skup algoritamskih koncepata koji se koristi za definisanje heurističkih metoda primenjivanih na širok skup problema, za razliku od klasičnih heurističkih metoda” (*Petrović, 2014*). U skorije vreme, termin metaheuristika postao je sinonim za sve stohastičke optimizacione algoritme sa slučajnim izborom oblasti pretraživanja i pretraživanjem lokalnog karaktera.

⁷ “Problem odlučivanja nazivamo NP-kompletnim ako:

- pripada klasi NP (nedeterminističke polinomske složenosti);
- svi ostali NP problemi se mogu algoritmom polinomske složenosti svesti na dati problem.” (*Kratica, 2000*)

Metaheurističke metode pretažuju skup dopustivih rešenja u cilju nalaženja što boljeg rešenja. Pretraživanjem metaheurističkim metodama dopušteno je kretanje ka lošijem rešenju od trenutnog, proširivanje skupa u kome se pretražuje rešenje nedopustivim elementima ili traženje rešenja kombinovanjem postojećih (Glover & Kochenberger, 2003). Problem kombinatorne optimizacije se može definisati kao:

$$\text{Min } f(x); \quad x \in X,$$

gde prostor dopustivih rešenja X ima konačno mnogo elemenata. Konkretna implementacija metaheuristike za rešavanje problema kombinatorne optimizacije zavisi od prirode svakog pojedinačnog problema.

Metaheurističke metode simuliraju prirodne procese, a neke od najpoznatijih metaheurističkih metoda su:

- Evolutivni algoritmi (eng. *Evolutionary Algorithms* – EA) - simuliraju proces prirodne selekcije i evolucije, uključujući genetske algoritme (eng. *Genetic Algorithms* – GA);
- Simulirano kaljenje (eng. *Simulated Annealing* – SA) - simuliraju proces hlađenja termodinamičkog sistema;
- Tabu pretraživanje (eng. *Tabu Search* – TS);
- Harmonijsko pretraživanje (eng. *Harmony Search* - HS)...

Sve metaheurističke metode imaju neke zajedničke osobine koje ih izdvajaju od heurističkih, a naročito od konvencionalnih metoda optimizacije. Neke od njih su:

- Iterativno ponavljanje izračunavanja funkcije cilja i određivanje novih pravaca pretraživanja na osnovu heurističkih pravila;
- Metaheurističke metode simuliraju prirodne procese što jasno ukazuje na intuitivnost njihovog koncepta;
- Metaheuristike mogu sadržati mehanizme kojima se izbegava upadanje u zamke u ograničenom prostoru oblasti pretraživanja;
- Izražena fleksibilnost ovih metoda potiče od nepostojanja uslova karakterističnih za konvencionalne metode optimizacije;
- Obavezna primena kriterijuma za zaustavljanje optimizacionog procesa (maksimalno vreme trajanja, dostizanje cilja optimizacije, minimalno odstupanje vrednosti funkcije cilja u dve uzastopne iteracije, itd.)

7. POTENCIJAL METODA VIŠEKRITERIJUMSKE ANALIZE ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU PRI IZBORU MIKROLOKACIJA

Donošenje odluka je važan aspekt upravljanja procesima i sistemima i podrazumeva postojanje i razmatranje alternativnih izbora. Glavni cilj metoda višekriterijumskog odlučivanja je pružanje podrške donosiocima odluka u slučaju kada postoji veliki izbor alternativa za problem koji se rešava. U slučaju višekriterijumskog odlučivanja donošenje odluke se vrši na osnovu identifikovanja i analiziranja datih alternativa (alternative se selektuju i klasifikuju) u skladu sa ciljevima, nastojanjima, vrednostima itd. Kako bi se dobilo optimalno rešenje, sve alternative moraju imati zajedničke kriterijume koji će dovesti do bolje odluke. Višekriterijumsko odlučivanje se odnosi na struktuiranje, planiranje i rešavanje problema koji obuhvata više opcija koje se upoređuju na osnovu zajedničkog seta vrednosti (*Fernandez & Ruiz, 2009*). Analogno, višekriterijumska analiza predstavlja alat za donošenje odluka, razvijen za kompleksne višekriterijumske probleme koji sadrže kvalitativne i/ili kvantitativne aspekte problema kod procesa donošenja odluka. Višekriterijumska analiza spada u oblast teorije odlučivanja koja obuhvata odgovarajuća područja ekonomije, matematike, statistike, psihologije, sociologije, teorije organizacije, filozofije, informacionih tehnologija i ostalih srodnih naučnih područja (*Agarski, 2014*).

U kontekstu višekriterijumske analize problem odlučivanja se najčešće posmatra kao problem gde se donosilac odluke mora da opredeli za jednu od alternativa koje su poznate, ili ih tek treba generisati, uzimajući u obzir sve relevantne faktore, kriterijume i podkriterijume. Kako su kriterijumi u najčešćem slučaju konflikti, obično ne postoji jedno univerzalno optimalno rešenje (alternativa, varijanta) višekriterijumskog problema, pa je neophodno da donosilac odluke postavi svoje preferencije da bi se rešenja mogla razlikovati po kvalitetu. Metode višekriterijumskog odlučivanja se koriste za izbor optimalne alternative, za rangiranje alternativa, za dobijanje određenog broja alternativa ili za razlikovanje prihvatljivih od neprihvatljivih alternativa, pri čemu je osnovna svrha primene metoda prevazilaženje problema na konzistentan način. Višekriterijumska analiza se može posmatrati kao kompleksan i dinamičan proces koji uključuje menadžerski i inženjerski nivo (*Opricović & Tzeng, 2004*), gde menadžerski nivo definiše ciljeve i odabira konačnu „optimalnu“ alternativu. Na osnovu radova većeg broja autora, mogu se sublimisati osnovne faze višekriterijumske analize (*Baker et al., 2002; Opricović & Tzeng, 2004; Farahani et al., 2010; Agarski, 2014*):

- definisanje cilja, kriterijuma i alternativa;

- formiranje matrice odlučivanja;
- dodeljivanje težinskih faktora kriterijumima;
- primena jedne ili više metoda višekriterijumske analize;
- dobijanje vrednosti ranga alternativa.

Pregledom brojnih literaturnih izvora (*Hwang & Yoon, 1981; Čupić et al., 2004; Figueira et al., 2005; Kaplan, 2006; Farahani et al., 2009; Chai et al., 2013; Agarski, 2014*), ustanovljeno je da metode višekriterijumske analize mogu biti podeljene na:

- I. **Višeatributno odlučivanje** (*engl. Multiple Attribute Decision Making – MADM*) koje podrazumeva izbor najprihvatljivije alternative, iz skupa alternativa predstavljenih na osnovu definisanih kriterijuma i podkriterijuma. Kako su kriterijumi po pravilu konfliktni, odabir donosioca odluke neće biti optimalno rešenje u tradicionalnom smislu, tj. najbolje zadovoljavajuće rešenje. U slučaju višeatributnog odlučivanja postoji konačan broj unapred zadatih alternativa, odnosno skup dopustivih rešenja je diskretan, unapred određen i konačan, pri čemu ne postoje eksplicitno definisana ograničenja. Uobičajeni način predstavljanja problema višeatributnog odlučivanja je matična forma (matrica odlučivanja). Metode višeatributnog odlučivanja mogu se dalje podeliti na:

a. Metode korisnosti (eng. utility methods), u koje se ubrajaju:

- Metoda aditivnih težinskih faktora (eng. Simple Additive Weight – SAW / Weighted Sum Model – WSM); (*Hwang & Yoon, 1981; Triantaphyllou, 2000*)
- SMART metoda (eng. Simple Multiattribute Rating Technique); (*Edwards & Barron, 1994*)
- Metoda produktivnih težinskih faktora (eng. Simple Product Weighting – SPW / Weighted product model – WPM); (*Triantaphyllou, 2000*)
- Analitički hijerarhijski proces (eng. Analytic Hierarchy Process – AHP); (*Saaty, 1980*)
- Analitički mrežni proces (eng. Analytic Network Process – ANP); (*Saaty, 1996*)
- MACBETH metoda (eng. Measuring Attractiveness by a categorical Based Evaluation Technique). (*Bana e Costa & Vansnick, 1999*)

b. Metode rangiranja (eng. outranking methods) ili metode preferencija kod kojih se redosled alternativa generiše po prioritetu tako da mera saglasnosti bude

zadovoljena na najbolji način. Logika vrednovanja u metodama rangiranja, jeste da alternativa sa dovoljno visokim rangovima po više atributa bude i konačno visoko rangirana. U ove metode ubrajaju se:

- ELECTRE (*Elimination and choice expressing reality*) (Roy & Bertier, 1971);
- PROMETHEE (*Preference Ranking Organization method for Enrichment Evaluation*) (Benoit & Rousseaux, 2003).

c. Metode kompromisa ili metode idealne tačke – karakteriše definisanje referentnih vrednosti (idealnih tačaka) u odnosu na koje se porede alternative;

- TOPSIS (*Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution*) (Hwang & Yoon, 1981);
- Višekriterijumska optimizacija i kompromisno rešenje – VIKOR (Opricović, 1998);
- CP (*Compromise programing*) (Zeleny, 1982).

II. Višeciljno odlučivanje (eng. *Multiple Objective Decision Making* – MODM) je definisano analitičkim oblikom svakog kriterijuma pojedinačno. Karakteristika višeciljnog odlučivanja je da se skup više funkcija cilja svede na problem jednokriterijumskog odlučivanja, posle čega se problem rešava standardnom metodom jednokriterijumskog linearnog programiranja, najčešće simpleks metodom. Za razliku od višeatributnog odlučivanja, kod višeciljnog odlučivanja diskretno se naglašava skup funkcija cilja (dve i više) nad definisanim skupom ograničenja. Dobra strana višeciljnog odlučivanja jeste da pruža skup najboljih alternativnih opcija umesto samo jedne alternative. Neke od metoda višeciljnog odlučivanja su:

- DEA (*Data Envelopment Analysis*) (Seiford & Thrall, 1990);
- Linearno programiranje (*Linear Programming* – LP) (Dantzig & Thapa, 1997);
- Nelinearno programiranje (*Nonlinear Programming* – NP) (Chai et al., 2013) itd.

Obe navedene grupe problema višekriterijumskog odlučivanja (I i II) pripadaju zajedničkom okviru koji je poznat kao multikriterijumsko odlučivanje (eng. *multi-criteria decision making* – MCDM).

Određena neizvesnost u odlučivanju može se pojaviti u nekim realnim slučajevima i tada se koristi tzv. *fuzzy* višekriterijumsko odlučivanje (Aruldoss et al., 2013). Neizvesnost subjektivne

procene se javlja usled nesigurnosti donosioca odluka, dok je neizvesnost zbog nedostatka podataka uslovljena nepotpunim ili nedostupnim informacijama (Xu & Yang, 2001). Fazi analitički hijerarhijski proces (eng. *Fuzzy Analytical Hierarchy Process – FAHP*) je analitički metod, nastao usled ograničenja AHP u pogledu sagledavanja neizvesnosti (nesigurnosti) i zbog zahtevnog definisanja odnosa između dve alternative koje se porede. Primenom *fuzzy* (rasplinutih) brojeva omogućava se uvođenje neodređenosti ili tolerancije u proces odlučivanja i poređenja (Janačković, 2015).

7.1. Analitički hijerarhijski proces – AHP

Autor ideje i matematičke postavke analitičkog hijerarhijskog procesa (eng. *Analytic Hierarchy Process – AHP*) kao višekriterijumske analize je *Thomas Saaty*, koji je 70-ih godina prošlog veka razvio pomenutu metodu kao sistem za podršku u odlučivanju (Saaty, 1980). Analitički hijerarhijski proces je intuitivna metoda za formulisanje i analiziranje odluka. Tokom poslednje decenije metoda analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) je postala jedna od najčešće korišćenih metoda za rešavanje širokog spektra problema u različitim oblastima ljudskih potreba i interesovanja, kao i za rešavanje mnogih problema u praksi. Metoda AHP ima primenu u raznim industrijskim aplikacijama, kao što je odlučivanje u oblastima menadžmenta (Partovi et al., 1990; Fernandez & Ruiz, 2009), upravljanje projektnim rizicima (Dey et al., 2002; Fernandez & Ruiz, 2009), benčmarking logističkih operacija i upravljanje projektima (Farahani et al., 2010), procena uticaja na životnu sredinu (Ramanathan, 2001), itd. Zbog svoje intuitivne prirode i fleksibilnosti, mnoge korporacije i svetske vlade rutinski koriste AHP za donošenje mnogih političkih odluka (Elkarmi & Mustafa, 1993; Ramanathan, 2001).

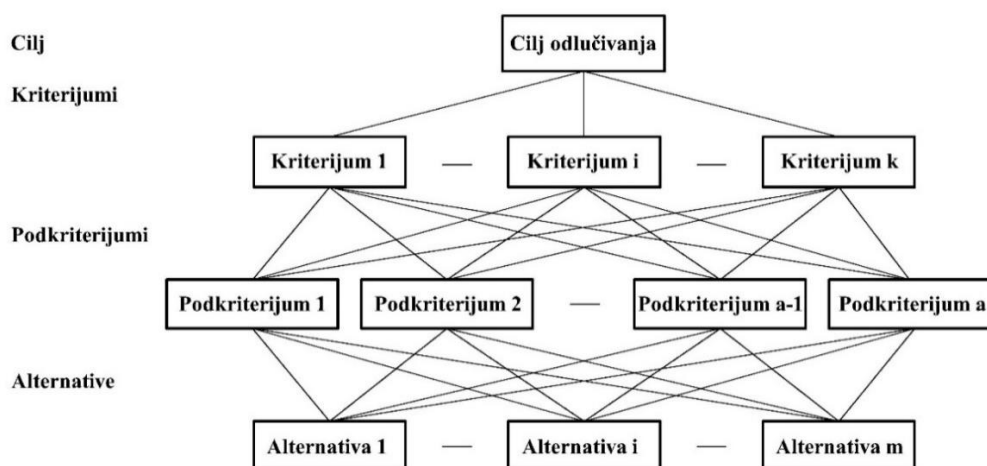
AHP metoda je sistematski proces koja na hijerarhijski način predstavlja elemente problema i obuhvata procedure i principe koji se koriste za vizuelno struktuiranje kompleksnih problema višekriterijumskog odlučivanja. Ovom metodom je moguće uočiti nekonzistentnosti (nedoslednosti) što pomaže donosiocima odluka da razumeju neizbežne kompromise u sagledavanju elemenata posmatranog sistema. AHP omogućava aktivno učešće donosioca odluka u usaglašavanju stavova i pomaže menadžerima pri izboru rešenja. Za poređenje kriterijuma se koristi apsolutna skala koja omogućava donosiocu odluke da inkorporira subjektivnost, svoje iskustvo i znanje na intuitivan način. Primena AHP metoda za rešavanje problema pri donošenju odluka obuhvata četiri osnovna koraka:

- Korak 1: Struktuiranje problema odlučivanja u hijerarhijski model, uz definisanje cilja, kriterijuma, alternativa;

- Korak 2: Na svakom nivou hijerarhijske strukture međusobno se upoređuju elementi hijerarhijske strukture u parovima, pri čemu preferencije donosioca odluke treba izraziti pomoću *Saaty*-jeve skale.
- Korak 3: Procenom relativnih važnosti elemenata za odgovarajući nivo hijerarhijske strukture problema pomoću odgovarajućeg matematičkog modela izračunavaju se lokalni prioriteti (težine) kriterijuma, podkriterijuma i alternativa.
- Korak 4: Sintezom lokalnih prioriteta unutar ukupnih prioriteta alternativa određuje se konačno rešenje (optimalno rešenje u odnosu na definisani cilj).

Prvi korak: Struktuiranje problema odlučivanja u hijerarhijski model

Problem odlučivanja se, u odnosu na cilj vrednovanja, strukturiše i slaže u hijerarhiju prema svojim sastavnim delovima: ciljevi, kriterijumi, podkriterijumi i alternative. Na slici 8.1. prikazana je hijerarhijska struktura odlučivanja u kojoj se cilj nalazi na samom vrhu hijerarhije, kriterijumi koji utiču na definisani cilj nalaze se na sledećem nivou, dalje slede podkriterijumi na nivou ispod kriterijuma i na samom kraju, tj. na poslednjem nivou hijerarhijske strukture nalaze se alternative. Svaki nivo u hijerarhiji se odnosi na zajedničke karakteristike elemenata koji se u njemu nalaze. Najviši nivo je „fokus“ problema, na srednjem nivou nalaze se kriterijumi i podkriterijumi, dok su na najnižem nivou „alternative odluke“. AHP model može sadržati više srednjih nivoa, ali je na slici 7.1. prikazana hijerarhija koja obuhvata ciljeve, kriterijume, podkriterijume i alternative. Ukoliko postoji više donosioca odluka (eng. *decision makers* - DMS), nivo donosioca odluka se može postaviti ispod cilja. Isto tako, hijerarhija ne mora biti kompletna, tj. element na nekom nivou ne mora biti kriterijum za sve elemente u podnivou. Struktura prikazana na slici 7.1. odnosi se na samo jednog donosioca odluke.



Slika 7.1. Hijerarhijska struktura problema u AHP metodi

Drugi korak: Poređenje elemenata odlučivanja u parovima i matrica odlučivanja

Elementi odlučivanja na određenom nivou hijerarhije se međusobno porede u odnosu na elemente na neposredno višem nivou. Ako se posmatra najjednostavniji slučaj hijerarhije sa tri nivoa (cilj – kriterijumi – alternative), kriterijumi se porede u odnosu na cilj, kako bi se odredio njihov međusobni značaj, a alternative u odnosu na svaki postavljeni kriterijum, pri čemu preferencije donosioca odluke treba izraziti uz pomoć odgovarajuće Saaty-jeve skale (tabela 7.1). Na osnovu Saaty-jeve skale moguće je definisati međuvrednosti, odnosno recipročne vrednosti ukoliko je jedna alternativa relativno inferiorna u odnosu na drugu alternativu sa kojom se poređi u paru. Zatim se formira matrica odlučivanja koja se koristi za izračunavanje prioriternih alternativa.

Pri poređenju elemenata hijerarhije korišćenjem Saaty-jeve skale relativnog značaja (Saaty, 2008), verbalne odluke se transformišu u numeričke vrednosti a_{ij} u matrici odlučivanja A . Deskripcija vrednosti Saatyjeve skale navedena je u tabeli 7.1. Jednak značaj dva elementa izražen je ocenom 1, a apsolutna dominacija značaja jednog elementa u odnosu na drugi, ocenom 9.

Tabela 7.1. Saatyjeva skala relativnog značaja (Saaty, 2008)

Intenzitet značaja	Definicija	Značaj
1	Istog značaja (jednako)	Dva elementa su identičnog značaja u odnosu na nadređeni element.
3	Slab značaj (slaba dominacija)	Iskustvo ili rasuđivanje neznatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi.
5	Jak značaj (jaka dominacija)	Iskustvo i rasuđivanje znatno favorizuju jedan element u odnosu na drugi.
7	Izraženi značaj (vrlo jaka dominacija)	Dominantnost jednog elementa potvrđena u praksi.
9	Apsolutni značaj (dominacija)	Dominantnost najvišeg stepena.
2, 4, 6, 8	Međuvrednosti	Potreban je kompromis ili dalja podela.
$\frac{1}{2}$; $\frac{1}{3}$; $\frac{1}{4}$;...	Dominacija suprotstavljenog elementa	Postoji razumna pretpostavka o dominaciji suprotnog elementa u odnosu na posmatrani.

Na samom početku, kriterijumi se porede u parovima u odnosu na cilj, a matrica odlučivanja A se dobija na osnovu rezultata poređenja elemenata. Svaki koeficijent a_{ij} se smešta na odgovarajuću poziciju poređenjem reda elementa A_i sa kolonom elementa A_j :

$A = (a_{ij})$ ($i, j = 1, 2, \dots$, broj kriterijuma) ili ako postoji n elemenata koji se porede, rezultati poređenja formiraju matricu A dimenzije $n \times n$:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (7.1)$$

Poređenje bilo koja dva kriterijuma u odnosu na cilj se vrši tražeći odgovor na pitanje tipa: „Koji kriterijum je značajniji za dobar izbor i u kojoj meri?“ Matrica odlučivanja A je pozitivna recipročna matrica poređenja alternativa u parovima, pošto za dva elementa a_{ij} i a_{ji} važi sledeće: $a_{ij} > 0$; $a_{ij} = 1/a_{ji}$, $a_{jj} = 1$ za sve vrednosti i

Za sve elemente na glavnoj dijagonali takođe važi da je $a_{ii} = 1$.

Treći korak: Određivanje relativnih težina

Nakon dobijanja matrice poređenja kriterijuma odlučivanja u odnosu na cilj, vrši se određivanje vrednosti vektora težinskih koeficijenata i konzistentnost odluke.

Kada je matrica A konzistentna, onda je ona ista kao matrica X .

$$X = \begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \frac{w_n}{w_3} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix}, \quad (7.2)$$

Vektor $w = \{w_1, \dots, w_n\}^T$ predstavlja vektor težinskih koeficijenata (Saaty, 1990; Saaty, 1983). Postoji nekoliko metoda za određivanje vrednosti vektora težinskih koeficijenata $w = \{w_1, \dots, w_n\}^T$ iz matrice A , koji predstavljaju bliske aproksimacije odgovarajućih elemenata matrice X . Za matricu A može se najpre odrediti njena maksimalna sopstvena vrednost, λ_{max} , a potom i odgovarajući vektor sopstvenih vrednosti, odnosno vektor približnih vrednosti težinskih koeficijenata, w . U tom slučaju važi:

$$\begin{bmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \frac{w_1}{w_3} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \frac{w_2}{w_3} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \frac{w_3}{w_3} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \frac{w_n}{w_3} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix}, \quad (7.3)$$

i vektor w se može dobiti rešavanjem sledećeg sistema homogenih linearnih jednačina:

$$Aw = nw \text{ ili } (A - nI)w = 0.$$

Prikazani sistem ima netrivialno rešenje ako i samo ako je n sopstvena vrednost matrice A , tj. ako je determinanta matrice $(A - nI)$ jednaka nuli. U slučaju da su poređenja u potpunosti konzistentna, matrica A ima rang 1 i $\lambda_{max} = n$.

Druge tehnike za određivanje vektora težinskih koeficijenata w , koje takođe preporučuje *Saaty*, 1980, uključuju sumiranje redova matrice rezultata poređenja i normalizovanje dobijenih suma (relacija 7.4).

$$\sum_{j=1}^n \frac{w_i}{w_j} = w_i \left(\sum_{j=1}^n \frac{1}{w_j} \right) \quad i = 1, \dots, n \text{ (po redovima)} \quad (7.4)$$

Određeni vektor težinskih koeficijenata množi se sa težinskim koeficijentom elementa sa višeg nivoa koji je korišćen kao kriterijum pri poređenju. Procedura se ponavlja idući ka nižim nivoima hijerarhije. Težinski koeficijenti se računaju za svaki element na datom nivou i isti se zatim koriste za određivanje tzv. kompozitnih relativnih težinskih koeficijenata elemenata u nižim nivoima. Na kraju se bira alternativa sa najvećim kompozitnim težinskim koeficijentom. Imajući u vidu da broj poređenja može da bude veoma veliki ($n \cdot (n-1)/2$), matrica A često nije potpuno konzistentna, odnosno nije ista kao matrica X . Zbog toga je potrebno proveriti da li se konzistencija poređenja nalazi u okviru očekivanog opsega.

AHP metoda omogućava proveru konzistentnosti prilikom upoređivanja u parovima. Nedoslednosti u rasuđivanju utvrđuju se na osnovu indeksa konzistentnosti (CI) za dobijenu matricu poređenja A i stepena konzistentnosti (CR). Konzistentnost matrice se može odrediti na osnovu vrednosti koja se naziva stepen konzistentnosti:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (7.5)$$

u kojoj je CI indeks konzistentnosti (eng. *consistency index*), a RI slučajni indeks konzistentnosti. Indeks konzistentnosti (CI) je mera odstupanja n od maksimalne sopstvene vrednosti i definiše se kao:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n-1)} \quad (7.6)$$

gde je $\lambda_{\max}$ maksimalna sopstvena vrednost matrice poređenja. Kod potpuno konzistentne matrice A , najveća sopstvena vrednost ($\lambda_{\max}$) jednaka je broju elemenata koji se porede n (Saaty, 1980). Što je $\lambda_{\max}$ bliže broju n , manja će biti nekonzistentnost. Vrednost $\lambda_{\max}$ se izračunava tako što se najpre pomnoži matrica u kojoj se nalaze rezultati poređenja sa vektorom težinskih koeficijenata (vektorom prioriteta):

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_n \end{bmatrix} \quad (7.7)$$

a, zatim se podeli prvi element dobijenog vektora b sa prvim elementom vektora w , drugi element sa drugim, itd:

$$\begin{bmatrix} \frac{b_1}{w_1} \\ \frac{b_2}{w_2} \\ \dots \\ \frac{b_n}{w_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \dots \\ \lambda_n \end{bmatrix}, \quad (7.8)$$

Konačno:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (7.9)$$

Zamenom vrednosti $\lambda_{\max}$ iz relacije (7.9) u relaciju (7.6) određuje se indeks konzistentnosti (CI).

Indeks RI predstavlja nasumično dobijene vrednosti iz recipročne matrice i zavisi od reda matrice. Saaty je kao primer uzeo prosečne konzistentosti (vrednosti slučajnog indeksa RI) iz uzorka od 500 slučajno generisanih matrica maksimalne veličine 11×11 (Saaty 2000, 1980). Vrednosti slučajnog indeksa matrica različitih formata prikazane su u tabeli 7.2.

Tabela 7.2. Slučajni indeksi RI za matrice različitog formata (Saaty, 1980)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$RI(n)$	0,0	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

n	11	12	13	14	15
$RI(n)$	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Veće vrednosti indeksa CR posmatrane matrice ukazuju da inicijalna prosuđivanja nisu konzistentna, pa time nisu ni pouzdana. Stepenn konzistentnosti matrice CR manji od 0,10 smatra se prihvatljivim (Saaty, 1980), što znači da nema potrebe za korekcijama parnih komparacija. Ukoliko je vrednost veća, komparacije bi trebalo ponovo analizirati i ustanoviti razloge nekonzistentnosti. Koristeći vrlo sličnu proceduru, moguće je odrediti lokalne prioritete alternativa u odnosu na svaki kriterijum.

Četvrti korak: Agregacija lokalnih prioriteta

Kada se lokalni prioriteti elemenata nalaze na različitim nivoima, vrši se njihova agregacija kako bi se dobili konačni prioriteti alternativa, odnosno konačno optimalno rešenje (sa najvišim prioritetom među rangiranim alternativama).

7.1.1. Dileme i kontroverze vezane za primenu AHP metoda

Izbor skale za poređenja parova

Autor AHP metode (Saaty, 1980) predložio je skalu relativnog značaja od 1 do 9. (tabela 7.1) Međutim, u literaturi se predlaže nekoliko alternativnih skala. Jedna od najčešće citiranih alternativnih skala je geometrijska skala (Lootsma, 1999) u kojoj se koristi opseg ($e^{0\gamma}$ do $e^{8\gamma}$) za iste semantičke opise koji su dati u tabeli 7.1. (γ je konstantno).

Problem inverzije ranga (eng. Rank reversal problem)

Jedno od najkontroverznijih pitanja u metodi AHP je fenomen inverzije ranga: naime, redosled tj. rang alternativa dobijenih metodom AHP po njihovom značaju/dominantnosti se menja ako se u obzir uzme još jedna, dodatna alternativa. Belton i Ger (Belton & Gear, 1983) su dokazali da se rang niza od tri alternative menja ukoliko se doda kopija jedne od alternativa. Ovaj problem je zapravo simptom proizvoljnog rangiranja u okviru AHP metode (Dyer, 1990a), dok su pojedini autori smatrali da se ovaj problem može prevazići konstruisanjem mreže (tj. sistema u kome na elemente u jednom nivou utiču elementi višeg i nižeg nivoa), pre nego hijerarhijskim pristupom sistemu (sistem na čije elemente utiču isključivo elementi višeg nivoa) (Harker & Vargas, 1987). Detaljnija diskusija o mrežama u AHP je dovela do predloga pod kojim uslovima se problem inverzije ranga može ignorisati bez posledica po integritet zaključivanja na osnovu AHP (Saaty, 2000).

Multiplikativni analitičko hijerarhijski proces (MAHP) je verzija AHP u kojoj ne postoji inverzija ranga, tj. obrnuto rangiranje (Belton & Gear, 1983; Lootsma, 1999). U ovoj metodi

se uglavnom koriste multiplikacione operacije, za razliku od standardnog AHP u kome se koriste adicione i multiplikacione operacije. U MAHP se koristi logaritamski metod najmanjih kvadrata (eng. *Logarithmic Least Squares Technique – LLST*) umesto tehnike sopstvenih vektora, kao i multiplikativna agregacija umesto jednostavne ponderisane agregacije na osnovu hijerarhijskog sastava.

Broj poređenja

U metodi AHP koristi se veliki broj redundantnih procena za proveru konzistentnosti matrice, što može eksponencijalno povećati broj procena od strane donosioca odluka. Na primer, za poređenje osam alternativa na osnovu jednog kriterijuma potrebno je ukupno 28 procena. Ako postoji N kriterijuma, onda će ukupan broj procena za upoređivanje alternativa na osnovu svih ovih kriterijuma biti $28N$, što često predstavlja napor za donosioca odluke.

Prednosti primene AHP u rešavanju problema zaštite životne sredine

Analizom svojstava AHP metoda utvrđene su brojne pogodnosti i mogućnosti njegove primene u razvoju alata za podršku odlučivanju pri izboru najpogodnije lokacije industrijskih postrojenja u skladu sa ciljevima industrijske ekologije. AHP olakšava rešavanje složenih problema odlučivanja jer ih hijerarhijski razlaže na različite nivoe i razmatra kriterijume pomoću kojih se bira najbolja alternativa. Kada se radi o izboru najpogodnije lokacije, preferentna alternativa određuje položaj industrijskog postrojenja u odnosu na brojne elemente okruženja i druge socio-ekonomske i ekološke faktore. Industrijska lokacija se određuje donošenjem odluke pri čemu se uzimaju u obzir različite alternative, jer je za održivu funkcionalnost novih postrojenja neophodan balans između efikasne industrijske aktivnosti, zaštite životne sredine i ekonomske održivosti poduhvata. Brojne promenljive koje treba uzeti u obzir utiču na kompleksnost problema koju je moguće prevazići primenom AHP metoda.

AHP metod prepoznaje kompromis između različitih elemenata modela, pa time može predstavljati idealan okvir za procenu uticaja na životnu sredinu, koja takođe uključuje i brojne kompromise. AHP pomaže da se dođe do kompleksnih procena od strane različitih stručnjaka koji deluju na zajedničkoj platformi. Takođe, AHP obezbeđuje preciznost jer poseduje adekvatan mehanizam za proveru konzistentnosti procena.

Druge višekriterijumske metode, kao što je npr. višeatributna teorija korisnosti (*Keeny & Raiffa, 1993*) se takođe mogu primeniti ili su se već primenjivale u sličnim situacijama. Oba pristupa imaju svoje prednosti i mane, što je navedeno u radovima i debatama objavljenim u brojnim publikacijama (*Dyer, 1990a, b; Harker & Vargas, 1990*). Prednosti AHP u odnosu na

druge višekriterijumske metode odlučivanja, kao što često navode njeni zagovornici, su fleksibilnost, uključenost donosioca odluka (stručnjaka i zainteresovanih strana) u proces, kao i mogućnost provere nedoslednosti procena (*Saaty, 2000*).

Sa druge strane, u konvencionalnim metodama procene uticaja na životnu sredinu, kao što je metoda ček liste ili metoda matrica, izbor elemenata (ili pod-elemenata) je ograničen u zavisnosti od dostupnosti odgovarajućeg merljivog indikatora. Primenom metode AHP ovo ograničenje nestaje, jer AHP dozvoljava korišćenje kvalitativnih atributa (odgovarajućom kvantifikacijom uz pomoć semantičke skale) i predstavlja kombinaciju kvantitativnih i kvalitativnih elemenata. Značajna odlika ovog metoda je mogućnost uključenja individualne procene u proces donošenja odluke.

Za procenu uticaja na životnu sredinu neophodna su stručna mišljenja različitih aktera u vezi većeg broja kriterijuma. Za procenu uticaja neophodne su konsultacije sa više eksperata iz različitih oblasti (npr. iz domena uticaja na vazduh, vodu, zemljište, uticaja buke, estetskih i socio–ekonomskih uticaja, itd.). Konsultovanjem većeg broja eksperata može se izbeći pristrasnost koja je često posledica procene od strane samo jednog stručnjaka. Procene većeg broja stručnjaka je potrebno grupisati na adekvatan način. U AHP postoji nekoliko metoda za grupisanje uključujući metod geometrijske sredine i metod aritmetičke sredine (*Peniwati, 1996; Saaty, 2000; Ramanathan, 2001*).

8. NOVI INTEGRATIVNI MODEL ZA REŠAVANJE REVERZNO-LOGISTIČKIH PROBLEMA EKO-INDUSTRIJSKE SIMBIOZE

Izloženo istraživanje se odnosi na razvoj modela za podršku odlučivanju u domenu upravljanja industrijskim otpadom, koji se između ostalog temelji i na pristupu održive regionalne logistike. S obzirom na to da istraživanje razmatra mogućnosti udruživanja proizvođača u jedan vid eko-industrijske simbioze kroz sinergijske veze koje se odnose na fizičku razmenu nusproizvoda, model je projektovan tako da olakša kvalitetniju saradnju industrijskih subjekata u okviru posmatranih granica sistema (jednog regiona). Prednosti ovakve razmene se odnose na smanjenje potrošnje resursa i energije, a time i smanjeno generisanje nusproizvoda, što direktno utiče i na minimizaciju troškova skladištenja otpada i porast ekološke odgovornosti u industrijskom sektoru.

Pouzdanost snabdevanja sekundarnim sirovinama zavisi od njihove raspoloživosti, kao i od logističkih troškova snabdevanja, odnosno lokacije postrojenja za preradu otpada (ili lokacije industrijske proizvodnje koja može da koristi određeni nusproizvod kao sirovinu za svoj proizvodni proces). Lokacija industrijske proizvodnje je jedan od najvažnijih elemenata za određivanje stepena integracije proizvodnog sistema unutar okruženja (ekološkog, socijalnog, ekonomskog), kao i za njegovo održivo funkcionisanje.

Razvoj industrijskih oblasti je važan deo ekonomske strategije mnogih Evropskih zemalja, naročito onih razvijenih, u kojima su industrijski centri od ključnog značaja za urbanističko planiranje. Ipak, industrijska područja predstavljaju poseban rizik po životnu sredinu, jer su ekološki problemi koji potiču iz više industrijskih pogona skoncentrisani na jednom prostoru. Po danas prevaziđenoj strategiji industrijskog razvoja, smatralo se da su resursi i apsorpcioni kapaciteti životne sredine neograničeni. Takva koncepcija dovodi do progresivnog disbalansa u životnoj sredini, što je jedan od osnovnih motiva za projektovanje novog lokacijskog modela zasnovanog na postulatima održivog razvoja. Još uvek ne postoji jedinstvena metodologija za projektovanje industrijskih postrojenja (pogona ili čitavih industrijskih parkova koji bi se zasnivali na osnovnim principima eko-industrijske simbioze). U pojedinim literaturnim izvorima mogu se naći određene strategije zaštite životne sredine koje se mogu primeniti na izbor, projektovanje i planiranje lokacije, dizajn fizičke strukture, izgradnju i rad (operativnost) industrijskih područja (*Fernandez & Ruiz, 2009*). Za lociranje industrijskih postrojenja od značaja su osnovni elementi infrastrukture, blizina sirovina ili tržišta, kao i društveni i faktori zaštite životne sredine. Istraživanje tokova reverzne logistike i lokacijskih problema sprovedeno je radi definisanja primenjivih metodoloških okvira i formiranja modela za

upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na principima funkcionisanja eko-industrijskih mreža.

Na osnovu formiranog modela, kreirana je softverska platforma za sistematizaciju podataka o sekundarnim sirovinama koje potiču iz određenih industrijskih sektora ili mreža preduzeća (ekstrakcijom dostupnih podataka) i njihovo geografsko lociranje pomoću GPS ili GIS aplikacija. Na ovaj način je moguće dobiti informaciju o geografskim lokacijama i međusobnoj udaljenosti svih relevantnih industrijskih postrojenja u okviru jednog predefinisaneog regiona. Sa druge strane, na osnovu geografske lokacije i raspoloživih količina određenog otpada kod generatora, omogućava se optimalno lociranje novih industrijskih pogona zadatog kapaciteta, sa aspekta efikasnog snabdevanja sekundarnim sirovinama uz minimizaciju transportnih troškova. Modeliranje procesa izbora lokacije novih industrijskih pogona / postrojenja za preradu otpada je bazirano na lokacijskoj optimizaciji korišćenjem modela *p medijana* i višekriterijumske optimizacije predloženih rešenja zasnovane na AHP.

Metodologija izbora odgovarajuće lokacije za izgradnju novih industrijskih pogona / postrojenja za preradu otpada obuhvata sledeće elemente:

1. Definisanje geografskog regiona (teritorijalne oblasti zahvata) i količina materijala koje može da apsorbuje buduće novolocirano postrojenje.
2. Identifikacija industrijskih subjekata / generatora industrijskog otpada u okviru predefinisane geografske oblasti, prikupljanje i priprema podataka o njihovoj geografskoj lokaciji pomoću programa Google Maps i količinama generisanog otpada (iz baze podataka Nacionalnog registra izvora zagađivanja, dostupne na sajtu Agencije za zaštitu životne sredine).
3. Formiranje baze (prilog 3) sa svim potrebnim podacima o industrijskim subjektima u okviru posmatranog regiona, sa količinama generisanog otpada za referentnu godinu, po zadatom indeksnom broju.
4. Primena modela *p medijana*. - na unapred definisanom području, u čvornim tačkama mreže generatora otpada, lociraju se novi industrijski pogoni ili postrojenja za preradu otpada, koji za svoju proizvodnju mogu kao ulazni resurs koristiti sekundarnu sirovinu koja se izdvaja i generiše kao otpad iz industrija posmatranog područja i to u potrebnoj količini koja je definisana na godišnjem nivou. Dakle, potrebno je naći lokaciju novih industrijskih pogona / postrojenja za preradu otpada, tako da je suma otežanih rastojanja minimalna (na ovaj način je moguće minimizirati ukupne transportne troškove). Problem se razmatra sa aspekta određivanja makrolokacije postrojenja.

5. Na osnovu količina otpada i drumskih rastojanja između identifikovanih industrijskih subjekata (generatora otpada) u definisanom regionu, korišćenjem metode *p medijana*, locira se p novih industrijskih pogona / pogona za tretman otpada, sa definisanim kapacitetom, za izabrani indeksni broj otpada. Lociranim pogonima alociraju se industrijski subjekti (generatori otpada), čime se formira funkcionalna eko-industrijska mreža. Da bi se ostvario koncept eko-industrijske simbioze potrebno je za vrstu otpada n , odrediti p optimalnih lokacija korišćenjem modela *p medijana*.
6. Izbor optimalne lokacije (alternative prvog prioriteta), za svaki od m izabranih klastera koji formiraju generatori n vrsta otpada.
7. Identifikovanje kriterijuma, podkriterijuma i alternativa za AHP analizu;
8. Formiranje hijerarhijske strukture;
9. Formiranje matrice odlučivanja (poređenje parova) i evaluacija kriterijuma, na osnovu objektivnih podataka;
10. Utvrđivanje relativnih težina;
11. Utvrđivanje prioriteta i izbor optimalnih lokacija za pogon za tretman otpada za svaki od indeksnih brojeva
12. Izbor optimalne lokacije (lokacije konačnog prioriteta) novog industrijskog pogona, među lokacijama prvih prioriteta svih izabranih indeksnih brojeva otpada.

Prva faza modeliranja odnosi se na optimizaciju lokacije prethodno definisane (po kapacitetima i zastupljenim materijalima) industrijske proizvodnje, gde se kao osnovni kriterijum optimizacije posmatraju ukupni transportni troškovi i količine sekundarnih sirovina (otpada) u lancu snabdevanja.

Modeliran lokacijski problem *p medijana* je posmatran kao jednokriterijumski, diskretan, statički, lokacijsko-alokacijski problem na mreži. Prilikom definisanja parametara modela *p medijana* razmatra se postojanje: skupa $i = 1, 2, 3, \dots, I$ čvorova u kojima su locirane industrije; skupa $j = 1, 2, 3, \dots, J$ čvorova u kojima je moguće locirati nove industrijske pogone; raspoložive količine otpada u čvoru $I - a_i$; broja objekata koje je potrebno locirati na mreži – p , pri čemu važi $p = 1, 2, \dots, \leq J$ i rastojanje između čvora i i čvora $j - d_{ij}$. Dalja matematička formulacija modela *p medijana*, kao i kriterijumska funkcija data je u poglavlju 6.2.1.4.

Algoritam za rešavanje lokacijskog problema p medijana

Algoritam počinje pronalaženjem lokacije jedne medijane, a nova medijana se nalazi u svakom dodatnom koraku. Ilustrativni prikaz algoritma za rešavanje lokacijskog problema p medijana dat je na slici 8.1.

Neka je M skup čvorova u kojima su medijane privremeno locirane i neka je m ukupan broj čvorova skupa M , koji uzima vrednosti od 1 do p .

KORAK 1: Neka je $m=1$. Naći lokaciju jedne medijane. Neka je ta medijana locirana u čvoru j , što znači $M = \{j\}$.

Korak 1.1. Izračunati dužine najkraćih puteva d_{ij} između svih parova čvorova (i, j) mreže G i prikazati ih u matrici najkraćih puteva D . Čvorovi j predstavljaju moguće lokacije za medijanu, a čvorovi i predstavljaju lokacije klijenata koji zahtevaju uslugu.

Korak 1.2. Pomnožiti j -tu kolonu matrice najkraćih puteva sa brojem zahteva za uslugom a_i . Element $a_i d_{ij}$ matrice $D = [a_i d_{ij}]$ predstavlja “rastojanje” koje prelaze korisnici iz čvora i koji dobijaju uslugu u čvoru j .

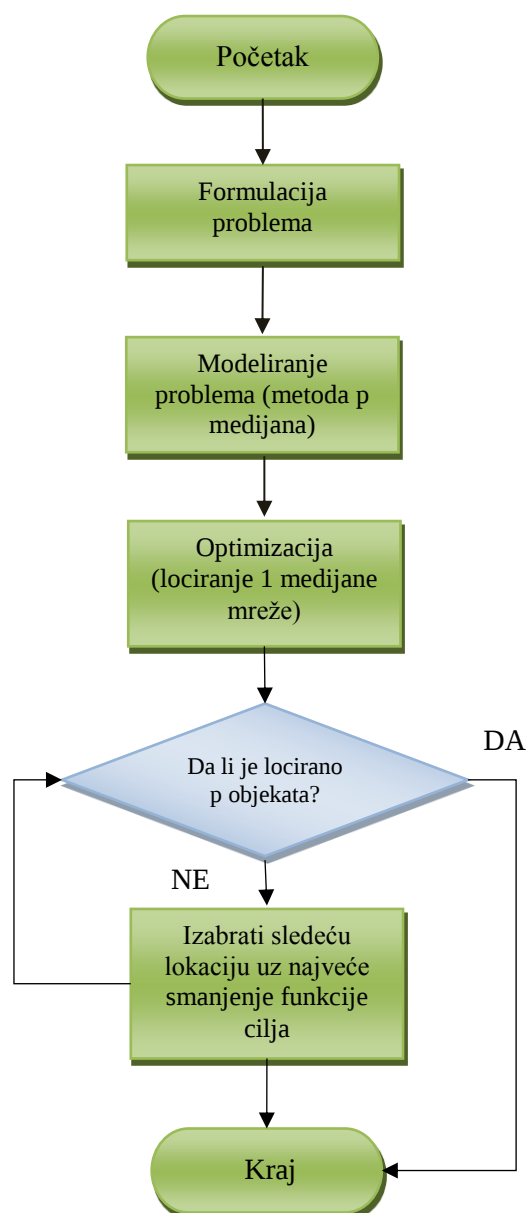
Korak 1.3. Izvršiti sumiranje duž svake vrste i matrice D . Izraz $\sum_{i \in I} a_i \cdot d_{ij}$ predstavlja “ukupno rastojanje” koje prelaze korisnici u slučaju kada je objekat lociran u čvoru j .

Korak 1.4. Sabiranjem elemenata redova matrice $D = [a_i \cdot d_{ij}]$ dobija se vektor čija i -ta komponenta predstavlja sumu otežanih rastojanja od čvora i do svih ostalih čvorova. Najmanji element ovog vektora predstavlja traženu medijanu. Na ovaj način je određena jedna medijana / lokacija ($p=1$).

KORAK 2: Sledeća medijana se nalazi u čvorovima iz skupa $N \setminus M$, tako da se postigne najveće smanjenje funkcije cilja. Zatim m uvećavamo za 1: $m=m+1$.

KORAK 3: Izračunava se vrednost smanjenja ukupnog rastojanja koje prevaljuju korisnici u slučajevima kada je druga medijana locirana respektivno u čvorovima iz skupa $N \setminus M$. Čvor iz skupa $N \setminus M$ čijim uključivanjem u skup medijana bi se najviše smanjila vrednosti ukupnog rastojanja, predstavlja sledeću medijanu.

KORAK 4: Ako je $m=p$ algoritam se završava, a ako nije, treba se vratiti na KORAK 2. Algoritam se završava kada se pronade svih p medijana.



Slika 8.1. Algoritam za rešavanje lokacijskog problema p medijana (adaptirano prema Vasić, 2015)

U drugoj fazi modeliranja razmatra se određivanje alternative prvog prioriteta dobijenih lokacija modelom p medijana, uključivanjem i drugih kriterijuma u razmatranje, s obzirom da se modelom p medijana posmatrao izbor lokacije sa aspekta minimizacije transportnih troškova, koji imaju najveći uticaj na logističke troškove i ukupne troškove tretmana sekundarnih sirovina. Druga faza modeliranja obuhvata primenu višekriterijumske procene za analizu pogodnosti različitih oblasti / alternativa (lokacija) koje su potencijalni lokalitet novih industrijskih pogona (pogona za tretman otpada). Za konačno određivanje prvih prioriteta lokacije (optimalne lokacije) nakon lokacijske optimizacije i p medijana modela koristiće se

analitički hijerarhijski proces, kao višekriterijumska metoda za podršku odlučivanju pri upravljanju sistemom za tretman industrijskog otpada. Za predmetno istraživanje, AHP metoda je izabrana s obzirom na to da je uočena jasna hijerarhijska struktura problema odlučivanja o izboru optimalne lokacije novog postrojenja (potrošača sekundarnih materijala).

Druga faza modeliranja obuhvata: identifikaciju cilja, gde je cilj izbor alternative prvog prioriteta, za svaki od m izabranih klastera koji formiraju generatori n vrsta otpada; identifikovanje kriterijuma, podkriterijuma i alternativa za AHP analizu; formiranje hijerarhijske strukture; formiranje matrice odlučivanja (poređenja u parovima) i evaluacija kriterijuma; utvrđivanje relativnih težina i na kraju utvrđivanje konačnih prioriteta i izbor optimalne lokacije (alterative prvog prioriteta) za novi industrijski pogon / pogon za tretman otpada, za izabrane indeksne brojeve otpada.

8.1. Formiranje strukture baze podataka za razvoj integrativnog modela primene metode *p medijana* u kombinaciji sa AHP

Jedan od zadataka sistema (integrativnog modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada) je da se omogući adekvatna sistematizacija podataka o postrojenjima (preduzećima) koja predstavljaju izvore / generatore otpada na prethodno definisanom regionalnom nivou. Za funkcionisanje ovakvog sistema važno je navesti period prikupljanja podataka koji je određen na osnovu pravne regulative koja obavezuje preduzeća da redovno izveštavaju (jednom godišnje, za prethodnu godinu) o količinama generisanog otpada.

U prilogu 3 je predstavljena sekundarna baza podataka koja sadrži relevantne informacije o otpadu, radi ekstrakcije podataka za razvoj novog modela za upravljanje industrijskim otpadom (sekundarnim sirovinama). U sekundarnoj bazi podataka date su količine otpada za 2014. godinu, kao zadnje referentne godine za izveštavanje o generisanim količinama otpada.

Ova baza podataka se odnosi na region Južne i Istočne Srbije (region izabran za validaciju razvijenog modela) za sledeće vrste otpada: gvožđe i čelik, aluminijum i otpadne gume. Predstavljene su količine navedenih vrsta otpada i njihovi indeksni brojevi, po postrojenjima koja generišu date vrste otpada i geografski pripadaju regionu Južne i Istočne Srbije. Baza sadrži matične podatke o postrojenju – generatoru otpada, radi njihove identifikacije i geografskog lociranja pomoću aplikacije *Google Maps*. Geografsko lociranje je neophodno radi očitavanja rastojanja između generatora otpada i prethodi lokacijskoj optimizaciji primenom metode *p medijana*. Važno je napomenuti da je za razvoj modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na principima formiranja eko-industrijskih mreža,

ovakav vid predstavljanja ulaznih podataka jednoznačno određen, odnosno da se unošenje podataka o novim postrojenjima mora izvršiti na uniforman način, da bi razvijeni softverski alat mogao adekvatno da se primeni. Isto tako je važno naglasiti da ne postoji ograničenje u broju postrojenja / generatora otpada koji će se naći u sekundarnoj bazi, bez obzira na to koliko se indeksnih brojeva razmatra.

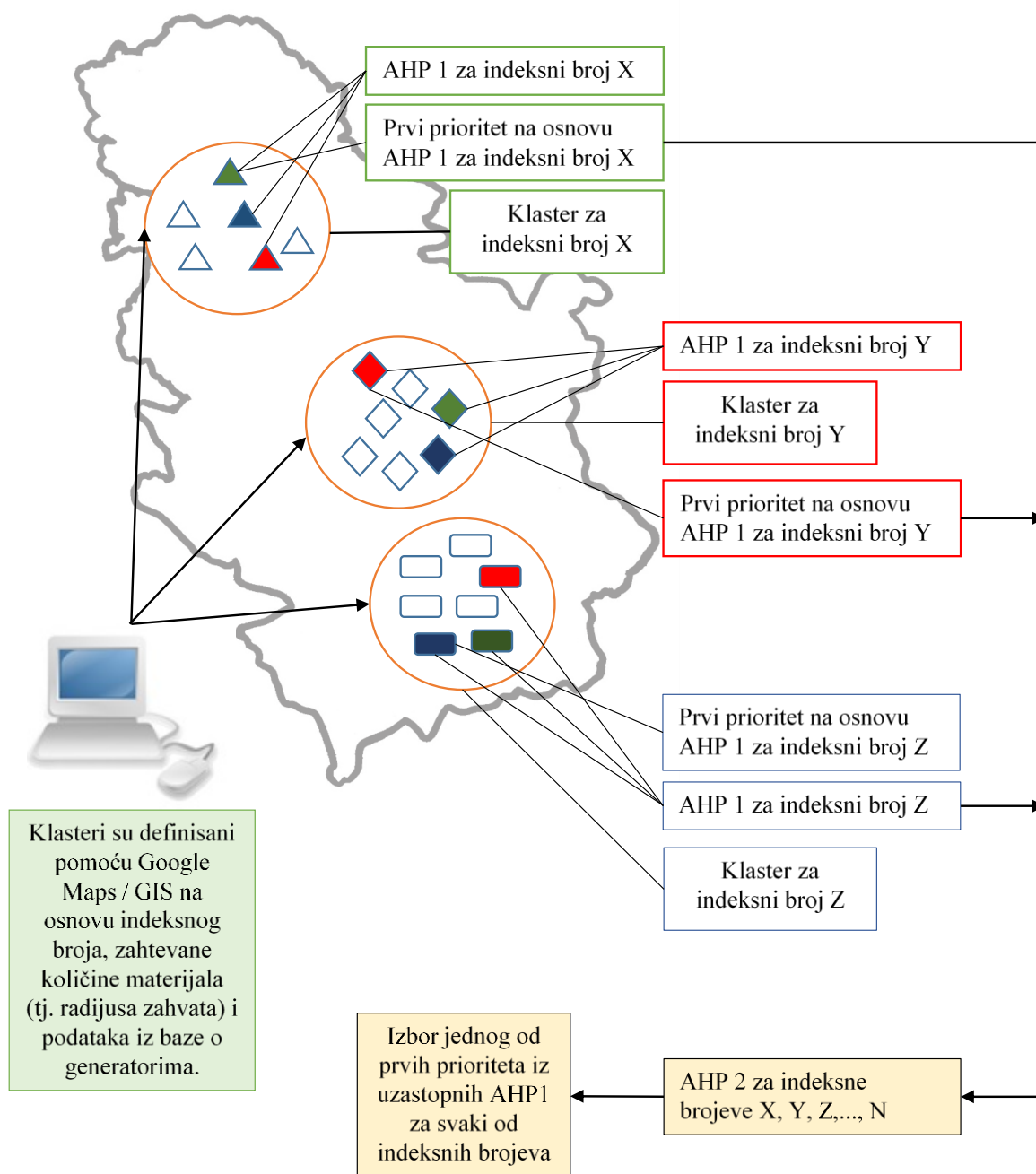
8.2. Struktura i algoritam integrativnog modela primene metode *p medijana* u kombinaciji sa AHP

Struktura i algoritam integrativnog modela primene metode *p medijana* u kombinaciji sa AHP metodom, odnosno struktura i algoritam modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža može se opisati sledećim koracima, što je predstavljeno algoritmom na slici 8.3.

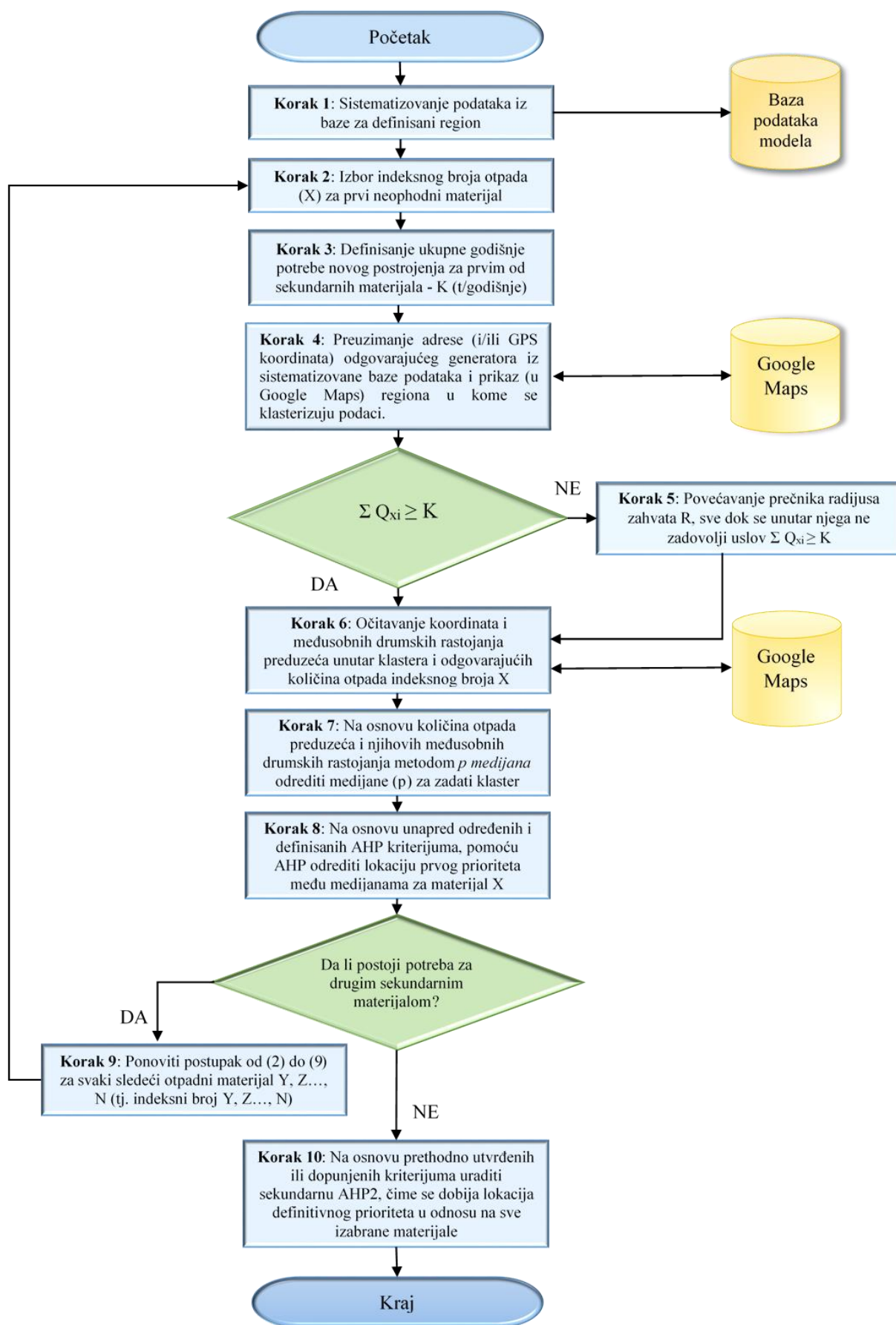
1. Sistematizovanje podataka iz baze za definisani region.
2. Izbor indeksnog broja otpada za prvi neophodni sekundarni materijal.
3. Definisanje ukupne godišnje potrebe novog postrojenja za prvim od sekundarnih materijala (potreban kapacitet K (t/godišnje)).
4. Preuzimanje adrese (i/ili GPS koordinata) odgovarajućeg generatora (na osnovu izabranog indeksnog broja) iz sistematizovane baze podataka i prikaz (u *Google Maps*) regiona u kome se klasterizuju podaci, odnosno regiona u kome postoji najveća gustina generatora (preduzeća koja generišu predmetni otpad);
5. Inkrementalno povećavanje prečnika radijusa zahvata R , sve dok se unutar njega ne nađu generatori koji sumarno obezbeđuju količine otpada sa izabranim indeksnim brojem X koje su $\geq K$ (potrebnog kapaciteta novog postrojenja);
6. Očitavanje koordinata i međusobnih drumskih rastojanja preduzeća unutar klastera i odgovarajućih količina otpada indeksnog broja X ;
7. Na osnovu količina otpada preduzeća i njihovih međusobnih drumskih rastojanja metodom *p medijana* odrediti medijane za zadati klaster;
8. Na osnovu unapred određenih i definisanih AHP kriterijuma, pomoću AHP odrediti lokaciju prvog prioriteta među medijanama za materijal X (indeksni broj X);
9. Ukoliko postoji potreba za drugim sekundarnim materijalom ponoviti postupak od (2) do (9) za materijal $Y, Z \dots N$ (tj. indeksni broj $Y, Z \dots N$); Ukoliko ne postoji potreba za drugim sekundarnim materijalom preći na Korak 10;

10. Kada se pronađu lokacije prvog prioriteta za svih N vrsta otpadnih materijala, sekundarnom primenom metoda višekriterijumske optimizacije (AHP 2 ili “master AHP”) vrši se izbor lokacije definitivnog prioriteta među prioriternim medijanama mreža svih N neophodnih materijala. Prethodno utvrđeni set kriterijuma se, po potrebi, može proširiti.

Ilustrativni prikaz razvijenog modela je dat na slici 8.2.



Slika 8.2. Dijagram strukture modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža



Slika 8.3. Algoritam izbora lokacije za nove industrijske pogone / pogone za tretman otpada

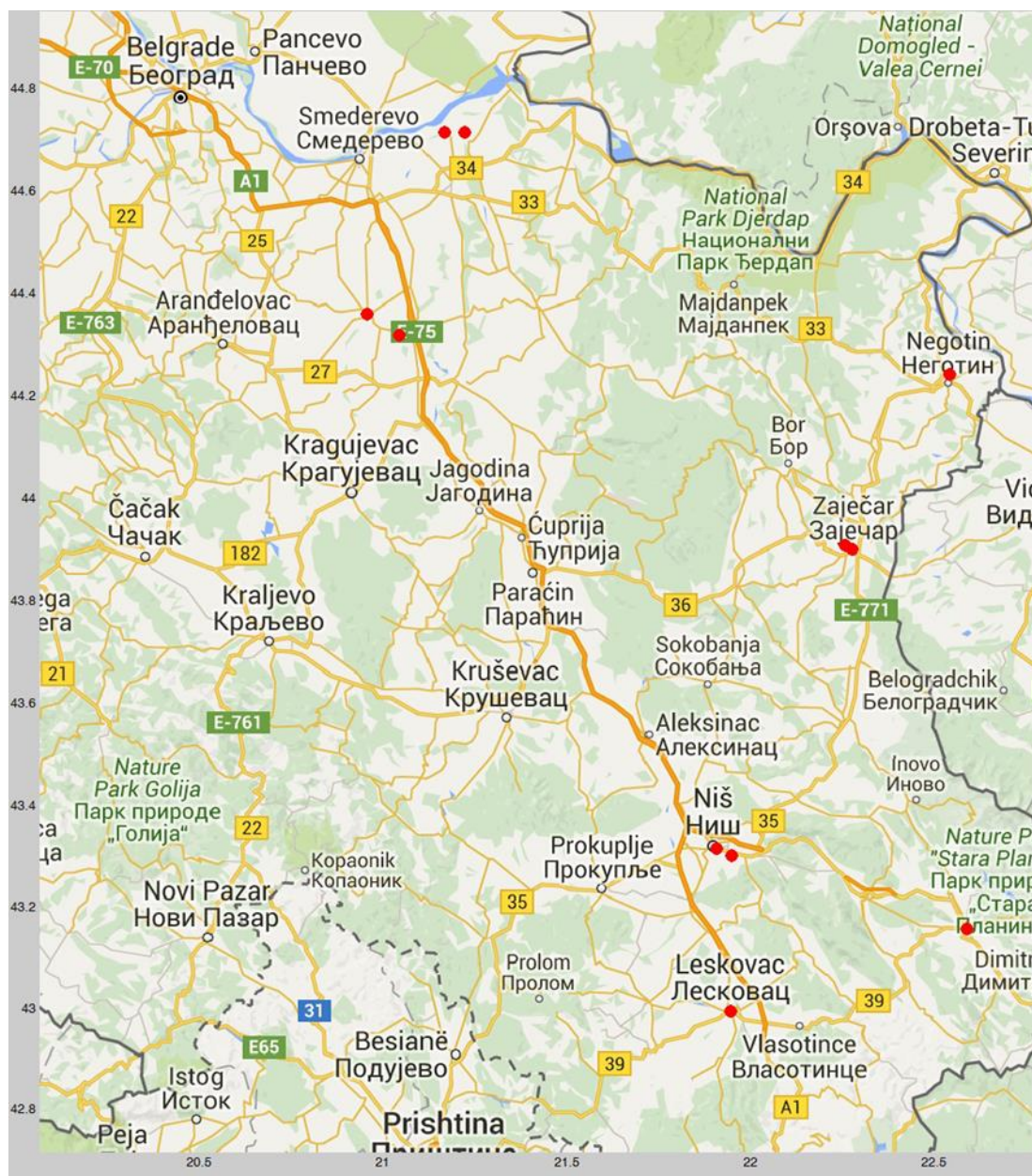
Softversko rešenje u okviru prve faze istraživanja razvijeno je prema metodologiji za određivanje optimalne lokacije p medijana metodom. Sistem je razvijen u Matlab programskom okruženju.

Matlab je odabran jer omogućava efikasan rad sa matricama i vektorima, čime je olakšana primena algoritma za rešavanje lokacijskog problema p medijana. Matlab se može definisati i kao softverski sistem i kao programski jezik, s obzirom da je okarakterisan osobinama i jedne i druge grupe. Njegovi sastavni delovi su toolboxovi, koji predstavljaju biblioteke funkcija i kolekcije alata usko specijalizovane namene. Važan segment Matlab-a jeste aplikacijski programski interfejs (eng. *Application Programming Interface - API*), preko kojeg se ostvaruje veza sa drugim programskim jezicima i komunikacija između aplikacija (*Mathworks, 2016*).

Sekundarna baza podataka modela (prilog 3) sadrži matične podatke o postrojenju – generatoru otpada, radi njihove identifikacije i geografskog lociranja pomoću aplikacije *Google Maps*. Geografsko lociranje je neophodno radi očitavanja rastojanja između generatora otpada i prethodi lokacijskoj optimizaciji primenom metode p medijana.

S obzirom na to da je za svako postrojenje koje generiše otpad poznata tačna lokacija (njegova adresa je data u sekundarnoj bazi podataka), moguće je odrediti koordinate njegove geografske širine i geografske dužine. Geografska širina i geografska dužina se može očitati pomoću raznih geografskih aplikacionih servisa, a jedan od načina je korišćenjem aplikacije *Google Maps* preko linka <http://www.maptiler.org/google-maps-coordinates-tile-bounds-projection/>, unošenjem adrese postrojenja u polje za pretragu.

Vrednosti geografske širine i geografske dužine odgovarajućeg postrojenja / generatora otpada učitavaju se u Matlabu, a pozivanjem API-ja, odnosno korišćenjem interfejsa za komunikaciju između aplikacija, prikazuju se lokacije postrojenja na karti u *Google Maps*. Na slici 8.4. je dat prikaz na primeru za postrojenja koja generišu aluminijum (označena crvenim tačkama) kao otpadni materijal, koja će se razmatrati za validaciju modela za teritorijalnu oblast Južne i Istočne Srbije.



Slika 8.4. Prikaz lokacija postrojenja koja generišu aluminijum na karti u Google Maps

Razvoj programskog rešenja za određivanje optimalne lokacije metodom p medijana izvršen je preko Matlabovih M datoteka (funkcija), tekstualnih datoteka sa nizom komandi u Matlab programskom jeziku. Realizovan programski sistem za procesuiranje podataka čini funkcija „OptLokacije“ koja nema ulazne argumente, a koja kao izlazni argument vraća vektor sa optimalnim lokacijama. Nakon pokretanja funkcije preko dijaloga prozora se biraju parametri proračuna i baza podataka. Izbor broja medijana (p) i materijala za koji se određuju optimalne lokacije vrši se preko dijaloga prozora prikazanog na slici 8.5. pozivanjem funkcije „inputdlg“.



Slika 8.5. Dijalog prozor za odabir parametara proračuna

Ulazni podaci o količini generisanog otpada na svakoj od lokacija selektuju se iz odabranog Excel fajla. Izbor ulaznih fajlova realizovan je preko standardnog dijaloga za izbor datoteke primenom funkcije “uigetfile”. Funkcija “OptLokacije” poziva funkciju “izaberiLokacije” u kojoj je realizovan predloženi optimizacioni metod. Primena ugrađenih funkcija Matlaba za rad sa matricama poput funkcija “min” i “sum” kao i operatora za množenje matrica elemenat po elemenat omogućila je pisanje veoma kompaktnog i preglednog koda.

Za potrebe određivanja alternative prvog prioriteta, kao i za određivanje sopstvenih vektora kriterijuma, podkriterijuma i alternativa, kreiran je “AHP kalkulator” koji na osnovu vrednosti unetih u matrice poređenja, automatski određuje vrednosti težina selektovanih kriterijuma i podkriterijuma, najveću sopstvenu vrednost matrice λ_{max} , indeks konzistentnosti CI i odnos konzistentnosti CR na osnovu vrednosti slučajnog indeksa RI za datu dimenziju matrice n .

8.3. Izbor i obrazloženje kriterijuma za podršku odlučivanju pri odabiru lokacije novih industrijskih pogona / pogona za tretman otpada

Primena principa održivog razvoja podrazumeva unapređenje ekološki odgovornog ponašanja kako pri obavljanju industrijskih aktivnosti, tako i pri sprovođenju logističkih operacija. Blizina tržišta, saobraćajna infrastruktura ili dostupnost radne snage su i dalje dominantni faktori koji utiču na izbor industrijske lokacije (Forslid et. al, 2002; Crozet et. al, 2004; Amiti et. al, 2005). U okviru višekriterijumske analize i pri izboru kriterijuma za AHP posebna pažnja je posvećena minimizaciji uticaja na životnu sredinu što direktno utiče na planiranje i izbor lokacija. Analiza pogodnosti različitih oblasti koje su prepoznate kao potencijalne lokacije za nove industrijske pogone zahteva multikriterijumski pristup i prethodno definisanje relevantnog spektra kriterijuma.

Da bi se redukovao uticaj privrednih subjekata na životnu sredinu, pri planiranju najranijih faza razvoja industrijske oblasti neophodna je integracija lokacijskih, ekoloških i socio-ekonomskih parametara. Smernice Evropske Direktive 2001/42/EC (*EU Directive 2001/42/EC*) formulisane su sa namerom da pruže podršku ostvarenju ovog cilja. Svrha Direktive je integracija aspekata životne sredine u konceptualni okvir izrade planova i programa za postizanje održivog razvoja. Strateška procena uticaja na životnu sredinu predstavlja formalni, sistematski i globalni pristup proceni potencijalnih efekata na životnu sredinu u projektnim planovima i programima, čime pitanja životne sredine postaju neizostavan deo strateških odluka. Radi se o evaluaciji uticaja na životnu sredinu kako u fazi projektovanja, tako i u fazi izvođenja projekata.

Prethodnih godina primenjivane su razne strategije za planiranje politike održivog razvoja (u oblasti transporta, energetike, korišćenja zemljišta, vode...) (*Fernandez & Ruiz, 2009*). Loše planiranje ograničava ekonomski, socijalni i ekološki razvoj tako da je neophodno razviti alate/sredstva za podršku i razvoj integrisanog planiranja. Integrisano planiranje podrazumeva da donosilac odluke mora razmotriti dodatne aspekte (kvalitet života, postojanje dobre prakse zaštite životne sredine, kapacitet okruženja da podrži nove aktivnosti), kako bi definisao najpogodniji prostor za lokaciju industrijskog kompleksa. Projektovanje industrijske zone u kontekstu urbanog planiranja podrazumeva usvajanje principa održivog razvoja u skladu sa Agendom 21 (*Tran, 2006*).

Izbor najpovoljnijeg položaja za lokaciju industrijskih postrojenja zasnovan na integrisanom planiranju predstavlja kompleksan problem za donosioc odluka. S obzirom na to da se izbor lokacije novih industrijskih pogona / pogona za tretman otpada razmatra sa aspekta održivog razvoja, pored ekonomskih kriterijuma neophodno je sagledati i društvene i kriterijume zaštite životne sredine. S tim u vezi, za cilj istraživanja postavljeno je definisanje održivog lokacijskog modela. Definisani su ekonomski, društveni i kriterijumi zaštite životne sredine neophodni za razvoj sredstava odlučivanja, namenjeni integrisanom planiranju resursa i preventivnoj minimizaciji negativnih uticaja koji nastaju u industrijskoj zoni. Upotreba višekriterijumske analize omogućava ispitivanje većeg broja mogućih rešenja u procesu izbora lokacije, uz istovremeno uključivanje značajnog broja relevantnih kriterijuma (*Vasiljević, 2011*).

Za potrebe ovog istraživanja, pri izboru kriterijuma i podkriterijuma za AHP razmatrani su statistički indikatori Republike Srbije, Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine ("*Sl. glasnik RS*", br. 37/2011), pravni propisi Republike Srbije, kao i relevantni radovi iz oblasti istraživanja. Identifikovane su tri ključne kriterijumske grupe, od kojih svaka sadrži određeni broj podkriterijuma za proces izbora optimalne lokacije (alternative prvog prioriteta)

novih industrijskih pogona /pogona za tretman otpada. Kriterijumske grupe su razmatrane uz obrazloženje selektovanih podkriterijuma u okviru svake od njih, a rezultati ove analize prikazani su i tabelernim pregledom (tabela 9.5). Prilikom izbora i ocena kriterijuma i podkriterijuma, konsultovani su eksperti iz oblasti zaštite životne sredine i ekonomije, predstavnici organa lokalnih samouprava i urbanisti iz Uprave za planiranje i izgradnju grada Niša.

I. Ekonomska grupa kriterijuma

Uprkos činjenici da je predmetno istraživanje prevashodno namenjeno formiranju modela koji će doprineti efikasnoj kolekciji i tretmanu sekundarnih industrijskih materijala u sistemu eko-industrijske simbioze, ekonomska komponenta ostaje nezaobilazni motivacioni faktor za pokretanje svake industrijske inicijative. Ekonomska održivost je, posebno kada je reč o ekološkim projektima, prvi preduslov za postizanje ukupne održivosti projekta. U okviru ekonomske grupe kriterijuma posebno su razmatrane prosečne zarade u regionima potencijalnih lokacija za tretman sekundarnih materijala, saobraćajna povezanost mikrolokacija i njihova infrastrukturna opremljenost.

1. Prosečne zarade u regionu

Prosečne zarade predstavljaju tradicionalni ekonomski indikator posmatranog regiona ili jedinice lokalne samouprave i jedan su od statističkih indikatora za merenje ekonomskih performansi regiona. Ekonomska aktivnost u regionu je najvažniji aspekt evaluacije i upravo ovaj vid aktivnosti nam pruža značajne informacije o potrebi za izgradnjom i lokacijom novih industrijskih oblasti (*Fernandez & Ruiz, 2009*).

Prema dokumentu Zavoda za statistiku pod naslovom „Istraživanje o zaposlenima i zaradama zaposlenih“, koji sadrži metodološki okvir navedenog istraživanja i zasniva se na Zakonu o zvaničnoj statistici (*“Sl. Glasnik RS”, br. 104/09*), cilj istraživanja je bilo „...obezbeđivanje realnih i pouzdanih podataka o visini, strukturi i kretanju prosečnih zarada po ekonomskim aktivnostima i teritorijalnim jedinicama Republike Srbije. Jedinice posmatranja i izveštajne jedinice za istraživanje o zaposlenim i o zaradama zaposlenih su pravna lica (privredna društva, preduzeća, ustanove i druge organizacije) na nivou opština.“

Zarade zaposlenih, kao jedan od indikatora razvijenosti regiona za potrebe ovog istraživanja predstavljaju značajan podatak za strateško planiranje regionalnog i lokalnog razvoja, efektivno vođenje regionalne politike, kao i evaluaciju i monitoring planova i programa kohezije politike na nacionalnom i regionalnom nivou.

U Strategiji održivog razvoja Republike Srbije sadržana je i formulisana vizija razvoja Srbije na sledeći način: „Srbija je 2017. godine institucionalno i ekonomski razvijena država sa adekvatnom infrastrukturom, kompatibilna sa standardima EU, sa privredom zasnovanom na znanju, efikasno korišćenim prirodnim i stvorenim resursima, većom efikasnošću i produktivnošću, bogata obrazovanim ljudima, sa očuvanom životnom sredinom, istorijskim i kulturnim nasleđem, država u kojoj postoji partnerstvo javnog, privatnog i civilnog sektora i koja pruža jednake mogućnosti za sve građane.“.

U skladu sa navedenom Strategijom, vrednovanjem izabranog podkriterijuma „zarade zaposlenih“ favorizovane su manje razvijene jedinice lokalne samouprave sa manjim prosečnim zaradama u odnosu na jedinice lokalne samouprave sa većim prosečnim zaradama. Ovakav pristup ima za cilj da doprinese socijalnoj jednakosti i uravnoteženom ekonomskom, a time i društvenom i ekološkom regionalnom razvoju u Republici Srbiji. Kao izvor podataka za navedeni podkriterijum razmatraće se statistika zaposlenosti i zarada Republičkog zavoda za statistiku i Nacionalne službe za zapošljavanje.

2. Saobraćajna infrastruktura (povezanosti putne mreže i blizina glavnih, magistalnih saobraćajnica)

Bolja saobraćajna povezanost na odabranoj lokaciji ima važan uticaj, kako bi se mogao odvijati pouzdan, kvalitetan i ekonomski opravdan transport sekundarnih sirovina između generatora otpada i pogona za tretman otpada / skladišta otpada. Prema Zakonu o javnim putevima („*Sl. Glasnik RS*“, br. 101/2005, 123/2007, 101/2011, 93/2012 i 104/2013) javni putevi prema značaju saobraćajnog povezivanja dele se na:

- državne puteve I reda (saobraćajno povezuju teritoriju države sa mrežom evropskih puteva, odnosno deo su mreže evropskih puteva, teritoriju države sa teritorijom susednih država, celokupnu teritoriju države, kao i privredno značajna naselja na teritoriji države);
- državne puteve II reda (saobraćajno povezuju područje dva ili više okruga ili područje okruga);
- opštinske puteve (saobraćajno povezuju teritoriju opštine, odnosno grada, kao i teritoriju opštine, odnosno grada sa mrežom državnih puteva) i
- ulice (saobraćajno povezuju delove naselja).

Akt o kategorizaciji državnih puteva na osnovu propisanih kriterijuma je Uredba o kategorizaciji državnih puteva (*"Sl. Glasnik RS"*, br. 105/13, 119/13) kojom se kategorizuju državni putevi I reda (državni putevi IA i državni putevi IB reda) i državni putevi II reda (državni putevi IIA i državni putevi IIB reda) na teritoriji Republike Srbije.

Kroz ovaj podkriterijum, a za potrebe istraživanja, posmatra se dostupnost glavnih putnih pravaca (blizina državnih puteva IA i IB reda svakoj od alternativnih lokacija), jer je prilikom izbora pogona za tretman otpada / skladišta otpada neophodno voditi računa i o direktnom pristupu kamionskim rutama, magistralama i, ukoliko za to postoji mogućnost, autoputevima.

3. Infrastrukturna opremljenost potencijalnih lokacija (opremljenost mikrolokacija, smanjenje troškova izgradnje)

Kroz ovaj podkriterijum će se sagledavati postojanje osnovne infrastrukture koja je neophodna za izgradnju novih industrijskih pogona (pogona za tretman otpada / skladišta otpada). Industrijski pogoni zahtevaju određeni stepen infrastrukturne opremljenosti za potrebe funkcionisanja kompleksa, pa je neophodno obezbediti priključak na elektroenergetsku infrastrukturu, vodoprivrednu, termoeenergetsku infrastrukturu, postojanje kanalizacione mreže, kao i pristupne saobraćajnice. Odgovarajuća infrastruktura može značajno uticati na troškove koji predstavljaju jako bitan aspekt održivosti nove industrijske zone. Ukoliko je potencijalna lokacija potpuno ili delimično infrastrukturno opremljena, svakako je povoljnija u odnosu na ostale potencijalne lokacije sa ekonomskog aspekta, a procedure za dobijanje građevinskih i upotrebnih dozvola su jednostavnije i kraće.

II. Kriterijumi zaštite životne sredine

U okviru ove kategorije procenjuje se inicijalni kvalitet i potencijalna ugroženost činilaca životne sredine na preliminarnim, alternativnim lokacijama ili u njihovoj neposrednoj blizini. U fokusu su kvalitet vazduha i površinskih voda, jer je njihovo stanje jedan od najreprezentativnijih indikatora uticaja na životnu sredinu, kao i blizina zaštićenih prirodnih dobara. Uz pomoć indikatora kojima se vrši procena stanja kvaliteta vazduha i kvaliteta površinskih voda, analizira se kapacitet za apsorbovanje potencijalnih uticaja na životnu sredinu koji mogu biti prouzrokovani novim industrijskim aktivnostima, i vrši se preliminarna procena uticaja na životnu sredinu. Prirodno okruženje se može ugroziti prekoračenjem granica njegovog apsorpcionog kapaciteta zbog dinamike antropogenih aktivnosti (aktivnosti stanovništva ili industrijskih aktivnosti) ili lošeg upravljanja. Da bi se izbegao ovaj problem,

potrebno je imati uvid u kvalitet životne sredine i dobro planirati upotrebu resursa (*Ferrarini et al., 2001*).

Evropska agencija za životnu sredinu razvila je tzv. *DPSIR* metodološki okvir koji obuhvata: pokretačke faktore, pritiske, stanja, uticaje i reakcije društva (eng. *D - Driving Forces, P – Pressures, S – State, I – Impact, R – Response*), i predstavlja sistem indikatora koji prikazuje uzajamno dejstvo ljudi i životne sredine. Primenom ove metodologije formirana je Nacionalna lista indikatora zaštite životne sredine Srbije. *DPSIR* analitički okvir je, zbog toga, upotrebljen pri izboru podkriterijuma zaštite životne sredine za AHP analizu.

Pokretački faktori (eng. *Driving Forces*) utiču na degradaciju životne sredine jer predstavljaju proizvodnju i potrošnju u privrednim sektorima u kojima se vrši eksploatacija prirodnih resursa, potrošnja konvencionalnih vidova energije, primenjuju se tehnologije, deponuje otpad i zauzima zemljište (npr. poljoprivreda, industrija, saobraćaj). “Broj stanovnika, stepen obrazovanja i ekonomska stabilnost predstavljaju, takođe, značajan faktor jer je ljudska zajednica u zavisnosti od veličine populacije i stepena razvoja značajan “pokretač” potreba u hrani, vodi i materijalnim dobrima.” (*Indikatori - Pokretački faktori, Agencija za ŽŽS*)

Pritisaci (eng. *Pressures*) na životnu sredinu proističu iz pokretačkih faktora i predstavljaju posledicu ukupnog procesa proizvodnje i potrošnje u društvu, a mogu se podeliti u tri osnovne grupe: (1) prekomerna upotreba prirodnih resursa, (2) promena u nameni korišćenja zemljišta i (3) emisije opasnih i štetnih materija i hemikalija u vazduh, vodu i zemljište.

Stanje (eng. *State*) u životnoj sredini je rezultat pritisaka i ovim indikatorima se vrednuje kvalitet prirodnih vrednosti: vazduha, vode, zemljišta, šuma, geoloških resursa, biljnog i životinjskog sveta, odnosno definiše se kakvo je stanje kvaliteta činilaca životne sredine.

Uticaji (eng. *Impact*) kvantifikuju promene u životnoj sredini koje stvaraju posledice u ekonomskoj i socijalnoj sferi društva kao i posledice po ljudsko zdravlje. Ove promene u fizičko-hemijskom ili biološkom stanju činilaca životne sredine, izazvane pritiscima, imaju različite uticaje na funkcionisanje ekosistema i dobrobit za pojedince i zajednicu u celini.

Reakcije društva (eng. *Response*) su odgovori kreatora politike na neželjene uticaje u ekonomskoj i socijalnoj sferi, ali i na sve značajne međusobne odnose pokretačkih faktora, pritisaka, stanja i uticaja. Tako na primer, reakcija društva na pritisak na životnu sredinu izražen u formi emisija zagađujućih materija u vazduh je donošenje regulative u pogledu dozvoljenog nivoa azotnih oksida u izduvnim gasovima motora sa unutrašnjim sagorevanjem.

Pravilnikom o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine (*“Sl. glasnik RS”, br. 37/2011*) propisuje se Nacionalna lista indikatora zaštite životne sredine. Struktura podataka je podeljena u 12 tematskih celina i to:

1. vazduh i klimatske promene;
2. vode;
3. priroda i biološka raznovrsnost;
4. zemljište;
5. otpad;
6. buka;
7. nejonizujuće zračenje;
8. šumarstvo, lov i ribolov;
9. održivo korišćenje prirodnih resursa;
10. privredni i društveni potencijali i aktivnosti od značaja za životnu sredinu;
11. međunarodna i nacionalna zakonska regulativa, kao i mere (strategije, planovi, programi, sporazumi), izveštaji i ostala dokumenta i aktivnosti iz oblasti zaštite životne sredine;
12. subjekti sistema zaštite životne sredine.

Izabrani podkriterijumi u okviru kriterijumske grupe „zaštita životne sredine“ pripadaju prvoj, drugoj i, delimično, trećoj tematskoj celini Nacionalne liste indikatora zaštite životne sredine (vazduh i klimatske promene; vode i priroda i biološka raznovrsnost) i to su: učestalost prekoračenja dnevnih graničnih vrednosti za SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃, odnosno ocena kvaliteta vazduha, Srpski indeks kvaliteta voda (*Serbian Water Quality Index*), kao i udaljenost od najbližih zaštićenih dobara. Upotrebom prva dva navedena podkriterijumima analizira se stanje činilaca životne sredine u pogledu kvaliteta vazduha i kvaliteta površinskih voda na izabranoj lokaciji, što je posebno značajno za istraživanje jer otvaranjem novih industrijskih pogona može doći do direktnog nepovoljnog uticaja na kvalitet ova dva činioca životne sredine.

1. Učestalost prekoračenja dnevnih graničnih vrednosti za SO₂, NO₂, PM₁₀, O₃ (Stanje)

Indikator predstavlja broj dana u toku godine s prekoračenjem graničnih vrednosti kvaliteta vazduha u pogledu koncentracija SO₂, NO₂, PM₁₀, i O₃ u urbanim i ruralnim područjima. Indikatorom se opisuje stanje kvaliteta vazduha, tj. mera njegovog zagađenja. Obavezu dostavljanja izveštaja na godišnjem nivou ima Agencija za zaštitu životne sredine na osnovu Zakona o zaštiti vazduha („Sl. Glasnik RS“, broj 36/09 i 10/13), Zakona o ministarstvima („Sl.

Glasnik RS“, broj 72/12 i 76/13), kao i na osnovu sledećih podzakonskih akata: Uredbe o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Sl. Glasnik RS“, br. 11/10, 75/10 i 63/13), Uredbe o utvrđivanju programa kontrole kvaliteta vazduha u državnoj mreži („Sl. Glasnik RS“, br. 58/11) i Uredbe o utvrđivanju zona i aglomeracija („Sl. Glasnik RS“, br. 58/11 i 98/12). Agencija za zaštitu životne sredine sprovodi kontinuirani monitoring kvaliteta vazduha u državnoj mreži za praćenje kvaliteta vazduha na nivou Republike Srbije. Lokalna mreža mernih stanica i/ili mernih mesta uspostavlja se za praćenje kvaliteta vazduha na nivou autonomne pokrajine i jedinice lokalne samouprave. Monitoring kvaliteta vazduha u lokalnoj mreži obavlja se prema programu koji za svoju teritoriju donosi nadležni organ autonomne pokrajine i nadležni organ jedinice lokalne samouprave, uz saglasnost resornog Ministarstva, prema Zakonu o zaštiti vazduha.

Ocenjivanje kvaliteta vazduha, na osnovu izmerenih koncentracija zagađujućih materija u vazduhu, vrši se primenom kriterijuma za ocenjivanje u skladu sa Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (tabela 8.1.), gde je:

- **“Granična vrednost (GV)** najveći dozvoljeni nivo zagađujuće materije u vazduhu, utvrđen na osnovu naučnih saznanja, kako bi se izbegle, sprečile ili smanjile štetne posledice po zdravlje ljudi i životnu sredinu i koja se ne sme preći kada se jednom dostigne.
- **Tolerantna vrednost (TV)** je granična vrednost uvećana za granicu tolerancije.”

Saglasno Zakonu o zaštiti vazduha, a prema nivou zagađenosti, polazeći od propisanih graničnih i tolerantnih vrednosti, na osnovu rezultata merenja, utvrđuju se sledeće **kategorije kvaliteta vazduha** (*Zakon o zaštiti vazduha („Sl. Glasnik RS“, broj 36/09 i 10/13)*):

1. **Prva kategorija** - čist ili neznatno zagađen vazduh, kada nisu prekoračene granične vrednosti nivoa ni za jednu zagađujuću materiju;
2. **Druga kategorija** - umereno zagađen vazduh, kada su prekoračene granične vrednosti nivoa za jednu ili više zagađujućih materija, ali nisu prekoračene tolerantne vrednosti ni jedne zagađujuće materije;
3. **Treća kategorija** - prekomerno zagađen vazduh, kada su prekoračene tolerantne vrednosti za jednu ili više zagađujućih materija.

Ako za neku zagađujuću materiju nije propisana granica tolerancije, njena granična vrednost se uzima kao tolerantna vrednost. Kategorije kvaliteta vazduha za definisane zone i

aglomeracije sadržane su u Godišnjem izveštaju o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji, koji objavljuje Agencija za zaštitu životne sredine, a utvrđivane su na osnovu godišnjih koncentracija zagađujućih materija i predstavljaju zvaničnu ocenu kvaliteta vazduha.

Tabela 8.1. Granične i tolerantne vrednosti parametara za zaštitu zdravlja ljudi, prema Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha („Službeni glasnik RS“, br. 11/10, 75/10 i 63/13) (Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2014. godinu)

Zagađujuća materija, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Period usrednjavanja	GV (granična vrednost)	Ne sme da bude prekoračena više od x puta u kalendarskoj godini	TV, Tolerantna vrednost (GV + granica tolerancije)	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	Donja granica ocenjivanja	Gornja granica ocenjivanja
Sumpor dioksid (SO_2)	1h	350	24 x	500	470	440	410	380	350	/	/
	24h	125	3 x	125						50	75
	kalendarska godina	50	/	50						/	/
Azot dioksid (NO_2)	1h	150	18 x	225	217,5	210	202,5	195	187,5	75	105
	24h	85	/	125	121	117	113	109	105	/	/
	kalendarska godina	40	/	60	58	56	54	52	50	26	32
Suspendovane čestice PM_{10}	24h	50	35 x	75	70	65	60	55	50	25	35
	kalendarska godina	40	/	48	46,4	44,8	43,2	41,6	40	20	28
Suspendovane čestice $\text{PM}_{2,5}$	kalendarska godina	25	/	30	30	29,3	28,5	27,8	27,1	12,5	17,5
Ozon (O_3)	8h max	120	25 x u godini u toku 3 godine	/							
Ugljen monoksid (CO)	8h max	10000	/	16000	14800	13600	12400	11200	10000	5000	7000
	24h	5000	/	10000	9000	8000	7000	6000	5000		
	kalendarska godina	3000	/	/	3						
Olovo (Pb)	24h	1	/	1							
	kalendarska godina	0,5	/	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,25	0,35
Benzen (C_6H_6)	kalendarska godina	5	/	8	7	6,5	6	5,5	5	2	

Pri sagledavanju ovog podkriterijuma su obuhvaćene ocene kvaliteta vazduha za svaku od alternativa, pri čemu viši rang ima ona alternativa koja se nalazi na teritoriji lokalne samouprave sa bolje ocenjenim kvalitetom vazduha. Za potrebe ovog istraživanja korišćeni su

podaci o kvalitetu vazduha iz Godišnjeg izveštaja o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji za 2014. godinu.

2. Srpski indeks kvaliteta vode (Stanje)

Srpski indeks kvaliteta vode (eng. *Serbian Water Quality Index - SWQI*) kao kompozitni indikator kvaliteta površinskih voda se dobija agregacijom devet fizičko-hemijskih parametara i jednog parametra mikrobiološkog kvaliteta vode: temperatura vode, pH vrednost, elektroprovodljivost, procenat zasićenja kiseonikom, BPK₅, suspendovane materije, ukupni oksidovani azot (nitrati + nitriti), ortofosfati, ukupni amonijum i najverovatniji broj koliformnih klica. Svakom od deset parametara pripada konstantan težinski broj (w_i) prema značaju tog parametra za ugrožavanje kvaliteta vode. Svakom parametru u zavisnosti od izmerene koncentracije pripada i odgovarajući kvalitativni broj (q_i).

Indikator se zasniva na metodologiji „Water Quality Index“ (*Development of a Water Quality Index, Scottish Development Department, Engineering Division, Edinburgh, 1976.*) Sumiranjem proizvoda ($q_i \times w_i$) dobija se indeks 100 kao idealan zbir udela kvaliteta svih parametara.

Metodom SWQI pet indikatora kvaliteta površinskih voda je razvrstano prema nameni i stepenu čistoće (tabela 8.2.):

- **Odličan** – vode koje se u prirodnom stanju, uz filtraciju i dezinfekciju, mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom i u prehrambenoj industriji, a površinske vode i za gajenje plemenitih vrsta riba (*lat. Salmonidae*);
- **Veoma dobar i dobar** – vode koje se u prirodnom stanju mogu upotrebljavati za kupanje i rekreaciju građana, sportove na vodi, za gajenje drugih vrsta ribe (*lat. Cyprinidae*), ili koje se uz savremene metode prečišćavanja mogu upotrebljavati za snabdevanje naselja vodom za piće i u prehrambenoj industriji;
- **Loš** – vode koje se mogu upotrebljavati za navodnjavanje, a posle savremenih metoda prečišćavanja i u industriji, osim prehrambenoj;
- **Veoma loš** – vode koje svojim kvalitetom nepovoljno deluju na životnu sredinu, i mogu se upotrebljavati samo posle primene posebnih metoda prečišćavanja.

Tabela 8.2. Klasifikacija površinskih voda metodom SWQI

WQI – MDK I klasa		WQI – MDK II klasa	WQI – MDK III klasa	WQI – MDK IV klasa
85-84		74-69	56-44	51-35
100-90	89-84	83-72	71-39	38-0
Odličan	Veoma dobar	Dobar	Loš	Veoma loš
<i>Serbian Water Quality Index (SWQI)</i>				

Indikatori kvaliteta površinskih voda (SWQI) predstavljeni su bojama na kartama vodotoka i označavaju odgovarajuće kontrolne profile na način predstavljen u tabeli 8.3.

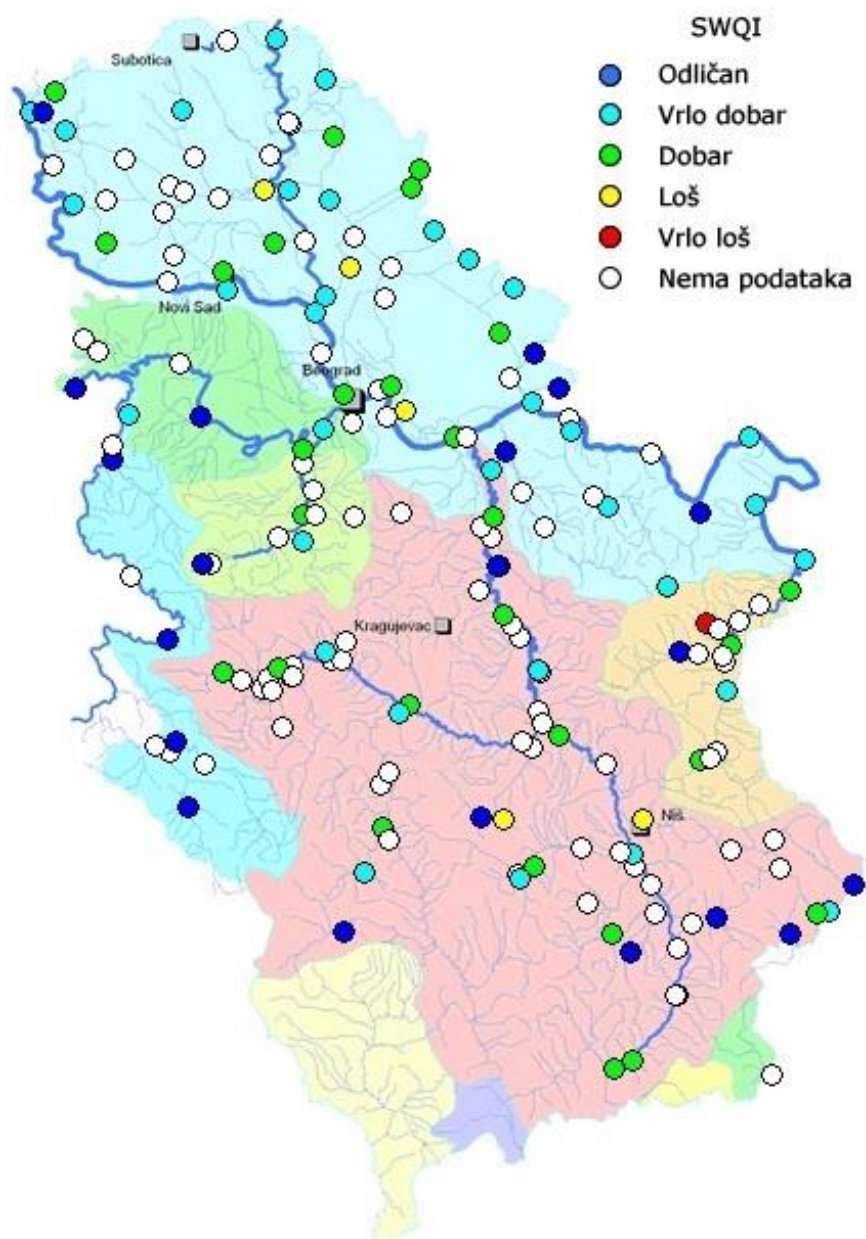
Tabela 8.3. Srpski indeks kvaliteta voda

<i>Serbian Water Quality Index (SWQI)</i>	Numerički indikator	Opisni indikator	Boja
	100-90	Odličan	
	84-89	Veoma dobar	
	72-83	Dobar	
	39-71	Loš	
	0-38	Veoma loš	
	Nema podataka*		

*nije sprovedeno merenje ili je nedovoljan broj parametara za izračunavanje SWQI

Serbian Water Quality Index je uvršćen u listu ključnih indikatora u procesu monitoringa i evaluacije strategija lokalnog održivog razvoja.

Prikaz vodotokova Srbije i indikatora kvaliteta površinskih voda, odnosno *Serbian Water Quality Index* za 2013. godinu je dat na slici 8.6.



Slika 8.6. Serbian Water Quality Index za 2013. godinu – prikaz vodotokova Srbije i indikatora kvaliteta površinskih voda

(<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=46&id=8006&akcija=showExternal>)

3. Zaštićena područja

Kao treći podkriterijum u okviru kriterijumske grupe „zaštita životne sredine“ sagledana su Zaštićena prirodna dobra Srbije, odnosno udaljenosti inicijalno izabranih lokacija od najbližeg zaštićenog područja. Prema Zakonu o zaštiti prirode (“Službeni glasnik R. Srbije” br. 36/2009 i 88/2010) zaštićena područja su: strogi rezervat prirode, specijalni rezervat prirode, nacionalni park, spomenik prirode, zaštićeno stanište, predeo izuzetnih odlika i park prirode. Na zaštićenom području uspostavljaju se tri stepena zaštite prema Zakonu o zaštiti prirode. Režim zaštitne zone zaštićenog područja zabranjuje i ograničava radove i aktivnosti za koje se utvrdi

da mogu imati značajan nepovoljan uticaj na biološku raznovrsnost, vrednosti geonasleđa i predela zaštićenog područja. Prilikom sagledavanja udaljenosti od zaštićenih područja izabrane lokacije korišćen je GIS Zavoda za zaštitu prirode.

Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu ("Službeni glasnik R. Srbije" br. 135/04 i 36/09) propisuje posebne uslove koji se moraju ispuniti pri izradi Studije uticaja projekta na životnu sredinu. U ovu grupu spadaju i uslovi zaštite prirode koje je formulisao Zavod za zaštitu prirode Srbije.

III. Društvena grupa kriterijuma

1. Obrazovna struktura stanovništva

Kvalifikacije radno sposobnog stanovništva na mikrolokaciji utiču na mogući izbor kadrova za obavljanje određenih poslovnih aktivnosti, što podrazumeva potreban stepen obrazovanja, kao i određeno profesionalno iskustvo. U okviru ovog podkriterijuma se uzima u obzir obrazovni nivo i kvalifikaciona struktura stanovništva sa aspekta dostupnosti kvalifikovane radne snage i stručnih kadrova na izabranim lokacijama. Izvor podataka za navedeni podkriterijum je "Popis stanovništva, domaćinstava i stanova" Republičkog zavoda za statistiku.

2. Relativna nezaposlenost (broj registrovanih nezaposlenih na 1000 stanovnika)

Podkriterijum razmatra raspoloživost radne snage na odabranim lokacijama. Ovaj podkriterijum ukazuje i na potrebu za pokretanjem privrednih aktivnosti u posmatranom regionu, što treba da predstavlja poseban motivacioni faktor za donosiocima odluka o subvencijama i podsticajnim sredstvima za privrednike. Kao izvor podataka za navedeni podkriterijum razmatrani su statistički podaci o zaposlenosti i zaradama Republičkog zavoda za statistiku i Nacionalne službe za zapošljavanje.

3. Postojanje planskih dokumenata za razvoj (prostorno uređenje i urbanistički planovi)

Faktori sredine i prostornog planiranja daju dodatnu vrednost pojedinim zonama u kojima postoje povoljni socijalni i ekonomski indikatori. Razvijena svest o ekološkim problemima u određenoj društvenoj zajednici svakako olakšava razvoj politika zaštite životne sredine kojima se ostvaruje uravnotežen razvoj, i olakšava dostupnost potrebnih informacija za stvaranje mreža razmene materije i energije. Svako društvo sa značajnim brojem održivih sistema i usluga čiji je cilj postizanje ravnoteže sa okruženjem favorizuje održivi razvoj (*Fernandez & Ruiz, 2009*). U procesu izbora lokacije ispituje se da li postojeći planski dokumenti mogu biti prilagođeni industrijskim potrebama. U praksi, to podrazumeva proveru da li postoje

instrumenti za urbani razvoj (regionalni planovi, prostorni planovi, generalni urbanistički planovi) koji su osnov za razvoj novih industrijskih oblasti. Prema Zakonu o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US i 98/2013 - odluka US) planski dokumenti su prostorni i urbanistički planovi. Prostorni planovi se izrađuju na nivou Republike Srbije, na nivou regiona i lokalne samouprave. Prostorni planovi ukazuju na postojanje razvojnih potencijala na regionalnom i lokalnom nivou. Regionalni prostorni plan se izrađuje za veće prostorne celine administrativnog, funkcionalnog, geografskog ili statističkog karaktera, usmerene ka zajedničkim ciljevima i projektima regionalnog razvoja. Prostorni plan jedinice lokalne samouprave određuje smernice za razvoj delatnosti i namenu površina, kao i uslove za održivi i ravnomerni razvoj na teritoriji jedinice lokalne samouprave.

Generalni urbanistički plan se donosi kao strateški razvojni plan, sa opštim elementima prostornog razvoja. Razvojni planovi i strategije na nivou lokalnih samouprava kao što su Strategije održivog razvoja, Prostorni planovi i uređenje za gradnju, Generalni urbanistički planovi, Planovi generalne regulacije, razmatraju se sa aspekta dostupnosti prostora na potencijalnoj lokaciji za izgradnju novih industrijskih pogona / pogona za preradu otpada.

Tabela 8.4. Ključni kriterijumi i podkriterijumi za lociranje novih industrijskih pogona/pogona za tretman otpada i njihov opis

Kriterijumska grupa	Opis podkriterijuma	Izvor podataka	Eksterne reference
Ekonomski kriterijumi	Prosečne zarade u regionu potencijalne lokacije	Statistika zaposlenosti i zarada, Republički zavod za statistiku.	Nacionalna služba za zapošljavanje
	Saobraćajna infrastruktura (povezanost puteva i dostupnost glavnih putnih pravaca)	Uredba o kategorizaciji državnih puteva ("Sl. Glasnik RS", br. 105/13, 119/13).	<i>Demirel et al., 2010; Degener, P, Gosling, H & Geldermann, J, 2013.</i>
	Infrastruktura opremljenost potencijalnih lokacija (opremljenost mikrolokacija, smanjenje troškova izgradnje)	Prostorni planovi opština, Generalni urbanistički planovi, Planovi generalne regulacije, Razvojna agencija Srbije.	<i>Fernandez & Ruiz, 2009</i>
Kriterijumi zaštite životne sredine	Učestalost prekoračenja dnevnih graničnih vrednosti za SO ₂ , NO ₂ , PM ₁₀ , O ₃ . - ocena kvaliteta vazduha	Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2014. godinu, Agencija za zaštitu životne sredine; Godišnji izveštaj o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2014. godine.	Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine ("Sl. Gl. RS", br. 37/2011); Zakon o zaštiti vazduha ("Sl. Gl. RS" br. 36/2009 i 10/2013).
	Kvalitet površinskih voda – SWQI (<i>Serbian Water Quality Index</i>)	Izveštaj o stanju životne sredine u Republici Srbiji za 2014. godinu, Agencija za zaštitu životne sredine.	Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 37/2011); Zakon o vodama ("Sl. Glasnik SRS", br. 30/10).

Nastavak tabele 8.4. Ključni kriterijumi i podkriterijumi za lociranje novih industrijskih pogona/pogona za tretman otpada i njihov opis

Kriterijumska grupa	Opis podkriterijuma	Izvor podataka	Eksterne reference
	Udaljenost od najbližih zaštićenih područja (strogi rezervat prirode, specijalni rezervat prirode, nacionalni park, spomenik prirode, zaštićeno područje, predeo izuzetnih odlika i park prirode)	GIS Zavoda za zaštitu prirode.	Zakon o zaštiti prirode ("Sl. glasnik RS", br. 36/2009, 88/2010, 91/2010 - ispr. i 14/2016).
Društveni kriterijumi	Obrazovna/kvalifikaciona struktura stanovništva u jedinici lokalne samouprave na potencijalno lokaciji	Popis stanovništva, domaćinstva i stanova Republičkog zavoda za statistiku.	<i>Fernandez & Ruiz, 2009; INNESTO Project, 2004.</i>
	Broj registrovanih nezaposlenih na 1000 stanovnika u jedinici lokalne samouprave na potencijalno lokaciji	Statistika zaposlenosti i zarada, Republički zavod za statistiku.	Nacionalna služba za zapošljavanje
	Postojanje prostornog uređenja i urbanističkih planova na potencijalnoj lokaciji	Prostorni planovi opština, Generalni urbanistički planovi, Planovi generalne regulacije, Lokalne strategije održivog razvoja.	Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009; 50/2013 - odluka US i 98/2013 - odluka US).

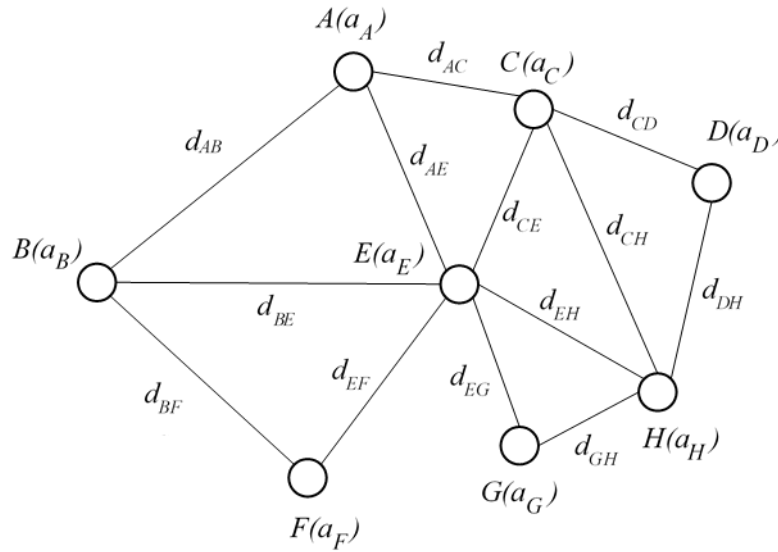
9. PRIMENA MODELA ZA UPRAVLJANJE TOKOVIMA INDUSTRIJSKOG OTPADA ZASNOVANOG NA FORMIRANJU EKO-INDUSTRIJSKIH MREŽA

9.1. Primena modela p medijana

Za potrebe verifikacije opisanog modela, pretpostavljena je potreba za izgradnjom novog industrijskog postrojenja koje će biti potrošač tri osnovna tehnička materijala (čelika, aluminijuma i gume). Metod p medijana upotrebljen je za region Južne i Istočne Srbije, za koji je sistematizovana baza podataka industrija/generatora otpada za izabrane tri vrste otpada (Prilog 3): gvožđe i čelik – indeksni broj 170405, aluminijum – indeksni broj 170402 i otpadne gume – indeksni broj 160103. U regionu Južne i Istočne Srbije identifikovano je 46 industrija/generatora otpada za pomenuta tri indeksna broja. Ekstrakcija podataka iz baze resornog Ministarstva prevashodno je obuhvatala: lokacije i adrese generatora, indeksne brojeve otpada za svaki od njih, opis nusproizvoda i količine otpada za referentnu godinu. Na osnovu ukupne godišnje potrebe novog postrojenja za navedenim vrstama sekundarnih materijala, odnosno potrebnih kapaciteta K_x (t/godišnje) definisana su tri klastera u kojima postoji najveća gustina generatora (preduzeća koja generišu predmetni otpad) za svaki od tri navedena indeksna broja. Osnovni zadatak je da se na osnovu količina otpada i drumskih rastojanja između generatora otpada u definisanom regionu, primeni metod p medijana za izabrane indeksne brojeve otpada (170405, 170402 i 160103), pri čemu je potrebno odrediti lokaciju 3 medijane ($p=3$), odnosno potrebno je na čvorovima mreže unutar klastera prepoznati prepoznati 3 moguće lokacije industrijskih pogona/ pogona za tretman otpada. Iterativnim postupkom, za navedene tri vrste otpadnih materijala, kao konačni rezultat dobijaju se po 3 lokacije industrijskih pogona/ pogona za tretman otpada, sa alociranim industrijama/generatorima otpada.

Problemi lokacije na mrežama tipa „minisum“ (problem p medijana) svode se na diskretne lokacijske probleme. Hakimi (Hakimi, 1964) je pokazao da postoji najmanje jedan skup p medijana u čvorovima mreže G , što znači da p optimalnih lokacija objekata u mreži mora da se nalazi isključivo u čvorovima mreže (Teodorović, 2007). Ova činjenica u znatnoj meri olakšava proceduru pronalaženja p medijana, jer je potrebno ispitati samo lokacije koje se nalaze u čvorovima. Na slici 10.1. prikazana je neorjentisana transportna mreža G sa osam čvorovima, gde su čvorovi neorjentisane transportne mreže označeni respektivno sa A , B , ..., H . U čvorovima transportne mreže se nalaze korisnici usluga, dok je broj zahteva za uslugom

dat u zagradama pored čvorova ($a_A, a_B, \dots, a_H$). Takođe su označene i dužine svih grana u mreži $d_{AB}, \dots, d_{GH}$.



Slika 9.1. Neorjentisana transportna mreža G

Matematička formulacija modela p medijana svodi se na problem linearnog programiranja u čijem se središtu nalazi simetrična matrica rastojanja d_{ij} , koja predstavlja rastojanja između i -te lokacije koju treba servisirati i j -tog kandidata za optimalno rešenje. U kontekstu navedenog, model p medijana za izabrane indeksne brojeve otpada može se definisati sledećim parametrima:

$i = 1, 2, 3, 4, \dots, I$ – skup čvorova u kojima su locirane industrije,

$j = 1, 2, 3, 4, \dots, J$ – skup čvorova u kojima je moguće locirati nove industrijske pogone/pogone za tretman otpada,

a_i – količina generisanog otpada (t/godišnje) u čvoru i ,

p – broj objekata koje je potrebno locirati na mreži, pri čemu je $p=3$,

d_{ij} – rastojanje između čvora i i čvora j .

binarne promenljive x_{ij} i X_j se definišu na sledeći način:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko se potražnja čvora } i \text{ pokriva u čvoru } j \\ 0, & \text{ukoliko se potražnja čvora } i \text{ pokriva u nekom drugom čvoru} \end{cases}$$

$$X_j = \begin{cases} 1, & \text{ukoliko je čvor } j \text{ izabrana lokacija za objekat opsluživanja (medijana)} \\ 0, & \text{ukoliko nije} \end{cases}$$

S obzirom na to da prilikom lociranja p objekata težimo minimiziranju ukupnog pređenog rastojanja između objekata i korisnika, problem p medijana se formuliše preko kriterijumske funkcije:

$$\text{Minimizirati: } \min F = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_i d_{ij} x_{ij}, \quad (9.1)$$

Pri ograničenjima:

$$\sum_{j \in J} x_{ij} = 1, \quad \forall i \in I \quad (9.2)$$

$$\sum_{j \in J} X_j = p, \quad (9.3)$$

$$X_j \geq x_{ij} \quad \forall i \in I, \forall j \in J; i \neq j \quad (9.4)$$

$$X_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad \forall j \in J \quad (9.5)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (9.6)$$

Definisana kriterijumska funkcija (9.1) teži da minimizira ukupno pređeno rastojanje između objekata i korisnika. U izrazu (9.1), I i J su gornje granice do kojih se kreću celobrojne promenljive i i j , i u oba slučaja je to broj n , jer je svaka od n lokacija istovremeno i potencijalni kandidat za optimalno rešenje.

Ograničenje (9.2) dozvoljava da svaki čvor može biti opslužen od samo jednog objekta. Ograničenjem (9.3) se definiše da je broj objekata koje treba locirati jednak broju p i predstavlja fizičko ograničenje u broju objekata, ali istovremeno nalaže da se mora rasporediti svih p lokacija. Ograničenje (9.4) predstavlja kontrolno ograničenje kojim se dozvoljava alokacija klijenata samo lociranim objektima (alokacijska promenljiva). Ograničenja (9.5) i (9.6) odražavaju binarnost odluka, koje uz pomoć modela treba da se donesu i čime je problem uveden u oblast celobrojne aritmetike.

Dužine svih grana u mreži, koje predstavljaju drumska rastojanja između svih generatora otpada, definisane su pomoću Google Maps softver-a i sistematizovane u matrici rastojanja d_{ij} (Prilog 4).

9.1.1. Kvantifikacija i obrada podataka po izabranim indeksnim brojevima

Indeksni broj 170405 – gvožđe i čelik

Na osnovu pretpostavljenog kapaciteta potrošača $Kč = 8000$ t/godišnje, u regionu Južne i Istočne Srbije identifikovano je 30 generatora predmetnog otpada koji kumulativno mogu

zadovoljiti potrebe. Uzimajući u obzir količine generisanog otpada (t/godišnje) svake od industrija, kao i njihova međusobna drumska rastojanja, primenom modela *p medijana* i opisanog algoritma dobijene su 3 optimalne lokacije pogona za tretman ostataka. Za indeksni broj 170405 – gvožđe i čelik, dobijene tri optimalne lokacije su: *optimalna lokacija 1* – PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac; *optimalna lokacija 2* – RTB Bor - Topionica i rafinacija bakra, Opština Bor i *optimalna lokacija 3* – Elixir Prahovo doo Prahovo, Opština Negotin.

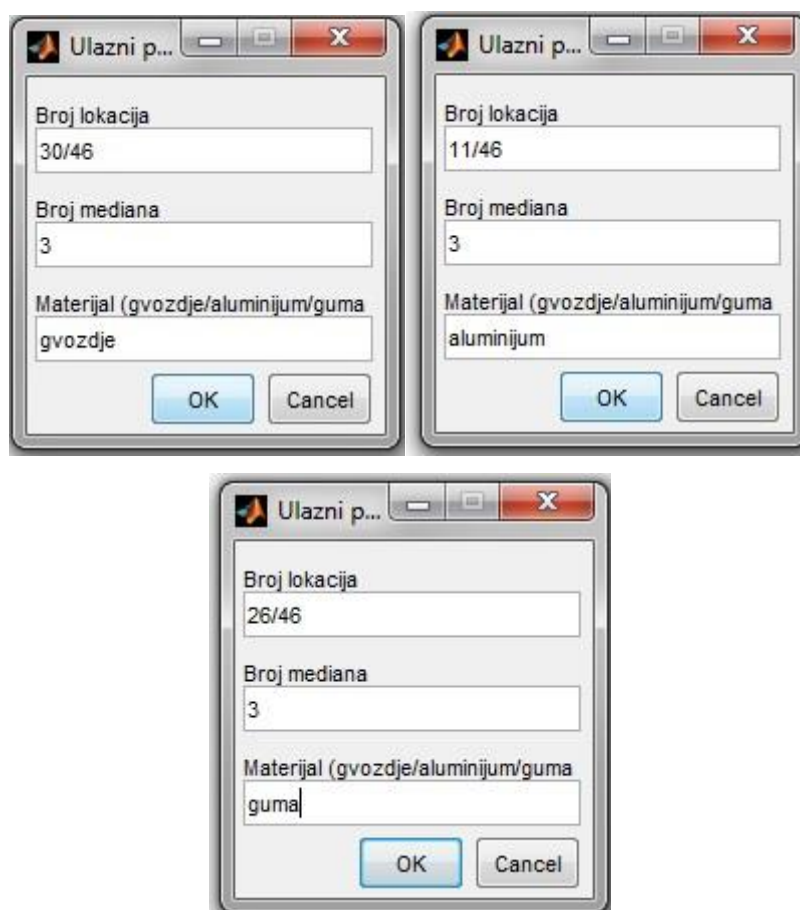
Indeksni broj 170402 – aluminijum

Potreban kapacitet je $K_a = 200$ t/godišnje. U regionu Južne i Istočne Srbije je identifikovano 11 generatora predmetnog otpada. Na osnovu količina generisanog otpada (t/godišnje) svake od industrija, kao i njihovih međusobnih drumskih rastojanja, primenom modela *p medijana* i opisanog algoritma dobijene su 3 optimalne lokacije pogona za tretman ostataka. Za indeksni broj 170402 – aluminijum, tri optimalne lokacije su: *optimalna lokacija 1* – PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac; *optimalna lokacija 2* – Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL-NEWMET d.o.o, Opština Niška Banja i *optimalna lokacija 3* – TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o, Grad Zaječar.

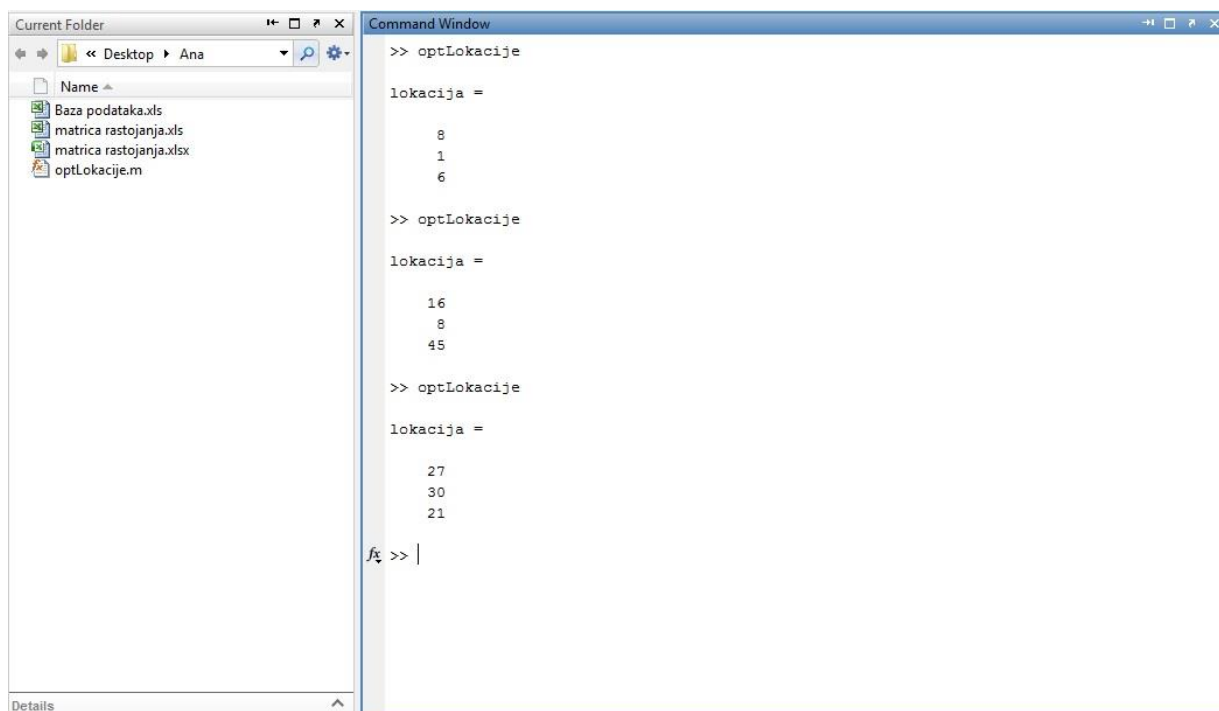
Indeksni broj 160103 – otpadne gume

Na osnovu procenjene potrebe od $K_g = 1300$ t/godišnje, u regionu Južne i Istočne Srbije identifikovano 26 generatora predmetnog otpada. Ulazni podaci su isti kao i za prethodna dva indeksna broja. Za indeksni broj 160103 (otpadne gume) tri optimalne lokacije su: *optimalna lokacija 1* – Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot; *optimalna lokacija 2* – Vulkan gume d.o.o Niš, Opština Palilula, grad Niš; *optimalna lokacija 3* – Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o, grad Smederevo.

Za proračun dobijenih optimalnih lokacija razvijen je softverski alat kojim se prilikom unosa ulaznih podataka dobijaju tražene 3 medijane (3 optimalne lokacije), što je prikazano na slici 9.2. Na slici 9.3. rezultati optimalnih lokacija za sva tri indeksna broja prikazani su po rednim brojevima generatora otpada prikazanih u bazi podataka.



Slika 9.2. Unos ulaznih podataka (vrste potrebnog materijala) - otpadno gvožđe/aluminijum/otpadna guma



Slika 9.3. Rezultati primene p medijana modela za razmatrane tri vrste otpada

U tabelama 9.1, 9.2. i 9.3. prikazana je alokacija generatora otpada odgovarajućim optimalnim lokacijama, za izabrane indeksne brojeve.

Tabela 9.1. Alokacija generatora otpada za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik)

Optimalne lokacije za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik)	Alokacija generatora otpada
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A, Kostolac
	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Kostolac
	Železara Smederevo d.o.o., Ogranak Kučevo, Kučevo
	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno, Požarevac
	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac, Žagubica
	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o., Radinac, Smederevo
	Akcionarsko društvo Fabrika železničkih vozila Želvoz, Smederevo
	Akcionarsko društvo Goša fabrika opreme i mašina, Smederevska Palanka
	Goša Fabrika šinskih vozila, Smederevska Palanka
	Društvo za proizvodnju, građevinarstvo, promet i usluge Raj Fert doo, Velika Plana
RTB Bor - Topionica i rafinacija bakra, Opština Bor	RTB Bor - Topionica i rafinacija bakra, Bor
	Fabrika bakarnih cevi Majdanpek a.d., Majdanpek
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac, Leskovac
	Ming kovačnica, Niš
	Jonhson electric doo Niš
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš
	Toplana Niš, Krivi Vir, Niš
	JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš, Niš
	BENETTON SERBIA DOO, Niš
	Preduzeće za saobraćaj Kavim-Jedinstvo doo Vranje, Vranje
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Pirot, Pirot
	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko, Sokobanja
	PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka, Zaječar
	Delta agrar doo, Farma svinja, Zaječar
	PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica, Zaječar
	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o., Zaječar
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak „Elektrotimok“, Zaječar
Elixir Prahovo doo Prahovo, Opština Negotin	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1, Kladovo
	PD Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2, Kusjak, Negotin
	Elixir Prahovo doo Prahovo, Prahovo, Negotin

Tabela 9.2. Alokacija generatora otpada za indeksni broj 170402 (aluminijum)

Optimalne lokacije za indeksni broj 170402 (aluminijum)	Alokacija generatora otpada
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Povrsinski kop Drmno, Požarevac
	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Kostolac
	Goša Fabrika šinskih vozila, Smederevska Palanka
	FEROPROMET98 d.o.o., Velika Plana
Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL-NEWMET d.o.o, Opština Niška Banja, Grad Niš	Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL-NEWMET d.o.o, Opština Niška Banja, Niš
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac, Leskovac
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Pirot, Pirot
TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o, Grad Zaječar	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1, Kladovo
	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o., Zaječar
	Elixir Prahovo doo Prahovo, Prahovo, Negotin

Tabela 9.3. Alokacija generatora otpada za indeksni broj 160103 (otpadne gume)

Optimalne lokacije za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik)	Alokacija generatora otpada
Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot	PD Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2, Kusjak, Negotin
	Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Pirot
	PD Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot, Pirot
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Pirot
	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak „Elektrotimok“ Zaječar
Vulkan gume d.o.o Niš, Opština Palilula, grad Niš	ED „Jugoistok“ d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac
	IGM Mladost d.o.o., Leskovac
	JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš, Niš
	Niš-ekspres ad Niš, Niš
	Vulkan gume d.o.o Niš, Niš
	Preduzeće građevinskog materijala Budućnost a.d., Preševo
	PTGP „SABA BELČA“ d.o.o., Preševo
	Preduzeće za saobraćaj Kavim-Jedinstvo doo Vranje, Vranje
	Rudnik olova i cinka „Grot“ a.d., Vranjska banja
	Simplo Šik d.o.o., Kuršumlja
	Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje, Prokuplje
	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko, Sokobanja
Privredno društvo za proizvodnju i preradu	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1, Kladovo
	Fabrika bakarnih cevi Majdanpek a.d., Majdanpek

Optimalne lokacije za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik)	Alokacija generatora otpada
čelika Železara Smederevo d.o.o, grad Smederevo.	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A, Kostolac
	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Povrsinski kop Drmno, Požarevac
	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac, Žagubica
	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o, Smederevo
	DOO „VALMAN“ Proizvodnja, Smederevo
	AD za izgradnju i montažu opreme i objekata Goša Montaža, Velika Plana
	Jugoprevoz - Velika Plana a.d., Velika Plana

9.2. Primena AHP metoda

Na osnovu prethodno utvrđene 3 medijane (po 3 lokacije za svaki od klastera definisanih indeksnim brojevima) primenjen je AHP metod. Prethodno navedeni kriterijumi i podkriterijumi razmatrani su sa aspekta izbora alternative prvog prioriteta za svaki od tri izabrana klastera koji formiraju generatori tri vrste otpada (gvožđe/čelik, aluminijum i otpadne gume) u cilju optimalnog lociranja novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada.

9.2.1. Struktuiranje problema odlučivanja

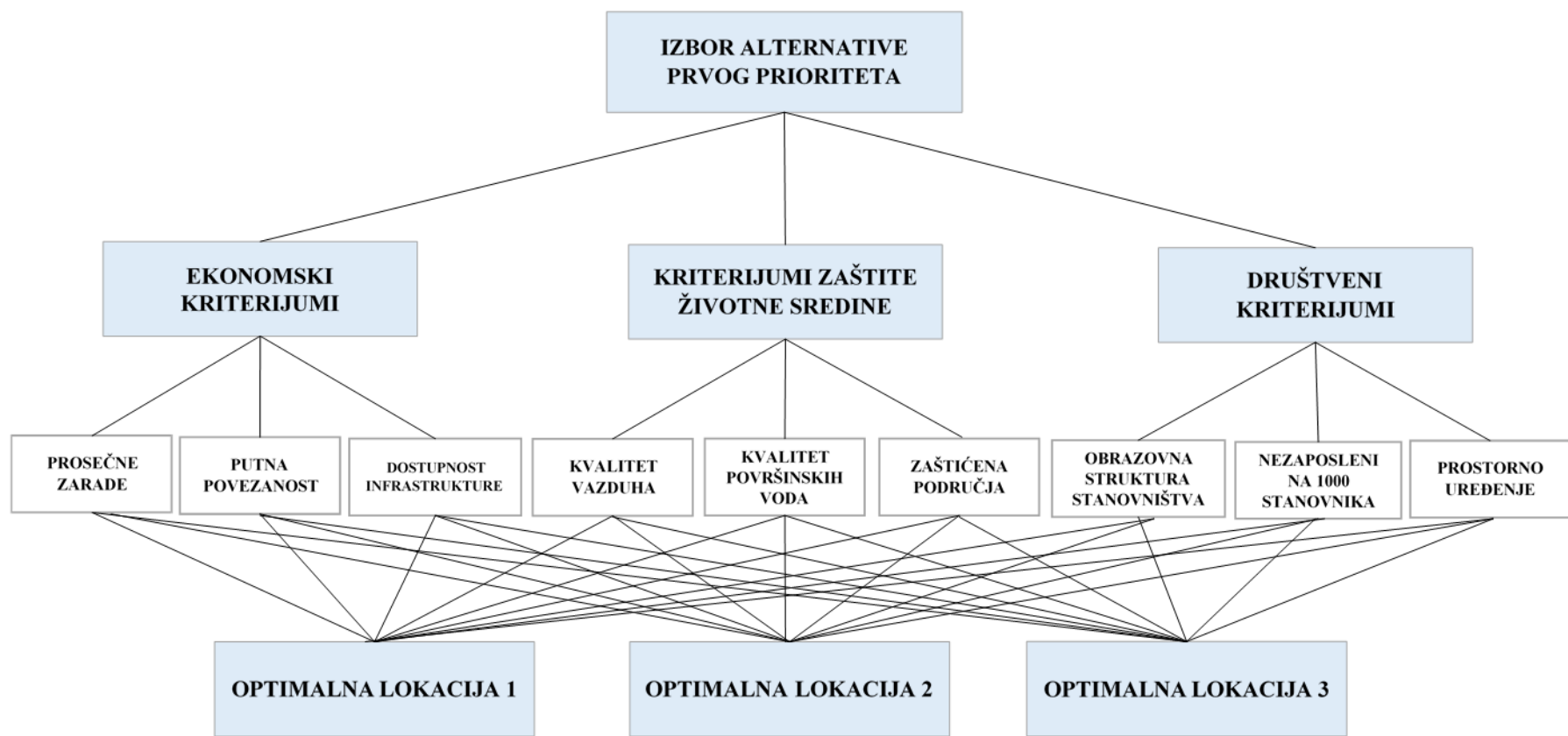
Izabrani kriterijumi, podkriterijumi i alternative mogu se predstaviti u obliku hijerarhijske strukture prikazane na slici 9.4. koja je pogodna za primenu analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP). Hijerarhija se definiše od najvišeg nivoa (cilj ili željeni rezultat), preko nižih nivoa (kriterijumi i podkriterijumi), do najnižeg nivoa (alternative). Alternative predstavljaju tri optimalne lokacije dobijene metodom *p medijana* za svaku od tri vrste otpada. Za zadati primer namenjen validaciji modela, na osnovu pretpostavljenih i prethodno navedenih potreba (kapaciteta za preradu) budućeg potrošača sekundarnih materijala, utvrđene su sledeće lokacijske alternative:

- za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik): *optimalna lokacija 1* - PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac; *optimalna lokacija 2* - RTB Bor - Topionica i rafinacija bakra, Opština Bor; *optimalna lokacija 3* - Elixir Prahovo doo Prahovo, Opština Negotin.
- za indeksni broj 170402 (aluminijum): *optimalna lokacija 1* - PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac; *optimalna lokacija 2*

- Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL-NEWMET d.o.o, Opština Niška Banja, Grad Niš; *optimalna lokacija 3* - TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o, Grad Zaječar.
- za indeksni broj 160103 (otpadne gume): *optimalna lokacija 1* - Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot; *optimalna lokacija 2* - Vulkan gume d.o.o Niš, Opština Palilula, grad Niš; *optimalna lokacija 3* - Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o, grad Smederevo.

Za lociranje novih industrijskih pogona/pogona za tretman otpada i izbor alternative prvog prioriteta korišćen je tradicionalni AHP metod zbog veoma izražene hijerarhijske strukture opisanog problema, jednostavnosti korišćenja, mogućnosti uključivanja kvalitativnih i kvantitativnih pokazatelja u razmatranje i provere konzistentnosti dobijenog rešenja čime se smanjuje mogućnost subjektivne procene eksperata pri poređenju kriterijuma, podkriterijuma i alternativa.

U tabelama 9.4 – 9.6. date su odgovarajuće vrednosti za svaku od kriterijumskih grupa i podkriterijume korišćene za izbor alternative prvog prioriteta inicijalnih optimalnih lokacija. Vrednosti su zasnovane na relevantnim podacima i zvaničnim izveštajima koji su navedeni u tabeli 8.5.



Slika 9.4. Hijerarhijska struktura odlučivanja za izbor lokacije (alternative) prvog prioriteta

Tabela 9.4. Kriterijumske grupe i podkriterijumi korišćeni za izbor alternative prvog prioriteta optimalnih lokacija za indeksni broj 170405

Optimalne lokacije (alternative)	EKONOMSKI KRITERIJUMI			KRITERIJUMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE			DRUŠTVENI KRITERIJUMI		
	Prosečne zarade - RSD (2014.)	Putna povezanost	Industrijska infrastruktura (el.energija, voda, priključak na gasovod, kanalizacija)	Kvalitet vazduha (2014.)	Kvalitet površinskih voda (2013.)	Udaljenost od zaštićenih područja	Obrazovna struktura stanovništva (2011.)	Nezaposleni na 1000 stanovnika (2014.)	Prostorno uređenje
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac	66676	Državni put IIB reda (37 km od državnog puta IA i 16 km od državnog puta IB reda)	Postoji	I kategorija	Odličan	9,8 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 8%, Srednja škola: 46%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 46%	65	Predviđena je industrijska zona na udaljenosti od 6 km od lokacije (PDR Opštine Kostolac)
RTB Bor - Topionica i rafinacija bakra, Opština Bor	51983	Državni put IB reda	Delimično	III kategorija	Veoma loš	8 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 13%, Srednja škola: 51%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 36%	122	Na 4 km udaljenosti od lokacije predviđena privredna zona za razvoj postojećih i novih industrijskih kapaciteta (Prostorni plan Opštine Bor)
Elixir Prahovo doo Prahovo, Opština Negotin	39443	Državni put IIB reda (152km od državnog puta IA i 11 km od IB)	Ne postoji	I kategorija	Veoma dobar	16,2 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 10%, Srednja škola: 32%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 58%	74	Predviđena nova radna zona zapadno i istočno u odnosno lokaciju (PDR Prahovo)

Tabela 9.5. Kriterijumske grupe i podkriterijumi korišćeni za izbor alternative prvog prioriteta optimalnih lokacija za indeksni broj 170402

Optimalne lokacije (alternative)	EKONOMSKI KRITERIJUMI			KRITERIJUMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE			DRUŠTVENI KRITERIJUMI		
	Prosečne zarade – RSD (2014)	Putna povezanost (km)	Industrijska infrastruktura (el.energija, voda, priključak na gasovod, kanalizacija)	Kvalitet vazduha (2014.)	Kvalitet površinskih voda (2013.)	Udaljenost od zaštićenih područja	Obrazovna struktura stanovništva (2011.)	Nezaposleni na 1000 stanovnika (2014.)	Prostorno uređenje
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac	66676	Državni put IIB reda (37 km od državnog puta IA i 16 km od državnog puta IB)	Postoji	I kategorija	Odličan	9,8 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 8%, Srednja škola: 46%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 46%	65	Predviđena industrijska zona na udaljenosti 6 km od lokacije (PDR Opštine Kostolac)
NISSAL-NEWMET d.o.o, Opština Niška Banja, Grad Niš	31482	Državni put IA reda	Postoji	I kategorija	Loš	2 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 11%, Srednja škola: 55%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 34%	181	14,6 km od lokacije je radna zona Donje Međurovo (GUP Niš)
TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o, Grad Zaječar	40632	Državni put IB reda i 87 km od državnog puta IA reda	Ne postoji	I kategorija	Veoma dobar	26 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 13%, Srednja škola: 43%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 44%	125	U okviru lokacije je predviđena industrijska zona od čega je 30% površine sa postojećim kompleksima fabrika - brownfield, a 70% površine je slobodno – greenfield. (GUP Zaječar)

Tabela 9.6. Kriterijumske grupe i podkriterijumi korišćeni za izbor alternative prvog prioriteta optimalnih lokacija za indeksni broj 160103

Optimalne lokacije (alternative)	EKONOMSKI KRITERIJUMI			KRITERIJUMI ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE			DRUŠTVENI KRITERIJUMI		
	Prosečne zarade – RSD	Putna povezanost (km)	Industrijska infrastruktura (el.energija, voda, priključak na gasovod, kanalizacija)	Kvalitet vazduha (2014.)	Kvalitet površinskih voda (2013.)	Udaljenost od zaštićenih područja	Obrazovna struktura stanovništva (2011.)	Nezaposleni na 1000 stanovnika (2014.)	Prostorno uređenje
Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot	40975	3km od državnog puta IA reda	Postoji	I kategorija	Veoma dobar	9,7 km udaljena lokacija od specijalnog rezervata prirode	Visoka i viša: 14,5%, Srednja škola: 46,5%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 39%	119	Lokacija u okviru slobodne zone Pirot (Strategija održivog razvoja Pirota)
Vulkan gume d.o.o Niš, Opština Palilula, grad Niš	29895	13.1 km od državnog puta IA i 1,5 km od državnog puta IB reda	Postoji	I kategorija	Loš	2,5 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 19%, Srednja škola: 57%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 24%	140	U okviru lokacije predviđena je poslovna i radna zona (GUP Niš)
Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o, grad Smederevo	41569	14 km od državnog puta IA i 0,5 km od državnog puta IB reda	Postoji	III kategorija	Dobar	1,5 km udaljena lokacija od spomenika prirode	Visoka i viša: 12%, Srednja škola: 49%; Nepotpuno i bez obrazovanja: 39%	86	Na 10 km udaljenosti od lokacije nova industrijska zona predviđena za industrijski park (Prostorni plan Smedereva)

9.2.2. Formiranje matrice odlučivanja (poređenje u parovima) i evaluacija kriterijuma

Poređenje u parovima obavlja se na svakom nivou, počevši od vrha hijerarhije i prikazano je kvadratnom matricom oblika $A = [a_{ij}]_{i,j=1,n}$, gde je n broj elemenata koji se porede. Elementi matrice A , označeni sa a_{ij} su ocene o relativnom značaju kriterijuma, podkriterijuma i alternativa u odnosu na elemente na višem hijerarhijskom nivou (Saaty, 2000). Ovi elementi imaju sledeće karakteristike:

$a_{ij} > 0$; $a_{ij} = 1/a_{ji}$; $a_{jj} = 1$ za sve vrednosti i . Takođe važi za sve elemente na glavnoj dijagonali da je $a_{ii} = 1$.

Nakon dobijanja matrice poređenja kriterijuma odlučivanja u odnosu na cilj, određuju se težine kriterijuma korišćenjem metoda sopstvenih vrednosti (*Eigenvector Method*). Drugim rečima, određuje se glavni vektor sopstvenih vrednosti matrice A rešavanjem $Aw = \lambda_{max} w$, $w^T w = 1$, gde je w traženi vektor težina kriterijuma, a λ_{max} najveća sopstvena vrednost (*eigenvalue*) matrice A . Dalje se vrši prioritizacija kriterijuma i određuje konzistentnost odluke, kao što je navedeno u poglavlju 7.1.

AHP metodom se određuju težinski koeficijenti elemenata odlučivanja po svim nivoima hijerarhije. AHP inicijalne koeficijente tretira kao lokalne težine i na kraju ih sintetizuje da bi se dobile težine elemenata na najnižem hijerarhijskom nivou (alternative). Težinski koeficijenti se računaju za svaki element na datom hijerarhijskom nivou zatim se koriste za određivanje tzv. kompozitnih relativnih težinskih koeficijenata elemenata u nižim nivoima. Na kraju se bira alternativa sa najvećim kompozitnim težinskim koeficijentom.

Matrice poređenja u parovima i težinske vrednosti elemenata prikazane hijerarhijske strukture date su u daljem tekstu sledećim redosledom: poređenje u parovima kriterijuma u odnosu na cilj, poređenje u parovima podkriterijuma u okviru svake kriterijumske grupe i poređenje u parovima alternativa u odnosu na svaki podkriterijum. U okviru svake matrice poređenja po parovima prikazan je stepen konzistentnosti CR. Vrednosti stepena konzistentnosti svih poređenja u parovima su izračunate na osnovu izraza 7.6. – 7.10.

9.2.3. Rezultati primene AHP metode

Tabela 9.7. Poređenje kriterijuma u parovima u odnosu na cilj

	Ekonomski kriterijumi	Kriterijumi zaštite životne sredine	Društveni kriterijumi	W
Ekonomski kriterijumi	1	1/3	2	0.2561
Kriterijumi zaštite životne sredine	3	1	3	0.5926
Društveni kriterijumi	1/2	1/3	1	0.1512
CR= 0.0411				

Tabela 9.8. Poređenje parova podkriterijuma u odnosu na ekonomsku grupu kriterijuma

	Prosečne zarade	Putna povezanost	Dostupnost infrastrukture	W
Prosečne zarade	1	3	2	0.5396
Putna povezanost	1/3	1	1/2	0.1634
Dostupnost infrastrukture	1/2	2	1	0.2970
CR= 0.0079				

Tabela 9.9. Poređenje parova podkriterijuma u odnosu na kriterijumsku grupu zaštite životne sredine

	Kvalitet vazduha	Kvalitet površinskih voda	Zaštićena područja	W
Kvalitet vazduha	1	2	2	0.4933
Kvalitet površinskih voda	1/2	1	2	0.3108
Zaštićena područja	1/2	1/2	1	0.1958
CR= 0.0463				

Tabela 9.10. Poređenje parova podkriterijuma u odnosu na društvenu kriterijumsku grupu

	Obrazovna struktura stanovništva	Nezaposleni na 1000 stanovnika	Prostorno uređenje	W
Obrazovna struktura stanovništva	1	2	1/3	0.2297
Nezaposleni na 1000 stanovnika	1/2	1	1/3	0.1220
Prostorno uređenje i gradnja	3	3	1	0.6483
CR= 0.0031				

Tabela 9.11. Težine svih ključnih faktora u procesu odlučivanja

Kriterijumi	Težina (w)	Podkriterijumi	Težina (w)
Ekonomski kriterijumi	0.2561	Prosečne zarade	0.5396
		Putna povezanost	0.1634
		Dostupnost infrastrukture	0.2970
Kriterijumi zaštite životne sredine	0.5926	Kvalitet vazduha	0.4933
		Kvalitet površinskih voda	0.3108
		Zaštićena područja	0.1958
Društveni kriterijumi	0.1512	Obrazovna struktura stanovništva	0.2297
		Nezaposleni na 1000 stanovnika	0.1220
		Prostorno uređenje	0.6483

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli 9.11. uočljivo je da “Kriterijum zaštite životne sredine” ima najveću težinu, odnosno da ima veći značaj od ekonomskih i društvenih kriterijuma. S obzirom na činjenicu da postoji potreba i društveni interes za sprovođenje mera zaštite od zagađivanja radi zaštite zdravlja ljudi, kulturnih i materijalnih dobara, za potrebe ovog istraživanja sagledan je koncept održivog razvoja kao jedan od imperativa razvojne politike. Stanje životne sredine i efikasnost upravljanja zaštitom su ključni aspekti jer pružaju jasnu predstavu o tome da li je sistem planiranja zaštite životne sredine adekvatno implementiran. Stanje činilaca životne sredine je najreprezentativniji indikator pritisaka na životnu sredinu, pa je cilj pri izboru alternative prvog prioriteta za lociranje industrijskih pogona smanjenje potencijalnih uticaja na životnu sredinu koji mogu biti prouzrokovani novim industrijskim aktivnostima. Područje sa podprosečnim kvalitetom činilaca životne sredine ima manji kapacitet za apsorbovanje novih pritisaka, pa će time imati i manji prioritet u odnosu na područje sa boljim kvalitetom činilaca životne sredine.

Ekonomskim kriterijumima je dat veći značaj u odnosu na društvene jer je ekonomska aktivnost u regionu važan aspekt napretka i baza za sveukupan društveni razvoj. Ekonomski parametri pružaju značajne informacije o efikasnosti ekonomskih strategija razvoja na lokalnom nivou, a time i o mogućnostima za izgradnju i lokaciju novih industrijskih aktivnosti. Na osnovu prikazanih rezultata, uočljivo je da podkriterijum “Prosečne zarade” u okviru ekonomske grupe kriterijuma ima prioritet i veći značaj u odnosu na podkriterijume “Putna povezanost” i “Dostupnost infrastrukture”. Navedeni podkriterijum pruža uvid u razvijenost regiona i opština i omogućava strateško planiranje regionalnog i lokalnog razvoja. Da bi se

obezbedio ravnomerni razvoj svih regiona potrebno je dati prioritet nerazvijenim opštinama. Podkriterijum “Dostupnost infrastrukture” ima veći značaj i veću težinu od podkriterijuma “Putna povezanost”, jer odgovarajuća infrastruktura može značajno uticati na troškove koji predstavljaju jedan od ključnih aspekata za izgradnju novih industrijskih pogona. Ukoliko je potencijalna lokacija potpuno ili delimično infrastrukturno opremljena, svakako je povoljnija u odnosu na ostale potencijalne lokacije sa ekonomskog aspekta. Infrastrukturna opremljenost takođe utiče na skraćanje procedura za dobijanje dozvola za izgradnju, kao i upotrebi dozvola.

Podkriterijum “Kvalitet vazduha” u okviru kriterijumske grupe “Zaštita životne sredine” ima veći značaj od podkriterijuma “Kvalitet površinskih voda” i podkriterijuma “Zaštićena područja”. Kvalitet vazduha se često usvaja kao osnovni faktor kvaliteta životne sredine. Ovakav pristup se temelji na saznanju da se taloženje aeropolutanata iz vazduha na površinu zemljišta rastvaranjem i spiranjem u dublje slojeve zemljišta može dovesti u vezu i sa kvalitetom voda i zemljišta. Sa tog stanovišta, poznavanje kvaliteta vazduha predstavlja značajnu informaciju i za zaštitu kvaliteta zemljišta i voda. Dokazani negativni zdravstveni efekti aeropolutanata, u zavisnosti od ekspozicije i koncentracije, mogu izazvati respiratorne i kardiovaskularne smetnje.

Podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” ima veći značaj od podkriterijuma “Zaštićena područja”, jer zagađenje površinskih voda može značajno uticati na akvatične ekosisteme, kao i na zdravlje opšte populacije. Posledica zagađenja površinskih voda takođe je i pojava eutrofikacije koja je uslovljena preteranom količinom nutrijenata i konsekvantnim smanjenjem rastvorenog kiseonika u vodi.

U okviru društvene grupe kriterijuma, podkriterijum “Prostorno uređenje” ima veći značaj od podkriterijuma “Obrazovna struktura stanovništva” i podkriterijuma “Broj nezaposlenih na 1000 stanovnika”, jer predstavlja osnovni preduslov za brz razvoj gradskih i industrijskih aktivnosti. Naime, faktori uređenja urbane i suburbane sredine i prostornog planiranja daju dodatnu vrednost pojedinim zonama u kojima postoje povoljni ekološki i ekonomski indikatori. U procesu izbora lokacije se, između ostalog, ispituje da li su postojeći planski dokumenti prilagođeni industrijskim potrebama, tj. da li je lokalni industrijski razvoj obuhvaćen postojećim razvojnim instrumentima (regionalni planovi, prostorni planovi, urbanistički planovi). Obrazovnoj strukturi stanovništva dat je veći značaj prilikom evaluacije društvene situacije u određenoj oblasti u odnosu na podkriterijum “Broj nezaposlenih na 1000 stanovnika” koji prevashodno definiše socijalni aspekt stanja na potencijalnom lokalitetu.

9.2.4. Određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija) i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik)

Primenom opisane metodologije određene su alternative (alternativne optimalne lokacije) za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik):

- Optimalna lokacija 1 - PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac;
- Optimalna lokacija 2 - RTB Bor - Topionica i rafinacija bakra, Opština Bor i
- Optimalna lokacija 3 - Elixir Prahovo doo Prahovo, Opština Negotin.

Kvantifikacija i obrada podataka po izabranim podkriterijumima

Prvi korak u oceni alternativa u AHP metodi je normalizacija. Za potrebe ovog istraživanja koristi se L1 normalizacija, odnosno izračunava se suma svih elemenata po kolonama, a nakon toga se svaka vrednost podeli sa odgovarajućom sumom (sumom kolone u kojoj se vrednost nalazi).

Podkriterijum „Prosečne zarade“

U okviru podkriterijuma “Prosečne zarade” sagledavana su prosečna primanja na nivou opština kojima svaka od alternativa teritorijalno pripada (tabela 9.12).

Tabela 9.12. Prosečne zarade (RSD) za indeksni broj 170405

	Prosečne zarade (RSD)	Normalizacija
OptLok1	66.676,0000	0,4217
OptLok2	51.983,0000	0,3288
OptLok3	39.443,0000	0,2495
Σ	158.102,0000	1,0000

Alternativna lokacija koja pripada opštini sa manjom prosečnom zaradom ima prioritet u odnosu na razvijenije jedinice lokalne samouprave, jer je jedan od postulata održivosti jednakost i umeren, izbalansiran ekonomski, a time i društveni i ekološki razvoj. S obzirom na navedenu tvrdnju proračun se prilagođava, kako bi najveća težina dala najbolju alternativu (tabela 9.13).

Tabela 9.13. Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za indeksni broj 170405

	Prosečne zarade (RSD)	Normalizacija			W
OptLok1	66.676,0000	158.102,0000/66.676,0000	2,3712	2,3712/9,4210	0,2517
OptLok2	51.983,0000	158.102,0000/51.983,0000	3,0414	3,0414/9,4210	0,3228
OptLok3	39.443,0000	158.102,0000/39.443,0000	4,0084	4,0084/9,4210	0,4255
Σ	158.102,0000		9,4210		1,0000

Podkriterijum „Putna povezanost“

Kroz podkriterijum “Putna povezanost”, sagledavana je dostupnost glavnih putnih pravaca državnih puteva IA i IB reda svakoj od alternativnih lokacija, ukoliko je urbanističkim planovima predviđen prostor za izgradnju novih industrijskih pogona, što je obuhvaćeno podkriterijumom “Prostorno uređenje”. Ukoliko ne postoji namenski opredeljen prostor za proširenje industrijske zone, sagledana je dostupnost glavnih putnih pravaca državnih puteva IA i IB reda najbližoj urbanistički planiranoj i namenjenoj lokaciji za izgradnju novih industrijskih pogona.

Saobraćajna povezanost preliminarne lokacije je vrednovana na osnovu sledećih podataka:

- Optimalna lokacija 1 - predviđena industrijska zona se nalazi na udaljenosti 6 km od lokacije (Plan detaljne regulacije opštine Kostolac); saobraćajno je povezana sa državnim putem IIB reda, 37 km je udaljena od državnog puta IA reda i 16 km od državnog puta IB reda;
- Optimalna lokacija 2 - na 4 km udaljenosti od lokacije predviđena je privredna zona za razvoj postojećih i novih industrijskih kapaciteta po Prostornom planu Opštine Bor, saobraćajno je povezana sa državnim putem IB reda;
- Optimalna lokacija 3 - predviđena je nova radna zona zapadno i istočno u odnosno lokaciju (prema Planu detaljne regulacije Prahova); saobraćajno je povezana sa državnim putem IIB reda, 152 km je udaljena od državnog puta IA reda i 11 km od državnog puta IB reda.

Matrica poređenja alternativa/optimalnih lokacija u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost” je data u tabeli 9.14.

Tabela 9.14. Poređenje parova u odnosu na podkriterijum
“Putna povezanost” za indeksni broj 170405

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	1/3	1/2	0,1634
OptLok2	3	1	2	0,5396
OptLok3	2	1/2	1	0,2970
CR=0,0079				

Podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“

Kroz podkriterijum “Dostupnost infrastrukture” sagledava se postojanje osnovne infrastrukture koja je neophodna za izgradnju novih industrijskih pogona (pogona koji koriste sekundarne materijale, pogona za tretman otpada ili skladišta otpada), na lokacijama koje su za tu namenu predviđene urbanističkim planovima. Industrijski pogoni zahtevaju određeni stepen infrastrukturne opremljenosti za potrebe funkcionisanja kompleksa, pa je neophodno obezbediti priključak na elektroenergetsku infrastrukturu, vodoprivrednu, termoeenergetsku infrastrukturu, kanalizacionu mrežu, kao i pristupne saobraćajnice, što je za svaku alternativu sagledano i prikazano u tabeli 9.15. Rang bodovanja je od 1-3, gde je 3 – potpuna infrastrukturna opremljenost lokacije; 2 – ukoliko optimalne lokacije nisu infrastrukturno opremljene po istom vidu infrastrukture, kao faktor poređenja razmatra se udaljenje od priključaka za određeni vid infrastrukture i 1 – infrastrukturna neopremljenost lokacije.

Tabela 9.15. Infrastrukturna opremljenost lokacije za indeksni broj 170405

	Električna energija	Voda	Priključak na gasovod	Kanalizaciona mreža	Pristupne saobraćajnice	Suma bodova
OptLok1	3	3	1	3	3	13
OptLok2	3	3	1	1	3	11
OptLok3	1	1	1	1	1	5

Na osnovu prikazane infrastrukturne opremljenosti lokacija u tabeli 9.16. data je normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“.

Tabela 9.16. Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum
“Dostupnost infrastrukture” za indeksni broj 170405

	Suma bodova infrastrukturne opremljenosti lokacije	W
OptLok1	13	0,4483
OptLok2	11	0,3793
OptLok3	5	0,1724
Σ	29	1,0000

Podkriterijum „Kvalitet vazduha“

Na osnovu Zakona o zaštiti vazduha, a prema nivou zagađenosti i propisanih graničnih i tolerantnih vrednosti utvrđuju se tri kategorije kvaliteta vazduha. „Prva kategorija predstavlja čist ili neznatno zagađen vazduh, kada nisu prekoračene granične vrednosti nivoa ni za jednu zagađujuću materiju; druga kategorija predstavlja umereno zagađen vazduh kada su prekoračene granične vrednosti nivoa za jednu ili više zagađujućih materija, ali nisu prekoračene tolerantne vrednosti ni za jednu zagađujuću materiju; treća kategorija predstavlja prekomerno zagađen vazduh, kada su prekoračene tolerantne vrednosti za jednu ili više zagađujućih materija“ (*“Sl. Glasnik RS”, broj 36/09 i 10/13*).

Granične i tolerantne vrednosti za zagađujuće materije koje su propisane Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha (*“Sl. Glasnik RS”, br. 11/10, 75/10 i 63/13*) prikazane su u tabeli 8.1.

U okviru podkriterijuma „Kvalitet vazduha“ sagledavane su ocene kvaliteta vazduha na nivou opština ili gradova za svaku od alternativnih lokacija. Ukoliko je na više razmatranih lokacija identično ocenjen kvalitet vazduha, kao faktor poređenja razmatraju se srednje godišnje koncentracije najznačajnijih zagađujućih materija (SO₂ i NO₂).

Kao što je prikazano u tabeli 9.4., opština na kojoj se teritorijalno nalazi Optimalna lokacija 1 ima kvalitet vazduha I kategorije, opština na kojoj se teritorijalno nalazi Optimalna lokacija 2 ima kvalitet vazduha III kategorije i opština na kojoj se teritorijalno nalazi Optimalna lokacija 3 ima kvalitet vazduha II kategorije.

Matrica poređenja alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet vazduha” je prikazana u tabeli 9.17.

Tabela 9.17. Poređenje u parovima alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet vazduha” za indeksni broj 170405

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	3	2	0,5396
OptLok2	1/3	1	1/2	0,1634
OptLok3	1/2	2	1	0,2970
CR= 0.0079				

Podkriterijum „Kvalitet površinskih voda“

Metodom SWQI pet indikatora kvaliteta površinskih voda je razvrstano na sledeći način (tabela 8.4.): „Odličan”, „Veoma dobar”, „Dobar”, „Loš” i „Veoma loš”. Deskripcija SWQI indikatora kvaliteta površinskih voda je data u Poglavlju 8.1.

Prilikom sagledavanja podkriterijuma „Kvalitet površinskih voda”, usvojena je skala bodovanja SWQI indikatora kvaliteta kao što je prikazano u tabeli 9.18.

Tabela 9.18. Skala bodovanja SWQI indikatora kvaliteta površinskih voda

SWQI	Skala bodovanja
Odličan	9
Veoma dobar	7
Dobar	5
Loš	3
Veoma loš	1

U skladu sa tabelom 9.3, prema SWQI indeksu, površinske vode u okviru lokacije 1 su odličnog kvaliteta, kvalitet površinskih voda u okviru lokacije 2 je veoma loš i kvalitet površinskih voda u okviru lokacije 3 je veoma dobar. Matrica poređenja alternativa u odnosu na podkriterijum „Kvalitet površinskih voda” data je u tabeli 9.19.

Tabela 9.19. Poređenje u parovima alternativa u odnosu na podkriterijum „Kvalitet površinskih voda” za indeksni broj 170405

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	9	2	0,5969
OptLok2	1/9	1	1/7	0,0572
OptLok3	1/2	7	1	0,3458
CR=0,0188				

Podkriterijum „Zaštićena područja”

Prema Zakonu o zaštiti prirode („Sl. Glasnik RS” br. 36/2009 i 88/2010) zaštićena područja su: strogi rezervat prirode, specijalni rezervat prirode, nacionalni park, spomenik prirode, zaštićeno stanište, predeo izuzetnih odlika i park prirode. Prilikom sagledavanja podkriterijuma „Zaštićena područja” usvojena je skala bodovanja zaštićenih područja data u tabeli 9.20.

Tabela 9.20. Skala bodovanja zaštićenih područja

Zaštićena područja	Skala bodovanja
Strogi rezervat prirode	9
Specijalni rezervat prirode	8
Nacionalni park	7
Spomenik prirode	6
Zaštićeno stanište	5
Predeo izuzetnih odlika	4
Park prirode	3

Za potrebe istraživanja u okviru podkriterijuma “Zaštićena područja” razmatrana je udaljenost zaštićenih područja od alternativnih lokacija u odnosu na tip zaštićenog područja, i usvojena je vrednost *stepena ugroženosti zaštićenog područja*. Stepenu ugroženosti zaštićenog područja se izračunava tako što se bodovna vrednost tipa zaštićenog područja podeli sa udaljenostima (u km) alternativnih lokacija od zaštićenog područja. U tabeli 9.21. dat je proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja.

Tabela 9.21. Stepenu ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170405

	Tip zaštićenog područja	Udaljenost od zaštićenog područja (km)	Stepenu ugroženosti zaštićenog područja
OptLok1	Spomenik prirode - 6	16,2	0,3704
OptLok2	Spomenik prirode - 6	8	0,7500
OptLok3	Spomenik prirode - 6	9,8	0,6122

Veća vrednost stepena ugroženosti zaštićenog područja uslovljava niže bodovanje alternative u okviru ovog podkriterijuma, pa je potrebno prilagoditi proračun normalizacije, kako bi najveća težina dala najbolju alternativu (tabela 9.22.)

Tabela 9.22. Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170405

	Stepenu ugroženosti zaštićenog područja	Normalizacija			W
OptLok1	0,3704	1,7326/0,3704	4,6776	4,6776/9,8178	0,4764
OptLok2	0,7500	1,7326/0,7500	2,3101	2,3101/9,8178	0,2353
OptLok3	0,6122	1,7326/0,6122	2,8301	2,8301/9,8178	0,2883
Σ	1,7326		9,8178		

Podkriterijum “Obrazovna struktura stanovništva”

U okviru ovog podkriterijuma razmatra se procentualno izražena obrazovna struktura stanovništva opštine na kojoj alternativna lokacija teritorijalno pripada. Utvrđene su sledeće činjenice:

- Optimalna lokacija 1 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 8% od ukupnog broja stanovnika; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 46%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 46% stanovništva;
- Optimalna lokacija 2 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 13%; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 51%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 36% stanovništva;
- Optimalna lokacija 3 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 10%; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 32%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 58% stanovništva.

Kako za implementaciju naprednih tehnologija najveći značaj ima zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom, a najmanji stanovništvo sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja, radi normalizacije datih procentualnih vrednosti po ovom podkriterijumu usvojena je skala bodovanja prikazana u tabeli 9.23. Ukupan broj bodova za svaki nivo obrazovne strukture stanovništva se izračunava tako što se procentualna zastupljenost odgovarajućeg obrazovanja pomnoži sa bodovima datim u usvojenoj skali bodovanja, a zatim se dobijene vrednosti saberu. Normalizacija vrednosti data je u tabeli 9.24.

Tabela 9.23. Skala bodovanja obrazovne strukture stanovništva

Obrazovna struktura stanovništva	Skala bodovanja
Stanovništvo sa završenom visokom i višom školom	3
Stanovništvo sa završenom srednjom školom	2
Stanovništvo sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja	1

Tabela 9.24. Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa za indeksni broj 170405

	Visoka i viša škola (%)	Srednja škola (%)	Nepotpuno obrazovanje i bez obrazovanja (%)	Broj bodova	W
OptLok1	8	46	46	162	0,3299
OptLok2	13	51	36	177	0,3605
OptLok3	10	32	58	152	0,3096
Σ				491	1,0000

Podkriterijum “Nezaposleni na 1000 stanovnika”

U okviru ovog podkriterijuma razmatrana je i ocenjena nezaposlenost stanovništva sa aspekta raspoloživosti radne snage na odabranim lokacijama, odnosno u opštinama/gradovima svake od posmatranih alternativa. Tabela 9.25. prikazuje broj nezaposlenih (na 1000 stanovnika) na teritoriji opština kojima svaka od alternativnih lokacija pripada.

Tabela 9.25. Nezaposleni na 1000 stanovnika za indeksni broj 170405

	Nezaposleni na 1000 stanovnika	W
OptLok1	65	0,2490
OptLok2	122	0,4674
OptLok3	74	0,2835
	261	1,0000

Podkriterijum „Prostorno uređenje“

U procesu izbora lokacije (alternative prvog prioriteta) ispituje se da li su postojeći planski dokumenti odgovarajućih lokalnih samouprava prilagođeni industrijskim potrebama. Za potrebe ovog istraživanja sagledani su Prostorni planovi opština, Generalni urbanistički planovi i Planovi generalne regulacije u odnosu na dostupnost prostora odabrane lokacije za izgradnju novih industrijskih pogona / pogona za preradu otpada. Naime, ako je na određenoj lokaciji urbanistički predviđena namena površina za dalji razvoj industrije svakako da će alternativa koja se na nju odnosi imati veći značaj u odnosu na alternativu gde nema predviđenog prostora za razvoj novih industrijskih pogona. Ukoliko nema predviđenog prostora za razvoj novih pogona ili proširenje već postojećih, razmatra se najbliža urbanistički predviđena lokacija za izgradnju industrijskih pogona.

Utvrđeno je da su predviđene namene prostora na razmatranim, alternativnim lokacijama kao što sledi:

- U okviru optimalne lokacije 1 (PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac) predviđena je industrijska zona na udaljenosti od 6 km od potencijalne lokacije (prema Planu detaljne regulacije opštine Kostolac);
- U okviru optimalne lokacije 2 (RTB Bor - Topionica i rafinacija bakra, Opština Bor), predviđena je privredna zona za razvoj postojećih i novih industrijskih kapaciteta na udaljenosti od 4 km od potencijalne lokacije (prema Prostornom planu Opštine Bor);
- U okviru optimalne lokacije 3 (Elixir Prahovo doo Prahovo, Opština Negotin) predviđena je nova radna zona zapadno i istočno u odnosu na lokaciju (prema Planu Generalne Regulacije za naselje Prahovo).

Matrica poređenja alternativa u odnosu na podkriterijum "Prostorno uređenje" data je u tabeli 9.26.

Tabela 9.26. Poređenje u parovima alternativa u odnosu na podkriterijum „Prostorno uređenje“ za indeksni broj 170405

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	1/2	1/3	0,1634
OptLok2	2	1	1/2	0,2970
OptLok3	3	2	1	0,5396
CR= 0.0079				

9.2.4.1. Sinteza rezultata i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj otpada 170405 (otpadno gvožđe i čelik)

Konačni prioritet alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume je izložen u matričnom prikazu:

$$[W_{a-sc-ec}][W_{sc-ec}] = \begin{bmatrix} 0,2517 & 0,1634 & 0,4483 \\ 0,3228 & 0,5396 & 0,3793 \\ 0,4255 & 0,2970 & 0,1724 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,5396 \\ 0,1634 \\ 0,2970 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2956 \\ 0,3750 \\ 0,3293 \end{bmatrix} \quad (9.1)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine:

$$[W_{a-sc-env}][W_{sc-env}] = \begin{bmatrix} 0,5396 & 0,5969 & 0,4764 \\ 0,1634 & 0,0572 & 0,2353 \\ 0,2970 & 0,3458 & 0,2883 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,4933 \\ 0,3108 \\ 0,1958 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5451 \\ 0,1445 \\ 0,3104 \end{bmatrix} \quad (9.2)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na društvene podkriterijume:

$$[W_{a-sc-sc}][W_{sc-sc}] = \begin{bmatrix} 0,3299 & 0,2490 & 0,1634 \\ 0,3605 & 0,4674 & 0,2970 \\ 0,3096 & 0,2835 & 0,5396 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2297 \\ 0,1220 \\ 0,6483 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2121 \\ 0,3324 \\ 0,4555 \end{bmatrix} \quad (9.3)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na cilj (izbor alternative prvog prioriteta):

$$[W_{a-sc}][W_c] = \begin{bmatrix} 0,2954 & 0,5451 & 0,2121 \\ 0,3750 & 0,1445 & 0,3324 \\ 0,3293 & 0,3104 & 0,4555 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2561 \\ 0,5926 \\ 0,1512 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4308 \\ 0,2320 \\ 0,3372 \end{bmatrix} \quad (9.4)$$

pri čemu je:

$[W_{a-sc-ec}]$ – sopstveni vektor alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume,

$[W_{a-sc-env}]$ – sopstveni vektor alternativa u odnosu na kriterijume zaštite životne sredine,

$[W_{a-sc-sc}]$ – sopstveni vektor alternativa u odnosu na društvene podkriterijume.

Sopstveni vektori ekonomskih, podkriterijuma zaštite životne sredine i društvenih podkriterijuma su $[W_{sc-ec}]$, $[W_{sc-env}]$ i $[W_{sc-sc}]$, respektivo, dok je $[W_c]$ sopstveni vektor kriterijuma.

Na osnovu rezultata dobijenih primenom AHP metoda alternativa prvog prioriteta za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik) je optimalna lokacija 1, PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac.

Za potrebe određivanja alternative prvog prioriteta za sva tri indeksna broja, kao i za određivanje sopstvenih vektora kriterijuma, podkriterijuma i alternativa, upotrebljen je “AHP kalkulator”. Rezultati primene “AHP kalkulatora” za indeksni broj otpada 170405 (otpadno gvožđe i čelik) su prikazani na slici 9.5.

	A	B	C	D	E
1	Konačni prioritet alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume				
2	0.2517	0.1634	0.4483	0.5396	0.2956
3	0.3228	0.5396	0.3793	0.1634	0.3750
4	0.4255	0.2970	0.1724	0.2970	0.3293
5	Konačni prioritet alternativa u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine				
6	0.5396	0.5969	0.4764	0.4933	0.5451
7	0.1634	0.0572	0.2353	0.3108	0.1445
8	0.2970	0.3458	0.2883	0.1958	0.3104
9	Konačni prioritet alternativa u odnosu na društvene podkriterijume				
10	0.3299	0.2490	0.1634	0.2297	0.2121
11	0.3605	0.4674	0.2970	0.1220	0.3324
12	0.3096	0.2835	0.5396	0.6483	0.4555
13	Konačni prioritet alternativa u odnosu na cilj				
14	0.2956	0.5451	0.2121	0.2561	0.4308
15	0.3750	0.1445	0.3324	0.5926	0.2320
16	0.3293	0.3104	0.4555	0.1512	0.3372

Slika 9.5. Rezultati primene AHP kalkulatora za indeksni broj otpada 170405 (otpadno gvožđe i čelik)

9.2.5. Određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija) i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj 170402 (aluminijum)

Preliminarne optimalne lokacije koje se sagledavaju kao alternative i vrednuju AHP metodom za indeksni broj 170402 (aluminijum) su:

- Optimalna lokacija 1 - PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac;
- Optimalna lokacija 2 - NISSAL-NEWMET d.o.o, Opština Niška Banja, Grad Niš i
- Optimalna lokacija 3 - TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o, Grad Zaječar.

Određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija) i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj 170402 i vrstu otpada aluminijum je u pogledu izbora podkriterijuma identično kao i za indeksni broj 170405 (gvožđe i čelik).

Kvantifikacija i obrada podataka po izabranim podkriterijumima

Podkriterijum „Prosečne zarade“

Prosečne zarade na nivou opština/gradova kojima svaka od alternativa teritorijalno pripada, prikazane su u tabeli 9.27.

Tabela 9.27. Prosečne zarade (RSD) za indeksni broj 170402

	Prosečne zarade (RSD)	Normalizacija
OptLok1	66.676,0000	0,4804
OptLok2	31.482,0000	0,2268
OptLok3	40.632,0000	0,2928
Σ	138.790,0000	1,0000

S obzirom na to da alternativna lokacija koja pripada opštini sa manjom prosečnom zaradom treba da ima prioritet u odnosu na razvijenije jedinice lokalne samouprave, proračun se prilagođava kako bi najveća težina dala najbolju alternativu (tabela 9.28).

Tabela 9.28. Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za indeksni broj 170402

	Prosečne zarade (RSD)	Normalizacija			W
OptLok1	66.676,0000	138.790,0000/66.676,0000	2,0816	2,0816/9,9060	0,2102
OptLok2	31.482,0000	138.790,0000/31.482,0000	4,4086	4,4086/9,9060	0,4450
OptLok3	40.632,0000	138.790,0000/40.632,0000	3,4158	3,4158/9,9060	0,3448
Σ	138.790,0000		9,9060		1,0000

Podkriterijum „Putna povezanost“

Utvrđeno je da je saobraćajna povezanost optimalnih lokacija:

- Optimalna lokacija 1 - predviđena industrijska zona je na udaljenosti od 6 km od lokacije po Planu detaljne regulacije Opštine Kostolac; saobraćajno je povezana sa državnim putem IIB reda, 37 km je udaljena od državnog puta IA reda i 16 km od državnog puta IB reda;
- Optimalna lokacija 2 - na 14,6 km od lokacije predviđena je radna zona Donje Međurovo po Generalnom Urbanističkom Planu grada Niša, saobraćajno je povezana sa državnim putem IA reda;
- Optimalna lokacija 3 - u okviru posmatrane lokacije predviđena je industrijska zona po Generalnom Urbanističkom Planu grada Zaječara, saobraćajno je povezana sa državnim putem IB reda i 87 km je udaljena od državnog puta IA reda.

Tabela 9.29. Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum „Putna povezanost“ za indeksni broj 170402

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	1/3	1/2	0,1634
OptLok2	3	1	2	0,5396
OptLok3	2	1/2	1	0,2970
CR=0,0079				

Podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“

Tabelom 9.30. predstavljena je infrastrukturna opremljenost lokacija koja podrazumeva priključak na elektroenergetsku infrastrukturu, vodoprivrednu, termoenergetsku infrastrukturu, kanalizacionu mrežu, kao i pristupne saobraćajnice. Rang bodovanja je od 1-3, gde je 3 – potpuna infrastrukturna opremljenost lokacije; 2 – delimična infrastrukturna opremljenost (ukoliko lokacije nisu potpuno infrastrukturno opremljene, kao faktor poređenja razmatra se udaljenje od priključaka za određeni vid infrastrukture) i 1 – infrastrukturna neopremljenost lokacije.

Tabela 9.30. Infrastrukturna opremljenost lokacije za indeksni broj 170402

	Električna energija	Voda	Priključak na gasovod	Kanalizaciona mreža	Pristupne saobraćajnice	Suma bodova
OptLok1	3	3	1	3	3	13
OptLok2	3	3	3	3	3	15
OptLok3	1	1	1	1	1	5

Na osnovu prikazane infrastrukturne opremljenosti lokacija normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“ je prikazana u tabeli 9.31.

Tabela 9.31. Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“ za indeksni broj 170402

	Suma bodova infrastrukturne opremljenosti lokacije	W
OptLok1	13	0,3939
OptLok2	15	0,4545
OptLok3	5	0,1515
Σ	33	1,0000

Podkriterijum “Kvalitet vazduha”

Kao što je prikazano u tabeli 9.5. opštine/gradovi kojima teritorijalno pripadaju optimalne lokacije 1, 2 i 3, imaju kvalitet vazduha I kategorije. Uzevši u obzir činjenicu da je kvalitet vazduha u sve tri opštine identično ocenjen, razmatraju se srednje godišnje koncentracije najznačajnijih zagađujućih materija (SO_2 i NO_2). Koncentracija zagađujućih materija SO_2 i NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na alternativnim lokacijama je data u tabeli 9.32.

Tabela. 9.32. Koncentracija zagađujućih materija SO_2 i NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na alternativnim lokacijama za indeksni broj 170402

	Kategorija kvaliteta vazduha	Koncentracija zagađujućih materija SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Koncentracija zagađujućih materija NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
OptLok1	I	10,4	9,1
OptLok2	I	10,9	21,8
OptLok3	I	6	16

Granične vrednosti (GV) koncentracija SO_2 i NO_2 su, prema Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha 125 i 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respektivno (tabela 8.1). S obzirom na navedene granične vrednosti, veći značaj pri određivanju konačne težine po podkriterijumu “Kvalitet vazduha” ima koncentracija zagađujuće materije NO_2 . Normalizacija vrednosti koncentracija SO_2 i NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na alternativnim lokacijama vrši se tako što se odgovarajuće vrednosti pomnože sa koeficijentima 0,4 i 0,6 koji su dobijeni na osnovu propisanih GV. Na ovaj način se dobijaju ponderisane vrednosti koncentracije posmatranih zagađujućih materija u odnosu na njihove granične vrednosti (tabela 9.33).

Konačna težina po podkriterijumu “Kvalitet vazduha” alternativnih optimalnih lokacija dobija se izračunavanjem sume ponderisanih vrednosti koncentracija SO_2 i NO_2 u odnosu na GV (tabela 9.34) i prilagođavanjem proračuna normalizacije kako bi najveća težina dala najbolju

alternativu. Naime, područje sa nižom koncentracijom zagađujućih materija ima veći kapacitet za apsorbovanje novih pritisaka, pa će time imati i viši prioritet u odnosu na područje sa višom koncentracijom zagađujućih materija.

Tabela 9.33. Ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO₂ i NO₂ u odnosu na GV (µg/m³) na odabranim lokacijama za indeksni broj 170402

	SO ₂ (µg/m ³)	Ponderisana vrednost koncentracije SO ₂ u odnosu na GV	NO ₂ (µg/m ³)	Ponderisana vrednost koncentracije NO ₂ u odnosu na GV
OptLok1	10,4	4,16	9,1	5,46
OptLok2	10,9	4,36	21,8	13,08
OptLok3	6	2,4	16	9,6

Tabela 9.34. Normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO₂ i NO₂ na odabranim lokacijama za indeksni broj 170402

	Suma ponderisanih vrednosti koncentracije SO ₂ i NO ₂ u odnosu na GV	Normalizacija			W
OptLok1	9,6200	39,0600/9,6200	4,0603	4,0603/9,5550	0,4249
OptLok2	17,440	39,0600/17,4400	2,2394	2,2394/9,5550	0,2344
OptLok3	12	39,0600/12,0000	3,2550	3,2550/9,5550	0,3407
Σ	39,0600		9,5550		1,0000

Podkriterijum “Kvalitet površinskih voda”

Površinske vode u okviru lokacije 1 su odličnog kvaliteta po SWQI indeksu, kvalitet površinskih voda u okviru lokacije 2 je ocenjen kao dobar, dok je kvalitet površinskih voda u okviru lokacije 3 veoma dobar. Usvojena skala bodovanja SWQI indikatora kvaliteta površinskih voda data je u tabeli 9.18, dok je poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” dato u tabeli 9.35.

Tabela 9.35. Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” za indeksni broj 170402

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	4	2	0,5714
OptLok2	1/4	1	1/2	0,1429
OptLok3	1/2	2	1	0,2857
CR=0,0000				

Podkriterijum “Zaštićena područja”

Prilikom sagledavanja podkriterijuma „Zaštićena područja“ usvojena je skala bodovanja zaštićenih područja koja je prikazana u tabeli 9.20.

Proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja dat je u tabeli 9.36. Stepen ugroženosti zaštićenog područja se izračunava tako što se bodovna vrednost tipa zaštićenog područja podeli sa udaljenostima (u km) svake od alternativnih lokacija od zaštićenog područja.

Tabela 9.36. Proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170402

	Tip zaštićenog područja	Udaljenost od zaštićenog područja (km)	Stepen ugroženosti zaštićenog područja
OptLok1	Spomenik prirode - 6	9,8	0,61
OptLok2	Spomenik prirode - 6	2	3
OptLok3	Spomenik prirode - 6	26	0,24

Veća vrednost stepena ugroženosti zaštićenog područja uslovljava niže bodovanje alternative u okviru ovog podkriterijuma, pa je potrebno prilagoditi proračun normalizacije, kako bi najveća težina dala najbolju alternativu (tabela 9.37) .

Tabela 9.37. Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 170402

	Stepen ugroženosti zaštićenog područja	Normalizacija			W
OptLok1	0,61	3,85/0,61	6,3115	6,3115/23,6365	0,2670
OptLok2	3	3,85/3	1,2833	1,2833/23,6365	0,0543
OptLok3	0,24	3,85/0,24	16,0417	16,0417/23,6365	0,6787
Σ	3,85		23,6365		1,0000

Podkriterijum “Obrazovna struktura stanovništva”

U okviru ovog podkriterijuma razmatra se procentualno izražena obrazovna struktura stanovništva opštine na kojoj alternativna lokacija teritorijalno pripada. Utvrđene su sledeće činjenice:

- Optimalna lokacija 1 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 8% od ukupnog broja stanovnika; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 46%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 46% stanovništva;

- Optimalna lokacija 2 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 11%; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 55%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 34% stanovništva;
- Optimalna lokacija 3 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 13%; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 43%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 44% stanovništva.

Za potrebe istraživanja najveći značaj ima zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom, pa je radi normalizacije datih procentualnih vrednosti po ovom podkriterijumu usvojena skala bodovanja prikazana u tabeli 9.23. Ukupan broj bodova za svaki vid obrazovne strukture stanovništva se izračunava tako što se procentualna zastupljenost odgovarajućeg obrazovanja pomnoži sa bodovima datim u usvojenoj skali bodovanja obrazovne strukture stanovništva, a zatim se dobijene vrednosti saberu.

Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa prikazana je u tabeli 9.38.

Tabela 9.38. Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa za indeksni broj 170402

	Visoka i viša škola (%)	Srednja škola (%)	Nepotpuno obrazovanje i bez obrazovanja (%)	Broj bodova	W
OptLok1	8	46	46	162	0,3189
OptLok2	11	55	34	177	0,3484
OptLok3	13	43	44	169	0,3327
Σ				508	1,0000

Podkriterijum „Nezaposleni na 1000 stanovnika“

Tabela 9.39. prikazuje broj nezaposlenih (na 1000 stanovnika) na teritoriji opština kojima svaka od alternativnih lokacija pripada.

Tabela 9.39. Nezaposleni na 1000 stanovnika za indeksni broj 170402

	Nezaposleni na 1000 stanovnika	W
OptLok1	65	0,2234
OptLok2	140	0,4811
OptLok3	86	0,2955
Σ	291	1,0000

Podkriterijum “Prostorno uređenje”

Utvrđeno je da su predviđene namene prostora na razmatranim, alternativnim lokacijama kao što sledi:

- U okviru optimalne lokacije 1 (PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac) predviđena je industrijska zona na udaljenosti 6 km od potencijalne lokacije (prema Planu detaljne regulacije opštine Kostolac);
- U okviru optimalne lokacije 2 (NISSAL-NEWMET d.o.o, Opština Niška Banja, Grad Niš), predviđena je radna zona Donje Međurovo na udaljenosti 14,6 km od potencijalne lokacije prema GUP-u grada Niša;
- U okviru optimalne lokacije 3 (TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o, Grad Zaječar) predviđena je industrijska zona prema GUP-u grada Zaječara.

Matrica poređenja alternativa u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje“ data je u tabeli 9.40.

Tabela 9.40. Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje” za indeksni broj 170402

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	2	3	0,5396
OptLok2	1/2	1	2	0,2970
OptLok3	1/3	1/2	1	0,1634
CR=0,0079				

9.2.5.1. Sinteza rezultata i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj otpada 170402 (aluminijum)

Konačni prioritet alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume:

$$[W_{a-sc-ec}][W_{sc-ec}] = \begin{bmatrix} 0,2101 & 0,1634 & 0,3939 \\ 0,4450 & 0,5396 & 0,4545 \\ 0,3448 & 0,2970 & 0,1515 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,5396 \\ 0,1634 \\ 0,2970 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,2571 \\ 0,4633 \\ 0,2796 \end{bmatrix} \quad (9.5)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine:

$$[W_{a-sc-env}][W_{sc-env}] = \begin{bmatrix} 0,4249 & 0,5714 & 0,2670 \\ 0,2344 & 0,1429 & 0,0543 \\ 0,3407 & 0,2857 & 0,6787 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,4933 \\ 0,3108 \\ 0,1958 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4395 \\ 0,1707 \\ 0,3898 \end{bmatrix} \quad (9.6)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na društvene podkriterijume:

$$[W_{a-sc-sc}][W_{sc-sc}] = \begin{bmatrix} 0,3189 & 0,2234 & 0,5396 \\ 0,3484 & 0,4811 & 0,2970 \\ 0,3327 & 0,2955 & 0,1634 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2297 \\ 0,1220 \\ 0,6483 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4503 \\ 0,3312 \\ 0,2184 \end{bmatrix} \quad (9.7)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na cilj (izbor alternative prvog prioriteta):

$$[W_{a-sc}][W_c] = \begin{bmatrix} 0,2571 & 0,4395 & 0,4503 \\ 0,4633 & 0,1707 & 0,3312 \\ 0,2796 & 0,3898 & 0,2184 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2561 \\ 0,5926 \\ 0,1512 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3944 \\ 0,2699 \\ 0,3356 \end{bmatrix} \quad (9.8)$$

Na osnovu rezultata dobijenih primenom AHP metoda alternativa prvog prioriteta za indeksni broj 170402 (aluminijum) je optimalna lokacija 1, PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac.

Rezultati AHP kalkulatora za indeksni broj otpada 170402 (aluminijum) su prikazani na slici 9.6.

	A	B	C	D	E
1	Konačni prioritet alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume				
2	0.2101	0.1634	0.3939	0.5396	0.2571
3	0.4450	0.5396	0.4545	0.1634	0.4633
4	0.3448	0.2970	0.1515	0.2970	0.2796
5	Konačni prioritet alternativa u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine				
6	0.4249	0.5714	0.2670	0.4933	0.4395
7	0.2344	0.1429	0.0543	0.3108	0.1707
8	0.3407	0.2857	0.6787	0.1958	0.3898
9	Konačni prioritet alternativa u odnosu na društvene podkriterijume				
10	0.3189	0.2234	0.5396	0.2297	0.4503
11	0.3484	0.4811	0.2970	0.1220	0.3312
12	0.3327	0.2955	0.1634	0.6483	0.2184
13	Konačni prioritet alternativa u odnosu na cilj				
14	0.2571	0.4395	0.4503	0.2561	0.3944
15	0.4633	0.1707	0.3312	0.5926	0.2699
16	0.2796	0.3898	0.2184	0.1512	0.3356

Slika 9.6. Rezultati primene AHP kalkulatora za indeksni broj otpada 170402 (aluminijum)

9.2.6. Određivanje sopstvenih vektora alternativa (optimalnih lokacija) i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj 160103 (otpadne gume)

Preliminarne optimalne lokacije koje se sagledavaju kao alternative i vrednuju AHP metodom za indeksni broj 160103 (otpadne gume) su:

- Optimalna lokacija 1 - Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot;
- Optimalna lokacija 2 - Vulkan gume d.o.o Niš, Opština Palilula, grad Niš i
- Optimalna lokacija 3 - Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o, grad Smederevo.

Kvantifikacija i obrada podataka po izabranim podkriterijumima za indeksni broj 160103 odgovara proceduri za prethodne indeksne brojeve.

Podkriterijum „Prosečne zarade“

U okviru podkriterijuma “Prosečne zarade” sagledavana su prosečna primanja na nivou opština kojima svaka od alternativa teritorijalno pripada. Normalizacija vrednosti prosečnih zarada data je u tabeli 9.41.

Tabela 9.41. Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za indeksni broj 160103

	Prosečne zarade (RSD)	Normalizacija			W
OptLok1	40.972,0000	112.439,0000/40.972,0000	2,7442	2,7443/9,2100	0,2980
OptLok2	29.895,0000	112.439,0000/29.895,0000	3,7610	3,7611/9,2100	0,4084
OptLok3	41.569,0000	112.439,0000/41.569,0000	2,7048	2,7049/9,2100	0,2937
Σ	112.439,0000		9,2100		1,0000

Podkriterijum „Putna povezanost“

Saobraćajna povezanost preliminarne lokacije je vrednovana na osnovu sledećih podataka:

- Optimalna lokacija 1 – Nalazi se u okviru slobodne zone Pirot i saobraćajno je povezana sa državnim putem IA reda;
- Optimalna lokacija 2 – U okviru posmatrane lokacije predviđena je poslovna i radna zona prema Generalnom urbanističkom planu grada Niša; saobraćajno je povezana sa državnim putem IB reda i 13 km je udaljena od državnog puta IA reda;
- Optimalna lokacija 3 – Na 10 km od lokacije predviđena je industrijska zona sa predviđenom namenom za industrijski park prema Prostornom planu grada Smederevo,

saobraćajno je povezana sa državnim putem IB reda i 14 km je udaljena od državnog puta IA reda.

Matrica poređenja parova alternativnih lokacija u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost” je data u tabeli 9.42.

Tabela 9.42. Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost” za indeksni broj 160103

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	2	3	0,5396
OptLok2	1/2	1	2	0,2970
OptLok3	1/3	1/2	1	0,1634
CR=0,0079				

Podkriterijum “Dostupnost infrastrukture”

U tabeli 9.43. je prikazana infrastrukturna opremljenost lokacije. Rang bodovanja je od 1-3, gde je 3 – potpuna infrastrukturna opremljenost lokacije; 2 – delimična infrastrukturna opremljenost (ukoliko lokacije nisu potpuno infrastrukturno opremljene, kao faktor poređenja razmatra se udaljenje od priključaka za određeni vid infrastrukture) i 1 – infrastrukturna neopremljenost lokacije.

Tabela 9.43. Infrastrukturna opremljenost lokacije za indeksni broj 160103

	Električna energija	Voda	Priključak na gasovod	Kanalizaciona mreža	Pristupne saobraćajnice	Suma
OptLok1	3	3	1	3	3	13
OptLok2	3	3	2*	3	3	14
OptLok3	3	3	3	3	3	15

*Priključak na gasovodnu mrežu nije realizovan, ali se nalazi na udaljenosti od 200m od lokacije

Na osnovu prikazane infrastrukturne opremljenosti lokacija u tabeli 9.44. data je normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“.

Tabela 9.44. Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum “Dostupnost infrastrukture” za indeksni broj 160103

	Suma bodova infrastrukturne opremljenosti lokacije	W
OptLok1	13	0,3095
OptLok2	14	0,3333
OptLok3	15	0,3571
Σ	42	1,0000

Podkriterijum „Kvalitet vazduha“

Kao što je prikazano u tabeli 9.6. opštine/gradovi kojima teritorijalno pripadaju optimalne lokacije 1 i 2 imaju kvalitet vazduha I kategorije, dok grad Smederevo ima kvalitet vazduha III kategorije. Uzevši u obzir činjenicu da je kvalitet vazduha u dve opštine identično ocenjen, razmatraju se srednje godišnje koncentracije najznačajnijih zagađujućih materija (SO_2 i NO_2). Koncentracija zagađujućih materija SO_2 i NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na alternativnim lokacijama je data u tabeli 9.45.

Tabela 9.45. Koncentracija zagađujućih materija SO_2 i NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na alternativnim lokacijama za indeksni broj 160103

	Kategorija kvaliteta vazduha	Koncentracija zagađujućih materija SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Koncentracija zagađujućih materija NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
OptLok1	I	10,9	21,8
OptLok2	I	3	8
OptLok3	III	10,2	27

Primenjena procedura proračuna normalizacije vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO_2 i NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na alternativnim lokacijama u svemu odgovara postupku opisanom u Poglavlju 9.2.5. za indeksni broj 170402. U tabeli 9.46. su date ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO_2 i NO_2 u odnosu na GV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), dok je u tabeli 9.47. prikazana normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO_2 i NO_2 na odabranim lokacijama.

Tabela 9.46. Ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO_2 i NO_2 u odnosu na GV ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na odabranim lokacijama za indeksni broj 160103

	SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ponderisana vrednost koncentracije SO_2 u odnosu na GV	NO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Ponderisana vrednost koncentracije NO_2 u odnosu na GV
OptLok1	10,9	4,36	21,8	13,08
OptLok2	3	1,2	8	4,8
OptLok3	10,2	4,08	27	16,2

Tabela 9.47. Normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO_2 i NO_2 na odabranim lokacijama za indeksni broj 160103

	Suma ponderisanih vrednosti koncentracije SO_2 i NO_2 u odnosu na GV	Normalizacija			W
OptLok1	17,4400	43,7200/17,4400	2,5069	2,5069/11,9494	0,2098
OptLok2	6	43,7200/6	7,2867	7,2867/11,9494	0,6098
OptLok3	20,2800	43,7200/20,2800	2,1558	2,1558/11,9494	0,1804
Σ	43,7200		11,9494		1,0000

Podkriterijum “Kvalitet površinskih voda”

Kvalitet površinskih voda u okviru lokacije 1 po SWQI indeksu je ocenjen kao veoma dobar, kvalitet površinskih voda u okviru lokacije 2 je ocenjen kao loš, dok je kvalitet površinskih voda u okviru lokacije 3 ocenjen kao dobar. Matrica poređenja parova alternativa/optimalnih lokacija u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” je data u tabeli 9.48.

Tabela 9.48. Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” za indeksni broj 160103

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	4	2	0,5714
OptLok2	1/4	1	1/2	0,1429
OptLok3	1/2	2	1	0,2857
CR=0,0000				

Podkriterijum “Zaštićena područja”

Skala bodovanja zaštićenih područja data u tabeli 9.20, dok su u tabelama 9.49. i 9.50. dati proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja i normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja.

Tabela 9.49. Proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 160103

	Tip zaštićenog područja	Udaljenost od zaštićenog područja (km)	Stepen ugroženosti zaštićenog područja
OptLok1	Specijalni rezervat prirode - 8	9,7	0,825
OptLok2	Spomenik prirode - 6	2,5	2,4
OptLok3	Spomenik prirode - 6	1,5	4

Tabela 9.50. Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja za indeksni broj 160103

	Stepen ugroženosti zaštićenog područja	Normalizacija			W
OptLok1	0,825	7,2250/0,825	8,7576	8,7576/13,5743	0,6452
OptLok2	2,4	7,2250/2,4	3,0104	3,0104/13,5743	0,2218
OptLok3	4	7,2250/4	1,8063	1,8063/13,5743	0,1331
Σ	7,2250		13,5743		

Podkriterijum “Obrazovna struktura stanovništva”

U okviru ovog podkriterijuma razmatra se procentualno izražena obrazovna struktura stanovništva opštine na kojoj alternativna lokacija teritorijalno pripada. Utvrđene su sledeće činjenice:

- Optimalna lokacija 1 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 14,5% od ukupnog broja stanovnika; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 46,5%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 39% stanovništva;
- Optimalna lokacija 2 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 19%; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 57%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 24% stanovništva;
- Optimalna lokacija 3 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 12%; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 49%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 39% stanovništva.

Za potrebe istraživanja najveći značaj ima zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom, pa je zbog normalizacije datih procentualnih vrednosti usvojena skala bodovanja prikazana u tabeli 9.23. Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa prikazana je u tabeli 9.51. i odgovara proceduri za prethodne indeksne brojeve.

Tabela 9.51. Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva potencijalnih alternativa za indeksni broj 160103

	Visoka i viša škola (%)	Srednja škola (%)	Nepotpuno obrazovanje i bez obrazovanja (%)	Broj bodova	W
OptLok1	14,5	46,5	39	175,5	0,3229
OptLok2	19	57	24	195	0,3588
OptLok3	12	49	39	173	0,3183
Σ				543,5	1,0000

Podkriterijum “Nezaposleni na 1000 stanovnika”

U okviru ovog podkriterijuma razmatrana je i ocenjena nezaposlenost stanovništva sa aspekta raspoloživosti radne snage na odabranim lokacijama, odnosno u opštinama/gradovima svake od posmatranih alternativa. Tabela 9.52. prikazuje broj nezaposlenih (na 1000 stanovnika) na teritoriji opština kojima svaka od alternativnih lokacija pripada.

Tabela 9.52. Nezaposleni na 1000 stanovnika za indeksni broj 160103

	Nezaposleni na 1000 stanovnika	W
OptLok1	119	0,3449
OptLok2	140	0,4058
OptLok3	86	0,2493
	345	1,0000

Podkriterijum “Prostorno uređenje”

Utvrđeno je da su predviđene namene prostora na razmatranim, alternativnim lokacijama kao što sledi:

- Optimalne lokacije 1 (Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot) nalazi se u okviru Slobodne zone Pirot (Strategija održivog razvoja Pirota);
- U okviru optimalne lokacije 2 (Vulkan gume d.o.o Niš, Opština Palilula, grad Niš), predviđena je poslovna i radna zona po GUP-u grada Niša;
- U okviru optimalne lokacije 3 (Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o, grad Smederevo), na 10 km udaljenosti od lokacije predviđena je nova industrijska zona sa namenom površina za industrijski park (Prostorni plan Smedereva).

Matrica poređenja alternativa u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje“ data je u tabeli 9.53.

Tabela 9.53. Poređenje parova alternativa u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje” za indeksni broj 160103

	OptLok1	OptLok2	OptLok3	W
OptLok1	1	2	3	0,5396
OptLok2	1/2	1	2	0,2970
OptLok3	1/3	1/2	1	0,1634
CR=0,0079				

9.2.6.1. Sinteza rezultata i izbor alternative prvog prioriteta za indeksni broj otpada 160103 (otpadne gume)

Konačni prioritet alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume:

$$[W_{a-sc-ec}][W_{sc-ec}] = \begin{bmatrix} 0,2980 & 0,5396 & 0,3095 \\ 0,4084 & 0,2970 & 0,3333 \\ 0,2937 & 0,1634 & 0,3571 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,5396 \\ 0,1634 \\ 0,2970 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3409 \\ 0,3679 \\ 0,2912 \end{bmatrix} \quad (9.9)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine:

$$[W_{a-sc-env}][W_{sc-env}] = \begin{bmatrix} 0,2098 & 0,5714 & 0,6452 \\ 0,6098 & 0,1429 & 0,2218 \\ 0,1804 & 0,2857 & 0,1331 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,4933 \\ 0,3108 \\ 0,1958 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4075 \\ 0,3887 \\ 0,2039 \end{bmatrix} \quad (9.10)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na društvene podkriterijume:

$$[W_{a-sc-sc}][W_{sc-sc}] = \begin{bmatrix} 0,3229 & 0,3449 & 0,5396 \\ 0,3588 & 0,4058 & 0,2970 \\ 0,3183 & 0,2493 & 0,1634 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2297 \\ 0,1220 \\ 0,6483 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4661 \\ 0,3244 \\ 0,2095 \end{bmatrix} \quad (9.11)$$

Konačni prioritet alternativa u odnosu na cilj (izbor alternative prvog prioriteta):

$$[W_{a-sc}][W_c] = \begin{bmatrix} 0,3409 & 0,4075 & 0,4661 \\ 0,3679 & 0,3887 & 0,3244 \\ 0,2912 & 0,2039 & 0,2096 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2561 \\ 0,5926 \\ 0,1512 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3993 \\ 0,3736 \\ 0,2271 \end{bmatrix} \quad (9.12)$$

Na osnovu rezultata dobijenih primenom AHP metodom alternativa prvog prioriteta za indeksni broj 160103 (otpadne gume) je optimalna lokacija 1, Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot. Rezultati primene AHP kalkulatora za navedeni indeksni broj otpada prikazani na slici 9.7.

	A	B	C	D	E
1	Konačni prioritet alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume				
2	0.2980	0.5396	0.3095	0.5396	0.3409
3	0.4084	0.2970	0.3333	0.1634	0.3679
4	0.2937	0.1634	0.3571	0.2970	0.2912
5	Konačni prioritet alternativa u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine				
6	0.2098	0.5714	0.6452	0.4933	0.4075
7	0.6098	0.1429	0.2218	0.3108	0.3887
8	0.1804	0.2857	0.1331	0.1958	0.2039
9	Konačni prioritet alternativa u odnosu na društvene podkriterijume				
10	0.3229	0.3449	0.5396	0.2297	0.4661
11	0.3588	0.4058	0.2970	0.1220	0.3244
12	0.3183	0.2493	0.1634	0.6483	0.2095
13	Konačni prioritet alternativa u odnosu na cilj				
14	0.3409	0.4075	0.4661	0.2561	0.3993
15	0.3679	0.3887	0.3244	0.5926	0.3736
16	0.2912	0.2039	0.2095	0.1512	0.2271

Slika 9.7. Rezultati primene AHP kalkulatora za indeksni broj otpada 160103 (otpadne gume)

9.2.7. Određivanje sopstvenih vektora alternativa prvog prioriteta za sve tri vrste otpadnih materijala i izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada (sekundarni kompozitni AHP)

Na osnovu prethodno izloženog za izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada primenjen je sekundarni kompozitni AHP ("master AHP") pri čemu se razmatraju alternative prvog prioriteta za sve tri vrste otpadnih materijala. Izabrana alternativa prvog prioriteta AHP analize za indeksne brojeve 170405 (otpadno gvožđe i čelik) i 170402 (aluminijum) je Termoelektrana Kostolac B, dok je za indeksni broj 160103 (otpadne gume) alternativa prvog prioriteta Tigar Tyres d.o.o. Pirot.

Kvantifikacija i obrada podataka po izabranim podkriterijumima za "master AHP" odgovara proceduri za prethodne indeksne brojeve.

Podkriterijum „Prosečne zarade“

U okviru podkriterijuma “Prosečne zarade” sagledavana su prosečna primanja na nivou opština kojima svaka od alternativa teritorijalno pripada. Normalizacija vrednosti prosečnih zarada data je u tabeli 9.54.

Tabela 9.54. Normalizacija vrednosti prosečnih zarada za sve tri vrste otpadnih materijala

	Prosečne zarade (RSD)	Normalizacija			W
Alt1	66.676,0000	107.651,0000/66.676,0000	1,6145	1,6145/4,2417	0,3806
Alt2	40.975,0000	107.651,0000/40.975,0000	2,6272	2,6272/4,2417	0,6194
Σ	107.651,0000		4,2417		1,0000

Podkriterijum „Putna povezanost“

Saobraćajna povezanost preliminarne lokacije je vrednovana na osnovu sledećih podataka:

- Alternativa prvog prioriteta 1 - predviđena industrijska zona je na udaljenosti od 6 km od lokacije prema Planu detaljne regulacije Opštine Kostolac; saobraćajno je povezana sa državnim putem IIB reda, 37 km je udaljena od državnog puta IA reda i 16 km od državnog puta IB reda;
- Alternativa prvog prioriteta 2 – nalazi se u okviru slobodne zone Pirot i saobraćajno je povezana sa državnim putem IA reda;

Matrica poređenja parova alternativnih lokacija (alternativa prvog prioriteta) u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost” je data u tabeli 9.55.

Tabela 9.55. Poređenje parova alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijum “Putna povezanost”

	Alt1	Alt2	W
Alt1	1	1/3	0,2500
Alt2	3	1	0,7500
CR=0,0000			

Podkriterijum “Dostupnost infrastrukture”

U tabeli 9.56. je prikazana infrastrukturna opremljenost alternativa prvog prioriteta.

Tabela 9.56. Infrastrukturna opremljenost lokacije za sve tri vrste otpadnih materijala

	Električna energija	Voda	Priključak na gasovod	Kanalizaciona mreža	Pristupne saobraćajnice	Suma
Alt1	3	3	2*	3	3	14
Alt2	3	3	1	3	3	13

*Priključak na gasovodnu mrežu nije realizovan, ali se nalazi na udaljenosti od 300m od lokacije

Na osnovu prikazane infrastrukturne opremljenosti lokacija u tabeli 9.57. data je normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“.

Tabela 9.57. Normalizacija dobijenih vrednosti za podkriterijum „Dostupnost infrastrukture“ za sve tri vrste otpadnih materijala

	Suma bodova infrastrukturne opremljenosti lokacije	W
Alt1	14	0,5186
Alt2	13	0,4814
Σ	27	1,0000

Podkriterijum „Kvalitet vazduha“

Kao što je prikazano u tabelama 9.4, 9.5. i 9.6. opštine/gradovi kojima teritorijalno pripadaju obe alternative prvog prioriteta imaju kvalitet vazduha I kategorije. Uzevši u obzir činjenicu da je kvalitet vazduha identično ocenjen, razmatraju se srednje godišnje koncentracije najznačajnijih zagađujućih materija (SO₂ i NO₂). Koncentracija zagađujućih materija SO₂ i NO₂ (µg/m³) na alternativnim lokacijama (izabranim alternativama prvog prioriteta) je data u tabeli 9.58.

Tabela 9.58. Koncentracija zagađujućih materija SO₂ i NO₂ (µg/m³) na alternativnim lokacijama (izabranim alternativama prvog prioriteta)

	Kategorija kvaliteta vazduha	Koncentracija zagađujućih materija SO ₂ (µg/m ³)	Koncentracija zagađujućih materija NO ₂ (µg/m ³)
Alt1	I	10,4	9,1
Alt2	I	10,9	21,8

Primenjena procedura proračuna normalizacije vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO₂ i NO₂ (µg/m³) na alternativama prvog prioriteta u svemu odgovara postupku opisanom za prethodne indeksne brojeve. U tabeli 9.59. su date ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO₂ i NO₂ u odnosu na GV (µg/m³), dok je u tabeli 9.60. prikazana normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO₂ i NO₂ na odabranim alternativama prvog prioriteta.

Tabela 9.59. Ponderisane vrednosti koncentracija zagađujućih materija SO₂ i NO₂ u odnosu na GV (µg/m³) na alternativnim lokacijama

	SO ₂ (µg/m ³)	Ponderisana vrednost koncentracije SO ₂ u odnosu na GV	NO ₂ (µg/m ³)	Ponderisana vrednost koncentracije NO ₂ u odnosu na GV
Alt1	10,4	4,16	9,1	5,46
Alt2	10,9	4,36	21,8	13,08

Tabela 9.60. Normalizacija vrednosti koncentracije zagađujućih materija SO₂ i NO₂ na odabranim alternativama prvog prioriteta

	Suma ponderisanih vrednosti koncentracije SO ₂ i NO ₂ u odnosu na GV	Normalizacija			W
Alt1	9,6200	27,0600/9,6200	2,8129	2,8129/4,3645	0,6445
Alt2	17,4400	27,0600/17,4400	1,5516	1,5516/4,3645	0,3555
Σ	27,0600		4,3645		1,0000

Podkriterijum “Kvalitet površinskih voda”

Kvalitet površinskih voda u okviru alternative prvog prioriteta 1 po SWQI indeksu je ocenjen kao odličan, dok je kvalitet površinskih voda u okviru alternative prvog prioriteta 2 ocenjen kao veoma dobar. Matrica poređenja parova alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda” je data u tabeli 9.61.

Tabela 9.61. Poređenje parova alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijum “Kvalitet površinskih voda”

	Alt1	Alt2	W
Alt1	1	2	0,6667
Alt2	1/2	1	0,3333
CR=0,0000			

Podkriterijum “Zaštićena područja”

Skala bodovanja zaštićenih područja data u tabeli 9.20, dok su u tabelama 9.62. i 9.63. dati proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja i normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja.

Tabela 9.62. Proračun stepena ugroženosti zaštićenog područja za alternative prvog prioriteta

	Tip zaštićenog područja	Udaljenost od zaštićenog područja (km)	Stepen ugroženosti zaštićenog područja
Alt1	Spomenik prirode - 6	9,8	0,61
Alt2	Specijalni rezervat prirode - 8	9,7	0,825

Tabela 9.63. Normalizacija vrednosti stepena ugroženosti zaštićenog područja

	Stepen ugroženosti zaštićenog područja	Normalizacija			W
Alt1	0,61	1,435/0,61	2,3525	2,3525/4,0919	0,5749
Alt2	0,825	1,435/0,825	1,7394	1,7394/4,0919	0,4251
Σ	1,435		4,0919		1,0000

Podkriterijum “Obrazovna struktura stanovništva”

U okviru ovog podkriterijuma razmatra se procentualno izražena obrazovna struktura stanovništva opštine na kojoj alternativna lokacija teritorijalno pripada. Utvrđene su sledeće činjenice:

- Alternativa prvog prioriteta 1 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 8% od ukupnog broja stanovnika; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 46%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 46% stanovništva;
- Alternativa prvog prioriteta 2 - zastupljenost stanovništva sa završenom visokom i višom školom je 14,5% od ukupnog broja stanovnika; zastupljenost stanovništva sa završenom srednjom školom je 46,5%; sa nepotpunim obrazovanjem i bez obrazovanja je 39% stanovništva.

Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva alternativa prvog prioriteta prikazana je u tabeli 9.64. i odgovara proceduri za prethodne indeksne brojeve.

Tabela 9.64. Normalizacija vrednosti zastupljene obrazovne strukture stanovništva alternativa prvog prioriteta

	Visoka i viša škola (%)	Srednja škola (%)	Nepotpuno obrazovanje i bez obrazovanja (%)	Broj bodova	W
Alt1	8	46	46	162	0,4800
Alt2	14,5	46,5	39	175,5	0,5200
Σ				337,5	1,0000

Podkriterijum “Nezaposleni na 1000 stanovnika”

Tabela 9.65. prikazuje broj nezaposlenih (na 1000 stanovnika) na teritoriji opština kojima svaka od alternativna prvog prioriteta pripada.

Tabela 9.65. Nezaposleni na 1000 stanovnika za alternative prvog prioriteta

	Nezaposleni na 1000 stanovnika	W
Alt1	65	0,3533
Alt2	119	0,6467
	184	1,0000

Podkriterijum “Prostorno uređenje”

Utvrđeno je da su predviđene namene prostora na razmatranim, alternativnim lokacijama kao što sledi:

- Alternativa prvog prioriteta 1 (PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac) predviđena je industrijska zona na udaljenosti 6 km od potencijalne lokacije (prema Planu detaljne regulacije opštine Kostolac);
- Alternativa prvog prioriteta 2 (Tigar Tyres d.o.o. Pirot, Opština Pirot) nalazi se u okviru Slobodne zone Pirot (Strategija održivog razvoja Pirota).

Matrica poređenja alternativa u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje” data je u tabeli 9.66.

Tabela 9.66. Poređenje parova alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijum “Prostorno uređenje”

	Alt1	Alt2	W
Alt1	1	1/2	0,3333
Alt2	2	1	0,6667
CR=0,0000			

9.2.6.1. Sinteza rezultata i izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada

Konačni prioritet alternativa prvog prioriteta u odnosu na ekonomske podkriterijume:

$$[W_{a-sc-ec}][W_{sc-ec}] = \begin{bmatrix} 0,3806 & 0,2500 & 0,5188 \\ 0,6194 & 0,7500 & 0,4814 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,5396 \\ 0,1634 \\ 0,2970 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4002 \\ 0,5998 \end{bmatrix} \quad (9.13)$$

Konačni prioritet alternativa prvog prioriteta u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine:

$$[W_{a-sc-env}][W_{sc-env}] = \begin{bmatrix} 0,6445 & 0,6667 & 0,5749 \\ 0,3555 & 0,3333 & 0,4251 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,4933 \\ 0,3108 \\ 0,1958 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,6378 \\ 0,3622 \end{bmatrix} \quad (9.14)$$

Konačni prioritet alternativa prvog prioriteta u odnosu na društvene podkriterijume:

$$[W_{a-sc-sc}][W_{sc-sc}] = \begin{bmatrix} 0,4800 & 0,3533 & 0,3333 \\ 0,5200 & 0,6467 & 0,6667 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2297 \\ 0,1220 \\ 0,6483 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,3694 \\ 0,6306 \end{bmatrix} \quad (9.15)$$

Konačni prioritet alternativa prvog prioriteta u odnosu na cilj (izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada):

$$[W_{a-sc}][W_c] = \begin{bmatrix} 0,4002 & 0,6378 & 0,3694 \\ 0,5998 & 0,3622 & 0,6306 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0,2561 \\ 0,5926 \\ 0,1512 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,5363 \\ 0,4637 \end{bmatrix} \quad (9.16)$$

Na osnovu rezultata dobijenih primenom AHP metode lokacija novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada za sve tri vrste otpadnih materijala je alternativa prvog prioriteta 1, PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B, Opština Kostolac. Rezultati primene AHP kalkulatora prikazani na slici 9.8.

	A	B	C	D	E
1	Konačni prioritet alternativa u odnosu na ekonomske podkriterijume				
2	0.3806	0.2500	0.5186	0.5396	0.4002
3	0.6194	0.7500	0.4814	0.1634	0.5998
4				0.2970	
5	Konačni prioritet alternativa u odnosu na podkriterijume zaštite životne sredine				
6	0.6445	0.6667	0.5749	0.4933	0.6378
7	0.3555	0.3333	0.4251	0.3108	0.3622
8				0.1958	
9	Konačni prioritet alternativa u odnosu na društvene podkriterijume				
10	0.4800	0.3533	0.3333	0.2297	0.3694
11	0.5200	0.6467	0.6667	0.1220	0.6306
12				0.6483	
13	Konačni prioritet alternativa u odnosu na cilj				
14	0.4002	0.6378	0.3694	0.2561	0.5363
15	0.5998	0.3622	0.6306	0.5926	0.4637
16				0.1512	

Slika 9.8. Rezultati primene AHP kalkulatora za izbor lokacije novog industrijskog pogona / pogona za tretman otpada

9.3. Diskusija rezultata primene modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža

Rezultati validacije modela primene p medijana metode na izabranoj teritorijalnoj oblasti Južna i Istočna Srbija na prvi pogled upućuju na zaključak da optimalnost lokacije u velikoj meri zavisi od količina generisanog otpada na godišnjem nivou, jer su na lokacijama najvećih

generatora identifikovane optimalne lokacije za sve tri razmatrane vrste materijala (Termoelektrana Kostolac B koja generiše 2359,1t gvožđa i 88,8t aluminijuma i Tigar Tyres d.o.o. Pirot sa 1003,4t generisanih otpadnih guma godišnje). Za primarnu validaciju modela upotrebljeni su makrogeneratori iz praktičnih razloga (dostupnost i obilje podataka o subregionima u kojima su locirani). Međutim, sva kompleksnost izloženog reverzno-logističkog problema i sve prednosti primene izloženog modela postaju vidljivije tek kada se on upotrebi za formiranje eko-industrijskih mreža malih i srednjih preduzeća (MSP) sa skromnijim i ujednačenijim proizvodnim kapacitetima, i kada u mreži ne postoji dominantni generator. Sama struktura mreže transportne udaljenosti je podjednako značajna za izbor optimalnih lokacija, što ukazuje na činjenicu da je neophodno pravilno definisanje najkraćih drumskih rastojanja između posmatranih postrojenja. S obzirom na to da su podaci o putnoj mreži podložni promeni neophodna je unifikacija i redovno ažuriranje podataka.

Predloženo softversko rešenje za nalaženje optimalne lokacije se u prvom redu zasniva na korišćenju podataka o upravljanju otpadom Nacionalnog registra izvora zagađivanja, Agencije za zaštitu životne sredine. U tom smislu, tačnost rezultata primene softvera može biti ugrožena eksternim faktorima koji se odnose na netačnost podataka o količinama generisanog otpada i neažurnoj evidenciji pomenutih podataka. Jedan od načina za prevazilaženje pomenutih problema je dosledna primena propisa koji se odnose kako na upravljanje otpadom, tako i na godišnje izveštavanje Agencije za zaštitu životne sredine o generisanim količinama otpada, od strane privrednih subjekata.

Na osnovu analize kriterijuma i njihove kvantifikacije, može se zaključiti da kriterijumska grupa zaštite životne sredine ima veći značaj u odnosu na ostale izabrane kriterijume (ekonomske i društvene). U okviru ekonomskih kriterijuma, podkriterijum "Prosečne zarade" ima najveću težinu; kriterijumska grupa "Zaštita životne sredine" kao podkriterijum sa najvećom težinom ističe "Kvalitet vazduha", dok je u okviru "Društvenih kriterijuma" najveći značaj dat podkriterijumu "Prostorno uređenje". Prilikom određivanja sopstvenih vektora alternativa i normalizacije kvantitativnih vrednosti po podkriterijumu "Zaštićena područja" definisan je način određivanja ponderisanih vrednosti u odnosu na stepen zaštite, dok je za podkriterijum "Kvalitet vazduha" određena ponderisana vrednost na osnovu relevantnih graničnih vrednosti zagađujućih materija. Ovakav pristup omogućava sveobuhvatniju procenu uticaja industrijskih aktivnosti na životnu sredinu.

Izabrane alternative prvog prioriteta primenjene AHP analize za sve tri vrste sekundarnog materijala (Termoelektrana Kostolac B i Tigar Tyres d.o.o. Pirot), po većem broju podkriterijuma imaju najveće težine čime je i određen njihov izbor. U prikazanom primeru za

validaciju modela, koincidencija je da preferentna lokacija za koncentraciju dva od tri potrebna tehnička materijala bude na jednom mestu, što svakako predstavlja specijalan slučaj i, zbog velikih generatora, u značajnoj meri čini ishod sekundarne AHP relativno predvidljivim. Međutim, u slučaju teritorijalno razučene mreže MSP, odnosno mreže relativno uravnoteženih generatora, sekundarna primena AHP može da pokaže svoj puni smisao, posebno kada uključuje i prošireni ili novi set kriterijuma / podkriterijuma.

Predložena hijerarhija za AHP analizu može imati i dublju strukturu u pogledu uključivanja većeg broja kriterijuma i podkriterijuma, što bi zahtevalo obimniju kvantifikaciju podataka i uslovilo eksponencijalno angažovanje donosioca odluka. Povećanje broja kriterijuma i podkriterijuma često predstavlja izuzetan napor za donosioca odluke.

Rezultati verifikacije modela ukazuju na primenljivost modela za donošenje odluka u konkretnim studijama slučaja, čak i onda kada postoji veći broj interesnih strana u reverznom lancu snabdevanja.

10. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Adekvatno upravljanje industrijskim otpadom je od posebnog značaja za preventivnu zaštitu životne sredine, gde formiranje eko-industrijskih mreža omogućava kolaboraciju između predstavnika različitih industrijskih sektora i međusobno korišćenje sekundarnih sirovina. Različiti pristupi industrijske simbioze i ekološke održivosti u lancu snabdevanja imaju za cilj izbegavanje finalnog odlaganja otpadnih materijala na kraju lanca snabdevanja, koji su u saglasnosti sa principima industrijske ekologije gde se materijalna razmena odvija u zatvorenom sistemu kroz saradnju učesnika u lancu snabdevanja.

Količine generisanog industrijskog otpada, uz tendenciju njihovog porasta, predstavljaju jedan od ključnih faktora koji doprinose ubrzanoj degradaciji životne sredine. Postojeće opterećenje životne sredine može se umanjiti implementacijom adekvatnih rešenja, odnosno uspostavljanjem odgovarajućih opcija za tretman otpada, pogotovo ako se uzme u obzir činjenica da se otpadni materijali moraju posmatrati kao resurs.

Analizom aktuelnog stanja u upravljanju industrijskim otpadom u Evropskoj uniji došlo se do zaključka da je u zemljama EU najmanje prihvatljiva opcija upravljanja industrijskim otpadom odlaganje na deponijama, dok je najveća prednost data prevenciji otpada, ponovnoj upotrebi i reciklaži. Uprkos strateškom pristupu Republike Srbije koji se ogleda u implementaciji savremenih evropskih standarda za upravljanje otpadom i koordinaciji zakonodavnih, tehničkih, institucijalnih i administrativnih aktivnosti, izuzetno mala količina generisanog industrijskog otpada je podvrgnuta bilo kakvom tretmanu, a najzastupljenija opcija je deponovanje, kao naizgled jedini ekonomski prihvatljiv način zbrinjavanja otpada. Republika Srbija, kao kandidat za sticanje punopravnog članstva u EU, na putu pridruživanja biće u obavezi da izvrši transpoziciju i sprovođenje evropskih pravnih normi u vezi sa zaštitom životne sredine, uključujući i zakonsku regulativu iz oblasti upravljanja otpadom. Imajući u vidu činjenicu da se odredbe Direktiva EU odnose na dostizanje ciljeva u pogledu prevencije, reciklaže i ponovnog korišćenja otpada, postojala je potreba za istraživanjem koje će doprineti podsticanju ponovnog korišćenja sekundarnih materijala i stvaranju uslova za primenu osnovnog postulata eko-industrijske simbioze – razmenu nusprodukata (eng. *by-product exchange*).

Smanjenje primarnih resursa uslovalo je da optimizacija lanaca snabdevanja i nalaženje načina za što veću eksploataciju sekundarnih materijala, postanu jedni od najvećih izazova. U takvom ambijentu, strateški pristup u optimizaciji lanaca snabdevanja, kako tokova proizvoda, tako i tokova otpadnih materijala koji se mogu koristiti kao sekundarne sirovine, predstavlja

imperativ. Prvi korak u strateškom pristupu optimizacije lanaca snabdevanja predstavlja određivanje optimalne lokacije objekata u lancu. Razvoj modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža sproveden je sa ciljem da se podstakne ponovno korišćenje sekundarnih materijala i reciklaža otpada na ekonomski opravdan način, kao i izdvajanje vrednih sekundarnih sirovina iz glavnih tokova industrijskog otpada.

Integracija povratnih tokova proizvoda u postojeće ili planirane logističke sisteme predstavlja značajno pitanje kako sa teorijskog tako i sa praktičnog aspekta, jer povratni tokovi proizvoda nameću nove zahteve u planiranju i upravljanju logističkim sistemima. S obzirom na činjenicu da povraćaj sekundarnih proizvoda predstavlja jednu od najznačajnijih aktivnosti reverzne logistike, u disertaciji je predstavljen jedan od mogućih pristupa za rešavanje problema sekundarnih materijala.

Od svih rezultata ostvarenih u ovom istraživanju, poseban značaj ima razvoj modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža. Predloženi model realizovan je kroz dve faze modeliranja, gde je osnovni cilj prve faze modeliranja izbor optimalne lokacije novih industrijskih pogona/postrojenja za tretman otpada, dok se drugom fazom modeliranja razmatra određivanje lokacije prvog prioriteta uključivanjem multikriterijumskog pristupa.

Prva faza modeliranja odnosi se na razvoj softverskog alata za optimizaciju lokacije prethodno definisane (po kapacitetima i zastupljenim materijalima) industrijske proizvodnje, gde se kao osnovni kriterijum optimizacije posmatraju ukupni transportni troškovi i količine sekundarnih materijala (otpada) u lancu snabdevanja. Za rešavanje lokacijskog problema korišćen je pristup modela *p medijana* i heurističke metode optimizacije. Modelom *p medijana* posmatrao se izbor lokacije sa aspekta minimizacije transportnih troškova, koji imaju najveći uticaj na logističke troškove i ukupne troškove tretmana sekundarnih sirovina. Razvijena metodologija u okviru prve faze istraživanja omogućava sistematizovanje i korišćenje podataka o vrstama i količinama generisanog otpada preduzeća iz baze podataka Nacionalnog registra izvora zagađivanja za primenu razvijenog softverskog alata. Definisanjem lokacija industrija ili preduzeća koja generišu predmetni otpad i količina generisanog otpada u zavisnosti od ukupne godišnje potrebe novog postrojenja za sekundarnim materijalima, omogućava se identifikacija regiona u kome postoji najveća gustina generatora (preduzeća koja generišu predmetni otpad). Razvijenim softverskim alatom moguće je odrediti p optimalnih lokacija, za svaki od m izabranih klastera koji formiraju generatori n vrsta otpada, odnosno moguća je njegova primena za razvoj makrolokacija industrijskih oblasti.

Za potrebe verifikacije modela *p medijana* analizirana je teritorijalna oblast zahvata koja obuhvata generatore otpada na području regiona Južne i Istočne Srbije, gde su definisana tri klastera za tri vrste otpadnih materijala (gvožđe i čelik, aluminijum i otpadne gume). Na osnovu ulaznih parametara određeno je tri optimalnih lokacija, za svaku vrstu otpadnih materijala i data je alokacija generatora otpada optimalnim lokacijama za izabrane indeksne brojeve otpada. Matematički model, realizovan u ovom istraživanju, pruža mogućnost određivanja potrebnog broja optimalnih lokacija, kao i alokaciju raspoloživih resursa (sekundarnih sirovina) lociranim postrojenjima. Primena modela ukazuje na činjenicu da je potvrđena osnovna hipoteza istraživanja zasnovana na predmetu, ciljevima i metodologiji istraživanja, odnosno da je moguće kreirati primenljive modele lociranja za optimizaciju transportnih troškova pri agregaciji neophodnih količina sekundarnih materijala za podmirenje kapaciteta prerađivača primenom matematičkih modela koji podržavaju proces donošenja odluka o makrolokacijama i kapacitetima u okviru zadate eko-industrijske mreže. U saglasnosti sa napred navedenim ostvaren je osnovni cilj istraživanja koji predstavlja kreiranje modela za rešavanje lokacijskog problema objekta za tretman otpada (sekundarnih sirovina).

Pristup održive regionalne logistike sagledava tri dimenzije koje se međusobno preklapaju: integrisanu viziju održivosti, teoriju ekonomskog sistema sa aspekta dostupnosti resursa i principe strategijskog menadžmenta. U cilju postizanja održivosti industrijskih oblasti i u saglasnosti sa konceptom održive logistike, druga faza istraživanja sagledava integraciju ekonomskih, ekoloških i društvenih faktora, odnosno inkorporaciju novih faktora u lokacijski model primenjen za razvoj mikrolokacija industrijskih oblasti. U drugoj fazi modeliranja razmatrano je određivanje alternative prvog prioriteta dobijenih lokacija modelom *p medijana*, uključivanjem i drugih kriterijuma. Analiza pogodnosti različitih oblasti koje su prepoznate kao potencijalne lokacije za nove industrijske pogone zahteva multikriterijumski pristup i prethodno definisanje relevantnog spektra kriterijuma. S tim u vezi, za cilj druge faze istraživanja postavljeno je definisanje lokacijskog modela održivih industrijskih pogona, dok je AHP metod upotrebljen kao alat za višekriterijumsku analizu. U procesu izbora alternative prvog prioriteta, identifikovani su kriterijumi koji imaju značajnu ulogu u procesu izbora lokacija industrijskih postrojenja, a na osnovu relevantne nacionalne zakonske regulative, direktiva EU, kao i literature iz oblasti istraživanja.

Metodološki pristup u drugoj fazi istraživanja zasnovan je na analizi kriterijuma i podkriterijuma kojima se opisuje stanje industrijskih oblasti uključivanjem ekonomskih kriterijuma, kriterijuma zaštite životne sredine i društvenih kriterijuma. Ekonomskim

kriterijuma sagledavana je ekonomska održivost posmatrane oblasti, a kao podkriterijumi razmatrane su prosečne zarade u regionima potencijalnih lokacija za tretman sekundarnih materijala, saobraćajna povezanost mikrolokacija i njihova infrastrukturna opremljenost.

Kriterijumima zaštite životne sredine je vršena procena kvaliteta i sagledavana potencijalna ugroženost činilaca životne sredine na alternativnim lokacijama ili u njihovoj neposrednoj blizini. Posebno su razmatrani kvalitet vazduha i površinskih voda, jer je njihovo stanje jedan od najreprezentativnijih indikatora uticaja na životnu sredinu. Uz pomoć indikatora kojima se vrši procena stanja kvaliteta vazduha i kvaliteta površinskih voda definisanih Pravilnikom o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine (*“Sl. glasnik RS”, br. 37/2011*), analiziran je kapacitet za apsorbovanje potencijalnih uticaja na životnu sredinu koji mogu biti prouzrokovani novim industrijskim aktivnostima. Kao treći podkriterijum u okviru kriterijumske grupe zaštita životne sredine razmatrana je blizina zaštićenih prirodnih dobara.

Društvenim kriterijuma sagledavan je obrazovni nivo i kvalifikaciona struktura stanovništva sa aspekta dostupnosti kvalifikovane radne snage i stručnih kadrova na izabranim lokacijama, relativna nezaposlenost koja ukazuje na potrebu za pokretanjem privrednih aktivnosti u posmatranom regionu i postojanje planskih dokumenata za razvoj industrijskih oblasti.

Na osnovu rezultata primene AHP metoda i analize kriterijuma i njihove kvantifikacije može se zaključiti da je kriterijumska grupa zaštite životne sredine dobila veći značaj u odnosu na ostale izabrane kriterijume. Ovakvim pristupom se omogućava sagledavanje stanja činilaca životne sredine i vršenje preliminarne procene uticaja na životnu sredinu, što je između ostalog u saglasnosti sa Zakonom o zaštiti životne sredine i Zakonom o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu. Procena uticaja određenih planova i projekata na životnu sredinu je neophodna radi obezbeđivanja zaštite životne sredine i unapređivanja održivog razvoja. Navedenim pristupom se razvija potencijal za podizanje nivoa kvaliteta strateškog planiranja i upravljanja logističkim aktivnostima u cilju obezbeđivanja implementacije održivog razvoja kroz bolje teritorijalno upravljanje, što predstavlja važnu komponentu regionalnog logističkog sistema.

Predloženi metodološki okvir druge faze istraživanja može predstavljati početak šireg istraživanja u oblasti razvoja mikrolokacija industrijskih oblasti, a jedan od pravaca budućeg istraživanja bi se odnosio na dalju analizu i unapređenje predložene metodologije, kroz sagledavanje i analiziranje većeg broja pokazatelja (kriterijuma i podkriterijuma) koji mogu doprineti sveobuhvatnijem razvoju industrijskih oblasti. U završnim koracima, moguće je primeniti i druge metode za lociranje prvog prioriteta. Moguće je, na primer, najpre utvrditi novu konačnu lokaciju u odnosu na prethodno utvrđene lokacije prvog prioriteta (npr. metodom težišta), čime bi se dobila N+1 lokacija za upoređivanje sekundarnom primenom AHP. Takođe

je moguće u završnom koraku primeniti (i) druge kriterijume optimizacije (npr. tehnološki, investicioni, itd.) čime bi se sagledali i parametri koji izlaze iz užeg područja održivosti. Model i metodološki okvir poseduju, dakle, dovoljno fleksibilnosti da se mogu prilagoditi različitim potrebama.

Razvijeni model za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovan na formiranju eko-industrijskih mreža ima svojih prednosti jer:

- Predstavljeni softverski alat može biti od koristi za razvoj ekološki održivih lanaca snabdevanja u različitim industrijskim sektorima, kao i za unapređenje politike upravljanja industrijskim otpadom;
- Promoviše holistički koncept integralnog upravljanja resursima životne sredine i unapređenje održivosti ključnih performansi lanca snabdevanja;
- Razvijeni metodološki okvir može naći svoju primenu u kompanijama koje implementiraju principe industrijske simbioze u razvoj ekološki održivih lanaca snabdevanja, a naročito u malim i srednjim preduzećima;
- Istraživački okvir predstavljen u disertaciji može poslužiti kao polazna osnova za dalja istraživanja mogućnosti za ekološko zbrinjavanje otpada od strane učesnika u sistemu upravljanja otpadom.

Dalji razvoj metoda i modela može se usmeriti i ka razmatranju primene analitičkog mrežnog procesa (ANP) u slučajevima kada se radi o dinamičkim promenama u strukturi, međusobnom odnosu i rasporedu generatora (što bi uslovalo manje izraženu hijerarhijsku strukturu), ka definisanju šireg, standardnog seta indikatora i podkriterijuma, kao i ka razvoju intuitivnog grafičkog korisničkog interfejsa koji bi objedinio elemente i module od kojih se model sastoji.

LITERATURA

- Agarski, B 2014, “Razvoj sistema za inteligentnu višekriterijumsku procenu opterećenja životne sredine kod ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa”, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- Agencija za zaštitu životne sredine, Zakonska regulativa, Obrasci, Dostupno na: <http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=20168&id=18&akcija=showXlinked>, [14. 04. 2016]
- Agrawal, S, Singh, RK & Murtaza Q 2015, “A literature review and perspectives in reverse logistics”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 97, pp. 76–92.
- Alp, O, Erkut, E, & Drezner, D 2003, “An efficient genetic algorithm for the p-median problem, *Annals of Operations Research*, vol. 122, pp. 21–42.
- Amiti M & Pissarides CA 2005, “Trade and industrial location with heterogeneous labour”, *Journal of International Economics*, vol. 67, pp. 392–412.
- Andic, E, Yurt, O & Baltacioglu, T 2012, “Green supply chains: efforts and potential applications for the Turkish market”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 58, pp. 50-68.
- Aquino, MB, Balieiro, TJ, Gomes, AA & Faria, MA 2013, “The reverse logistics as an environmental tool integrated to environmental management system for an effective management of solid industrial waste”, *Progress in Industrial Ecology – An International Journal*, vol. 8, no. 3, pp. 205-220.
- Aruldoss, M, Lakshmi, MT & Venkatesan, PV 2013, “A Survey on Multi Criteria Decision Making Methods and Its Applications”, *American Journal of Information Systems*, vol. 1, no. 1.
- Ashby, A, Leat, M & Hudson-Smith, M 2012, “Making connections: a review of supply chain management and sustainability literature”, *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 17, pp. 497-516.
- Atasu, A, Toktay, LB & van Wassenhove, LN 2013, “How collection cost structure drives amanufacturer’s reverse channel choice”, *Production and Operations Management*, vol. 22, no. 5, pp. 1089–1102.
- Ayres, RU 2002, “On industrial ecosystems”, In: Ayres, RU, Ayres, LW (Eds.), *A Handbook of Industrial Ecology*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, pp. 44–59.

- Baker, D, Bridges, D, Hunter, R, Johnson, G, Krupa, J, Murphy, J & Sorenson, K 2002, *Guidebook to Decision Making Methods*, Department of Energy, USA.
- Balinski ML 1965 “Integer programming: Methods, uses, computation”, *Management Science*, vol. 12, pp. 253- 313.
- Bana e Costa, CA & Vansnick, JC 1999, “The MACBETH approach: basic ideas, software, and an application”, In: Meskens, N & Roubens, MR (Eds.), *Advances in decision analysis, Mathematical modelling: theory and applications*, vol.4, pp. 131-157, Springer Netherlands.
- Bansal, P & McKnight, B 2009, “Looking forward, pushing back and peering sideways: analyzing the sustainability of industrial symbiosis”, *Journal of Supply Chain Management*, vol. 45, pp. 26-37.
- Belton, V & Gear, T 1983, “On a shortcoming of Saaty’s method of analytic hierarchies”, *Omega*, vol. 11, pp. 228–230.
- Benoit, V & Rousseaux, P 2003, “Aid for Aggregating the Impacts in Life Cycle Assessment”, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, vol. 8 (2), pp. 74-82.
- Berman, O, Drezner, Z & Krass, D 2013, “Continuons covering and cooperative covering problems with a general decay function on networks, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 64, pp. 1644-1653.
- Bernon, M & Cullen, J 2007, „An integrated approach to managing reverse logistics“, *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 10, no. 1, pp. 41-56.
- Bevilacqua, M, Ciarapica, FE & Giacchetta, G 2012, *Design for Environment as a Tool for the Development of a Sustainable Supply Chain*, Springer, London.
- Bing, X 2014, “Sustainable Reverse Logistics for Household Plastic Waste”, PhD dissertation, Wageningen University, Wageningen, NL.
- Blumberg, DF 2005, *Introduction to Management of Reverse Logistics and Closed Loop Supply Chain Processes*, CRC Press, London.
- Bojić, S 2013, “Lokacijski problem u lancima snabdevanja i njihov uticaj na logističke troškove“, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- Bostel, L, Dejax, P & Lu, Z 2005, “The Design, Planning and Optimization of Reverse Logistics Networks“, in Langevin, A & Riopel, D (eds.), *Logistics Systems: Design and Optimization*, Springer Science + Business Media, Inc, New York, USA.

- Carter, CR & Rogers, DS 2008, "A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 38, pp. 360-387.
- Cavinato, JL (ed.) 1982, *The Traffic Service Corporation*, Washington DC, USA.
- Chaabane, A, Ramudhin, A & Paquet, M 2012, "Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme", *International Journal of Production Economics*, vol. 135, pp. 37-49.
- Chai, J, Liu, J & Ngai, E 2013, "Application of decision making techniques in supplier selection: A systematic review of literature", *Expert Systems with Applications*, vol. 40(10), pp. 3872–3885.
- Chai, J, Liu, J, Ngai, E 2013, "Application of decision making techniques in supplier selection: A systematic review of literature", *Expert Systems with Applications*, vol. 40(10), pp. 3872–3885.
- Chertow, M & Ehrenfeld, J 2012, "Organizing self-organizing systems", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, pp. 13-27.
- Chertow, M 2000, "Industrial symbiosis: literature and taxonomy," *Annual Review of Energy and Environment*, Vol. 25, pp. 313-337.
- Chertow, MR 2007. "'Uncovering" industrial symbiosis", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, pp. 11-30.
- Christopher, M (ed) 1998, *Logistics and Supply Chain Management (2nd ed)*, Financial Times Prentice Hall, Harlow.
- Church, RL & ReVelle, CS 1974, "The maximal covering location problem," *Papers of the Regional Science Association*, vol. 32, pp. 101-118.
- Costa, I & Ferrao, P 2010, "A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach", *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, pp. 984-992.
- Costa, I & Ferrao, P 2010, "A case study of industrial symbiosis development using a middle-out approach", *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, pp. 984-992.
- Costa, I, Massard G & Agarwal A 2010, "Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries", *Journal of Cleaner Production*, vol. 18, pp. 815–822.
- Côté RP & Hall J 1995, "Industrial parks as ecosystems", *Journal of Cleaner Production*, vol. 3(1,2), pp. 41–46.

- Crozet M, Mayer T, Mucchielli JL 2004, “How do firms agglomerate? A study of FDI in France”, *Regional Science and Urban Economics*, vol. 34, pp. 27–54.
- Čupić, M, Suknović, M, Radojević, G, i Jovanović, V 2004, *Specijalna poglavlja iz teorije odlučivanja: kvantitativna analiza*, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu.
- Current J, Daskin M, Schilling D 2001, Discrete network location problem, in: Drezner Z, Hamacher HW (eds.), *Facility Location: Application and Theory*, Springer-Verlag, pp. 84 – 120.
- Daly, HE & Cobb, J 1994, *For the Common Good*, Beacon Press, Boston.
- Dantzig, GB & Thapa, MN 1997, *Linear programming 1: Introduction*, SpringerVerlag.
- Darnall, N, Jolley, G & Handfield, R 2008. “Environmental management systems and green supply chain management: complements for sustainability?”, *Business Strategy and the Environment*, vol. 18, pp. 30-45.
- Daskin MS 2008, “What You Should Know About Location Modeling”, *Naval Research Logistics*, vol. 55, pp. 283-294.
- Daskin, MS & Maass KL 2015, “The p -Median Problem”, in: Laporte, G, Stefan N, da Gama, FS (eds.), *Location Science*, pp. 21-45, Springer International Publishing.
- Daskin, MS & Owen, SH 1998, “Two new location covering problems: The partial covering p -center problem and the partial set covering problem”, *Geographical Analysis*, vol. 31, pp. 217-235.
- Daskin, MS & Owen, SH 2003, “Location models in transportation”, in: Hall, R (ed.), *Handbook of Transportation Science*, 2nd edition, pp. 321-372, Kluwer Academic Publishers, Boston, Massachusetts.
- Daskin, MS 1995, *Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications*, JohnWiley, New York.
- De Brito, MP & Dekker, R 2002, *Reverse logistics – A framework*, Econometric institute report, Erasmus University Rotterdam, Netherlands, EI 2002-38, pp. 1–19.
- Degener, P, Gosling, H & Geldermann, J 2013, “Decision support for the location planning in disaster areas using multi-criteria methods”, In: *Proceedings of the 10th International ISCRAM Conference, Baden, Germany* pp. 278-283.
- Dekker, R, Fleischmann, M, Inderfurth, K & Van Wassenhove, LN (eds.) 2004, *Reverse logistics: quantitative models for closed-loop supply chains*, Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg.

- Demirel, T, Demirel, NC & Kahraman, C 2010, “Multi-criteria warehouse location selection using Choquet integral”, *Expert Systems with Applications: An International Journal*, vol. 37, pp. 3943-3952.
- Despeisse, M, Ball, PD, Evans, S & Levers, A 2012, “Industrial ecology at factory level -a conceptual model”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 31, pp. 30 - 39.
- Dey, PK 2002, “Benchmarking project management practices of Caribbean organizations using analytic hierarchy process”, *Benchmarking: an International Journal*, vol. 9(3), pp. 326–356.
- Drezner, Z & Hamacher, H (eds.) 2004, *Facility Location: Application and Theory*, Springer-Verlog Berlin Heidelberg, New York.
- Dyer, JS 1990a, “Remarks on the analytic hierarchy process” *Management Science*, vol. 36, pp. 249–258.
- Edwards, W & Barron, FH 1994, “SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement”, *Organizational behavior and human decision processes*, vol. 60, pp. 306–325.
- EEA-European Environment Agency Report 2015, *Circular economy in Europe Developing the knowledge base*, no.2.
- Ehrenfeld, JR 2000, “Industrial ecology: paradigm shift or normal science?”, *American Behavioral Scientist*, vol. 44, pp. 229-244.
- Eiselt, HA & Marianov, V (eds.) 2015, *Applications of Location Analysis*, International Series in Operations Research & Management Science 232, Springer International Publishing Switzerland.
- Elkarni, F & Mustafa, I 1993, “Increasing the utilization of solar energy technologies (SET) in Jordan: Analytic Hierarchy Process”, *Energy Policy*, vol. 21, pp. 978–984.
- Europe INNOVA, 2012 „Guide to resource efficiency in manufacturing: Experiences from improving resource efficiency in manufacturing companies”.
- European Environment Agency, EEA Report, no.6/2014, “Waste Prevention in Europe - the status in 2014”.
- Eurostat 2015, Statistical database: Waste generation and treatment, Available from: <http://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/waste/database>, [14. 02. 2016].
- Evropski pokret Srbija 2010, *Vodiči kroz EU politike – Životna sredina*.
- Farahani, RZ, SteadieSeifi, M, & Asgari, N 2010, “Multiple criteria facility location problems: A survey”, *Applied Mathematical Modelling*, vol. 34, pp. 1689–1709.

- Fernandez, I & Ruiz, MC 2009, “Descriptive model and evaluation system to locate sustainable industrial areas”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, pp. 87–100.
- Ferrarini A, Bodini A & Becchi M 2001, “Environmental quality and sustainability in the province of Reggio Emilia (Italy): using multi-criteria analysis to assess and compare municipal performance”, *Journal of Environmental Management*, vol. 63, pp. 117–131.
- Figueira, J, Greco, S, Ehrgott, M (eds) 2005, *Multycriteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, Springer Science + Business Media, Inc., Boston.
- Fleischmann, M 2001, “Reverse logistics network structures and design. In: Guide VDRJr, Van Wassenhove LN, editors. Business aspects of closed-loop supply chains. Pittsburgh, PA: Carnegie Bosch Institute, pp. 117–148.
- Fleischmann, M, Beullens, P, Bloemhof-Ruwaard, JM, & van Wassenhove, LN 2001, “The impact of product recovery on logistics network design”, *Production and Operations Management*, vol. 10, no. 2, pp. 156–173.
- Fleischmann, M, van Nunen, JAEE & Grave, B 2003, “Integrating closed-loop supply chains and spare parts management at IBM”, *Interfaces*, vol. 33, no. 6, pp. 44–56.
- Forslid R, Haaland JI & Midelfart KH 2002, “A U-shaped Europe? A simulation study of industrial location”, *Journal of International Economics*, vol. 57, pp. 273–97.
- Frankel, R, Bolumole, YA, Eltantawy, RA, Paulraj, A & Gundlach, GT 2008, “The domain and scope of SCM's foundational disciplines, insights and issues to advance research”, *Journal of Business Logistics*, vol. 29, pp. 1-30.
- Frosch, RA & Gallopoulos, NE 1998, “Strategies for Manufacturing”, *Scientific American*, vol. 261(3), pp.144-152.
- Giuntini, R & Andel, T 1995b, “Master the six R's of reverse logistics,” *Transportation and Distribution*, vol. 36, no. 3, pp. 93–98.
- Glišović, S 2012, “Environmental Networking of SMEs Into Ecoindustrial Clusters”, *Journal of the Institute of Civil Engineering and Architecture “NAUKA + PRAKSA”*, Vol. 15, pp. 13-19.
- Glišović, S, Janković Ž, Stojiljković, E 2014, “Networking SMEs for the Environment – the Role and Significance of Sustainable District Logistics Approach”, In: Proceedings of the EMFM2014: The 4th International Symposium on Environmental Management and Material Flow Management, 31st October – 02nd November, University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Bor, Serbia, pp.108-118.

- Glišović, S, Luković, A & Petričević, M 2011, “Benefits, Risk and Challenges of Eco-Industrial Park Development in South East Europe”, Invited plenary paper in: Proceedings of International Conference on Safety of Technical Systems in Living and Working Environment - STS 2011, October 27-28, 2011, University of Niš, Faculty of Occupational Safety in Niš, Niš, Serbia, pp. 423-427.
- Glišović, S, Stojiljković, E & Stojiljković, P 2015, „The state of play in disseminating LCM practices in the Western Balkan region: the attitude of Serbian SMEs“, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Springer Verlag, ISSN: 0948-3349; 1614-7502, DOI: 10.1007/s11367-015-0894-7, pp. 1-14.
- Glossary of Inventory and Materials Management Definitions, London – definicija logistike *The Chartered Institute of Logistics and Transport*, 1998.
- Glover, F & Kochenberger, GA 2003, *Handbook of Metaheuristics*, Kluwer Academic Publishers, Boston-Dordrecht-London.
- Goodland, R 1995, “The concept of environmental sustainability”, *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, vol. 26, pp. 1-24.
- Green, KWJ, Zelbst, PJ, Meacham, J & Bhaduria, VS 2012, “Green supply chain management practices: impact on performance”, *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 17, pp. 290-305.
- Grekova, K, Bremmers, HJ, Trienekens, JH, Kemp, RGM & Omta, SWF 2014, “Extending environmental management beyond the firm boundaries: an empirical study of Dutch food and beverage firms”, *International Journal of Production Economics*, vol. 152, pp. 174-187.
- Guide, VDR & Wassenhove, LN 2003, *Full cycle supply chains*, Pittsburgh, PA: Carnegie Mel-lon Press.
- Hakimi, SL 1964, “Optimal Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph”, *Operations Research*, vol. 12, pp. 450-459.
- Hakimi, SL 1965, “Optimal Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Theoretic Graph Theoretic Problems”, *Operations Research*, vol. 13, pp. 462-475.
- Harker, PT & Vargas, LG 1987, “The theory of ratio scale estimation: Saaty’s Analytic Hierarchy Process”, *Management Science*, vol. 33, pp. 1383–1403.
- Harker, PT & Vargas, LG 1990, “Reply to “Remarks on the Analytic Hierarchy Process” by J. S. Dyer”, *Management Science*, vol. 36, pp. 269–273.

- Hu, TL, Sheu, JB & Huang, KH 2002, “A reverse logistics cost minimization model for the treatment of hazardous wastes”, *Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review*, vol. 38, pp. 457-473.
- Huscroft, J, Hazen, B, Hall, D, Skipper, J & Hanna, J 2013, “Reverse logistics: past research, current management issues, and future directions”, *The International Journal of Logistics Management*, vol. 24, pp. 304-327.
- Hwang, CL & Yoon, K (eds) 1981, *Multiple attribute decision making: Methods and Applications – A State of the Art Survey*, SpringerVerlag, New York.
- INNESTO Project - Sustainable District Logistics - Discussion Paper – June 2004.
- ISŽSRS, 2014 - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine 2015, Izveštaj o stanju životne sredine Republike Srbije za 2014. godinu.
- ISŽSRS, 2015 - Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine 2015, *Izveštaj o stanju životne sredine Republike Srbije za 2014. godinu*.
- Janačković, G 2015, “Modeli upravljanja integrisanim sistemom zaštite zasnovani na interaktivnom timskom radu”, Doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Niš.
- Jayant, A, Gupta, P & Garg, SK 2012, “Reverse logistics: perspectives, empirical studies and research directions”, *Journal of Industrial Engineering International*, vol. 19, pp. 369-388.
- Jayaraman, V & Luo, Y 2007, “Creating competitive advantages through new value creation: a reverse logistics perspective”, *Academy of Management Perspectives*, vol. 21, no. 2, pp. 56–73.
- Kannan, G, Palaniappan, M, Zhu, Q, Kannan, D 2012a, “Analysis of third party reverse logistics provider using interpretive structural modeling”, *International Journal of Production Research*, vol. 140, no.1, pp. 204–211.
- Kaplan, P.O. 2006, “A New Multiple Criteria Decision Making Methodology for Environmental Decision Support”, PhD dissertation, Faculty of North Carolina State University, USA.
- Keeney, RL & Raiffa, H 1993, *Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs*, Cambridge: Cambridge University Press.

- Kleindorfer, P, Singhal, K, & van Wassenhove, L 2005. "Sustainable operations management", *Production and Operations Management*, vol. 14, pp. 482-492.
- Klincewicz, JG 1991, "Heuristics for the p-Hub Location Problem", *European Journal of Operational Research*, vol. 53(1), pp. 25-37.
- Kratica, J 2000, "Paralelizacija genetskih algoritama za rešavanje nekih NP - kompletnih problema", Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet, Beograd.
- Kumar, S (ed.), *Waste management – Volume I*, InTech, Rijeka, Croatia.
- Kurk, F & Eagan, P 2008, "The value of adding design-for-the-environment to pollution prevention assistance options", *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, pp. 722-726.
- Lambert, S, Riopel, D & Kader, WA 2011, "A reverse logistics decisions conceptual framework", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 61, pp.561–581.
- Lee, SY & Rhee, SK 2005, "From end-of-pipe technology towards pollution preventive approach: the evolution of corporate environmentalism in Korea", *Journal of Cleaner Production*, vol. 13, pp. 387-395.
- Leigh, M & Li, X 2015, "Industrial ecology, industrial symbiosis and supply chain environmental sustainability: a case study of a large UK distributor", *Journal of Cleaner Production*, vol. 106, pp. 632-643.
- Lewis, H 2005, "Defining product stewardship and sustainability in the Australian packaging industry", *Environmental Science & Policy*, vol. 8, pp. 45-55.
- Li, X & Leigh, S 2010, "Integrating environmental management system with environmental performance evaluation across the supply chain: a systematic and balanced scorecard approach", In: *Proceedings of the conference Knowledge collaboration & Learning for sustainable innovation, ERSCP-EMSU*, Delft, Netherlands, pp. 1-28.
- Lombardi, DR & Laybourn, P 2012, "Redefining industrial symbiosis", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 16, pp. 28-37.
- Lootsma, FA 1999, *Multi-criteria Decision Analysis via Ratio and Difference Judgement*, Dordrecht: Kluwer.
- Louwers, D, Kip, BJ, Peters, E, Souren, F & Flapper, SDP 1999, "A facility location allocation model for reusing carpet materials", *Computers & Industrial Engineering*, vol. 36, pp. 855-869.

- Love, R, Morris, J & Wesolowsky, G 1989, *Facility location - models and methods*, NorthHolland, New York.
- Lowe E, Moran S, Holmes D 1995, “A fieldbook for the development of eco-industrial parks”, Report for the U.S. Environmental Protection Agency, Oakland (CA): Indigo Development International.
- Lowe, E & Warren J 1996, “The source of value: an executive briefing and sourcebook on industrial ecology”, PNNL-10943, Richland (Washington): Pacific Northwest National Laboratory.
- Luković, A & Glišović, S 2016, „Development of the reverse logistics model for managing industrial waste flow”, In: Book of Abstracts of the International Conference GREDIT 2016 - Green development, infrastructure, technology, 31 March – 02 April 2016, University of St. Cyril and Methodius in Skopje, Technical campus Skopje, Skopje, Republic of Macedonia, pp. 273 – 274.
- Luković, A 2015, “Evropske norme i nacionalno zakonodavstvo priprojektovanju i izgradnji objekata za odlaganje industrijskog otpada, Zbornik radova Trinaeste međunarodne naučne konferencije iNDiS 2015, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za građevinarstvo i geodeziju, 25 – 27. 11. 2015, Novi Sad, Srbija, str. 415-422.
- Luković, A, Glišović, S & Nikolić, V 2014, “Structure and Function of Industrial Symbiosis Networks as Complex Networks”, Book of abstracts of The Second National Conference on Information Theory and Complex Systems, Mathematical Institute of the Serbian Academy of Sciences and Arts, 16-17 June 2014, Niš, Serbia, pp 45-47.
- Marić, M 2008, “Rešavanje nekih NP – teških hijerarhijsko-lokacijskih problema primenom genetskih algoritama”, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet, Beograd.
- Maslarić, M 2014, Razvoj modela upravljanja logističkim rizicima u lancima snabdevanja (Doktorska disertacija), Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu.
- Mathworks 2016, <http://www.mathworks.com/help/index.html>, [12. 04. 2016].
- Mattila, TJ, Pakarinen, S & Sokka, L 2010, “Quantifying the total environmental impacts of an industrial symbiosis - a comparison of process-, hybrid and input-output life cycle assessment”, *Environmental Science and Technology*, vol. 44, pp. 4309-4314.

- Milutinović, S 2004, *Urbanizacija i održivi razvoj*, Fakultet zaštite na radu u Nišu, Univerzitet u Nišu.
- Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, 2015, Post skringing dokument: Životna sredina i klimatske promene, Radna verzija – 2015.
- Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine, Agencija za zaštitu životne sredine 2015, *Kvaliteta vazduha u Republici Srbiji 2014. godine*, Beograd.
- Mladenović, N 2004, *Kontinualni lokacijski problemi*, Matematički institut SANU Beograd.
- Mladenovic, N, Brimberg, J, Hasen, P & Moreno-Perez, JA 2007, “The p-median problem: A survey of metaheuristics approach”, *European Journal of Operational Research*, vol. 179, pp. 927-937.
- MSCPR - European Union, 2010, *Making sustainable consumption and production a reality: A guide for business and policy makers to Life Cycle Thinking and Assessment*, Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Mutha, A & Pokharel, S 2009, “Strategic network design for reverse logistics and remanufacturing using new and old product modules”, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 56, no.1, pp. 334–346.
- Nawrocka, D, Brorson, T & Lindhqvist, T 2009, “ISO 14001 in environmental supply chain practices”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 17, pp. 1435-1443.
- Opricović, S & Tzeng, GH 2004, “Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS”, *European Jouranal of Operational Research*, vol. 156(2), pp. 445-455.
- Opricović, S 1998, *Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu*, Građevinski fakultet, Beograd.
- Opština Pirot 2014, Strategija održivog razvoja opštine Pirot 2015-2020 – Nacrt.
- Partovi, FY, Burton, J & Banerjee A 1990, “Application analytic hierarchy process in operations management”, *International Journal of Operations and Production Management*, vol. 10(3), pp. 5–19.
- Pati RK, Vrat P & Kumar P 2008, “A goal programming model for paper recycling system”, *Omega*, vol. 36, no. 3, pp. 405–417.
- Peniwati, K 1996, “The Analytic Hierarchy Process: The possibility theorem for group decision making”, In: *Proceedings of the Fourth International Symposium on the*

Analytic Hierarchy Process, Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada, pp. 202–214.

- Petrović, G. 2013, “Višekriterijumska optimizacija procesa održavanja tehničkih sistema primenom verovatnosnih metoda i veštačke inteligencije”, Doktorska disertacija, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet u Nišu.
- Quariguasi Frota Neto, J, Bloemhof-Ruwaard JM, van Nunen JAEE & van Heck, E 2008, “Designing and evaluating sustainable logistics networks”, *International Journal of Production Economics*, vol. 111, no. 2, pp. 195-208.
- Quayle, MR & Jones, B 2002, *Logistics: An Integrated Approach*, Business & Economics, Liverpool Business Pub.
- Ramanathan, R 2001, “A note on the use of the analytic hierarchy process for environmental impact assessment”, *Journal of Environmental Management*, vol. 63, pp. 27–35.
- Ramos, TRP, Gomes, MI & Barbosa-Póvoa, AP 2013, “Planning waste cooking oil collection systems”, *Waste Management*, vol. 33, pp. 1691 -1703.
- Redžić, N 2012, “Izveštavanje o stanju životne sredine ne treba posmatrati kao trošak već kao investiciju”, Enviromental Management Center Serbia, Bilten, br.7, str. 2-6.
- Republički zavod za statistiku 2011, “Popis stanovništva, domaćinstava i stanova u Republici Srbiji”, Beograd.
- Republički zavod za statistiku 2014, „Istraživanje o zaposlenima i zaradama zaposlenih”, Beograd.
- Republički zavod za statistiku, DevInfo baze podataka, Profili opština, dostupno na: <http://devinfo.stat.gov.rs/SerbiaProfileLauncher/?lang=sr>, [04. 12. 2015].
- Rogers, DS & Tibben-Lembke, R 1998, “Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices”, Reno, NV: Reverse Logistics Executive Council.
- Rogers, DS & Tibben-Lembke, R 2001, “An examination of reverse logistics practices”, *Journal of Business Logistics*, vol. 22, no. 2, pp. 129-148.
- Roy, B & Bertier, P 1971, “La méthode ELECTRE II”, Note de travail 142, SEMA-METRA, Metra International, Paris, France.
- Rusinko, C 2007, “Green manufacturing: an evaluation of environmentally sustainable manufacturing practices and their impact on competitive outcomes” *IEEE Transactions on Engineering Management*, vol. 54, pp. 445-454.
- Saaty, TL 1980, *The Analytic Hierarchy Process*, McGrawHill, New York.

- Saaty, TL 1983, "Why the Magic Number Seven Plus or Minus Two", *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 38, no. 233-244.
- Saaty, TL 1990, "How to make a decision: The analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, vol. 48, pp. 9-26.
- Saaty, TL 1996, *Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process*, Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications.
- Saaty, TL 2008, "Decision making with the analytic hierarchy process", *International Journal of Services Sciences*, vol. 1, no. 1.
- Sarkis, J, Zhu, Q & Lai, K 2011, "An organizational theoretic review of green supply chain management literature", *International Journal of Production Economics*, vol. 130, pp. 1-15.
- Seiford, LM & Thrall, RM 1990, "Recent Developments in DEA: The Mathematical Programming Approach to Frontier Analysis", *Journal of Econometrics*, vol. 46(12), pp. 7-38.
- Seuring, S & Müller, M 2008, "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management", *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, pp. 1699-1710.
- Simpson, DF & Power, DJ 2005, "Use the supply relationship to develop lean and green suppliers", *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 10, pp. 60-68.
- Službeni glasnik grada Požarevca, broj 6/2015, Plan generalne regulacije Kostolca.
- Službeni list grada Niša, broj 43/2011, Generalni urbanistički plan Niša 2010-2025.
- Službeni list grada Smedereva, broj. 6/2005 i 3/2011, Prostorni plan grada Smedereva 2010 - 2015 – 2020.
- Službeni list grada Zaječara, broj 15/2012, Generalni urbanistički plan grada Zaječara.
- Službeni list opštine Bor, broj 2/2014, Prostorni plan opštine Bor.
- Službeni list Opštine Negotin, broj 10/2014, Plan generalne regulacije za naselje Prahovo.
- Soylu, K & Dumville, JC 2011, "Design for environment: the greening of product and supply chain", *Maritime Economics & Logistics*, vol. 13, pp. 29-43.
- Srivastava, KS 2007, "Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review", *International Journal of Management Reviews*, vol. 9, no. 1, pp. 53-80.
- Stanković, M, Savić, S, Janović, Ž, Janačković, G, Krstić, D, Krstić, I, Glišović, S 2007, UpOL – softverski sistem za evidentiranje otpada u lokalnim zajednicama, Tehničko

rešenje realizovano u okviru projekta “Razvoj sistema separatnog sakupljanja, transporta, pretovara i kompaktiranja komunalnog otpada TP6320B“, Ministarstva nauke i tehnološkog razvoja, Fakultet zaštite na radu u Nišu.

- Stock, JR & Mulki, JP 2009, “Product returns processing: an examination of practices of manu-facturers wholesalers/distributors and retailers”, *Journal of Business Logistics*, vol. 30, no. 1, pp. 33–62.
- Teodorović, D 2007, “Transportne mreže”, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Thierry, MC, Salomon M, van Nunen, JAEE & Van Wassenhove, LN 1995, “Strategic issues inproduct recovery management” *California Management Review*, vol. 37, no.2, pp. 114–135.
- Tran, KC 2006, “Public perception of development issues: public awareness can contribute to sustainable development of a small island”, *Ocean & Coastal Management*, vol. 49, pp. 367–383.
- Triantaphyllou, E 2000 “Multi-Criteria Decision Making: A Comparative Study”, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers (Springer)
- Tsoulfas, GT & Pappis, CP 2006, “Environmental principles applicable to supply chains design and operation” *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, pp. 1593-1602.
- Tsoulfas, GT & Pappis, CP 2006, “Environmental principles applicable to supply chains design and operation“, *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, pp. 1593–1602.
- UNEP - United Nations Environment Programme 2005, *Solid waste management*.
- Vachon, S & Klassen, RD 2006, “Green project partnership in the supply chain: the case of the package printing industry”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 14, pp. 661-671.
- Varma, S, Wadhwa, S & Deshmukh, SG 2006, “Implementing supply chain management in a firm: issues and remedies”, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, vol.18, pp. 223-243.
- Vasiljević, TZ 2011, “Primena GIS-a, analitičkog hijerarhijskog procesa i fazi logike pri izboru lokacija regionalnih deponija i transfer stanica”, Doktorska disertacija, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.
- Vavić, I, Živković, T, Jovanović, Đ, Radović D, 2012, “Upravljanje otpadom u EU-obaveze Republike Srbije kao zemlje kandidata za članstvo“, u: Chymicus IV – Četvrti međunarodni kongres o pravni-ekonomskim i ekološkim aspektima sistema upravljanja

zaštitom životne sredine u hemijskoj, petrohemijskoj i naftnoj industriji, Tara, pp. 11-14.

- Vidović, M, Ratković B, Bjelić, N i Popović, D 2010, “Optimizacija procesa sakupljanja u povratnoj logistici opasnih EOL proizvoda”, Zbornik radova - I Međunarodna naučno-stručna konferencija LOGISTIKA 2010, 18-19. novembar 2010, Doboj, Bosna i Hercegovina.
- Waters, D (ed) 2007, *Supply chain risk management: vulnerability and resilience in logistics*, Kogan Page, United Kingdom and USA.
- WB - World Bank 2012, “*What a waste - A global review of solid waste management*”, Washington (USA).
- Weise, T 2009, *Global Optimization Algorithms, Theory and Application*, Available from: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.64.8184&rep=rep1&type=pdf> [4 October 2015].
- Wiengarten, F, Pagell, M & Fynes, B 2013, “ISO 14000 certification and investments in environmental supply chain management practices: identifying differences in motivation and adoption levels between Western European and North American companies”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 56, pp. 18-28.
- Witjes, S & Lozano, R 2016, “Towards a more Circular Economy: Proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 112, pp. 37–44.
- Wu, Z & Pagell, M 2011, “Balancing priorities: decision-making in sustainable supply chain management”, *Journal of Operations Management*, vol. 29, pp. 577-590.
- Xu, L & Yang, J 2001, “Introduction to Multi-Criteria Decision Making and the Evidential Reasoning Approach”, University of Manchester, Institute of Science and Technology.
- Yen, YX & Yen, SY 2012, “Top-management’s role in adopting green purchasing standards in high-tech industrial firms”, *Journal of Business Research*, vol. 65, pp. 951-959.
- Yen, YX & Yen, SY 2012, “Top-management’s role in adopting green purchasing standards in high-tech industrial firms”, *Journal of Business Research*, vol. 65, pp. 951-959.
- Zavargo, Z (ed.) 2013, *Knjiga 1: Održive tehnologije*, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad, Srbija.

- Zavod za zaštitu prirode Srbije, GIS - Zaštićena prirodna dobra, dostupno na: <http://serbia.gdi.net/zzps/>, [10. 03. 2016].
- Zeballos LJ, Gomes MI, Barbosa-Povoa AP & Novais AQ 2012, "Addressing the uncertain quality and quantity of returns in closed-loop supply chains", *Computers & Chemical Engineering*, vol.47, pp. 237–47.
- Zečević S i Gojković P 2010, "Logistički trendovi", Zbornik radova - I Međunarodna naučno-stručna konferencija LOGISTIKA 2010, 18-19. novembar 2010, Doboj, Bosna i Hercegovina.
- Zeleny, M 1982, *Multiple Criteria Decision Making*, McGrawHill, New York, NY.

Direktive, zakoni i ostala pravna akta:

- European Commission, 25.07.1975, Council Directive 75/439/EEC of 16 June 1975 on the disposal of waste oils, Official Journal of the European Union, L 194.
- European Commission, 31.12.1991, Council Directive 91/689/EEC of 12 December 1991 on hazardous waste, Official Journal of the European Union, L 377.
- European Commission, 16.02.1993, Council Decision 93/98/EEC of 1 February 1993 on the conclusion, on behalf of the Community, of the Convention on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal - Basel Convention, Official Journal of the European Union, L 039.
- European Commission, 16.09.1996, Council Directive 96/59/EC of 16 September 1996 on the disposal of polychlorinated biphenyls and polychlorinated terphenyls, Official Journal of the European Union, L 243/31.
- European Commission, 10.10.1996, Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention and control, Official Journal of the European Union, L 257.
- European Commission, 16.7.1999, Directive 1999/31/EC of the European Parliament and of the council of 26 April 1999 on the landfill of waste, Official Journal of the European Union L 182.
- European Commission, 21.10.2000, Directive 2000/53/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on end-of life vehicles, Official Journal of the European Union, L 269.

- European Commission, 28.12.2000, Directive 2000/76/EC of the European Parliament and of the Council of 4 December 2000 on the incineration of waste, Official Journal L 332.
- European Commission, 21.07.2001, Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment, Official Journal of the European Union, L 197.
- European Commission, 10.09.2002, Decision No 1600/2002/EC of the European Parliament and of the Council of 22 July 2002 laying down the Sixth Community Environment Action Programme, Official Journal of the European Union, L 242.
- COM(2005)0666 - European Commission, 21.12.2005, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions, Taking sustainable use of resources forward: A Thematic Strategy on the prevention and recycling of waste {SEC(2005) 1681}{SEC(2005) 1682}, Brussels.
- European Commission, 21.12.2005, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European economic and social committee and the committee of the regions - Thematic Strategy on the sustainable use of natural resources, {SEC(2005) 1683}{SEC(2005) 1684}, Brussels.
- European Commission, 4.2.2006, Regulation (EC) No 166/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC, Official Journal of the European Union, L 33/1.
- European Commission, 12.7.2006, Regulation EC No. 1013/2006 of the European Parliament and of the Council of 14 June 2006 on shipments of waste, Official Journal of the European Union, L 190/1.
- European Commission, 22.11.2008, Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the council of 19 November 2008 on waste, Official Journal of the European Union L 312/3.
- European Commission, 28.9.2010, Regulation on waste statistics EC 2150/2002 and Commission Regulation on waste statistics No. 849/2010, amending Regulation EC 2150, Official Journal of the European Union, L 253/2.
- European Commission, 1.7.2011, Directive 2011/65/EU of the European Parliament and of the Council of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous

substances in electrical and electronic equipment, Official Journal of the European Union, L 174/88.

- European Commission, 24.7.2012, Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on waste electrical and electronic equipment (WEEE), Official Journal of the European Union, L 197/38.
- European Commission, 8.2.2013, Commission Directive 2013/2/EU of 7 February 2013 amending Annex I to Directive 94/62/EC of the European Parliament and of the Council on packaging and packaging waste, Official Journal of the European Union, L 37/10.
- European Commission, 10.12.2013, Directive 2013/56/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 amending Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators as regards the placing on the market of portable batteries and accumulators containing cadmium intended for use in cordless power tools, and of button cells with low mercury content, and repealing Commission Decision 2009/603/EC, Official Journal of the European Union, L 329/5.
- European Commission, 28.12.2013, Decision No 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Union Environment Action Programme to 2020 'Living well, within the limits of our planet', Official Journal of the European Union, L 354/171.
- European Commission, 25.9.2014, Communication from the commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe, Brussels.
- Službeni glasnik Republike Srbije broj 135/04, 36/09, 36/09 - dr. zakon i 72/09, 14/16, Zakon o zaštiti životne sredine.
- Službeni glasnik Republike Srbije broj 17/2009, Strategija uvođenja čistije proizvodnje u Republici Srbiji.
- Službeni glasnik Republike Srbije broj 30/2010, Zakon o vodama.
- Službeni glasnik Republike Srbije broj 36/09 i 14/16, Zakonu o upravljanju otpadom.
- Službeni glasnik Republike Srbije broj 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010, 24/2011, 121/2012, 42/2013, 50/2013 i 98/2013, Zakon o planiranju i izgradnji.

- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 101/2005, 123/2007, 101/2011, 93/2012 i 104/2013, Zakon o javnim putevima.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 105/13 i 119/13, Uredba o kategorizaciji državnih puteva.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 11/10, 75/10 i 63/13, Uredba o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 135/04 i 36/09, Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 36/09 i 10/13, Zakon o zaštiti vazduha.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 36/2009 i 88/2010, Zakon o zaštiti prirode.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 37/11, Pravilnik o nacionalnoj listi indikatora zaštite životne sredine.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 58/11 i 98/12, Uredba o utvrđivanju zona i aglomeracija.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 58/11, Uredba o utvrđivanju programa kontrole kvaliteta vazduha u državnoj mreži.
- Službeni glasnik Republike Srbije, broj 72/12 i 76/13, Zakon o ministarstvima.
- Službeni glasnik RS - Međunarodni ugovori, broj 8/2011, Zakon o potvrđivanju protokola o registrima ispuštanja i prenosa zagađujućih materija uz konvenciju o dostupnosti informacija, učešću javnosti o donošenju odluka i pravu na pravnu zaštitu u pitanjima životne sredine.
- Službeni glasnik RS, broj 10/13, Pravilnik o izmenama Pravilnika o obrascu izveštaja o upravljanju ambalažom i ambalažnim otpadom.
- Službeni glasnik RS, broj 114/13, Pravilnik o obrascu dokumenta o kretanju opasnog otpada i uputstvu za njegovo popunjavanje.
- Službeni glasnik RS, broj 114/13, Pravilnik o obrascu dokumenta o kretanju otpada i uputstvu za njegovo popunjavanje.
- Službeni glasnik RS, broj 135/04, Zakon o integrisanom sprečavanju i kontroli zagađivanja životne sredine.
- Službeni glasnik RS, broj 21/10, Pravilnik o obrascu izveštaja o upravljanju ambalažom i ambalažnim otpadom.
- Službeni glasnik RS, broj 29/2010 i revidirani nacrt iz 2015, Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine.

- Službeni glasnik RS, broj 36/09, Zakon o ambalaži i ambalažnom otpadu.
- Službeni glasnik RS, broj 54/10, 86/2011, 41/2013 - dr. pravilnik i 3/2014, Uredba o proizvodima koji posle upotrebe postaju posebni tokovi otpada, obrazcu dnevne evidencije o količini i vrsti proizvedenih i uvezenih proizvoda i godišnjem izveštaju, načinu i rokovima dostavljanja godišnjeg izveštaja, obveznicima plaćanja naknada, kriterijumima za obračun, visinu i način obračunavanja i plaćanja naknade.
- Službeni glasnik RS, broj 56/10, Pravilnik o kategorijama, ispitivanju i klasifikaciji otpada.
- Službeni glasnik RS, broj 71/10, Pravilnik o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu sa uputstvom za njegovo popunjavanje.
- Službeni glasnik RS, broj 88/2015, Pravilnik o izmenama i dopunama Pravilnika o obrascu dnevne evidencije i godišnjeg izveštaja o otpadu sa uputstvom za njegovo popunjavanje.
- Službeni glasnik RS, broj 91/2010 i 10/2013, Pravilnikom o metodologiji za izradu nacionalnog i lokalnog registra izvora zagađivanja, kao i metodologiji za vrste, načine i rokove prikupljanja podataka.
- Službeni glasnik RS, broj 92/2010, Uredba o odlaganju otpada na deponije.
- Službeni list SRJ - Međunarodni ugovori, broj 2/99, Zakon o potvrđivanju Bazelske konvencije o prekograničnom kretanju opasnih otpada i njihovom odlaganju.

PRILOZI

Prilog 1. Obrazac Deo 1 Dnevna evidencija o otpadu proizvođača otpada

ДНЕВНА ЕВИДЕНЦИЈА О ОТПАДУ ПРОИЗВОЂАЧА ОТПАДА ^{1.}

Година	
Месец	
Индексни број отпада из Катога	
Назив отпада	
Опис отпада	
Евиденцију води (Име и презиме)	

ПРОИЗВЕДЕНЕ КОЛИЧИНЕ ОТПАДА				ОТПАД ПРЕДАТ							
	Произведен а количина отпада (t)	Предата количина отпада (t)	Стање на привремено м складишту (t)	Сакупљачу ^{2.}	Оператеру на поновно искоришћење ^{2.}	R ознака	Оператеру на ^{2.} одлагање	D ознака	Извоз ^{2.}	Назив предузећа којем је отпад предат	Број дозволе
Датум	(t)	(t)	(t)								
УКУПНО											

1. Евиденција се води за сваку врсту отпада посебно.

2. Означити са X у одговарајућем пољу.

Prilog 2. Obrazac GIO 1 Godišnji izveštaj o otpadu proizvođača otpada

Opšti podaci o preduzeću

ГОДИШЊИ ИЗВЕШТАЈ О ОТПАДУ ПРОИЗВОЂАЧА ОТПАДА											
Извештај за годину											
ПОДАЦИ О ПРЕДУЗЕЋУ											
Порески идентификациони број (ПИБ)											
Матични број предузећа											
Пун назив предузећа											
Адреса	Место										
	Шифра места										
	Поштански број										
	Улица и број										
	Телефон										
	Телефакс										
Е mail											
Општина											
Шифра општине											
Шифра претежне делатности											
ПОДАЦИ О ОДГОВОРНОМ ЛИЦУ											
Име и презиме											
Функција											
Телефон											
ПОДАЦИ О ЛИЦУ ОДГОВОРНОМ ЗА УПРАВЉАЊЕ ОТПАДОМ											
Име и презиме											
Функција											
Телефон											
Е mail											
СЕРТИФИКАТ											
Под материјалном и кривичном одговорношћу потврђујем да су у овом извештају дате информације истините, а количине и вредности тачне и одређене или процењене у складу са важећом законском регулативом Републике											
Име и презиме одговорне особе						Овера и печат					
Потпис											
Датум											

Vrsta, klasifikacija, količina i način upravljanja otpadom

ВРСТЕ И КЛАСИФИКАЦИЈА ОТПАДА															
Место настанка отпада															
Географске координате локације	N			°			'			,				"	
	E0			°			'			,				"	
Врста отпада															
Опис отпада															
Назив отпада															
Категорија отпада - Q листа ¹		Q													
Индексни број отпада из Каталога отпада ¹															
Карактер отпада ²	Инертан														
	Неопасан														
	Опасан														
Извештај о испитивању отпада	Број:														
	Датум издавања:														
Ознака опасне карактеристике отпада ¹		H				/	H				/	H			
Категорија опасног отпада према пореклу и саставу ¹		Y				/	Y				/	Y			
Физичко стање отпада ²	Чврста материја – прах														
	Чврста материја- комади														
	Вискозна паста														
	Течна материја														
	Талог														
Компоненте које отпад чине опасним	CAS No.	Хемијски назив										kg опасне материје / kg отпада			
КОЛИЧИНЕ ОТПАДА ³															
Количина произведеног отпада у извештајној години (t)															
		1.1.													
Стање привременог складишта на дан		31.12.													
Наčin одређивања количина отпада ⁴															

¹ У сваку ћелију треба унети по једну цифру

² Означити са Х

³ Количине отпада се дају заокружене на једну децималу уколико су количине мање од 10 т. Ако су количине веће од 10 т онда се заокружују на целу тону.

⁴ Начин одређивања количина отпада (1. - Мерење, 2. - Прорачун, 3. - Процена) - Унети један од бројева од 1 до 3

[illegible]

Prilog 3. Baza podataka modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na principima formiranja eko-industrijskih mreža (za region Južne i Istočne Srbije, 2014. godina)

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
1	Region Južne i Istočne Srbije	Borska oblast	Bor	Bor	Kestenova 8	2444 Proizvodnja bakra	100499924	Rudarsko-topioničarski basen Bor	Topionica i rafinacija bakra	2.(e).(i)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	2656	0	0
2	Region Južne i Istočne Srbije	Borska oblast	Kladovo	Kladovo	Trg Kralja Petra 1	3511 Proizvodnja električne energije	100695213	Privredno društvo za proizvodnju hidroelektrične energije "Hidroelektrane Đerdap" d.o.o. Kladovo	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo		17 04 05	17 04 02	16 01 03	258.1	0	1.1
3	Region Južne i Istočne Srbije	Borska oblast	Majdanpek	Majdanpek	Industrijska zona bb	Y-27442 stara delatnost-Prerada bakra	101949790	Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad		17 04 05	17 04 02	16 01 03	75	0	2.1

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
4	Region Južne i Istočne Srbije	Borska oblast	Majdanpek	Majdanpek	Svetog Save 2	0990 Uslužne delatnosti u vezi sa istraživanjem i eksploatacijom ostalih ruda	100987136	Rudarsko-topioničarski basen Bor	RTB Rudnik bakra Majdanpek-Površinski kop	3.(b)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	0
5	Region Južne i Istočne Srbije	Borska oblast	Negotin	Negotin	Samarinovački put bb	3511 Proizvodnja električne energije	100695213	Privredno društvo za proizvodnju hidroelektrične energije "Hidroelektrane Đerdap" d.o.o. Kladovo	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin (Kusjak)		17 04 05	17 04 02	16 01 03	152.8	0.5	2
6	Region Južne i Istočne Srbije	Borska oblast	Negotin	Prahovo	Radujevački put bb	2015 Proizvodnja veštačkih đubriva i azotnih jedinjenja	100777129	Elixir Prahovo Industrija hemijskih proizvoda d.o.o. Prahovo	Elixir Prahovo d.o.o.	4.(c)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	561	0	0
7	Region Južne i Istočne Srbije	Braničevska oblast	Kostolac	Kostolac	Nikole Tesle 5-7	3511 Proizvodnja električne energije	104199176	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	1.(c)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	835.3	0	8.2

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
8	Region Južne i Istočne Srbije	Braničevska oblast	Kostolac	Selo Kostolac	Nikole Tesle 5-7	3511 Proizvodnja električne energije	104199176	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	1.(c)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	2359.1	88.8	0
9	Region Južne i Istočne Srbije	Braničevska oblast	Kučevo	Kaona	Kaona	2410 Proizvodnja sirovog gvožđa, čelika i ferolegura	103125366	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o	"Železara Smederevo" d.o.o.-ogranak Kučevo		17 04 05	17 04 02	16 01 03	1.1	0	0
10	Region Južne i Istočne Srbije	Braničevska oblast	Požarevac	Drmno	Drmno	3511 Proizvodnja električne energije	104199176	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Povrsinski kop Drmno	3.(b)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	436.8	0.1	8.7
11	Region Južne i Istočne Srbije	Braničevska oblast	Žagubica	Krepoljin	Petra Žalca 2	0520 Eksploatacija lignita i mrkog uglja	103084723	PEU Resavica	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	3.(a)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	3.7	0	2.8
12	Region Južne i Istočne Srbije	Jablanička oblast	Leskovac-grad	Leskovac	Stojana Ljubića 16	3513 Distribucija električne energije	104196932	Privredno društvo za distribuciju električne energije ED "Jugoistok" d.o.o. Niš	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0.9	0.2	1.5

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
13	Region Južne i Istočne Srbije	Jablanička oblast	Leskovac-grad	Leskovac	Puškinova bb	2332 Proizvodnja opeke, crepa i građ. proizvoda od pečene gline	100540407	IGM Mladost doo	IGM Mladost doo	3.(g)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	7.1
14	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Crveni Krst	Niš (Crveni Krst)	Dvadeset drugog oktobra 7/I	2550 Kovanje, presovanje, štancovanje i valjanje metala; metalurgija praha	100603457	MING KOVAČNICA	MING KOVAČNICA		17 04 05	17 04 02	16 01 03	266.9	0	0
15	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Crveni Krst	Niš (Crveni Krst)	Vazduhoplovaca bb	2931 Proizvodnja električne i elektronske opreme za motorna vozila	108169643	Privredno društvo Johnson Electric doo Niš	Jonhson electric doo Niš		17 04 05	17 04 02	16 01 03	44.1	0	0
16	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niška Banja	Niška Banja	Bulevar Svetog cara Konstantina bb	4672 Trgovina na veliko metalima i metalnim rudama	108305601	NISSAL-NEWMET d.o.o.	Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL a.d.	2.(e).(ii)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	91.2	0

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
17	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Medijana	Niš (Medijana)	Bulevar dr Zorana Đinđića 46a	3513 Distribucija električne energije	104196932	Privredno društvo za distribuciju električne energije ED "Jugoistok" d.o.o. Niš	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš		17 04 05	17 04 02	16 01 03	4.4	0.4	0
18	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Medijana	Niš (Medijana)	Blagoja Parovića 3	3530 Snabdevanje parom i klimatizacijama	100619162	Toplana Niš	Toplana Niš, Krivi Vir	1.(c)	170405	170402	16 01 03	48.8	0	0
19	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Medijana	Niš (Medijana)	Knjeginje Ljubice 1/1	3600 Skupljanje, prečišćavanje i distribucija vode	100667004	JKP za vodu i kanalizaciju NAISSUS Niš	JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	5.(f)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	7.1	0	1.4
20	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Medijana	Niš (Medijana)	Blagoja Parovića 1	4939 Ostali prevoz putnika u kopnom saobraćaju	100615493	Niš-ekspres ad Niš	Niš-ekspres ad Niš		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	40.5
21	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Palilula	Deveti maj	Toplički partizanski odred bb	2219 Proizvodnja ostalih proizvoda od gume	107817380	Vulkan gume d.o.o niš	Vulkan gume d.o.o		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	26.2

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
22	Region Južne i Istočne Srbije	Nišavska oblast	Niš-Pantelej	Niš (Pantelej)	Pantelejska 58	1413 Proizvodnja ostale odeće	106966192	BENETTON SERBIA DOO	BENETTON SERBIA DOO Niš		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0.5	0	0
23	Region Južne i Istočne Srbije	Pčinjska oblast	Preševo	Preševo	Dimitrija Tucovića 38	2352 Proizvodnja kreča i gipsa	100520676	Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	1
24	Region Južne i Istočne Srbije	Pčinjska oblast	Preševo	Preševo	ul.Salvadora Aljendea 22	4211 Izgradnja puteva i autoputeva	100520748	PTGP "SABA BELČA" DOO	PTGP "SABA BELČA" DOO		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	3.5
25	Region Južne i Istočne Srbije	Pčinjska oblast	Vranje	Vranje	Pariske Komune 1	4931 Gradski i prigradski kopneni prevoz putnika	100406001	Preduzeće za saobraćaj KAVIM-JEDINSTVO DOO Vranje	Preduzeće za saobraćaj KAVIM-JEDINSTVO DOO Vranje		17 04 05	17 04 02	16 01 03	69	0	12.1
26	Region Južne i Istočne Srbije	Pčinjska oblast	Vranjska Banja	Kriva Feja	Kriva Feja bb	0729 Eksploatacija ruda ostalih crnih, obojenih, plemenitih i drugih metala	103946907	Rudnik olova i cinka "Grot" ad	Rudnik olova i cinka "Grot" ad	3.(a)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	7.4

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
27	Region Južne i Istočne Srbije	Pirotska oblast	Pirot	Pirot	Nikole Pašića 213	2211 Proizvodnja guma za vozila, protektiranje guma za vozila	102192352	Tigar Tyres d.o.o. Pirot	TIGAR TYRES		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	1003.4
28	Region Južne i Istočne Srbije	Pirotska oblast	Pirot	Pirot	Berilovački put b.b.	3511 Proizvodnja električne energije	100695213	Privredno društvo za proizvodnju hidroelektrične energije Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot Pirot		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	0.1
29	Region Južne i Istočne Srbije	Pirotska oblast	Pirot	Pirot	Takovska 3	3513 Distribucija električne energije	104196932	Privredno društvo za distribuciju električne energije ED "Jugoistok" d.o.o. Niš	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Pirot		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0.4	0.2	0.2
30	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Smederevo-grad	Radinac	Radinac bb	2410 Proizvodnja sirovog gvožđa, čelika i ferolegura	103125366	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika Železara Smederevo d.o.o. Radinac	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	2.(a);2.(c)(i);2.(b);2.(c)(ii);2.(c)(iii);1.(c)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	5.4	0	21.1

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
31	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Smederevo-grad	Smederevo	Miloša Velikog 39	3317 Popravka i održavanje druge transportne opreme	101926148	Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz		17 04 05	17 04 02	16 01 03	1.9	0	0
32	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Smederevo-grad	Smederevo	Šalinačka bb Industrijska zona	2814 Proizvodnja ostalih slavina i ventila	101734199	DOO za proizvodnju i usluge Valman Beograd (Vračar)	DOO "Valman" proizvodnja		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	0.2
33	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Smederevska Palanka	Smederevska Palanka	Industrijska 70	2822 Proizvodnja opreme za podizanje i prenošenje	101401234	Akcionarsko društvo Goša fabrika opreme i mašina	Akcionarsko društvo Goša fabrika opreme i mašina		17 04 05	17 04 02	16 01 03	348.9	0	0
34	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Smederevska Palanka	Smederevska Palanka	Industrijska 70	3020 Proizvodnja lokomotiva i šinskih vozila	101929736	Goša Fabrika šinskih vozila	Goša Fabrika šinskih vozila		17 04 05	17 04 02	16 01 03	263.2	1.4	0

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
35	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Velika Plana	Velika Plana	Oraška 45	2593 Proizvodnja žičanih proizvoda, lanaca i opruga	104203030	Društvo za proizvodnju, građevinarstvo, promet i usluge Raj Fert doo	Raj Fert doo		17 04 05	17 04 02	16 01 03	100.9	0	0
36	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Velika Plana	Velika Plana	Milorada Stankovic 47	3821 Tretman i odlaganje otpada koji nije opasan	101174749	Feropromet 98 DOO	Feropromet98		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	3.5	0
37	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Velika Plana	Velika Plana	28. Oktobra 65	2511 Proizvodnja metalnih konstrukcija i delova konstrukcija	101974895	Akcionarsko društvo za izgradnju i montažu opreme i objekata Goša montaža, Velika Plana	Akcionarsko društvo za izgradnju i montažu opreme i objekata Goša montaža, Velika Plana		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	1.6
38	Region Južne i Istočne Srbije	Podunavska oblast	Velika Plana	Velika Plana	Alekse Šantića 2	4931 Gradski i prigradski kopneni prevoz putnika	101175799	Jugoprevoz-Velika Plana a.d	Jugoprevoz-Velika Plana a.d		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	2.3

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
39	Region Južne i Istočne Srbije	Toplička oblast	Kuršumlija	Kuršumlija	Kosovska 67	1621 Proizvodnja furnira i ploča od drveta	106474977	Privredno društvo Simpo Šik doo Kuršumlija	Simp Šik doo	6.(b)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	1
40	Region Južne i Istočne Srbije	Toplička oblast	Prokuplje	Prokuplje	Maloplanska 24	1082 Proizvodnja kakaoa, čokolade i konditorskih proizvoda	100505494	Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje		17 04 05	17 04 02	16 01 03	0	0	1
41	Region Južne i Istočne Srbije	Zaječarska oblast	Sokobanja	Čitluk	Čitluk - Sokobanja	0520 Eksploatacij a lignita i mrkog uglja	103084723	PEU Resavica	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko	3.(a)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	2.2	0	0.2
42	Region Južne i Istočne Srbije	Zaječarska oblast	Zaječar-grad	Grljan	Grljan	0520 Eksploatacij a lignita i mrkog uglja	103084723	PEU Resavica	PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka	3.(a)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	1	0	0
43	Region Južne i Istočne Srbije	Zaječarska oblast	Zaječar-grad	Halovo	Halovo bb	4621 Trgovina na veliko žitom, sirovim duvanom, semenjem i hranom za životinje	104764582	Delta agrar doo	Delta agrar doo, Farma svinja	7.(a).(ii);7.(a).(iii)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	5	0	0

Redni broj	Region postrojenja	Oblast postrojenja	Opština postrojenja	Mesto postrojenja	Adresa	Pretežna delatnost	PIB	Preduzeće	Postrojenje	PRTR kod	Indeksni broj (gvožđe i čelik)	Indeksni broj (aluminijum)	Indeksni broj (otpadne gume)	Količine za 2014. god (t/godišnje) za gvožđe i čelik	Količine za 2014. god (t/godišnje) za aluminijum	Količine za 2014. god (t/godišnje) za otpadne gume
44	Region Južne i Istočne Srbije	Zaječarska oblast	Zaječar-grad	Lubnica	Lubnica	0520 Eksploatacija lignita i mrkog uglja	103084723	PEU Resavica	PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	3.(a)	17 04 05	17 04 02	16 01 03	10	0	0
45	Region Južne i Istočne Srbije	Zaječarska oblast	Zaječar-grad	Zaječar	Negotinski put bb	2732 Proizvodnja ostalih elektronskih i električnih provodnika i kablova	100576854	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.		17 04 05	17 04 02	16 01 03	46.3	35.3	0
46	Region Južne i Istočne Srbije	Zaječarska oblast	Zaječar-grad	Zaječar	Trg Oslobođenja br.37	3513 Distribucija električne energije	104196932	Privredno društvo za distribuciju električne energije ED "Jugoistok" d.o.o. Niš	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar		17 04 05	17 04 02	16 01 03	1.8	0.4	0.5

Prilog 4. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

[illegible]

Tabela P4.1. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	Topionica i rafinacija bakra Bor	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin	Elixir Prahovo d.o.o.	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	"Železara Smederevo" d.o.o.-ogranak Kučevo (Kaona)	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac
Topionica i rafinacija bakra Bor	0	134	58	66,1	88	82,7	145	140	103	140	70	176
PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	134	0	96,7	92	50	55	171	168	147	168	154	254
Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	58	96,7	0	8,9	91,1	90,9	106	103	48	103	56,2	242
RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	66,1	92	8,9	0	82,6	82,4	115	112	56,8	112	64,4	230
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin (Kusjak)	88	50	91,1	82,6	0	5	172	170	138	170	150	213
Elixir Prahovo d.o.o.	82,7	55	90,9	82,4	5	0	173	171	139	171	150	213
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	145	171	106	115	172	173	0	6,5	64,6	6,5	74,6	243
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	140	168	103	112	170	171	6,5	0	58,4	0	68,5	248
"Železara Smederevo" d.o.o.-ogranak Kučevo (Kaona)	103	147	48	56,8	138	139	64,6	58,4	0	58,4	55,5	224
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	140	168	103	112	170	171	6,5	0	58,4	0	68,5	248
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	70	154	56,2	64,4	150	150	74,6	68,5	55,5	68,5	0	187
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac	176	254	242	230	213	213	243	248	224	248	187	0

Tabela P4.2. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	IGM Mladost doo Leskovac	MING KOVAČNICA (Niš)	Jonhson electric doo Niš	Preduzeće za prerađu aluminijuma NISSAL a.d.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistrib ucija Niš	Toplana Niš, Krivi Vir	JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	Niš-ekspres ad Niš	VULKAN GUME D.O.O	BENETTON SERBIA DOO Niš	Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	PTGP "SABA BELČA" DOO
Topionica i rafinacija bakra Bor	177	129	128	122	124	123	132	123	132	122	306	311
PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	255	207	206	200	201	201	209	201	210	200	359	364
Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	243	187	186	180	181	181	189	181	190	180	347	352
RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	230	182	181	175	177	176	185	176	185	175	334	339
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin (Kusjak)	213	166	165	159	161	160	169	160	169	159	319	324
Elixir Prahovo d.o.o.	213	165	164	158	160	159	168	159	168	158	317	322
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	244	202	201	215	208	207	213	207	205	206	348	353
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	249	207	206	220	212	212	217	212	210	211	352	358
"Železara Smederevo" d.o.o.- ogranak Kučevo (Kaona)	225	183	182	194	186	186	192	186	184	185	385	390
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	249	207	206	220	212	212	217	212	210	211	352	358
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	188	146	145	159	152	151	157	151	149	150	292	297
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac	3,5	50	49	50,5	46,1	46,9	48,2	46,9	44,5	46,7	107	112

Tabela P4.3. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	PREDUZEĆE ZA SAOBRAĆAJ KAVIM- JEDINSTVO DOO VRANJE	Rudnik olova i cinka "Grot" ad	TIGAR TYRES	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot Pirot	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistrib ucija Pirot	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	DOO "VALMAN" Proizvodnja	Akcionarsko društvo Goša fabrika opreme i mašina (Smederevska Palanka)	Goša Fabrika šinskih vozila	Raj Fert	FERO PROMET 98
Topionica i rafinacija bakra Bor	269	282	129	133	131	150	157	159	166	166	154	154
PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	322	335	206	210	209	187	194	197	211	211	215	215
Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	310	323	186	190	189	113	120	142	137	137	107	107
RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	297	310	182	281	186	122	129	132	127	127	116	116
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin (Kusjak)	282	295	166	171	169	251	255	258	229	229	218	218
Elixir Prahovo d.o.o.	280	294	165	169	167	250	256	259	230	230	219	219
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	311	324	272	277	274	33,3	40,4	42,6	56,6	56,6	56,1	56,1
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	316	329	277	282	279	38	45,1	47,3	61,3	61,3	66,1	66,1
"Železara Smederevo" d.o.o.- ogranak Kučevo (Kaona)	348	361	230	234	232	70	77	79	91	91	90	90
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	316	329	277	282	279	38	45,1	47,3	61,3	61,3	66,1	66,1
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	255	250	198	202	200	81,2	88,3	90,5	70	70	59	59
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac	67,3	62,6	79,5	80,6	78,1	220	226	228	199	199	188	188

Tabela P4.4. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	Jugoprevoz- Velika Plana a.d	Simplo Šik doo	Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko (Čitluk)	PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka (Grljan)	Delta agrar doo, Farma svinja (Halovo) Zaječar	PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar
Topionica i rafinacija bakra Bor	154	153	189	162	75,4	36	36	35	25,3	28,6
PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	215	214	272	240	174	113	113	116	103	111
Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	107	106	229	220	133	94	94	92,7	83	87
RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	116	115	237	215	143	88,7	88,9	91,5	78,3	81,7
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin (Kusjak)	218	217	232	199	133	73	73	76	63	66
Elixir Prahovo d.o.o.	219	218	230	198	133	71,8	72	74,6	61,5	64,8
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	56,1	55,1	230	229	206	178	178	173	168	171
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	66,1	65,1	235	233	221	172	172	167	161	165
"Železara Smederevo" d.o.o.- ogranak Kučevo (Kaona)	90	89	267	266	176	136	137	136	126	129
PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	66,1	65,1	235	233	221	172	172	167	161	165
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	59	58	174	173	138	105	105	99,6	94,2	97,6
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektro distribucija Leskovac	188	187	85	53	104	143	158	158	151	149

Tabela P4.5. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	Topionica i rafinacija bakra Bor	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	Fabrika bakamih cevi Majdanpek ad	RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin	Elixir Prahovo d.o.o.	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	"Železara Smederevo" d.o.o.-ogranak Kučevo (Kaona)	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac
IGM Mladost doo	177	255	243	230	213	213	244	249	225	249	188	3,5
MING KOVAČNICA	129	207	187	182	166	165	202	207	183	207	146	50
Jonhson electric doo Niš	128	206	186	181	165	164	201	206	182	206	145	49
Preduzeće za prerađu aluminijuma NISSAL a.d.	122	200	180	175	159	158	215	220	194	220	159	50,5
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš	124	201	181	177	161	160	208	212	186	212	152	46,1
Toplana Niš, Krivi Vir	123	201	181	176	160	159	207	212	186	212	151	46,9
JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	132	209	189	185	169	168	213	217	192	217	157	48,2
Niš-ekspres ad Niš	123	201	181	176	160	159	207	212	186	212	152	46,9
VULKAN GUME D.O.O	132	210	190	185	169	168	205	210	184	210	149	44,5
BENETTON SERBIA DOO Niš	122	200	180	175	159	158	206	211	185	211	150	46,7
Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	306	359	347	334	319	317	348	352	385	352	292	107
PTGP "SABA BELČA" DOO	311	364	352	339	324	322	353	358	390	358	297	112

Tabela P4.6. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	IGM Mladost doo Leskovac	MING KOVAČNICA (Niš)	Jonhson electric doo Niš	Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL a.d.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš	Toplana Niš, Krivi Vir	JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	Niš-ekspres ad Niš	VULKAN GUME D.O.O	BENETTON SERBIA DOO Niš	Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	PTGP "SABA BELČA" DOO
IGM Mladost doo	0	51	50	50,7	46,3	47	48,5	47	45	47	104	109
MING KOVAČNICA	51	0	1	11,4	5,1	5,6	9,2	5,6	4	4,6	156	161
Jonhson electric doo Niš	50	1	0	10,4	4,1	4,6	8,2	4,6	3	3,6	155	160
Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL a.d.	50,7	11,4	10,4	0	7,4	7,1	8,3	7,1	9	7,6	156	161
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš	46,3	5,1	4,1	7,4	0	1,1	6,3	1,1	2,5	1,4	151	156
Toplana Niš, Krivi Vir	47	5,6	4,6	7,1	1,1	0	2,5	0	3,2	1	160	165
JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	48,5	9,2	8,2	8,3	6,3	2,5	0	2,5	1	2,2	158	163
Niš-ekspres ad Niš	47	5,6	4,6	7,1	1,1	0	2,5	0	3,2	1	160	165
VULKAN GUME D.O.O	45	4	3	9	2,5	3,2	1	3,2	0	2,7	154	159
BENETTON SERBIA DOO Niš	47	4,6	3,6	7,6	1,4	1	2,2	1	2,7	0	159	164
Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	104	156	155	156	151	160	158	160	154	159	0	5,7
PTGP "SABA BELČA" DOO	109	161	160	161	156	165	163	165	159	164	5,7	0

Tabela P4.7. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	PREDUZEĆE ZA SAOBRAĆAJ KAVIM- JEDINSTVO DOO VRANJE	Rudnik olova i cinka "Grot" ad	TIGAR TYRES	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Piotot	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistrib ucija Piotot	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	DOO "VALMAN" Proizvodnja	Akcionarsko društvo Goša fabrika opreme i mašina (Smederevska Palanka)	Goša Fabrika šinskih vozila	Raj Fert	FERO PROMET 98
IGM Mladost doo	67	65	76,4	77,2	74,7	220	226	228	199	199	188	188
MING KOVAČNICA	119	132	75	79,6	77,1	178	184	186	157	157	146	146
Jonhson electric doo Niš	118	131	74	78,6	76,1	177	183	185	156	156	145	145
Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL a.d.	120	133	61,6	66,2	63,8	191	197	199	170	170	159	159
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš	113	108	68,3	73	71	184	190	192	162	162	151	151
Toplana Niš, Krivi Vir	123	137	68	72,6	71	182	188	190	161	161	150	150
JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	121	134	76,8	82	78,9	181	187	189	159	159	148	148
Niš-ekspres ad Niš	123	137	68	72,6	71	182	188	190	161	161	150	150
VULKAN GUME D.O.O	117	131	78,2	83	80,4	181	187	189	160	160	149	149
BENETTON SERBIA DOO Niš	123	136	70	74,6	72,2	181	187	189	161	161	149	149
Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	41,5	56,8	174	175	172	325	331	333	307	307	293	293
PTGP "SABA BELČA" DOO	49,3	58,3	179	180	178	330	336	338	309	309	298	298

Tabela P4.8. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	Jugoprevoz-Velika Plana a.d	Simplo Šik doo	Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko (Čitluk)	PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka (Grljan)	Delta agrar doo, Farma svinja (Halovo) Zaječar	PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar
IGM Mladost doo	188	187	85,1	53,1	105	144	158	158	151	149
MING KOVAČNICA	146	145	68,7	36,8	60,8	97,5	112	112	105	103
Jonhson electric doo Niš	145	144	67,7	35,8	59,7	96,5	111	111	95	104
Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL a.d.	159	158	82	39	81	87,6	102	102	95	93
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Niš	151	150	64	33	77	91	106	106	98,4	96,6
Toplana Niš, Krivi Vir	150	149	73,1	33	78	91	106	106	98,4	96,4
JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	148	147	71	39	75	100	114	114	106	105
Niš-ekspres ad Niš	150	149	73,1	33	78	91	106	106	98,4	96,4
VULKAN GUME D.O.O	149	148	62	30	64	101	116	116	108	106
BENETTON SERBIA DOO Niš	149	148	72	32,5	78	90	104	104	97,1	95
Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	293	292	190	158	221	248	263	263	256	254
PTGP "SABA BELČA" DOO	298	297	195	163	226	253	268	268	261	259

Tabela P4.9. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	Topionica i rafinacija bakra Bor	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin	Elixir Prahovo d.o.o.	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	"Železara Smederevo" d.o.o.-ogranak Kučevo (Kaona)	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Leskovac
PREDUZEĆE ZA SAOBRAĆAJ KAVIM-JEDINSTVO DOO VRANJE	269	322	310	297	282	280	311	316	348	316	255	67,3
Rudnik olova i cinka "Grot" ad	282	335	323	310	295	294	324	329	361	329	250	62,6
TIGAR TYRES	129	206	186	182	166	165	272	277	230	277	198	79,5
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot Pirot	133	210	190	281	171	169	277	282	234	282	202	80,6
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Pirot	131	209	189	186	169	167	274	279	232	279	200	78,1
Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	150	187	113	122	251	250	33,3	38	70	38	81,2	220
Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	157	194	120	129	255	256	40,4	45,1	77	45,1	88,3	226
DOO "VALMAN" Proizvodnja	159	197	142	132	258	259	42,6	47,3	79	47,3	90,5	228
Akcionarsko društvo goša fabrika opreme i mašina	166	211	137	127	229	230	56,6	61,3	91	61,3	70	199
Goša Fabrika šinskih vozila	166	211	137	127	229	230	56,6	61,3	91	61,3	70	199
Raj Fert	154	215	107	116	218	219	56,1	66,1	90	66,1	59	188
FEROPROMET98	154	215	107	116	218	219	56,1	66,1	90	66,1	59	188

Tabela P4.10. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	IGM Mladost doo Leskovac	MING KOVAČNICA (Niš)	Jonhson electric doo Niš	Preduzeće za preradu aluminijuma NISSAL a.d.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribuc ija Niš	Toplana Niš, Krivi Vir	JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	Niš-ekspres ad Niš	VULKAN GUME D.O.O	BENETTON SERBIA DOO Niš	Preduzeće građevinsk og materijala Budućnost ad	PTGP "SABA BELČA" DOO
PREDUZEĆE ZA SAOBRAĆAJ KAVIM- JEDINSTVO DOO VRANJE	67	119	118	120	113	123	121	123	117	123	41,5	49,3
Rudnik olova i cinka "Grot" ad	65	132	131	133	108	137	134	137	131	136	56,8	58,3
TIGAR TYRES	76,4	75	74	61,6	68,3	68	76,8	68	78,2	70	174	179
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Piotr Piotr	77,2	79,6	78,6	66,2	73	72,6	82	72,6	83	74,6	175	180
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Piotr	74,7	77,1	76,1	63,8	71	71	78,9	71	80,4	72,2	172	178
Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	220	178	177	191	184	182	181	182	181	181	325	330
Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	226	184	183	197	190	188	187	188	187	187	331	336
DOO "VALMAN" Proizvodnja	228	186	185	199	192	190	189	190	189	189	333	338
Akcionarsko društvo goša fabrika opreme i mašina	199	157	156	170	162	161	159	161	160	161	307	309
Goša Fabrika šinskih vozila	199	157	156	170	162	161	159	161	160	161	307	309
Raj Fert	188	146	145	159	151	150	148	150	149	149	293	298
FEROPROMET98	188	146	145	159	151	150	148	150	149	149	293	298

Tabela P4.11. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	PREDUZEĆE ZA SAOBRAČAJ KAVIM- JEDINSTVO DOO VRANJE	Rudnik olova i cinka "Grot" ad	TIGAR TYRES	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot Pirot	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistrib ucija Pirot	Privredno društvo za proizvodnju i prerađu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	DOO "VALMAN" Proizvodnja	Akcionarsko društvo Goša fabrika opreme i mašina (Smederevska Palanka)	Goša Fabrika šinskih vozila	Raj Fert	FERO PROME T 98
PREDUZEĆE ZA SAOBRAČAJ KAVIM- JEDINSTVO DOO VRANJE	0	14	136	138	135	287	293	295	267	267	255	255
Rudnik olova i cinka "Grot" ad	14	0	149	151	148	300	306	308	280	280	268	268
TIGAR TYRES	136	149	0	4,1	2,5	247	253	256	229	229	216	216
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot Pirot	138	151	4,1	0	2,4	252	258	261	232	232	221	221
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Pirot	135	148	2,5	2,4	0	250	257	258	229	229	218	218
Privredno društvo za proizvodnju i prerađu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	287	300	247	252	250	0	8,2	9,5	30	30	37,4	37,4
Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	293	306	253	258	257	8,2	0	1,3	37,3	37,3	43,4	43,4
DOO "VALMAN" Proizvodnja	295	308	256	261	258	9,5	1,3	0	39,5	39,5	46	46
Akcionarsko društvo goša fabrika opreme i mašina	267	280	229	232	229	30	37,3	39,5	0	0	13,6	13,6
Goša Fabrika šinskih vozila	267	280	229	232	229	30	37,3	39,5	0	0	13,6	13,6
Raj Fert	255	268	216	221	218	37,4	43,4	46	13,6	13,6	0	0
FEROPROMET98	255	268	216	221	218	37,4	43,4	46	13,6	13,6	0	0

Tabela P4.12. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	Jugoprevoz-Velika Plana a.d	Simpo Šik doo	Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko (Čitluk)	PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka (Grljan)	Delta agrar doo, Farma svinja (Halovo) Zaječar	PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar
PREDUZEĆE ZA SAOBRAĆAJ KAVIM-JEDINSTVO DOO VRANJE	255	254	152	120	184	211	226	226	218	216
Rudnik olova i cinka "Grot" ad	268	267	156	115	197	224	239	239	231	229
TIGAR TYRES	216	215	138	106	91	96	111	111	103	101
Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot Pirot	221	220	143	112	96	101	116	116	108	106
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribucija Pirot	218	217	141	109	94	99	113	113	106	104
Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	37,4	36,4	206	205	182	197	199	192	174	188
Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	43,4	42,4	212	211	187	200	200	180	181	193
DOO "VALMAN" Proizvodnja	46	45	215	213	190	202	202	189	192	187
Akcionarsko društvo goša fabrika opreme i mašina	13,6	12,6	186	184	161	175	177	153	167	165
Goša Fabrika šinskih vozila	13,6	12,6	186	184	161	175	177	153	167	165
Raj Fert	0	1	174	172	150	164	167	159	156	154
FEROPROMET98	0	1	174	172	150	164	167	159	156	154

Tabela P4.13. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	Topionica i rafinacija bakra Bor	PD Hidroelektrane Đerdap d.o.o. Kladovo - Ogranak HE Đerdap 1 Kladovo	Fabrika bakarnih cevi Majdanpek ad	RTB RUDNIK BAKRA MAJDANPEK - Površinski kop	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Đerdap 2 Negotin	Elixir Prahovo d.o.o.	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac A	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Termoelektrana Kostolac B	"Železara Smederevo" d.o.o.-ogranak Kučevo (Kaona)	PD Termoelektrane i kopovi Kostolac, Površinski kop Drmno	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Jasenovac	ED Jugoistok d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodist ribucija Leskovac
AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	154	215	107	116	218	219	56,1	66,1	90	66,1	59	188
Jugoprevoz-Velika Plana a.d	153	214	106	115	217	218	55,1	65,1	89	65,1	58	187
Simpo Šik doo	189	272	229	237	232	230	230	235	267	235	174	85
Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	162	240	220	215	199	198	229	233	266	233	173	53
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko	75,4	174	133	143	133	133	206	221	176	221	138	104
PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka	36	113	94	88,7	73	71,8	178	172	136	172	105	143
Delta agrar doo, Farma svinja	36	113	94	88,9	73	72	178	172	137	172	105	158
PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	35	116	92,7	91,5	76	74,6	173	167	136	167	99,6	158
TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	25,3	103	83	78,3	63	61,5	168	161	126	161	94,2	151
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar	28,6	111	87	81,7	66	64,8	171	165	129	165	97,6	149

Tabela P4.14. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	IGM Mladost doo Leskovac	MING KOVAČNICA (Niš)	Jonhson electric doo Niš	Preduzeće za prerađu aluminijuma NISSAL a.d.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistrib ucija Niš	Toplana Niš, Krivi Vir	JKP za vodu i kanalizaciju Naissus Niš	Niš-ekspres ad Niš	VULKAN GUME D.O.O	BENETTON SERBIA DOO Niš	Preduzeće građevinskog materijala Budućnost ad	PTGP "SABA BELČA" DOO
AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	188	146	145	159	151	150	148	150	149	149	293	298
Jugoprevoz-Velika Plana a.d	187	145	144	158	150	149	147	149	148	148	292	297
Simpo Šik doo	85,1	68,7	67,7	82	64	73,1	71	73,1	62	72	190	195
Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	53,1	36,8	35,8	39	33	33	39	33	30	32,5	158	163
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko	105	60,8	59,7	81	77	78	75	78	64	78	221	226
PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka	144	97,5	96,5	87,6	91	91	100	91	101	90	248	253
Delta agrar doo, Farma svinja	158	112	111	102	106	106	114	106	116	104	263	268
PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	158	112	111	102	106	106	114	106	116	104	263	268
TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	151	105	95	95	98,4	98,4	106	98,4	108	97,1	256	261
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar	149	103	104	93	96,6	96,4	105	96,4	106	95	254	259

Tabela P4.15. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	PREDUZEĆE ZA SAOBRAĆAJ KAVIM- JEDINSTVO DOO VRANJE	Rudnik olova i cinka "Grot" ad	TIGAR TYRES	Privredno društvo Hidroelektrane Đerdap doo, HE Pirot Pirot	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak Elektrodistribuc ija Pirot	Privredno društvo za proizvodnju i preradu čelika "Železara Smederevo" d.o.o., Radinac	Akcionarsko društvo fabrika železničkih vozila Želvoz	DOO "VALMAN" Proizvodnja	Akcionarsko društvo Goša fabrika opreme i mašina (Smederevska Palanka)	Goša Fabrika šinskih vozila	Raj Fert	FERO PROMET 98
AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	255	268	216	221	218	37,4	43,4	46	13,6	13,6	0	0
Jugoprevoz-Velika Plana a.d	254	267	215	220	217	36,4	42,4	45	12,6	12,6	1	1
Simpo Šik doo	152	156	138	143	141	206	212	215	186	186	174	174
Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	120	115	106	112	109	205	211	213	184	184	172	172
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko	184	197	91	96	94	182	187	190	161	161	150	150
PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka	211	224	96	101	99	197	200	202	175	175	164	164
Delta agrar doo, Farma svinja	226	239	111	116	113	199	200	202	177	177	167	167
PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	226	239	111	116	113	192	180	189	153	153	159	159
TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	218	231	103	108	106	174	181	192	167	167	156	156
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar	216	229	101	106	104	188	193	187	165	165	154	154

Tabela P4.16. Matrica drumskih rastojanja generatora otpada (region Južne i Istočne Srbije)

Postrojenje	AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	Jugoprevoz-Velika Plana a.d	Simpo Šik doo	Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko (Čitluk)	PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka (Grljan)	Delta agrar doo, Farma svinja (Halovo) Zaječar	PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar
AD Društvo za Izgradnju i montažu opreme i objekata "GOŠA MONTAŽA", Velika Plana	0	1	174	172	150	164	167	159	156	154
Jugoprevoz-Velika Plana a.d	1	0	173	171	149	163	166	158	155	153
Simpo Šik doo	174	173	0	34,3	133	161	175	175	168	166
Kompanija Hissar a.d. Beograd, Fabrika Prokuplje	172	171	34,3	0	90	129	143	192	136	134
PEU Resavica, Rudnik mrkog uglja Soko	150	149	133	90	0	64	79	62	71,3	69,5
PEU Resavica, Rudnik antracita Vrška Čuka	164	163	161	129	64	0	17,8	17,8	10,4	8,6
Delta agrar doo, Farma svinja	167	166	175	143	79	17,8	0	20,5	10,5	10,7
PEU Resavica, Rudnik lignita Lubnica	159	158	175	192	62	17,8	20,5	0	13,1	9,8
TF Kable Fabrika kablova Zaječar d.o.o.	156	155	168	136	71,3	10,4	10,5	13,1	0	3,4
ED "Jugoistok" d.o.o. Niš, Ogranak "Elektrotimok" Zaječar	154	153	166	134	69,5	8,6	10,7	9,8	3,4	0

Prilog 5. Segment „AHP kalkulatora“

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	POREĐENJE KRITERIJUMA U ODNOSU NA CILJ																					
2													Određivanje vektora I prioriteta						Određivanje vektora II prioriteta			
3		Matrica odlučivanja				Matrica odlučivanja				Matrica odlučivanja nakon prvog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova		Matrica odlučivanja nakon drugog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova		Razlike vektora prioriteta
4		1.0000	0.3333	2.0000		1.0000	0.3333	2.0000		2.1111	1.3333	5.0000	8.4444	0.2542		16.4568	10.9815	41.5556	68.9938	0.2561		-0.0019
5		3.0000	1.0000	3.0000		0.3333	1.0000	3.0000		4.8333	3.0000	12.0000	19.8333	0.5970		38.0370	25.4444	96.1667	159.6481	0.5926		0.0044
6		0.5000	0.3333	1.0000		0.5000	0.3333	1.0000		1.1111	0.8333	3.0000	4.9444	0.1488		9.7068	6.4815	24.5556	40.7438	0.1512		-0.0024
7		4.5000	1.6667	6.0000									33.2222						269.3858			
8																						
9	Provera konzistentnosti																					
10		λmax	3.04773																			
11	Broj redova matrice	n	3																			
12	Indeks konzistentnosti	CI	0.02387																			
13	Slučajni indeks konzistentnosti	RI	0.58																			
14	Stepen konzistentnosti	CR	0.04115																			
15	Poređenje podkriterijuma u odnosu na ekonomski kriterijum																					
16													Određivanje vektora I prioriteta						Određivanje vektora II prioriteta			
17		Matrica odlučivanja				Matrica odlučivanja				Matrica odlučivanja nakon prvog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova		Matrica odlučivanja nakon drugog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova		Razlike vektora prioriteta
18		1.0000	3.0000	2.0000		1.0000	3.0000	2.0000		3.0000	10.0000	5.5000	18.5000	0.5401		27.3333	90.2500	49.6667	167.2500	0.5396		0.0005
19		0.3333	1.0000	0.5000		0.3333	1.0000	0.5000		0.9167	3.0000	1.6667	5.5833	0.1630		8.2778	27.3333	15.0417	50.6528	0.1634		-0.0004
20		0.5000	2.0000	1.0000		0.5000	2.0000	1.0000		1.6667	5.5000	3.0000	10.1667	0.2968		15.0417	49.6667	27.3333	92.0417	0.2970		-0.0001
21		1.8333	6.0000	3.5000									34.2500						309.9444			
22																						
23	Provera konzistentnosti																					
24		λmax	3.00921																			
25	Broj redova matrice	n	3																			
26	Indeks konzistentnosti	CI	0.0046																			
27	Slučajni indeks konzistentnosti	RI	0.58																			
28	Stepen konzistentnosti	CR	0.00794																			

29	Poređenje podkriterijuma u odnosu na kriterijum zaštite životne sredine																			
30											Određivanje vektora I prioriteta						Određivanje vektora II prioriteta			
31		Matrica odlučivanja			Matrica odlučivanja			Matrica odlučivanja nakon prvog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova	Matrica odlučivanja nakon drugog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova	Razlike vektora prioriteta		
32		1.0000	2.0000	2.0000	1.0000	2.0000	2.0000	3.0000	5.0000	8.0000	16.0000	0.4961	29.0000	46.0000	73.0000	148.0000	0.4933	0.0028		
33		0.5000	1.0000	2.0000	0.5000	1.0000	2.0000	2.0000	3.0000	5.0000	10.0000	0.3101	18.2500	29.0000	46.0000	93.2500	0.3108	-0.0008		
34		0.5000	0.5000	1.0000	0.5000	0.5000	1.0000	1.2500	2.0000	3.0000	6.2500	0.1938	11.5000	18.2500	29.0000	58.7500	0.1958	-0.0020		
35		2	3.5	5							32.25					300				
36	Provera konzistentnosti																			
37		λ_{max}	3.05375																	
38	Broj redova matrice	n	3																	
39	Indeks konzistentnosti	CI	0.02688																	
40	Slučajni indeks konzistentnosti	RI	0.58																	
41	Stepen konzistentnosti	CR	0.04634																	

42	Poređenje podkriterijuma u odnosu na društveni kriterijum																			
43											Određivanje vektora I prioriteta						Određivanje vektora II prioriteta			
44		Matrica odlučivanja			Matrica odlučivanja			Matrica odlučivanja nakon prvog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova	Matrica odlučivanja nakon drugog množenja			Sumiranje redova matrice	Normalizacija sume redova	Razlike vektora prioriteta		
45		1.0000	2.0000	0.3333	1.0000	2.0000	0.3333	3.0000	5.6667	1.0667	9.7333	0.2296	27.1333	51.0667	9.6111	87.8111	0.2297	-0.0001		
46		0.5000	1.0000	0.2000	0.5000	1.0000	0.2000	1.6000	3.0000	0.5667	5.1667	0.1219	14.4167	27.1333	5.1067	46.6567	0.1220	-0.0002		
47		3.0000	5.0000	1.0000	3.0000	5.0000	1.0000	8.5000	16.0000	3.0000	27.5000	0.6486	76.6000	144.1667	27.1333	247.9000	0.6483	0.0003		
48		4.5000	8.0000	1.5333							42.4000					382.3678				
49	Provera konzistentnosti																			
50		λmax	3.0037																	
51	Broj redova matrice	n	3																	
52	Indeks konzistentnosti	CI	0.00185																	
53	Slučajni indeks konzistentnosti	RI	0.58																	
54	Stepen konzistentnosti	CR	0.00319																	

BIOGRAFIJA AUTORA

mr Ana V. Luković je rođena 1979. godine u Nišu. Fakultet zaštite na radu u Nišu upisala je školske 1998/1999. godine. Osnovne studije na Fakultetu zaštite na radu u Nišu, Univerziteta u Nišu, smjera Zaštite životne sredine, završila je 2004. godine. Svoje dalje usavršavanje nastavila je upisom iste godine na postdiplomske studije na Fakultetu zaštite na radu u Nišu iz naučne oblasti Zaštita životne sredine. Postdiplomske studije je završila 2009. godine odbranom magistarske teze pod nazivom *“Geotermalna energija kao alternativni izvor energije”* i prosečnom ocenom u toku postdiplomskih studija 9.72 čime je stekla akademsko zvanje magistra tehničkih nauka – zaštite životne sredine.

Dalje akademsko usavršavanje nastavlja prijavom teme doktorske disertacije *“Razvoj modela za upravljanje tokovima industrijskog otpada zasnovanog na formiranju eko-industrijskih mreža”*, koja joj je odobrena 2014. godine.

U profesionalnom smislu, 2007. godine svoje radno angažovanje započinje u JP Direkcija za izgradnju grada Niša, kao pripravnik i asistent na projektu iz oblasti zaštite životne sredine, dok je od sredine 2009. godine radila na poziciji Koordinatora na projektu iz oblasti zaštite životne sredine. Od kraja 2011. godine, pa do kraja 2013. godine u kompaniji Koncern „Farmakom MB“ Šabac, Rudnik Lece doo, obavljala je posao rukovodioca Službe zaštite životne sredine koji je obuhvatao sve aktivnosti predviđene legislativom iz oblasti zaštite životne sredine.

Od 2014. godine radi u kompaniji „Elixir Group“ na poziciji samostalnog saradnika za zaštitu životne sredine, koja između ostalog obuhvata izradu Seveso elaborata, uvođenje standarda ISO 14001, koordinaciju i rad na projektu dobijanja IPPC dozvole, kao i učestvovanje i planiranje investicija vezanih za IPPC projekat.

mr Ana Luković je autor i koautor većeg broja naučnih i stručnih radova saopštenih na međunarodnim konferencijama. Učesnik je više seminara i radionica za unapređenje znanja i veština u oblasti zaštite životne sredine. Takođe, učestvovala je na međunarodnom projektu *NEWEN – Netherlands and Western Balkans Environmental Network (2009-2011)*, koji se odnosio na izgradnju mreže nastavnih mesta Holandije i Zapadnog Balkana za zaštitu životne sredine. Služi se engleskim jezikom u pisanoj i usmenoj formi.

IZJAVE AUTORA

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

Изјављујем да је докторска дисертација, под насловом

РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА УПРАВЉАЊЕ ТОКОВИМА ИНДУСТРИЈСКОГ ОТПАДА ЗАСНОВАНОГ НА ФОРМИРАЊУ ЕКО-ИНДУСТРИЈСКИХ МРЕЖА

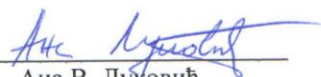
која је одбрањена на Факултету заштите на раду у Нишу, Универзитета у Нишу:

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да ову дисертацију, ни у целини, нити у деловима, нисам пријављивао/ла на другим факултетима, нити универзитетима;
- да нисам повредио/ла ауторска права, нити злоупотребио/ла интелектуалну својину других лица.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци, који су у вези са ауторством и добијањем академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада, и то у каталогу Библиотеке, Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Нишу, као и у публикацијама Универзитета у Нишу.

У Нишу, 24.08.2016

Потпис аутора дисертације:


Ана В. Луковић

**ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ЕЛЕКТРОНСКОГ И ШТАМПАНОГ ОБЛИКА
ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ**

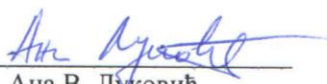
Наслов дисертације:

**РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА УПРАВЉАЊЕ ТОКОВИМА ИНДУСТРИЈСКОГ ОТПАДА
ЗАСНОВАНОГ НА ФОРМИРАЊУ ЕКО-ИНДУСТРИЈСКИХ МРЕЖА**

Изјављујем да је електронски облик моје докторске дисертације, коју сам предао/ла за уношење у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, истоветан штампаном облику.

У Нишу, 24.08.2016.

Потпис аутора дисертације:


Ана В. Луковић

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу унесе моју докторску дисертацију, под насловом:

РАЗВОЈ МОДЕЛА ЗА УПРАВЉАЊЕ ТОКОВИМА ИНДУСТРИЈСКОГ ОТПАДА ЗАСНОВАНОГ НА ФОРМИРАЊУ ЕКО-ИНДУСТРИЈСКИХ МРЕЖА

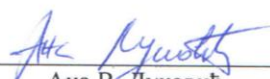
Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском облику, погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију, унету у Дигитални репозиторијум Универзитета у Нишу, могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons), за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прераде (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

У Нишу, 24.08.2016.

Потпис аутора дисертације:


Ана В. Луковић