



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
„МИХАЈЛО ПУПИН“
ЗРЕЊАНИН



**МОДЕЛ ОДРЖИВОГ УПРАВЉАЊА ОТПАДНИМ
МАТЕРИЈАЛИМА КАО ГРАЂЕВИНСКИМ
РЕСУРСОМ У СЕВЕРО-ИСТОЧНОЈ БОСНИ**

**SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT MODEL
AS RESOURCES FOR CONSTRUCTION IN
NORTHEAST BOSNIA**

- ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА -

Кандидат: мр Драган Јевтић

Зрењанин 2015



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ „МИХАЈЛО ПУПИН“ ЗРЕЊАНИН

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:			
Идентификациони број, ИБР:			
Тип документације, ТД:	Монографска публикација		
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани запис		
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација		
Аутор, АУ:	Мр Драган Јевтић		
Ментор, МН:	Проф. др. Милан Павловић		
Наслов рада, НР:	Медел одрживог управљања отпадним материјалима као грађевинским ресурсом у Северо-источној Босни		
Језик публикације, ЈП:	Српски		
Језик извода, ЈИ:	Српски		
Земља публикавања, ЗП:	Република Србија		
Уже географско подручје, УГП:	АП Војводина		
Година, ГО:	2015		
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт		
Место и адреса, МА:	Технички факултет "Михајло Пупин" Зрењанин		
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	11/252/43/125/110/0/0		
Научна област, НО:	Инжињерство заштите животне средине, грађевински материјали		
Научна дисциплина, НД:	Инжињерство заштите животне средине, грађевински материјали		
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Модел, управљање отпадом, грађевинарство, оцењивање животног циклуса, симулација, одржив развој.		
УДК			
Чува се, ЧУ:	Библиотека Техничког факултета "Михајло Пупин" у Зрењанину		
Важна напомена, ВН:			
Извод, ИЗ:	<p>Предмет истраживања је коришћење отпада у Региону Северо-Источне БиХ за потребе грађевинарства. Циљ истраживања је био развој модела за ефективно управљање отпадом са економског и еколошког аспекта.</p> <p>Приказани резултати теоријских и апликативних истраживања указују да се и у условима ограничења економске, технолошке, тржишне и инфраструктурне природе, остварује позитивни утицај система менаџмента отпадом на ниво одрживости и ниво развоја посматраног региона.</p>		
Датум прихватања теме, ДП:	12.06.2012. године		
Датум одбране, ДО:			
Чланови комисије, КО:	Председник:	Проф. др. Карољ Касаш	
	Члан:	Проф. др. Горан Вујић	
	Члан:	Проф. др. Славко Арсовски	
	Члан:	Доц. др. Богдана Вујић	
	Члан:	Проф. др. Мирослав Бешевић	Потпис ментора
	Члан, ментор:	Проф. др. Милан Павловић	



UNIVERSITY OF NOVI SAD
TECHNICAL FACULTY „MIHAJLO PUPIN“ ZRENJANIN

KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printed material
Contents code, CC :	Doctoral dissertation
Author, AU :	Msc Dragan Jevtić
Mentor, MN :	Prof. dr. Pavlović Milan
Title, TI :	Sustainable waste management model as resources for construction in Northeast Bosnia
Language of text, LT :	Serbian
Language of abstract, LA :	Serbian
Country of publication, CP :	Republic of Serbia
Locality of publication, LP :	AP Vojvodina
Publication year, PY :	2015
Publisher, PB :	The autor's reprint
Publication place, PP :	Technical Faculty „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin
Physical description, PD : (chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)	11/252/43/125/110/0/0
Scientific field, SF :	Enviromental engineering, construction
Scientific discipline, SD :	Enviromental engineering, construction
Subject/Key words, S/KW :	Model, waste management, construction, life cycle assessment, simulation, sustainable development
UC	
Holding data, HD :	Library of the Technical Faculty „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin
Note, N :	
Abstract, AB :	<p>The research subject is related to using of waste in region of north-east Bosnia and Hercegovina for purpose of construction. Research and goal was development of model for effective waste management from economic and ecological aspect.</p> <p>Presented theoretical and empirical research results pointed that even condition of constraints of economic, technological, market, and infrastructure nature, using proposed new model are possible to achieve positive impacts of waste management system on level of sustainability and level of development of analyses region.</p>
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	12.06.2012. year
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Prof. dr Karolj Kasaš
	Member: Prof. dr Goran Vujić
	Member: Prof. dr Slavko Arsovski
	Member: Doc. dr Bogdana Vujić
	Mem Prof. dr Miroslav Bešević
Member, Mentor:	Prof. dr Milan Pavlović
	Menthor's sign

РЕЗИМЕ

Предмет истраживања је коришћење отпада у Региону Северо-Источне БиХ за потребе грађевинарства. Циљ истраживања је био развој модела за ефективно управљање отпадом са економског и еколошког аспекта.

Приказани резултати теоријских и апликативних истраживања указују да се и у условима ограничења економске, технолошке, тржишне и инфраструктурне природе, остварује позитивни утицај система менаџмента отпадом на ниво одрживости и ниво развоја посматраног региона.

ABSTRACT

The research subject is related to using of waste in region of north-east Bosnia and Hercegovina for purpose of construction. Research and goal was development of model for effective waste management from economic and ecological aspect.

Presented theoretical and empirical research results pointed that even condition of constraints of economic, technological, market, and infrastructure nature, using proposed new model are possible to achieve positive impacts of waste management system on level of sustainability and level of development of analyses region.

	страна
ЛИСТА СКРАЋЕНИЦА, ОЗНАКА И СТРАНИХ РЕЧИ	iv
1. УВОД.....	1
2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА	6
3. ГЕНЕРИСАЊЕ ОТПАДА У РЕГИОНУ СЕВЕРО-ИСТОЧНЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ.....	20
3.1. Друштвено-економски показатељи региона Босне и Херцеговине	20
3.2. Структура и количина отпада као грађевинског ресурса	29
3.3. Морфологија и количине укупног отпада у региону СИ БиХ	34
4. СТРАТЕГИЈЕ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ У РЕГИОНУ СЕВЕРО-ИСТОЧНЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ	38
4.1. Анализа постојећих модела управљања отпадом у кантонима ФБиХ који су у региону Северо-источне Босне и Херцеговине.....	38
4.2. Управљање отпадом у РСИБиХ у целини	45
4.3. Развој нове стратегије управљања отпадом као грађевинским ресурсом	49
5. АНАЛИЗА РАСПОЛОЖИВИХ РЕСУРСА ЗА РЕЦИКЛАЖУ И ПРОИЗВОДЊУ ДЕЛОВА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ИНДУСТРИЈУ	66
5.1. Анализа људских ресурса.....	66
5.2. Анализа расположивих технологија рециклаже за добијање материјала за грађевинску индустрију	68
5.3. Истраживање рециклажних технологија за добијање ресурса за грађевинску индустрију ..	73
6. АНАЛИЗА МОГУЋНОСТИ ПРОИЗВОДЊЕ ЗАСНОВАНЕ НА РЕЦИКЛИРАНОМ ОТПАДУ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ.....	91
6.1. Развој технолошке стратегије	91
6.2. Примена нових технологија производње у концепту реверзне логистике	93
6.3. Производња делова на бази рециклираног отпада.....	97
7. ПРИМЕНА LCA У УПРАВЉАЊУ ОТПАДОМ ЗА ПОТРЕБЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ИНДУСТРИЈЕ	116
7.1. Основе процесног модела.....	116
7.2. Основе LCA методе	125

7.3. Примена <i>LCA</i> за управљање отпадом за потребе грађевинске индустрије.....	128
7.4. Моделирање утицаја на животну средину	146
8. ФАЗИ ПРИСТУП ОПТИМИЗАЦИЈИ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ.....	160
8.1. Увод.....	160
8.2. Оквир за оцену коришћења рециклата у грађевинској индустрији.....	160
8.3. Моделовање неизвесних података.....	165
8.4. Развијени <i>FAZZY</i> алгоритам	167
8.5. Студија случаја.....	170
9. РАЗВОЈ МОДЕЛА УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ	196
9.1. Анализа постојећих модела.....	196
9.2. Концептуални модел управљања отпадом као грађевинским ресурсом	201
9.3. Модел управљања отпадом као грађевинским ресурсом у Региону	204
10. ОДРЖИВОСТ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ У РЕГИОНУ	217
10.1. Основе модела одрживости управљања отпадом.....	217
11. ЗАКЉУЧЦИ	235
СПИСАК ЛИТЕРАТУРЕ	241

ЛИСТА СКРАЋЕНИЦА, ОЗНАКА И СТРАНИХ РЕЧИ

ABC	Метода класификације резултата по степену утицаја, класификовањем у групу A (до 67% утицаја), групу B (око 28%) и C (око 5%) утицаја
AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>)	Аналитичка хијерархија процеса
ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>)	Статистичка метода анализе варијантсе
APC (<i>Air Pollution Control</i>)	Контрола загађења ваздуха
ARIMA (<i>autoregressive integrated moving average</i>)	Ауторегресивни интегрисани покретни просек
ASTM (<i>American Society for Testing and Materials</i>)	Америчко друштво за испитивање и материјале
BA (<i>Bottom Ash</i>)	Пепео на дну ложишта
BSC (<i>Balanced Score Cards</i>)	Уравнотежене карте успеха
C&D (<i>Construction&Demolition</i>) (<i>engl.</i>)	Изградња и рушење
CDW (<i>Construction and Demolition Waste</i>) (<i>engl.</i>)	Отпад од изградње и рушења објеката
CE	Цена
CORE set (<i>engl.</i>)	Скуп индикатора прописан од стране ЕЕА
<i>cost/benefit</i> (<i>engl.</i>)	Метода за оцењивање варијанте на основу односа трошкова и користи
CPM (<i>Competitive Profile Matrix</i>)	Матрица профила конкуренције
DEA (<i>Data Envelopment Analysis</i>)	Метода анализе података
Delphy method (<i>engl.</i>)	Метода за експертско оцењивање проблема
EB (<i>Environmental Burden</i>)	Утицај на животну средину
EC (<i>European Community</i>)	Европска комисија
EE (<i>Eco-Efficiency</i>) (<i>engl.</i>)	Еко ефикасност
EEA (<i>European Environmental Agency</i>)	Европска агенција за заштиту животне средине
Eir (<i>Employment i.r</i>)	Запошљавање у сектору <i>i</i> у региону <i>r</i>
Ein (<i>Employment i.n</i>)	Запошљавање у сектору <i>i</i> на националном нивоу
ELU (<i>Environmental Load Units</i>)	Јединице оптерећења животне средине
ELV (<i>End of Life Vehicles</i>)	Возила на крају животног циклуса
ELW (<i>European List of Waste</i>)	Европска листа отпада
En (<i>Environment, n</i>)	Укупно запошљавање на националном нивоу (<i>n</i>)

EPD (<i>Environmental Product Declaration</i>)	Декларација производа о еко-утицају
Er (<i>Environment, r</i>)	Укупно запошљавање у региону <i>r</i>
ET	Еко трошкови
FA (<i>Fly Ash</i>)	Летећи пепео
FAHP (<i>Fuzzy AHP</i>)	Расплинути <i>AHP</i>
FGDD (<i>Flue Gas Desulphurisation Gypsum</i>)	Гипс за десумпоризацију изворног материјала
GCI (<i>Global Competitiveness Index</i>)	Индекс глобалне конкурентности
GDP/capita (<i>Gross Domestic Product per capita</i>)	Бруто домаћи производ по становнику
GP (<i>Goal Programming</i>)	Циљно програмирање
GRNN (<i>General Regression Neural Network</i>)	Опште регресивне неуронске мреже
HMA (<i>Hot Mixed Asphalt</i>)	Топли мешани асфалт
HVFA – RAC (<i>High Volume Fly Ash RAC</i>)	<i>RAC</i> са великом запремином летећег пепела
IE (<i>Input-Output</i>)	Интерно-екстерна матрица
IFE (<i>Internal Factor Evolution</i>)	Вредновање интерних фактора
IN	Инвестиције
Joint venture (<i>engl.</i>)	Заједнички подухват
K	Количина
KGO	Количина генерисаног отпада
KM	Конвертибилна марка у <i>BiH</i>
KV	Квалификован радник
KPI (<i>Key Performance Index</i>)	Кључни индекс перформанси
LCA (<i>Life Cycle Assessment</i>)	Оцена животног циклуса
LCC (<i>Life Cycle Costing</i>)	Трошкови животног циклуса
LCI (<i>Life Cycle Inventory</i>)	Инвентар животног циклуса
LCIA (<i>Life Cycle Impact Assessment</i>)	Оцењивање утицаја фаза животног циклуса
LCM (<i>Life Cycle Management</i>)	Управљање животним циклусом
MCA (<i>Multi Criterium Analysis</i>)	Вишекритеријумска анализа
MLP (<i>Multicriteria Linear Programming</i>)	Вишекритеријумско линеарно програмирање
MMIP (<i>Multicriteria Mixed Integer Programming</i>)	Вишекритеријумско мешовито целобројно програмирање
Mtoe	Еквиваленте <i>Mt</i> потрошње енергије
MSA (<i>Multi Sector Analysis</i>)	Вишесекторска анализа
<i>multi input processes (engl.)</i>	Процеси са више улаза
<i>multi output processes (engl.)</i>	Процеси са више излаза

N/A (<i>Not available</i>)	Не постоји податак
NB (<i>Net Benefit</i>) (<i>engl.</i>)	Нето бенефит
NEE	Ниво енергетске ефикасности
NER	Ниво економског развоја државе
NRR	Ниво регионалног развоја
NT	Ниво технологије
NZŽ	Ниво заштите животне средине
OC	Остали трошкови
OUO	Одрживост управљања отпадом као грађевинским ресурсом
Outsourcing (<i>engl.</i>)	Екстерно обезбеђење
PAH (<i>Polycyclic Aromatic Hydrocarbon</i>)	Полиацидни ароматични угљоводоник
PDCA (<i>Plan, Do, Check, Act</i>)	Планирање (Plan), реализација (Do), праћење и контрола (Check) и унапређења (Act)
PET	Полиетилен терефталат
PO	Потрошња
<i>porcelanik</i> (<i>engl.</i>)	Поцелански
PR	Приход
Q	Укупан квалитет
QT	Квалитет/технологија
RAC (<i>Recycling Aggregate Concrete</i>)	Бетон од рециклираних агрегата
<i>recycling</i> (<i>engl.</i>)	Рециклажа
<i>resource</i> (<i>engl.</i>)	Нешто што је на располагању за остварење неке активности
RMC (<i>Rubber Modified Concrete</i>)	Гумом модификован бетон
SETAC (<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>)	SETAC удружење које је прописало LCA методу
SFA (<i>Substance Flow Analysis</i>)	Анализа тока супстанци
SWOT (<i>Strength, Weakness, Opportunity, Threats</i>)	Метода за оцену снага, слабости, могућности и опасности
Target costing (<i>engl.</i>)	Концепт утврђивања циљних трошкова
TDA (<i>Tire Derived Agregate</i>)	Гума после третмана на шредеру у бетону
TE	Трошкови енергије
TI	Трошкови инфраструктуре
TM	Трошкови материјала
TRP	Трошкови рециклаже/производње
TRS	Трошкови радне снаге

TZ	Трошкови земљишта
U	Укупан утицај на животну средину
U/I (<i>Uotput/Input</i>)	Излаз/улаз
Uj	Утицај на животну средину фракције отпада по тонама
UK (<i>United Kingdom</i>)	Велика Британија
UŠ	Уштеда
VCA (<i>Value Chain Analysis</i>) (<i>engl.</i>)	Анализа ланца вредности
VKV	Високо квалификован радник
VOC (<i>Volatile Organic Compounds</i>) (<i>engl.</i>)	Испарљиви органски адитиви
WHO (<i>World Health Organization</i>) (<i>engl.</i>)	Свјетска здрфавствена организација
WRAP (<i>Woste &Resource Action Programme</i>) (<i>engl.</i>)	Програм акција за отпадне материјале и ресурсе
W_{j,t} <i>carbon footprint</i>	Количина фракције отпада у зонама „отисак“ утицаја угљеника на животну средину

1. УВОД

Одрживост људске цивилизације постаје све више предмет бројних истраживања, расправа и контраверзи. Још од чувеног извештаја Римског клуба из 60-тих година двадесетог века (*Mesarović M., Pestel E., 1978*) интензивно се траже решења одрживости у области енергије, материјала за репродукцију, хране итд. Под покровитељством различитих светских организација и асоцијација промовисан је концепт одрживог развоја који садржи више компоненти. Једна од њих је ограниченост материјала за репродукцију, која се делимично умањује ефективним и ефикасним управљањем отпадним материјалима.

Управљање отпадним материјалима насталим у различитим процесима (производња, потрошња, транспорт, грађевинарство, итд.) постоје *sine qua non* опстанка најмање из четири разлога: (1) продужава се век експлоатације рудних и других материјала, (2) смањују се трошкови добијања материјала и девастирање животне средине у овом процесу, (3) ствара се нова индустријска грана – рециклажа, у којој се отварају нова радна места и (4) повећањем рециклабилности отпада смањује се негативан утицај на животну средину. Базирајући се на овим ефектима развијали су се системи за управљање комуналним отпадом, гумом, пластиком, уљем, моторним возилима на крају животног века (*ELV*), итд. (*Rathmann K., 1996*). У многим од ових области развијени су модели ефективне и ефикасне рециклаже, а одговарајуће технологије и резултати њихове промене били су врло импресивни. Излазни резултат процеса рециклаже се даље користио као материјал (нпр. гвожђе у челичанама, *PET* амбалажа за као основа за добијање *PVC*, делови са *ELV* као резервни делови ниже класе, итд.). Интересантно је да је област коришћења отпадног материјала као грађевинског ресурса била релативно запостављена, како са аспекта одрживости, тако и технологија рециклаже, технологија израде производа у грађевинарству, итд. Зато је предмет ове дисертације управо овај аспект, при чему је као регија у којој се ово посматра изабрана Северо-источна Босна и Херцеговина (РСИБиХ) из више разлога, од којих се издвајају:

- (1) велика количина отпадног материјала из више извора (индустрија, грађевинарство, комунални отпад, *ELV*), који се могу користити као грађевински ресурс,
- (2) постоји мрежа регионалних и појединачних општинских отпада,
- (3) подржано је стратегијама локалног економског развоја у овом региону,
- (4) постоје расположиви ресурси за рециклажу, који се могу искористити као језгро за примену нових технологија рециклаже,
- (5) постоји расположива радна снага која, уз додатну обуку, може бити ангажована на одрживом управљању отпадним материјалима као грађевинским ресурсима, и
- (6) постоји развијена предузетничка клима и култура, институционално подржана од стране локалне и централне власти у БиХ.

Све горе наведено је указало на значај проблема истраживања, као и потенцијалне ефекте који проистичу из примене резултата истраживања. На основу ових претходних истраживања постављена је нулта хипотеза:

- **X0 :** У зависности од ресурсних параметара отпадних материјала у Северо-источној Босни и Херцеговини могуће је поставити одрживи управљачки модел њихове економске и еколошке валоризације као грађевинског материјала

Да би се тестирала ова хипотеза у овој дисертацији извршена је анализа релација:

- релација Р1: ниво привредних активности позитивно утиче на количину отпадних материјала.
- релација Р2: интензитет миграционих кретања позитивно утиче на количина отпадних материјала.
- релација Р3: количина отпадних материјала позитивно утиче на одрживост управљања отпадним материјалима.
- релација Р4: количина и врста ресурса (организациони, људски, технолошки) у региону позитивно утиче на генерисање потребних инпута за грађевинарство.
- релација Р5: на основу сталних инпута, развијене стратегије и *cost/benefit* анализе постоји спремност и интерес привредних субјеката за коришћење отпадног материјала у грађевинарству.
- релација Р6: успостављањем модела одрживог управљања отпадним материјалима обезбеђује се економска и еколошка одрживост посматраног региона.

Свака од наведених релација подразумевала је спровођење одговарајућих теоријских и апликативних истраживања, чији су делимични резултати приказани у овој дисертацији. Истраживање ових релација усмерено је ка остваривању општег циља истраживања.

- Ц0: развој модела одрживог управљања отпадним материјалима као грађевинским ресурсом у Северо-источној БиХ и посебних циљева истраживања:
- Ц1: утврђивање количине и морфолошког састава присутних отпадних материјала из комуналног и индустријског сектора,
- Ц2: дефинисање одрживих регионалних технологија за рециклажу доминантних отпадних материјала,
- Ц3: утврђивање могућности примене истражених ресурса отпадних материјала у грађевинарству,
- Ц4: утврђивање економске валидације отпадних материјала у регионалном грађевинском сектору,
- Ц5: развој симулационог модела управљање отпадом за потребе у грађевинарству,
- Ц6: тестирање и верификације предложеног модела,
- Ц7: оцена ефективности активности унапређења у систему за управљање отпадним материјалом, као грађевинским ресурсом у Северо-источној Босни и Херцеговини.

Претходно дефинисана нулта хипотеза, релације и циљеви истраживања захтевали су реализацију истраживања интердисциплинарног и мултидисциплинарног карактера, како теоријска тако и апликативна, као и добру стручну експертизу у предметној области. Ова истраживања су приказана у овој дисертацији у 11 поглавља.

После овог првог поглавља, у другом поглављу извршена је анализа проблема истраживања на основу бројних литературних извора, подељених у три групе:

- (1) Радови објављени у међународним часописима и зборницима радова,
- (2) Радови објављени у домаћим часописима и зборницима са конференција,
- (3) Литература базирана на студијама за потребе локалног одрживог развоја, *Delphy studije* и експертске оцене за одређене класе проблема.

За решавање проблема мултидисциплинарности било је неопходно користити литерарне изворе из области: (1) управљања отпадом, а посебно грађевинским отпадом, (2) *LCA* приступа, (3) стратегијског управљања, (4) управљања квалитетом и заштитом животне средине, (5) управљања иновацијама, (6) регионалног развоја, (7) техника и алата моделирања и симулације сложених динамичких организационих система, (8) локалног и регионалног економског развоја, (9) метода и алата унапређења процеса и система, (10) *Fuzzy ANP* приступа.

Литературни извори су коришћени за сагледавање проблема у предметној области, идентификовање парцијалних решења и анализу ефеката њихове примене. С обзиром да је предмет истраживања у овој дисертацији знатно комплекснији, у другом поглављу је на основу анализе референтне литературе постављен проблем истраживања као мултидисциплинарни и интердисциплинарни. При томе је постојала тежња да проблем и, касније, његово решење добије карактеристике трансдисциплинарности.

У трећем поглављу приказани су резултати анализе морфологије, количине отпада у региону Северо-источне Босне (у даљем тексту Регион), са нагласком на отпадне материјале као грађевинским ресурсом.

Анализирани су: (1) друштвено-економски показатељи овог Региона, (2) структура и количина отпада као грађевинског ресурса у Региону, и (3) морфологија и количине укупног отпада у Региону.

У четвртном поглављу дати су резултати анализе постојећих модела управљања отпадом у региону, као и анализа правне регулативе и стандарда у овој области истраживања. Указано је да не постоји јединствени модел, иако све локалне управе следе исте принципе и легислативу из ове области.

Посебно је указано на проблем примене ових модела у пракси, са нагласком на: (1) анализу постојећих модела у кантонима ФБиХ који су у посматраном Региону, (2) управљање отпадом у Републици Српској и БиХ, и (3) приступу развоју нове стратегије управљања отпадом као грађевинским ресурсом.

У петом поглављу приказани су резултати анализе расположиве инфраструктуре у посматраном Региону. При томе је нагласак на:

- (1) људским ресурсима,
- (2) технологијама и капацитетима за рециклажу отпада и
- (3) логистичким капацитетима.

Свака од ових анализа спроведена је на основу расположивих података из литературе. Треба овом приликом истаћи да не постоје релевантни поуздани подаци за одређене ресурсе, па су за њихово одређивање коришћени инострани извори информација, методе екстраполације трендова и експертског оцењивања. На крају овог поглавља извршена је анализа расположивих стратегија у региону за управљање отпадом као грађевинским ресурсом. На основу приступа *Kaplan-Nortona*, дефинисана је стратегијска мапа као основа за развој модела управљања отпадом. Претходна истраживања послужила су као основа за примену бројних метода и алата, од којих се издвајају: (1) *SWOT* анализа, (2) статистичке методе, (3) *LCA/LCC*, (4) *cost/benefit*, (5) *Delphy metoda*, (6) симулационе методе.

У шестом поглављу извршена је анализа расположивих технологија рециклаже, резултата рециклаже (рециклата) и производа грађевинске индустрије који се могу добити одређеним производним технологијама. Подаци о технологијама и производима су преузети из референтне литературе, често нису комплетни и нису у потпуности применљиви у региону због разлика у друштвено-економском амбијенту. На крају овог поглавља приказани су резултати анализе нивоа примењивости модела на основу тестирања модела у одређеним карактеристичним ситуацијама: (1) примена нових технологија за постојеће производе, (2) примена нових технологија за нове производе, (3) примене пословног и еко ризика, (4) промена елемената инфраструктуре и регулативе.

У седмом поглављу указано је на еко-ефекат управљања отпадом за потребе грађевинске индустрије, применом *LCA* концепте. Најпре је извршена декомпозиција активности у животном циклусу отпада. Декомпозицијом овог процеса идентификовано је осам суб-процеса. Кроз анализу *LCA* методе указано је на њене карактеристике и методологију примене, посебно коришћењем еко-индикатора 99. Извршена је анализа утицаја на животну средину од претходно утврђене укупне количине и морфологија отпада, као и податак о утицају сваке врсте отпада на животну средину и здравље њуди. Кључни део истраживања у овом поглављу односио се на моделирање утицаја на животну средину, за сваки од идентификованих суб-процеса и релативна економска корист за сваки од приступа рециклажи, заснованом на претходно наведеним истраживањима у поглављу 5 и 6. У седмом поглављу такође је анализиран утицај на животну средину. Система управљања отпадом, као грађевинским ресурсом, кроз анализу утицаја процеса овог система, а на основу захтева стандарда *ISO 14040* и референтне литературе из ове области. Утврђен је позитиван утицај система управљања отпадом у Региону на животну средину.

У осмом поглављу коришћен је *Fuzzy* приступ оптимизацији управљања отпадом као грађевинским ресурсима. Користећи основе *Fuzzy* приступа дефинисан је најпре оквир за оцену коришћења рециклата у грађевинској индустрији извршена математичка поставка проблема. У каснијој фази извршено је моделирање неизвесних података и развијен *Fuzzy* алгоритам, из којег је за посматрани регион

утврђена оптимална количина рециклата за различите технологије рециклаже. Технологије рециклаже су рангиране користећи вишекритеријумски поступак. У последњем делу овог поглавља дефинисани су финални производи за потребе грађевинске индустрије и применом методе циљног програмирања, утврђена је оптимална количина производње сваке врсте производа, користећи резултате анализе из поглавља 3, 4, 5 и 6.

У деветом, кључном, поглављу ове дисертацији дате су основне информације о стварању модела, ентитетима и релацијама у моделу, нивоима управљања у моделу и аспектима модела, важним за утврђивање релација у моделу и остварењу циљева на основу тестирања ефикасности модела. При томе су коришћене бројне методе из области моделирања сложених, динамичких и хијерархијски уређених организационих система са стохастичним понашањем на улазу, у систему, и излазу из система. Поред методе концептуалног моделирања, коришћене су статистичке методе подржане софтверским пакетом СПСС в.21, за одређивање средњих вредности и интервала поверења варијабли у моделу, мета динамичке симулације кључних варијабли у моделу, методе моделирања перформанси система управљања уграђених у модел и ефикасности мера унапређења у систему управљања отпадом, као грађевинским ресурсом.

У десетом поглављу приказани су резултати тестирања модела управљања отпадом као грађевинским отпадом, на основу постојећих улазних података. С обзиром да не постоје званични подаци за све варијабле и релације у моделу, коришћени су подаци добијени из литературе, *Delphy* анализе, као и експертског оцењивања. Утврђени су средњи нивои варијабли, релације, оцене статистичке значајности релација, извршена Парето анализа најзначајнијих варијабли на остваривање циљева у моделу. На тај начин је у каснијој фази, применом симулационе технике утврђен потенцијал унапређења ефикасности и ефикасности предложених унапређења.

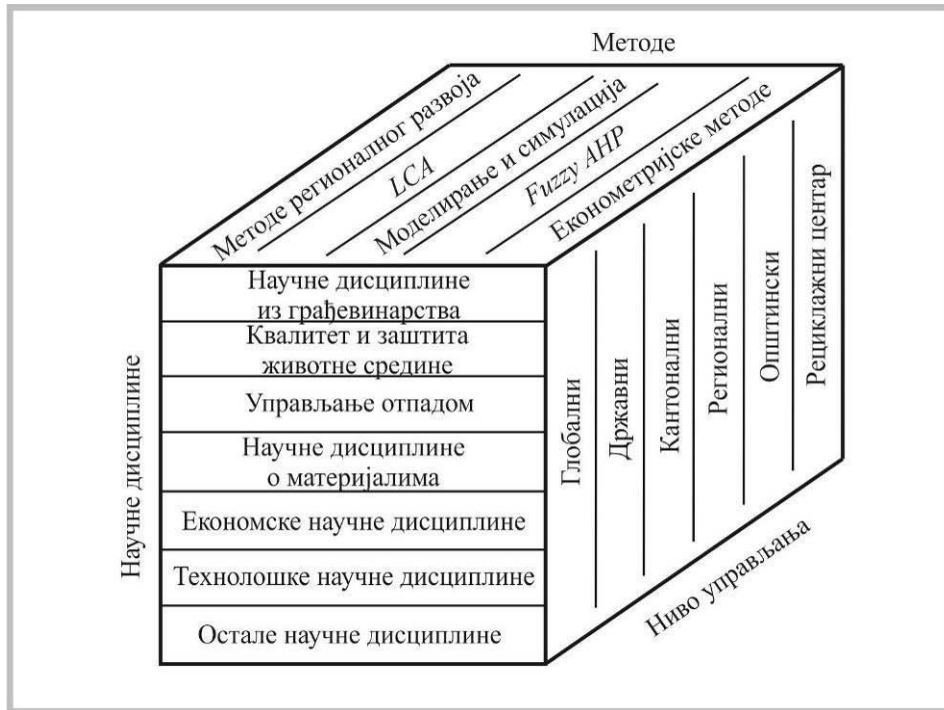
У једанаестом закључном поглављу дата су закључна разматрања и указано је на правце наредних истраживања у развоју модела, а пре свега укључивањем постојећих и других метода, добијање тачних и поузданих улазних података проширење модела у правцу повезивања са моделом одрживог развоја и пословне извршености.

На крају је дат списак литературе са 195 референци.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Основни предмет истраживања је везан за коришћење отпада као грађевинског ресурса. Данас, после више од 20 године појављивања Агенде 21 са утврђеним правцима одрживог развоја, учињени су одређени помаци у економској, технолошкој, друштвеној и области заштите животне средине. Од почетних схватања збрињавања комуналног и индустријског отпада, дошло се до нове парадигме отпада као ресурса за одрживи развој. Томе су допринеле бројне директиве ЕУ, национално и ентитетска легислатива у БиХ. Нажалост, грађевинарство је и даље остало претежно екстрактивно, троши необновљиве изворе енергије и негативно утиче на животну средину. То се мора променити, што је уочено у бројним радовима, који ће се анализирати у овом поглављу, а који су основа за развој новог модела управљања отпадом, као грађевинским ресурсом у Северо-источној БиХ.

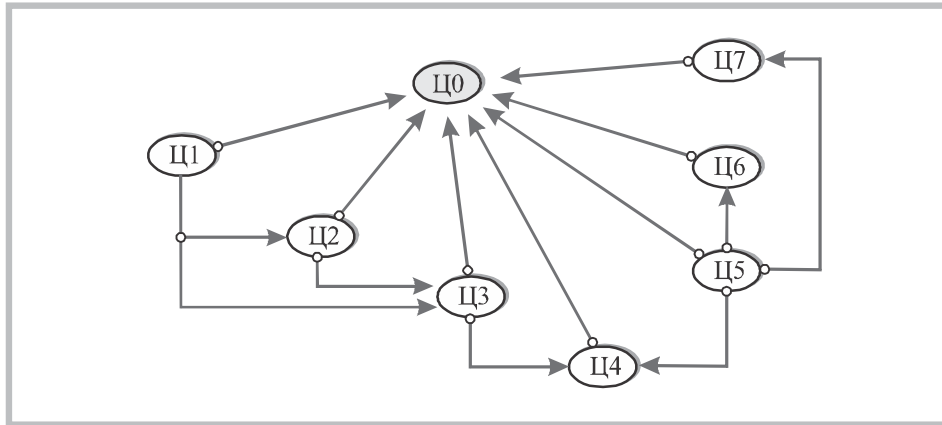
Предмет истраживања је вишедимензионалан јер обухвата различите: (1) научне дисциплине, (2) методе, (3) ниво управљања, итд., што је у тродимензионалном Еуклидовом простору приказано на *слици 2.1*.



Слика 2.1. Простор предмета истраживања

Овако сложен предмет истраживања захтевао је и сложен истраживачки приступ, да би се решили сложени и врло повезани циљеви истраживања наведени у уводном поглављу.

Циљ истраживања је хијерархијски дефинисан помоћу глобалног циља (ЦО – развој модела одрживог управљања отпадним материјалима као грађевинским ресурсима у Северо-источној БиХ) и седам парцијалних циљева истраживања (*слика 2.2*). Овај циљ је остварен развијањем оригиналног модела који је потврђен кроз тестирање суб-модела приказаних у поглављима 7, 8, 9 и 10.



Слика 2.2. Хијерархија циљева истраживања

Сваки од наведених циљева истраживања је реализован кроз предметна истраживања. Поступак и резултати истраживања приказани су у одговарајућим поглављима ове дисертације.

Спроведена је анализа литературних извора, а резултати ове анализе наведени су у овом поглављу, при чему је за потребе даље анализе у наредним поглављима извршена додатна анализа.

Прва група радова обухвата радове објављене на међународним конференцијама, часописима и књигама (студијама, монографијама, приручницима), а везано за аспект **управљања отпадом**.

У студији *Clark K. et al.* (2013) приказани су резултати вредновања материјала после реконструкције улица и путева за коришћење у решавању насипања дна језера и ефекти овог поступка на квалитет и салинитет воде, као и примену хемијског састава воде.

У докторској дисертацији *Bohne R.*, (2005) истраживана је еко-ефикасност и перформансе различитих стратегија у грађевинарству и системи за рециклирање грађевинског отпада. Аутор је, користећи систем инжењерски приступ, развио модел за утврђивање еко-ефикасности и систем за управљање грађевинским отпадом.

Mou Ka-Yan, (2008) је у својој докторској дисертацији анализирао улоге државе и менаџмента управљања грађевинским отпадом у Хонг Конгу. Поред тога, дата је и улога приватног сектора, осталих стејкхолдера, баријере у развоју овог система и правци даљег развоја.

У докторској дисертацији *Cochran K.*, (2006) је анализирао процесе рециклаже у грађевинарству и рушењу објеката. Посебно су анализирани методе, тржишта и ефективност стратегија. За студију случаја за област Флориде утврђени су циљеви, сценарија рециклаже, анализа утицаја, анализа политика и стратегија рециклаже и будућа истраживања.

У раду *Perez N., Gaedicke C., Shahbodaglou F.*, (2014) указано је на могућности коришћења грађевинског отпада (малтера, камена и превлака за терасе) за израду опека високе чврстоће.

У раду *Aidonsis D., et al.* (2013) дате су основе система за подршку одлучивању, базираном на веб-алатима, за менаџмент отпадом који су настали после реализације активности у грађевинарству. У приложеној студији случаја за ширу област Солуна у Грчкој извршена је симулација трошкова менаџмента овим системом у функцији количине отпада. Са доминантним учешћем шљунка, симулирани су трошкови при повраћају количине отпадног материјала на улазу у систем рециклаже.

У раду *de Brito J., Robles R.*, (2010) приказани су резултати методологије рециклирања агрегата за одређивање његових дугорочних својстава. Применом ове методологије аутори су доказали дугорочне перформансе рециклираних агрегата у поређењу са одговарајућим конвенцијалним материјалом.

Saez P., et. al. (2014) извршили су анализу стварања грађевинског отпада за време изградње резиденцијалних зграда. Кроз податке о учешћу сваке категорије отпада (песак, камен, опека, дрво, пластика, малтер, стакло, метал, асфалт и остало) указали су да се у различитим пројектима удео *CDW (Construction and Demolition Waste)* креће у распону 0%-40(50)% утрошеног материјала. Овај распон је измерен и код реализације различитих грађевинских активности (бетонски радови и друге активности укључујући завршне радове). Ако се посматра временска димензија грађевинских пројеката однос *CDW* и површине објекта има облик логистичке криве са максимумом на крају пројекта.

Zhao W., Leeftink R., Ratter V., (2010) анализирали су економску могућност рециклирања грађевинског отпада у Кини, на студији случаја за град *Changqing*. Студија изводљивости је базирана на: (1) количини генерисаног грађевинског отпада, (2) анализи тржишта рециклираних материјала, (3) трошковима опреме за рециклажу и (4) анализи инвестиција у нова постројења за рециклажу. На основу фактора који утичу на рециклажу грађевинског отпада (број становника, природни ресурси, ниво индустријализације, постојећи ниво рециклаже) утврдили су потребе за грађевинским ресурсима из поступка рециклаже и јединичне трошкове рециклаже. Применом различитих метода за инвестирање у рециклажним центрима, утврдили су различите сценарије и ефекте инвестирања у фиксним и мобилним рециклажним центрима.

Chong W., i Hermreck C., (2010) анализирали су аспект утрошене енергије за транспорт и технички аспект рециклаже грађевинског отпада. Полазећи од стандардног *LCA* модела дефинисали су методу за одређивање оптималне транспортне путање до рециклажног центра и одрживост оптималних решења рециклаже.

Duran X., Lenihan H., O Regan B., (2006) у свом раду су презентovali модел за оцењивање економске оправданости рециклаже *C&D* отпада, на примеру Ирске. Кроз анализу три сценарија рециклажних центара (Даблин, Лимерик и мобилни рециклажни центар), применом предложеног модела, утврђене су уштеде, које су биле највеће код мобилних рециклажних центара који сервисирају отпад у малим урбаним областима Ирске.

У раду *Zhao W., Ren H. i Rotter V.*, (2011) приказан је динамички модел за вредновање алтернативних типова рециклажних центара за *C&D* отпад, на примеру града *Chongqing* у Кини. Полазећи од концепта системске динамике *Jay Forrester* из 60-тих година аутори су дефинисали модел менаџмента *C&D* отпадом, релације у моделу и симулационе резултате трошкова рециклаже.

Yuan F., Shen L. u Li Q., (2011) су разматрали различите могућности рециклаже *C&D* отпада и дефинисали модел за анализу материјала за грађевинство. При томе су посебно анализирали модел са отвореном и модел са затвореном спрегом, као и индикаторе рециклаже (економске, друштвене, еколошке) у производњу бетона на „класичан“ начин и применом рециклираних материјала.

У раду *Huang W. et al.*, (2002) аутори су анализирали *C&D* отпад као основу за процес механичког сортирања. Доказали су да у Тајвану у условима релативно стабилног тржишта секундарних сировина и постојања одговарајуће инфраструктуре, постоје економски разлози за примену истог.

Аутори *Tam V. u Tam C.*, (2006) су дали преглед технологија за рециклажу грађевинског отпада, укључујући асфалт, опеку, бетон, феро метале, стакло, камен, остали метали, стакло, папир и картон, пластику и дрвена грађа. Указали су да досадашња пракса потврђује потребу за коришћењем рециклираних материјала у грађевинарству.

Предмет изучавања у раду аутора *Liu J. u Wang Y.*, (2013) је анализа трошкова менаџмента *R&D* отпадом. На примеру једне студије случаја из Кине утврдили су да су трошкови по једној тони одлагања у односу 87,91:76,33:27,29. Први износ се односи на трошкове одлагања, други трошкове рециклаже, а трећи трошкове поновног коришћења, а исказани су у јуанима (1\$=6,12 јуана).

У раду *Kadir A., Mohajerani A.*, (2011) аутори су анализирали примену различитих отпадних материјала за производњу опеке, њихова физичка и хемијска својства.

У књизи аутора *Mohamad M.*, (2008) анализирани су различити аспекти примене конкурентног инжењерства за остваривање одрживог управљања грађевинским отпадом, на примеру Малезије.

Аутори *Nunes K., Mahler C., Valle u Neves C.*, (2007) анализирали су проблем вредновања инвестиција у рециклажне центре за *C&D* отпад из Бразилских општина. Утврдили су да у већини општина постоје негативни ефект, што је супротно код приватних рециклажних центара.

Група аутора *Sabai M., et al.*, (2013) анализирали су проблем производње бетона од *C&D* отпада у Танзанији. С обзиром да бетон од 100% рециклата је слабији од конвенционалног, а око 85% тестираних бетонских блокова има отпорност на притисак 7 N/mm², што је минимум за примену у Танзанији, исти се могу користити у комбинацији са агрегатима.

Marzouk M., Azab S., (2014) су анализирали проблем оцене еколошког и економског утицаја одлагања *C&D* отпада применом система динамичког приступа. Дефинисали су варијабле у моделу и на основу дијаграма токова између залиха и система утврдили укупне користи од рециклаже *C&D* отпада.

У раду *Ding T., Xiao J.*, (2014) дата је методологија одређивања отпада везаног за *C&D* активности у Шангају, као и поређење количина отпада по глави становника за USA, EU, Немачку, UK, Аустралију, Јапан, Флориду, Хонг-Конг и Шангај. Вредност индекса (kg/становник се крећу од 400 за Аустралију, до 850 за Шангај).

Nasrullah M., et al., (2014) су анализирали *C&D* отпад за производњу енергије од отпадног папира и картона, дрва, пластике, текстила и гуме. Утврдили су да се 74% материјала може искористити, 16% материјала се одбија за коришћење, а преосталих 10% чини фина и тешка фракција.

У мастер тези аутор *Jarman D.*, (1999) је анализирао развој трошковно ефикасног *C&D* менаџмент плана. Утврдио је да оцена оправданости зависи од пројекта.

У студији *Birgisdattir H.*, (2005) приказан је модел оцене животног циклуса код израде улица и коришћење остатка од сагоревања отпада. За друга два сценарија дате су упоредне оцене екотоксичности и потрошња ресурса за ова два сценарија, као и поређење четири других сценарија у односу на постојеће путеве.

У раду *Frakin M., Beachey J.*, (1998) дата је карактеризација ломљеног *C&D* отпада у USA. Стопа рециклаже је била у интервалу 37%-77% (у држави *Massachusetts*).

Ochi T., Okubo S. u Fukui K., (2007) анализирали су развој рециклираних ПЕТ влакана и примене за израду бетона. На два примера они су утврдили да у случају мешања 3% ПЕТ влакана, која су претходно била третирана термички и механички да би се добили монофиламенти, остварују се позитивни ефекти.

У раду *Marzouk O. Y., Dheilily R. M., Queneudec M.*, (2007) аутори су приказали резултате валоризације примене отпадне пластике као субституата за песак од 2-100%. Резултати испитивања указују да се самлевене ПЕТ боце у мале делове могу успешно користити као замена песка у цементном бетону.

Ismail Z., Al-Hashmi E., (2008) су такође анализирали коришћење отпадне пластике као замену агрегата за бетон. Анализа је показала да слегање бетона је било смањено са повећањем концентрата пластике од 7,5 cm без пластике на 2 cm код 10% пластике у бетону. При томе је густина опала са 2470 kg/m³ на 2350 kg/m³, а јачина на савијање је смањена са 4 МПа на око 3,5 Мпа.

У раду *Moyano P., Agudo A., Santiago M.*, (2011) аутори су развили методологију за класификацију и квантификацију грађевинског отпада. У приказаној методолошкој шеми дефинисани су циљеви у три нивоа и методолошки кораци за сваки од њих. Ова методологија је успешно тестирана на примеру модел објекта у Севиљи.

Juan A., et all., (2008) анализирали су право коришћења керамичког отпада у грађевинарству. Утврдили су да примена рециклираних керамичких материјала нема негативног утицаја на хидратацију бетона и стога се може посматрати као неутралан материјал.

Проблем коришћења рециклираних и отпадних материјала за различите примере у грађевинарству анализирали су *Bolden J., Abu-Lebdeh T., u Fini E.*, (2013). Утврдили су да доминира примена рециклираног бетона (54%), а знатно мање пепела (20%), шљаке (11%) итд.

У прегледном раду *Safiudin M., et all* (2010) указано је на изворе материјала као грађевинског ресурса. Посебно су анализирани утицаји рециклаже отпада на животне средину.

Bossink B. i Brouwers H., (1996) су извршили квантификацију и евалуацију извора за грађевински отпад. Такође, на примеру Холандије утврдили су учешће појединих врста грађевинског отпада и коресподентне трошкове, као и доминантне узроке генерисања грађевинског отпада.

Serdar M., Baričević A., Lakušić S. ui Bjegović D., (2013) анализирали су примену рециклиране гуме за израду бетонских производа. За одређене иновативно

конципиране производе (са текстилним влакнима, бетонске баријере буке, производи са челичним) приказали су карактеристике бетона.

Коришћење полиетилена из отпадног материјала, као модификатора за битумен за израду асфалта, дато је у раду *Hinislioglu S., Agar E.*, (2014). Утврдили су да ова врста битумена има већу отпорност на перманентне деформације, уз бољу заштиту животне средине.

De Mello D., Pezzin S. u Amico S., (2009) су анализирали ефекат истрошених ПЕТ остатака на перформансе флексибилних полиуретанских пена. Утврдили су да су на овај начин добијене пене имају боље механичке карактеристике.

У раду *Chai Y. et al.*, (2009) приказане су карактеристике малтера и бетона који садрже рециклате од ТТ боца. Утврдили су да карактеристике ових производа зависе од процента рециклата и да опадају са повећањем овог процента.

Choi Y. et al., (2005) су анализирали ефекте примене отпадних ПЕТ боца на својства бетона и утврдила да механичке карактеристике бетона опадају са порастом учешћа овог рециклата (око 21%).

Akcaozoglu S., Atis C. u Akcaozoglu K., (2010) анализирали су коришћење отпадних ПЕТ боца за лаки бетон које се користе да се смањи његова тежина. Јачина на притисак за различите комбинације примене рециклате варира је од 26,8-31,1 МПа, а порозност од 23,7-25,7%.

Atahan A. i Sevim U., (2008) на основу тестирања упоредили су карактеристике бетонских баријера добијених од отпадне гуме. Анализом резултата статичких и динамичких карактеристика бетона закључили су да се смањују отпорност на притисак и модул еластичности у односу на класични поступак, али динамичке карактеристике су повољније за 20-40% са гумом у бетону.

У раду аутори *Yesilata B., Isiker Y. u Turgut P.*, (2009) анализирали су унапређење термичких карактеристика бетона применом ПЕТ и гумених рециклата. Утврдили су да се пажљивим избором рециклата могу побољшати губици топлоте и побољшати термичке карактеристике бетона.

Tam V., Tam C. u Wang Y., (2007) су у раду приказали резултате оптимизације учешћа рециклата у бетону коришћењем двостепеног приступа. Оптимизација је извршена коришћењем GRNN (*General Regression Neural Networks*). Утврђен је оптимум модула еластичности, јачине на савијање и јачине на притисак, уколико је проценат рециклата у границама 25-40%.

Siddique R., Khatib J. u Kaur I., (2008) су у овом прегледном раду анализирали коришћење рециклиране пластике у бетону. Поред механичких својстава, анализирани су и ефекти примене пластике у бетону са аспекта израде, отпорности за различите услове примене, пермеабилности и отпорности на абразију.

У раду *Cochran K., et al.*, (2007) аутори су на примену Флориде анализирали генерисање C&D отпада и његову структуру. Највећи удео чини бетон (56%), а затим дрво (13%), срушени зидови (11%), мешовити отпад (8%), асфалт (7%), метал (3%), картонске плоче (1%) и пластика (1%).

Morselli L., Santini A., Passarini F. i Vassura I., (2010) анализирали су остатак после шрединга аутомобила (ASR) као рециклата. Ситне честице су доминантне (45%), а следе гума (18%), тврда пластика (15%), текстил (9%), што за тежину ELV од око

10 милиона тона годишње у Европи чини велики потенцијал за коришћење, као грађевински ресурс.

У раду *Lin K., Chang W., Lin D.*, (2008) анализирани су хидрауличне карактеристике шљаке добијене сагоревањем комуналног чврстог отпада, а на бази пепела. Указано је да се отпадни пепео може користити као замена за цемент и то у износу 10% и 20%.

Lee H., Kim H. u Hwang E., (2010) су анализирали коришћење пепела из енергетских постројења као агрегата за бетон. Утврдили су да је примена пепела оправдана како са аспекта отпорности на притисак, тако и боље заштите животне средине.

Hall M. i Livingston W., (2002) су анализирали квалитет летећег пепела као ресурса за развој нових производа. Највећа примена је била у производњи цемента (око 10%), а затим бетона (око 15%).

У раду *Jevtić D., Zakić D., Savić A.*, (2012) анализиран је утицај рециклаже чврстог отпадног материјала на одрживост бетона. Утврдили су да је јачина на истезање већа код рециклираног бетона у односу на референтни.

Guide V.P., Wassenhore L. (2009) анализирали су ланце снабдевања са повратном спрегом, што је услов за ефикасан систем рециклаже.

Kamala R. i Rao K., (2012) утврдили су да коришћењем отпадних плочица и црепа у износу од 50% улазног материјала утиче на смањење отпорности бетона, а до износа од 40% показује се позитиван утицај.

У раду *Trifunović P. et al.* (2014) је разматрана улога отпадног материјала (гипс, пепео) у грађевинарству.

Xi Y., Li Y., Xie Z. u Lee J., (2004) анализирали су коришћење чврстог отпада (делова од стакла и гуме) као агрегата за бетон. Први материјал после млевања се може користити у производњи цемента, а други као агрегат бетона у две варијанте: (1) гумом модификован бетон (*RMC – Rubber Modified Concrete*) и (2) бетон на бази сумпора и гуме. Док је у првом случају губитак чврстоће минималан а жилавост повећана третирањем гуме агенсима, у другом случају делови гуме се мешају у сумпорном бетону, а делимични процес вулканизације гуме и врућег сумпора повећава чврстоћу.

Влада Аустралије, *Department of Sustainability, Water, Population and Communities* на основу дугогодишњег искуства издали су водич за *C&D* отпад (2012). За потребе ове дисертације истичу се материјали који се могу добити из отпада, а пре свега опеке и бетона, асфалта, метода, дрвне грађе, пластике, пластичних плоча, камена, земље и песка. Такође, истакнуте су покретачи и користи од рециклаже.

У студији аутора *An J. et al.* (2014) извршено је вредновање пепела из постројења за сагоревање комуналног отпада, као материјала за изградњу путева. На основу физичких и хемијских карактеристика различитих типова пепела анализиран је њихов утицај на производњу цемента. Поред летећег пепела, анализиран је и пепео као остатак сагоревања за производњу топлог асфалта. Извршена је оптимизација модела пепела у оба случају примене пепела.

У студији *Bressi G., Volpe G., Pavesi E.*, (2011) анализирани су производња рециклираних агрегата из инертног отпада. Поред начина третирања *C&D* отпада,

указано је на рециклиране агрегате, са нагласком на тржиште агрегата, као и препоруке у вези са тим.

У студији Енглеске владе (2006) приказан је развијени стратегијски приступ за грађевински отпад посебно су истакнуте стратегије, циљеви за 20-то годишњу стратегију у овој области.

Финални извештај (студија) са пројекта у вези отпада од изградње, рушења и индустријских процеса у Минесоти (2007) указала је на велики број и сложеност овог подухвата коришћења отпада за потребе грађевинске индустрије. За сваку врсту отпада извршена је анализа, оцена тржишта и потребна инфраструктура подршке за примену у грађевинству.

Dolan P., Lampo R. и Deaborn J., (1999) у студији за *US Army Corps* дефинисали су концепте за поновно коришћење и рециклажу *C&D* отпада. За сваку врсту грађевинског материјала дефинисали су потребне карактеристике, потребне количине, потенцијал за рециклажу, количина материјала, решења, итд.

У студији ЕПА (2005) анализирао је коришћење угљеног пепела за производњу путева. Утврђено је да са порастом времена коришћења чврстоћа пута или моста постаје већа него код произведене само од цемента.

Conn R., Sellakumar и Bland A., (1999) анализирали су коришћење летећег пепела за примену у грађевинарству. На основу анализе физичких и хемијских својстава пепела, утврдили су могућности примене за производњу цемента као подлоге за путеве, агрегата за производњу бетонских производа, као и стабилизација земљишта.

Castaldelli V., et al. (2013) анализирали су коришћење пепела за производњу алкално активираних материјала. На основу хемијске и минералне карактеристике *BFS* и *SCBA* пепела извршена су упоредна испитивања три врсте малтера. Утврђен је пораст вредности отпорности на притисак и мања електрична проводљивост, а приближно једнака отпорност на савијање, уз смањење порозности.

У студији Европске комисије (2011) која је настала као резултат пројекта, *BIO Intelligence Service* је развио методологију за квантификацију отпада за потребе грађевинарства ЕУ. После прегледа различитих врста отпада по земљама чланица и ЕУ у целини, дефинисане су технике обнављање (енгл. *рецоверу*) и студије случајева за опасан отпад за Немачку, Фландијске земље, Шпанију, Финску и Мађарску.

У раду аутора *Jain M.*, (2012) је анализирани су економски аспекти грађевинског отпадног материјала у погледу уштеда трошкова, на примеру грађевинске индустрије у Индији. Дефинисани су узроци проблема, релевантност за економску теорију и стратегија за умањење проблема.

У приручнику аутора *Ramme B. и Tharaniyil M.*, (2000) анализирали су различити аспекти коришћења производа (продуката) сагоревања угља. Посебно су анализиране примене летећег и остатака пепела од сагоревања и препоруке за рециклирање ХМА плочника и стаза.

У *Nordic Inovation Report 2014* аутора *Wahlstrom M. et al* дата је анализа грађевинских производа и материјала са аспекта екоодрживости. После анализе утицаја на животну средину приказане су могућности коришћења рециклираних материјала са аспекта еко-захтева (*EPD –Environmental Product Declaration*), посебно из угла токсичности и оцене животног века (*LCA – Life Cycle Assessment*).

У раду *Sandler K.*, (2003) анализирана је рециклабилност *C&D* отпада. Препоручена је примена зидова на бази гипса и папира.

Rathmann K., (1996) је анализирао проблем рециклаже и поновног коришћења отпадног материјала за потребе грађевинарства. Посебно је издвојио превенцију стварања отпада, рециклажу *C&D* отпада, поновно коришћење грађевинских елемената и дизајна производа са аспекта обнављања (рециклаже).

У студији *UEPG* (2006) анализирано је коришћење агрегата од *C&D* отпада и анализирана њихова профитабилност. Европски просек је износио око 7t агрегата/становнику, утврђен је распоред по земљама ЕУ. Производња рециклираних агрегата је била око 0,4 (1,2-0)%, тј. од 60 милиона тона (УК) до Португала (0 тона). Посебно је важан податак о рециклажи израженој у t/km² (500-0) и средњој густини (број становника по km²), која је износила од 400-0.

У студији *ACRR*, *Hannequart J. P.*, (2004) приказани су резултати добре праксе рециклаже отпадне пластике, као водича за локалне и регионалне ауторитете. Извршена је *LCA* студија рециклаже пластике и идентификација полимера и њихове примене.

Holubka M., *Salaiova B.*, (2013) су указали на могућности примене отпадне гуме у подлози за изградњу путева.

Bjegović et al (2013), су указали на примену отпада из *R&D* за грађевинску индустрију. Сличне поступке се могу наћи у радовима *Hendriks C.*, *Janssen* (2011), *Moriconi G.* (2006), *Jeffrey C.* (2011), *Huang W. et al* (2002), *Ackerman F.* (2011), и извештаји Европске комисије (1999).

Ganiror T., (2013) анализирао је примену летећег пепела при изради путева, *Keoleian G.* и група аутора (2001) анализирали су трошкове животног циклуса енергије за унапређење породичне зграде, а *Bai Y.* и група аутора (2005) чврстоћу и слегање бетона са додатком пепела из ложишта.

Други аспект проблема истраживања односи се на улазе у пословање, кризу, па чак и хаос у којима треба опстати и развити се. Референце из ове области односе се на **стратегијско управљање**, од којих се одвајају следеће референце:

Thompson A., *Strickland A.*, (2003), *Burgelman R.*, *Cristensen C.*, *Wheelwright C.*, (2009), *Robbins S.*, *Coulter M.*, (2012), *Kaplan R.*, *Norton D.*, (2004), *Kaplan R.*, *Norton D.*, (1996) и *Kotter P.*, *Lee N.*, (2009).

У књизи *Thomson A.*, *Strickland A.* (2003) анализиран је концепт стратегијског управљања. За потребе ове дисертације посебно је анализирана *SWOT* анализа.

Burgelman R., *Cristensen C.*, *Wheelwright C.* (2009) су разматрали стратегијски приступ менаџменту технологијама и иновацијама. То је била полазна основа за анализу технологија и иновационих активности у овој дисертацији, везано за рециклажу и између производа за потребе грађевинске индустрије.

Robbins S., *Coulter M.* (2012) су дефинисали менаџмент на шири рачун, што је омогућило да у овој дисертацији дефинише концепт управљања отпадом за потребе грађевинске индустрије.

Kaplan R., *Norton D.*, (2004) у својој врло цитираној књизи поставили су концепт стратегијског управљања. Дефинисали су стратегијску мапу са четири перспективе (1-развоја и учења, 2-интерне, 3-перспективе купца и 4- финансијске)

и дефинисали везе између њих, што је коришћено за развој стратегије управљања отпадом.

Исти аутори (1996) развили су *BCS* метод као алат за управљање перформансама пословних ентитета. На основу њихових поставки дефинисана је метрика циљева и перформанси у предложеном моделу.

Kotter P., Lee N. (2009) дефинисали су концепт друштвено одговорних пословања, чији су елементи укључени у предложене моделе.

Трећи аспект проблема истраживања односи се на *upravljanje kvalitetom i zaštitom životne sredine*. *Harris J.*, (2006), је размотрио економију животне средине и производних ресурса. За потребе ове дисертације искоришћен је еко-приступ и елементи еко-ефикасности.

Evans J., (2011), је усвојио познату књизи указао на организационе и стратегијске аспекте квалитета. За потребе ове дисертације анализирани су захтеви стејкхолдера и њихово претварање у концепт производа/услуга.

Summers D., (2009) је посебно анализирао одрживу ефективност организације, што је посебно важно за рециклажне центре и произвођаче за или у оквиру грађевинске индустрије.

Monden Y., (1995) развио је систем за смањење трошкова, укључујући циљне трошкове (енгл. *target costing*) и стално смањивање трошкова (енгл. *kaizen costing*), што је искоришћено за избор оптималне стратегије рециклаже са аспекта трошкова.

Juran J., (1997) је један од гуруа квалитета, који је, у овој незаобилазној књизи из области квалитета, указао на значај процеса обликовања производа са аспекта квалитета, тј. испуњења захтева стејкхолдера.

Bogetić Z., (2007) је анализирао концепт менаџмент категорије производа. За потребе ове дисертације посебно су интересантни производи у области грађевинске индустрије, добијени рециклажом отпада.

Arsovski S. et al (2014) анализирали су развој и примену интегрисаних система менаџмента, у оквиру којих су и системи за управљање заштитом животне средине и безбедности производа, што је укључено у конципирање новог модела рециклаже за потребе грађевинске индустрије.

Pavlović M. (2008) је посебно нагласио проблем рециклаже и инверзне логистике у систему управљању отпадом, ради ефективног интегрисања система менаџмента.

У области **управљања иновацијама** за потребе ове дисертације коришћени су радови *Druckera, Swamidass, Lambić, Higley et al* и *Bruton et al*.

Drucker P., (1996), је у овој својој чувеној књизи указао на утицај иновација на предузетништво и *vice versa*. За потребе ове дисертације значајно је мишљење овог гуруа менаџмента о значају ове релације, која је важна, како за индивидуалне (мале) предузетнике, тако и веће, укључујући и јавни сектор и јавно-приватно партнерство.

Swamidass P., (2000) је разматрао различите типове иновација у конкретним производним предузећима. При томе је значајно разликовање иновација технологија и иновација производа, са постојећим и новим технологијама.

Lambić M., (1996) је посебно анализирао иновационе процесе у инжењерству и њихов утицај на развој предузећа. То је применљиво у области рециклаже, посебно у делу развоја нових технологија и нових производа за потребе грађевинске индустрије.

Higley P., Nicolas M., (2006) анализирали су различите приступе предвиђања иновација. Посебно су указали на значај временских серија и примене статистичких метода и алата, као и технологија и изградње капацитета за остваривање конкурентне предности.

Bruton G., White M., (2011) су анализирали различите аспекте стратегијског менаџмента технологијама и иновацијама. Указали су на значај стратегијске перспективе у овој области, како интерне тако и екстерне стратегије. За потребе ове дисертације посебно су значајна разматрања процеса планирања ради обезбеђивања технологија, имплементације, вредновања и контроле примењене технологије. На крају, треба истаћи и разматрања менаџмента портфолиом.

Следећа група референци односи се на *regionalni razvoj*. *Atkinson G., Dietz S., Neumayer E., (2007)* указали су на различите аспекте одрживог развоја, пре свега на регионалном нивоу. Посебно је значајна анализа релације одрживог развоја и заштита животне средине.

Stimson R., Stough R., Roberts B., (2006) разматрали су различите аспекте регионалног економског развоја. Посебно су анализирани различити елементи стратегије, који су коришћени у овој дисертацији симулационог модела.

Parkin S., (2010) је анализирао улогу лидерства у остваривању потребне одрживости на регионалном нивоу. Посебно је анализирана позитивна улога, изражена преко визије одрживости и подстицања следбеника да је креативно примењују.

На основу принципа, информација и препорука из ове литературе, применом техника и алата моделирања дефинисани су **динамички модели**, погодни за управљање системом рециклаже отпада као грађевинског ресурса и то у условима кризе. То је приказано у поглављима 7, 8, 9 и 10.

Sterman J., (2000) је, у овој незаобилазној књизи из области моделирања сложених система, приказао различите аспекте примене системског мишљења и моделирања. На тим поставкама је развијен модел управљања отпадом, приказан у овој дисертацији.

Ross S., (2006) је разматрао симулацију као алат за решавање сложених проблема у пракси.

Albright C., Zappe C., Winston W., (2011) су повезали аспекте анализе података, оптимизације, симулације, кроз концепт моделирања. Кроз бројне примере приближили су схватање овог сложеног проблема.

Chung C., (2003) је, базирајући се на општој теорији развоја симулационог модела дао практичне примене, подржане одговарајућим софтверским алатима.

Deming E., (1996) је указао на сталну кризу и различите аспекте квалитета који могу помоћи да се брже преброди криза. У 3. поглављу под насловом “Болести и препреке” посебно истиче значај знања и користи мисао пророка Исаије: “изгибе мој народ, јер је без знања”. Отвореност за полемику, мноштво могућих

алтернатива и усредсређеност на узроке, корисно су послужили при изради ове дисертације.

Peters T., (1996) је у овом приручнику за “револуцију менаџмента” посебно истражио аспект стремљења ка бржим иновацијама и начин како да се заволи промена.

Kotler P., Caslione J., (2009) анализирали су различите приступе менаџмента у турбулентном окруењу. За потребе ове дисертације коришћени су модел хаотике и обликовање флексибилних управљачких система.

Khalil T., Lefebore L., Mason R., (2001) су поставили основе менаџмента технологијама као нове дисциплине која треба да омогући просперитет у трећем миленијуму.

Анализа постојеће ситуације у Северо-источној БиХ (СИ БиХ) завршена је на основу великог броја студија локалног и регионалног економског развоја, као и радова из домаће литературе. Издвајају се референце из области **локалног и регионалног економског развоја** и то:

- План управљања грађевинским отпадом у Кантону Сарајево, (2008), Кантон, Сарајево
- План управљања отпада општине Лукавац за период 2012-2018, (2012), МДП Иницијативе, Центар за менаџмент, развој и планирање, Добој
- Рјешење проблема комуналног чврстог отпада у општинама Сјеверно-источне Босне и Херцеговине, (2006), Европски пројекат, Но. 205/113-549, Зворник
- *Hadžiefendić A.*, (2010), Интервенције за побољшање актуелног система управљања отпадом, Тузла
- *Hrasnica M., et all* (2009), Смернице за збрињавање грађевинског отпада, Федерално министарство просторног уређења, Сарајево
- План управљања отпадом општине Челић за период 2011-2016, (2011), Челић
- www.populari.org, Извештај о смећу: право лице борбе за власт у Босни и Херцеговини, *Policy Brief*, (2012)
- Студија о утицају на животну средину пројекта санитарне депоније за општину Зворник на локацији, „Црни Врх – Сјевер“, (2008), Институт за грађевинарство „ИГ“, Бања Лука
- Преглед стања околиша: Босна и Херцеговина, (2011), Уједињени нереди, Њујорк и Женева, Економска Комисија UN за Европу
- Акциони план енергетски одрживог развоја општине Тузла (СЕАП), (2011), Тузла Сјевероистична Босна: Социо – економски показатељи, (2004), Тузла
- Социоекономски преглед и SWOT анализа економске регије „Сјевероистична БиХ“, (2004), *NERDA – North East Regional Development Association*, 1. Део
- Локални план управљања отпадом општине Бијељина, (2011), Службени гласник Општине Бијељина 25/2011

- Федерални план управљања отпадом 2012-2017, (2011), Федерално министарство околиша и туризма, Сарајево
- Извештај невладиних организација о процесу изградње регионалних санитарних депонија у БиХ, (2006), ИЦВА – Иницијатива и цивилна акција, Сарајево
- Zelenić-Vasiljević T.*, (2011), Примена ГИС-а аналитичко хијерархијског процеса и фази логике при избору локација регионалних депонија и трансфер станица, Докторска дисертација, Факултет техничких наука, Нови Сад

Резултати ових истраживања приказани су у поглављу 3.

Следећи аспекти проблема истраживања односио се на погодне методе, технике и алата. Посебно су анализирани: 1) **методе и алати унапређења**, 2) **Fuzzy АНР и 3) методе симулације**. У погледу: (1) метода и алата унапређења који су описани су у поглављима, посебно су коришћени радови аутора: *Borrer C.*, (2008), *Rendell E.*, *Mc Ginty K.*, (2004), *Stapenhurst T.*, (2009), (2) за примену *Fuzzy АНР* коришћени су радови који су детаљније анализирани у поглављу 8, уз пратећи текст. То су радови аутора: *Klir J. G.*, and *Folger A. T.*, (1988), *Kahraman C.*, (2008), *Aleksić, A.*, *Stefanović, M.*, *S. Arsovski*, and *D. Tadić.* (2013), *Chang, D.*, *Y.*, (1996), *Chan, S.T.F.*, *Kumar, N.* (2007), *Галовић, Д.* (1999), *Heimsoth, Jörg* (2000), *Kaluza, B.*, (1998), *Kaluza, B.*, *Pasckert, A.* (1997), *Kaya, T.*, *Kahraman, C.* (2011), *Kelemenis, A.*, *Askounis, D.*, (2010), *Klir, G.J.*, *Folger, T.*, *Rogers, Dale S.*, *Tibben-Lembke, Ronald* (2001), *Satty, T.*, *L.* (1980). *Sadi-Nezhad, S.*, *Damghani, K.*, (2010), *Seçme, Y.N.*, *Bayrakdaroğlu, Kahraman, C.* (2009), *Tadić, D.*, *Gumus, T.A.*, *Arsovski, S.*, *Aleksić, A.*, *Stefanović, M.* (2013), *Torfi, F.*, *Farahani, Z.*, *R.*, *Rezapour, S.* (2010), *Zimmermann, H.J.* (2001), www.dhl-discoverlogistics.com, [www .tf.uns.ac. rs/tem pusI V/documents /files /Book1_ Sustainable_ technologies_ short.pdf](http://www.tf.uns.ac.rs/tempusI/V/documents/files/Book1_Sustainable_technologies_short.pdf), *Ruan D.*, *Hardeman F.*, and *van der Meer K.*, (2008), *Zelenović-Vasiljević T.*, (2011), (3) методе симулације описане су у радовима аутора: *Banks J.*, et al., (2001), *Pavlović M.*, et al., (2011), *Ђорђевић М.*, et al., (2011), *Pavlović A.*, et al., (2011).

Резултати ове анализе показани су у поглављима 7, 9 и 10.

Кроз ову наведену литературу, као и литературу која је додатно уврштена ради описа специфичних аспеката битних за ову дисертацију, извршена је детаљна анализа предмета истраживања и утврђена:

- предмет истраживања је врло сложен, недовољно испитан, захтева примену различитих метода и научних дисциплина,
- додатна димензија предмета истраживања је ниво управљања, који тежиште истраживања помера из домена технологије,
- производње у домену друштвеног развоја и
- највећи проблем је неизвесност података због непостојања званичних података о ресурсима, технологијама, тражњи, ценама итд., који се разрешава применом *Fuzzy* и симулационих техника.

Са друге стране, циљ истраживања је на више нивоа, јер се мора дефинисати на нивоу државе, региона, предузећа и ресурса, што додатно чини предмет истраживања сложенијим и изазовнијим за истраживање. То се посебно односи на

емпиријски део истраживања, која се спроводе у релативно неразвијеном региону, где је са разлогом постављен читав низ социјалних и економских циљева развоја. Циљ предметних истраживања се, поред теоријског аспекта, усмерио и на ову област кроз оцену могућности управљања отпадом као грађевинским ресурсом за значајније унапређење регионалног развоја, нето користи и заштите животне средине у посматраном региону Северо-источне БиХ.

3. ГЕНЕРИСАЊЕ ОТПАДА У РЕГИОНУ СЕВЕРО-ИСТОЧНЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

3.1. Друштвено-економски показатељи региона Босне и Херцеговине

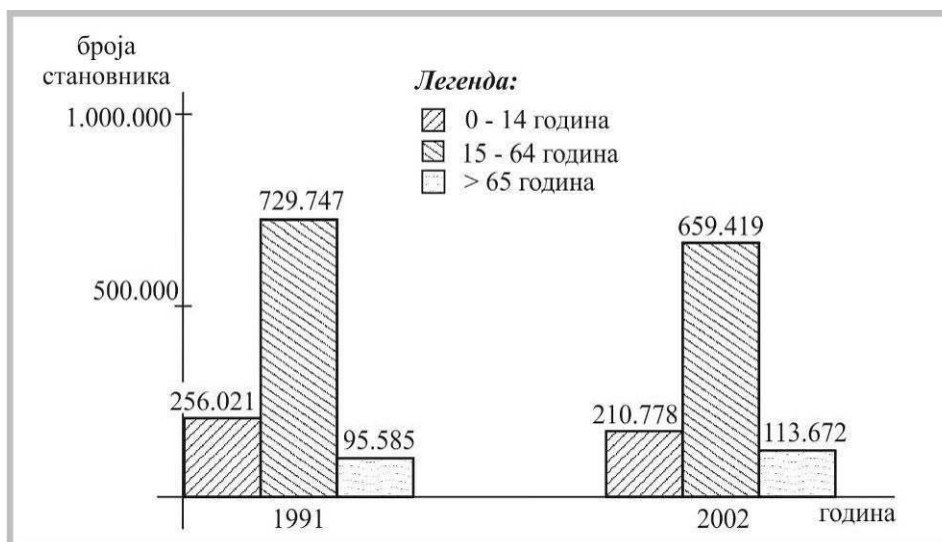
Регион Северо-источне Босне и Херцеговине (у даљем тексту РСИБиХ или Регион) обухвата општине које припадају Републици Српској, Брчко дистрикту и Федерацији БиХ (слика 3.1). Састоји се из 34 општине са укупно 1.043 насељена места, што је установљено на основу Дејтонског споразума и одлука надлежних органа БиХ од 18.04.2004. године.



Слика 3.1. Структура региона Северо-источне БиХ (РСИБиХ)
(Сјеверноистична Босна: Социо – економски показатељи, 2004, Тузла)

Подаци о становништву, становима и пољопривредним газдинствима овог региона базирани су у статистичком билтену 220 Републичког Завода за статистику од маја 1991. године. Укупно у РСИБиХ је било 1.081.353 становника, што чини око 35% укупног броја становника у БиХ. Број домаћинстава износи 301.692, што је око 25% укупног броја домаћинстава у БиХ, број станова је 317.522 што чини око 25% укупног броја станова у БиХ, 163.187 пољопривредних домаћинства су заступљена са 23% у БиХ, а величина просечне породице је 3.6 чланова, што је приближно исто као у БиХ.

По старосној структури доминира становништво средњих година (слика 3.2). Приметно је повећање удела старијих становника.



Слика 3.2. Старосна структура становништва у РСИБиХ

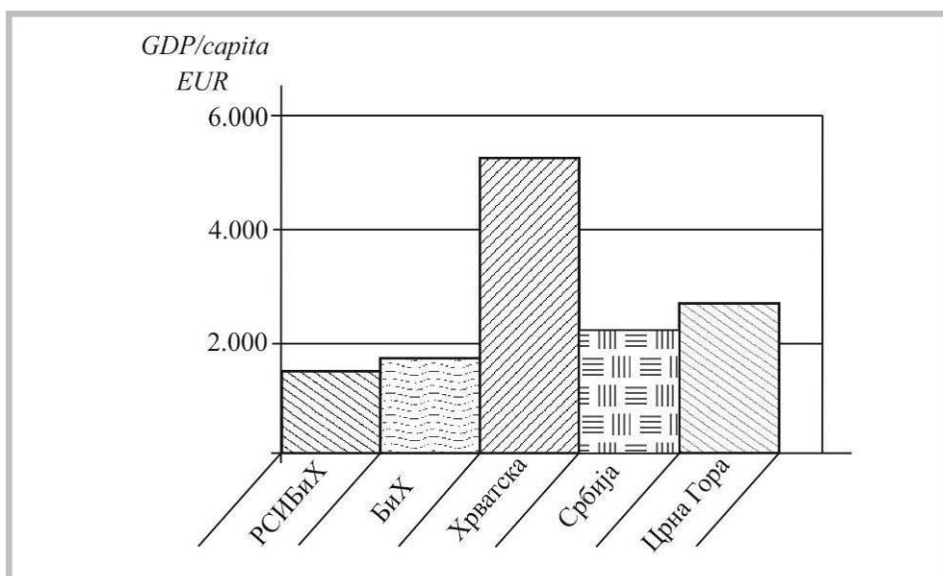
У истом периоду проценат радно-активног становништва је са 67.55 у 2002. години незнатно опао (67.3%), што је више од просека у БиХ (66.7%).

У Региону је у 2002. години евидентиран природни прираштај од 2.146, у БиХ укупно 6.156, што је нешто већи проценат у односу на БиХ.

У 2002. години *GDP/capita* у КМ износио је у Региону око 2.056, а у БиХ 3.040, а 2013 износио је 6.800. То указује да ова регија спада у мање развијене регије у БиХ.

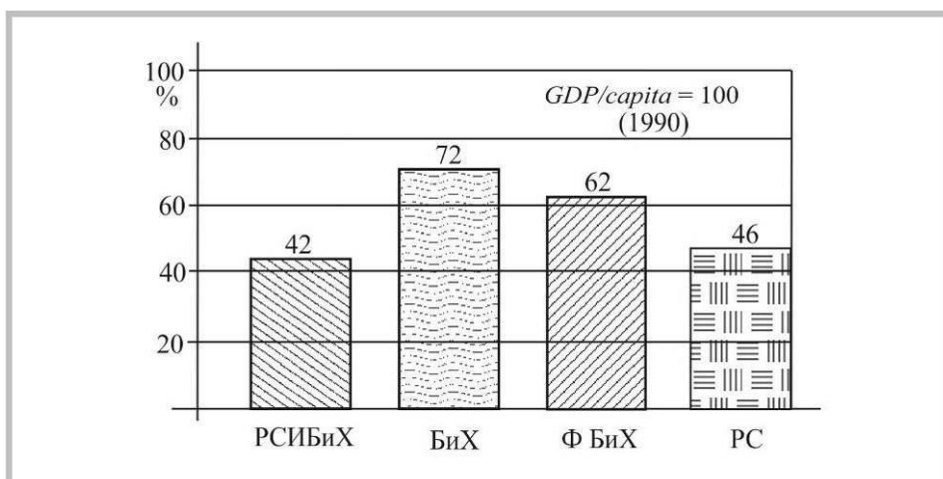
Остваривање преко половине *GDP*-а у региону је било концентрисано у општинама: Тузла, Брчко, Бијељина и Зворник (преко $1.13 \cdot 10^9$ КМ), што чини око 10% у односу на БиХ. Према статистичком билтену БиХ, ниво развијености Региона у односу на БиХ имао је пад 2001, а сада бележи благ раст, али и даље је испод просека БиХ (88.7% у 2002. години). Поређење ефеката транзиције са седам земаља из Пакта стабилности указује да овај Регион остварује око 60% просека *GDP* ове групације, а тек 20% од Хрватске, као најнапредније земље у овој групацији. Према расположивим подацима, предратни ниво *GDP*-а са стопом раста од око 6% не може се достићи до данашњих дана.

Велики проблем је и неуравнотежен ниво развијености општина, који је пре рата био 2.7:1, а 2002. године чак 4.7:1, уз податак да је у девет општина *GDP* мањи од најмањег *GDP*-а пре рата. На слици 3.3 приказан је упоредни приказ *GDP/capita* за овај Регион и околне регионе и државе.



Слика 3.3. Ниво развијености региона и суседних земаља

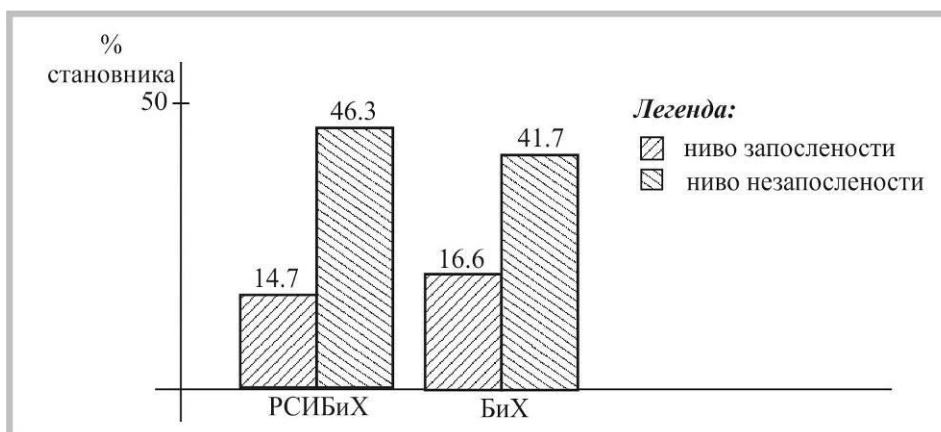
Истовремено, постоји неуједначеност развијености ентитета у БиХ (слика 3.4).



Слика 3.4. Неравномерност развоја ентитета у БиХ и ниво заостајања у односу на 1990. годину

Са аспекта радне снаге у РСИБиХ у 2002. години било је запослено 148.016, незапослено 127.369, што укупно чини 275.385. У исто време у БиХ је било респективно 637.360, 456.417 и 1.093.777 становника.

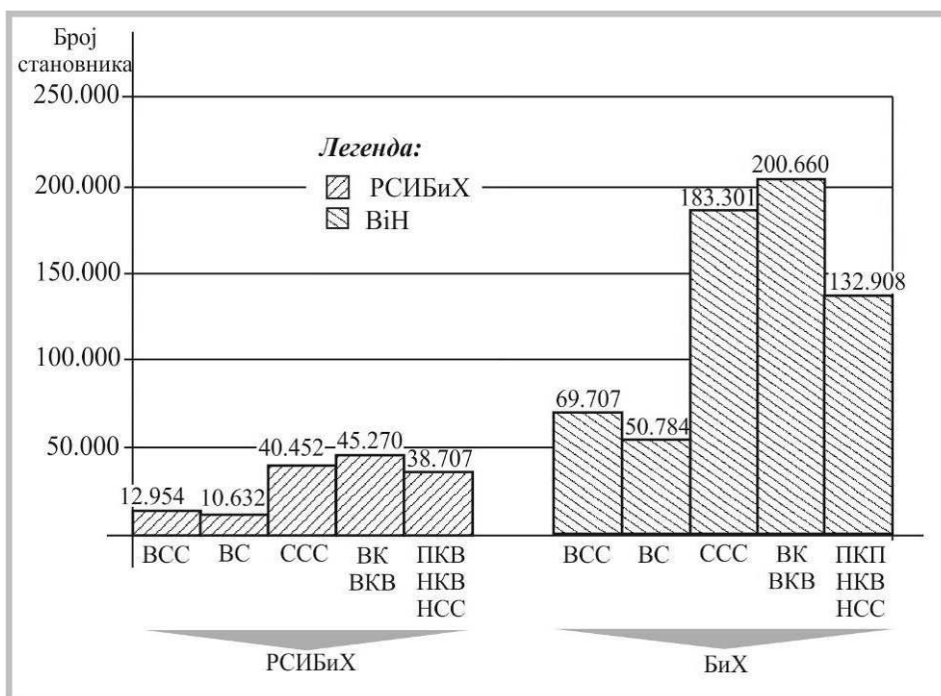
На слици 3.5 приказани су нивои запослености и незапослености у 2002. години у процентима.



Слика 3.5. Нивои запослености и незапослености у 2002. години

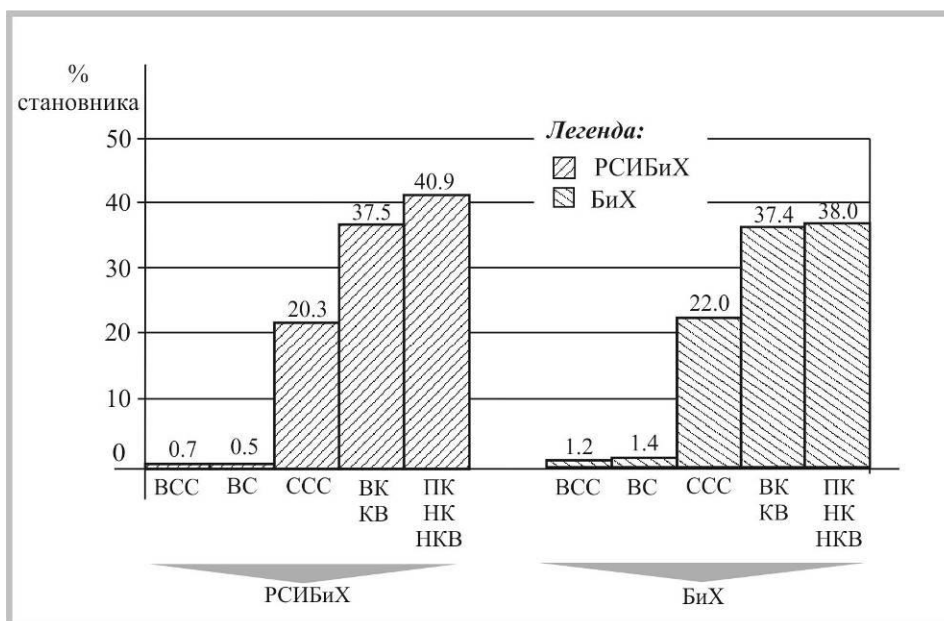
Уочава се да је запосленост у овом региону нижа од просека БиХ.

Према степену стручног образовања (слика 3.6) у структури запослених доминирају КВ и ВКВ степени образовања у Региону и БиХ у 2002. години.



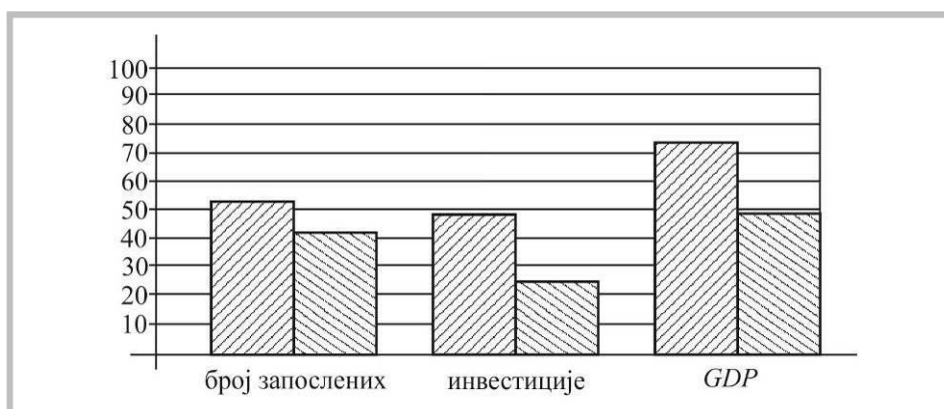
Слика 3.6. Степен стручног образовања

У структури незапослених у 2002. години доминирају становници најнижих степена образовања (слика 3.7). Ово указује на исти проблем недовољно активних радних капацитета, како у РСИБиХ, тако и БиХ.



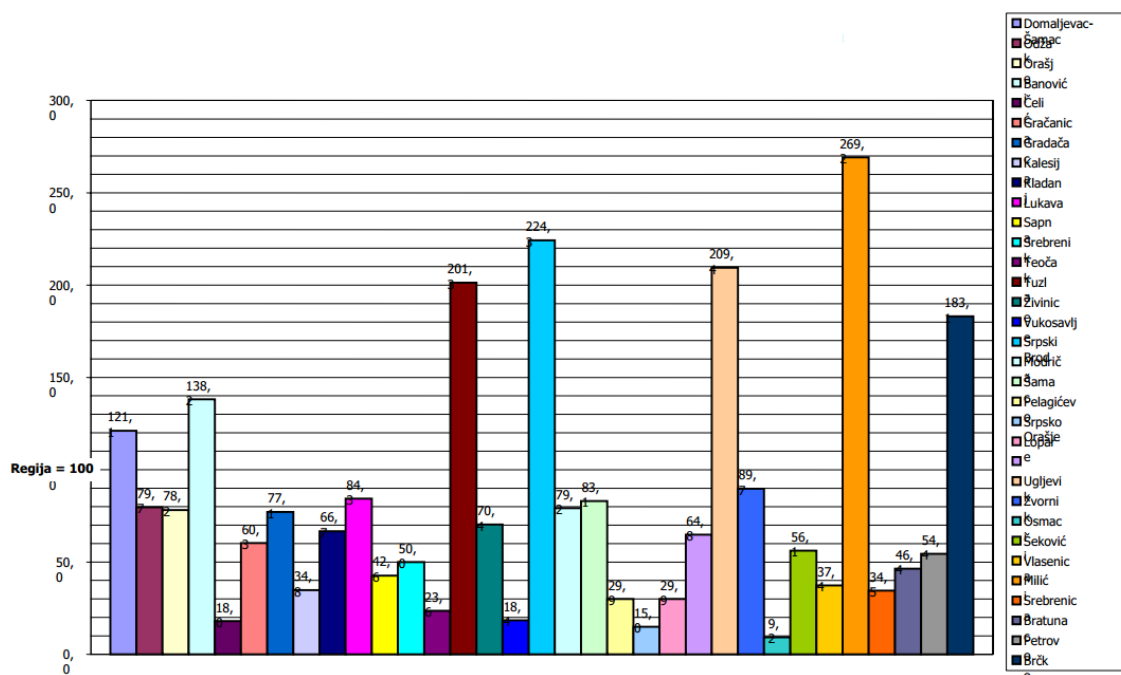
Слика 3.7. Степен стручне спреме незапослених

На слици 3.8 приказани су опадајући трендови у индустрији, енергетици и рударству у економској структури РСИБиХ у последњих 10 година.



Слика 3.8. Негативни трендови развоја у Региону

Развијеност по општинама, изражена преко *GDP/capita* у Региону, приказана је на слици 3.9.



Слика 3.9. Показатељи развоја општина у односу на просек у Региону Северо-источне РСИБиХ

У 2002. години остварене инвестиције су доминантно биле у области грађевинских радова (108.177.900 КМ) и техничке структуре (175.538.800 КМ). У овом износу удео прерађивачке индустрије је био укупно 19.7%, снабдевања електричном енергијом, гасом и водом око 18.4%, грађевинарства око 10.7%, трговине на велико и мало око 17.2%, снабдевања, складиштења и веза око 11.0%.

У истом периоду покривеност увоза извозом износила је у Региону око 24.7%, а БиХ 29.7%, што је у оба случаја недовољно. У том периоду доминирало је рударство, прерађивачка индустрија и производи и трансакције (услуге).

Регион Северо-источне Босне и Херцеговине спада у просечне регионе по површини (7.300 км²), јер су у Европи [Социоекономски преглед и SWOT анализа економске регије „Сјеверноистична БиХ“, (2004), *NERDA – North East Regional Development Association*, Део1.] регије у дијапазону 1.600 ÷ 25.000 км².

Са аспекта рељефа, Регион чине претежно равничарске општине (29.1% површине), претежно брдске (55% површине), а остатак је планински део (15.9% површине). Регион има изразито велики хидропотенцијал са укупно 1.059 км река, 29.5 км² вештачких језера и 2 км² природних језера.

Релативно је добра повезаност Региона са другим регијама [Социоекономски преглед и SWOT анализа економске регије „Сјеверноистична БиХ“, (2004), *NERDA – North East Regional Development Association*, Део1.], и што је приказано у табелама 3.1, обично 3.2 и 3.3.

Табела 3.1. - Путна мрежа

Путни правац	Растојање у <i>km</i>
Орашје-Тузла-Живинице-Кладањ	122
Тузла-Бијељина-Рача	92
Бијељина-Брчко-Лончари	56
Зворник-Тузла-Грачаница-Добој	130
Сарајево-Кладањ-Зворник	76
Зворник (Шепак)-Бијељина	35
Грачаница-Срнице-Брчко	50
Добој-Градачац-Пелагићево	15
Тузла-Лопаре-Брчко	50
Калесија-Живинице-Бановићи (Рибница)	41
Јадар-Сребреница-Братунац	25
Лопаре-Прибој-Зворник	45
Бановићи-Живинице-Калесија	41

Табела 3.2. – железничка мрежа

Железнички правац	Растојање у <i>km</i>
Брчко-Бановићи	90
Добој-Грачаница-Тузла	65
Тузла-Живинице-Калесија-Зворник	50
Шамац-Добој	70 <i>km</i> у регији (као део железничког путног правца Врпоље-Шамац-Добој-Плоче)

Табела 3.3. - Главне везе са регионалним, трансрегионалним и међународним саобраћајницама – (*km*) - међународним саобраћајницама

Одредиште од/до	Аутопут	Аеродром	Аеродром	Аеродром
	Зг-Бг	Сарајево	Загреб	Београд
Бановићи	120	130	357	230
Бијељина	20	201	350	130
Брчко Дистрикт	15	175	270	150
Челић	60	165	350	170
Грачаница	67	160	290	235
Градачац	30	180	280	200
Кладањ	145	85	380	300
Лопаре	45	150	300	180
Лукавац	85	135	320	230
Милићи	140	120	420	195
Орашје	10	200	280	175
Пелагићево	30	180	300	190
Сапна	130	180	400	170

Сребреница	220	150	460	290
Српски Брод	10	160	200	390
Шамац	11	200	230	190
Шековићи	145	100	390	200
Теочак	75	150	400	180
Тузла	90	130	330	210
Власеница	165	115	440	220
Зворник	100	130	380	186
Живинице	115	118	350	225

Са друге стране, учешће у друштвеном производу по привредним гранама у Региону има индустрија и рударство (46.9%), грађевинарство (8.7%), саобраћај (6.7%), трговина (15.3%), пољопривреда (13.4%) и остале делатности (9%). По структури основних средстава доминирају основна средства у индустрији и рударству (75.2%) и саобраћају (9.3%).

У остваривању друштвеног производа у Региону доминантан значај имају сировинско-енергетске гране (65%), а финални производи око 35%. Карактеристични производи индустрије и рударства представљени су у табели 3.4.

Табела 3.4. - Карактеристични производи индустрије и рударства у Региону СИБИХ

	Регија СИ	Развијене земље
ЕНЕРГЕТИКА	- лигнит	- хидро и термоелектр. енер.
	- мрки угаљ	- топлотна енергија
	- кокс	
	- термоелектрична енерг.	
ПРОИЗВОДЊА ГРАЂ. МАТЕРИЈАЛА И НЕМЕТАЛА	- камен и песак,	- грађевинске конструкције
	- креч	- изолатори
	- цемент	- азбест.-цементна производња
	- цигла и бетонски цреп	- ватростални материјал
	- гас-бетон	
ДРВНОИНСУСТРИЈСКИ КОМПЛЕКС	- трупци и резана грађа	-штамп.и нештампана амбалажа од
		- папира
	- фурнир и шперплоча	- писаћи рото папир
	- паркет	- ролетне за грађевинарст.
	- кућни намјештај и спав. собе	
ХЕМИЈСКИ КОМПЛЕКС	- калцинирана и каустич. сода	- фенопласт и аминок. пласт.
	- хлор	- полиестери
	- полиоли	- лијекови и фармацеут. преп.
	- детерџенти	- неорган. пигменти
		-производ. од пластич. маса

МЕТАЛНИ КОМПЛЕКС	- боксит и глина	- алуминијум и произв.од алуминија
	- одливци од челика	- производи од олова
	- челичне конструкције	- машине и уређ. за индустр.
	- арматурне мреже	- медицинска опрема
	- оловно-цинкана руда	- електронска опрема и уређаји

Крајем 2002. године у Региону Североисточне Босне и Херцеговине је било регистровано 9.261. предузеће и 12.592 предузетника, уз преко 160.000 индивидуалних пољопривредних газдинстава. Укупно је у грађевинарству било регистровано 684, у рударству 57, прерађивачкој индустрији 1.376, саобраћају 815, снабдевању електричне енергије гасом и водом 25 предузећа.

Број малих предузетника на 10.000 становника је био 195, што је блиско Србији (209), а знатно мање од Словеније (286) и Немачке (900).

Привреда Региона се доминантно заснива на секторима: (1) индустрије, енергетике и рударства на подручју Тузланског басена, и (2) пољопривредно-предузетничке производње на подручјима Посавине и Семберије (Бијељина, Брчко) и Зворника.

У табели 3.5 приказана је структура физичког обима производње [Социоекономски преглед и SWOT анализа економске регије „Сјеверноистична БиХ“, (2004), *NERDA – North East Regional Development Association*, Део1.].

Табела 3.5. – Структура физичког обима производње у Региону

Ред. бр.	Производи	Удео у %
1.	Лигнит и мрки угаљ	39.3
2.	Кокс	5.0
3.	Руде (боксит и олово-цинка)	7.4
4.	Производи индустрије обојених метала	2.5
5.	Руде неметала (глина, кварцни песак, азбест, камена со)	7.4
6.	Грађевински материјали (камен, цемент, креч, бетонска галантерија, опекарски производи)	22.7
7.	Производи хемијске индустрије	3.3
8.	Остала индустрија	12.4
УКУПНО		100.0

Индекси индустријске производње у Региону Северо-источне БиХ били су неравномерни у периоду 2003/1996 за:

- Посавски кантон (-1.8%)
- Тузлански кантон (+13.9%)
- Општине у РС и БиХ из РС (процена) (7.8%).

У структури физичког обима производње од 24.2 милиона тона доминирао је угаљ (преко 44%), олово-цинкова руда и боксит – 7.4%, руде неметала – 7.4%, грађевински материјали – 22.7%.

Сервисну архитектуру чине: (1) развојне агенције, (2) пословна удружења, (3) индустријска инфраструктура са:

- а) два технолошка парка у Градачцу и Тузли (Липница),
- б) индустријске зоне у Орашју, Шамцу и Шековићима (укупно 689.735 м²),
- с) слободне царинске зоне у Лукавцу, Орашју, Шековићима и Бјелини (укупно 85.000 м²).

3.2. Структура и количина отпада као грађевинског ресурса

Према закону о управљању отпадом и еко-менаџменту, дефинисани су отпад, комунални отпад, опасни отпад и други појмови. Директивом *EU 75/442/EWG* и њене допуне *91/156/EWG* утврђен је европски каталог отпада према делатностима које га стварају, према процесу и месту настанка, као и према врсти отпада. Утврђено је више од 1.000 врста отпада. У табели 1 приказане су главне групе отпада у европском каталогу отпада (113, стр.7). Поступање са отпадом у ЕЗ врши се применом начела „4R“, то јест:

- *Reduction* – смањење или спречавање настанка отпада,
- *Reuse* – поновна употреба отпада без накнадне обраде,
- *Recycling* – рециклажа, поновно искоришћавање отпада за добијање материјала или енергије и
- *Recovery* – обнављање, ради поновног коришћења.

Са аспекта циља и предмета ове дисертације посматраће се:

- отпад из прераде дрвета,
- отпад из процеса механичког обликовања (метал, керамика, стакло, пластика),
- грађевински отпад и отпад од изградње и рушења објеката, укључујући и путеве,
- отпад од возила на крају животног циклуса (*ELV-End-Of-Life Vehicles*),
- аноргански отпад из термичких поступака, укључујући термоелектричне и топлотне поступка.

О морфологији и количини отпада у посматраном региону не постоје егзактни подаци, па чак и на нивоу БиХ. Зато ће се у овом поглављу користити комбиновани метод, који обухвата:

- изворне податке, екстраполиране на 2014. годину,
- податке из Републике БиХ сведене на регион преко кључева расподеле (нпр. број становника, територија, обим производње, и сл.),
- процењене податке на бази експертског оцењивања.

3.2.1. Морфологија и количина комуналног отпада

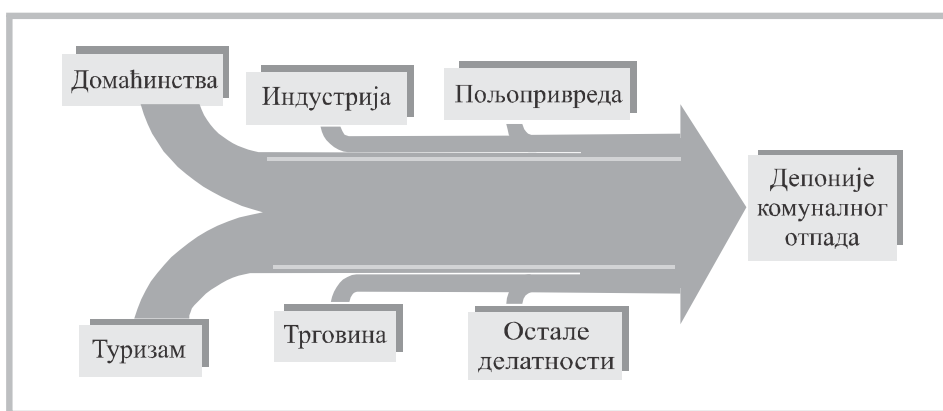
Са аспекта отпадног материјала као грађевинског ресурса, из комуналног отпада се могу користити:

- 1-гума,
- 2-метали,
- 3-пластика,

- 4-дрво, папир и картон,
- 5-керамика и стакло,
- 6-опека,
- 7-бетон и песак,
- 8-пепео и
- 9-остало.

На слици 3.10 приказан је ток генерисања комуналног отпада.

Према [Акциони план енергетски одрживог развоја оштине Тузла (СЕАП), (2011), Тузла] за општину Тузла, издвајањем корисних компонената из комуналног отпада, са учинком од 70%, добије се маса рециклата од 70% од генерисаног отпада транспортованог до депонија. На тај начин, смањује се маса одложеног отпада, и у вези са тим смањује се емисија гасова (NO₂, CO₂, итд.) и ниво загађења водотокова и земљишта.



Слика 3.10. Генерисање комуналног отпада

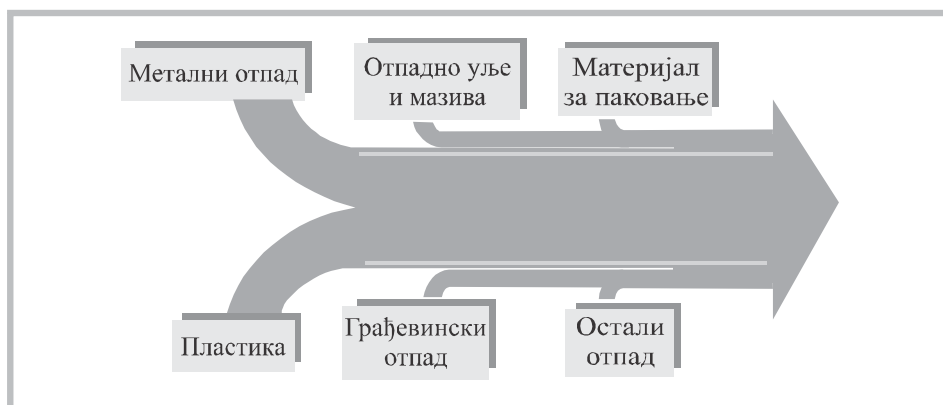
У табели 1 дате су процењене вредности ових врста отпада, а на основу [Рјешење проблема комуналног чврстог отпада у општинама Сјеверо-источне Босне и Херцеговине, (2006), Европски пројекат, Но. 205/113-549, Зворник], екстраполирано на цели посматрани Регион. Инертни отпад је подељен на: гума 20%, опека 30%, бетон и песак 30% и пепео 20%.

Табела 3.6. Процењене вредности отпада

Врста отпада	Назив отпада	Просечна количина отпада/ становнику	Укупна количина отпада у Региону (t/god)
1.	Гума	0.055	59.510
2.	Метал	0.007	7.574
3.	Пластика	0.017	18.394
4.	Дрво, папир и картон	0.035	37.870
5.	Керамика и стакло	0.024	25.968
6.	Опека	0.062	67.084
7.	Бетон и песак	0.070	75.740
8.	Пепео	0.042	45.444
9.	Остало (текстил, сл.)	0.050	54.100
УКУПНО		0.362	391.684

3.2.2. Морфологија и количина отпада из прераде дрвета

Према [Рјешење проблема комуналног чврстог отпада у општинама Сјеверо-источне Босне и Херцеговине, (2006), Европски пројекат, Но. 205/113-549, Зворник] отпад из дрвне индустрије, који је брзо разградив, износи око 200 тона, а преосталих око 1.000 тона чине отпаци брусног материјала, отпадна амбалажа од боја и лакова, отпадни метал и слично, који су одложени као комунални отпад (слика 3.11).



Слика 3.12. Отпад из процеса механичког обликовања

Према процени аутора то је додатних 10-30%, што чини око 1.500 тона годишње.

Табела 3.7. Структура и количина отпада из процеса механичког обликовања

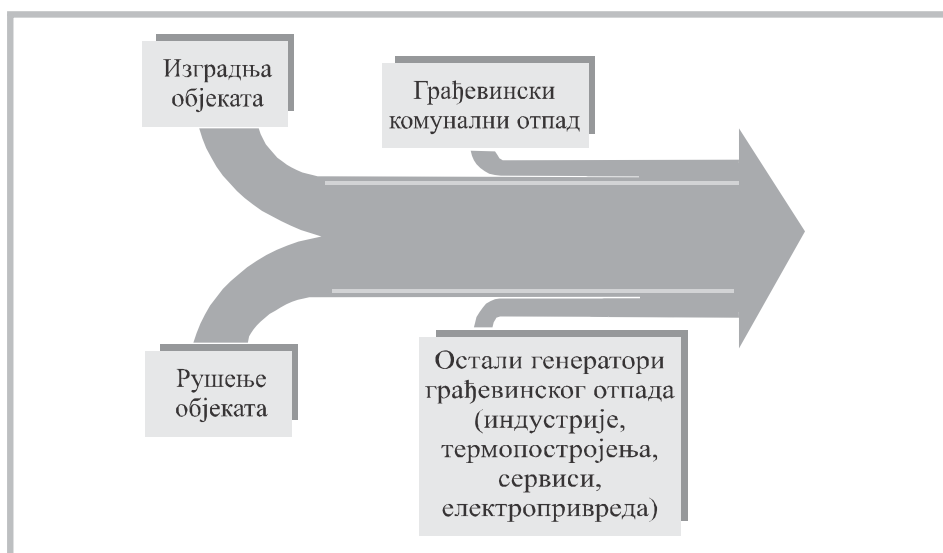
Ред. бр.	Назив	Количина (t/god)	% рециклата	Количина рециклата (t/god)
1.	Метал	1.000	0.9	900
2.	Гума и пластика	200	0.8	160
3.	Грађевински отпад	150	0.8	120
4.	Материјал за паковање	100	0.7	70
5.	Остали (мешани) отпад	50	0.7	35
		1.500		1.285

3.2.4. Грађевински отпад

Грађевински отпад настаје као нуспроизвод при изградњи објеката и рушењу објеката (*C&D – Construction and Demolition*).

Грађевински отпад се углавном:

- складишти као комунални отпад на депонијама и третира као инертни отпад,
- одлаже на дивљим депонијама и/или
- користи као грађевински материјал за насипање и сличне активности (слика 3.13).



Слика 3.13. Генерисање и одлагање грађевинског отпада

Учешће грађевинског отпада у комуналном отпаду је релативно високо јер чини преко 140.000 t/god., што је око 35%. Број дивљих депонија на територији Регије је изразито велики (преко 1.000), при чему постоји егзактни податак да у ФБиХ постоји 21 уређена депонија, 33 делимично и око 1.893 нелегалних депонија које заузимају више од 974.221 m² простора. Због тога се може проценити да количину грађевинског отпада из структуре комуналног отпада треба увећати за преко 40%, што чини око 200.000 t/god.

Трећи вид коришћења грађевинског отпада је везан за грађевинске активности. Он није видљив, али се према литературним изворима за сваки изграђени објекат може проценити количина овог отпада. За ниво грађевинских радова у Региону и блиским регионима, процена аутора је да овај извор обухвата око 30.000 t/god., јер је већи део ове врсте обухваћен са претходног извора отпада.

Структура грађевинског отпада је дата у *табели 3.8.*

Табела 3.8. Структура и количина отпада из процеса механичког обликовања

Ред. бр.	Назив	Количина (t/god)	% рециклата	Количина рециклата (t/god)
1.	Бетон	9.000	80	7.200
2.	Опека	8.000	70	5.600
3.	Асфалт	3.000	0.9	2.700
4.	Стакло	500	70	350
5.	Метал	1.000	0.7	700
6.	Материјал за паковање	2.000	60	1.200
7.	Пластика и гума	600	50	300
8.	Дрво	2.000	50	1.000
9.	Текстил и папир	500	50	250
10.	Материјал за паковање	800	40	320
11.	малтер	2.000	50	1.000
12.	Остало	3.800	30	240
	УКУПНО	30.000		21.000

3.2.5. Отпад од возила на крају животног циклуса

Возила на крају животног циклуса обухватају возила ван употребе због губитка функције (велико оштећење) или дотрајалости. Свако путничко возило у просеку је тешко око 1.000 kg, а у структури садржи врсте отпада као на *слици 3.14*.



Слика 3.14. Врсте отпада код ELV

За регион Северо-источне БиХ не постоје прецизни подаци о броју ELV. Стога ће се у овој анализи претпоставити да је учешће ELV слично као у Србији (око 8% укупног броја возила), а број возила на 1.000 становника око 150, што за укупан број од 1.800.000 становника чини око 21.600 ELV/god., односно 21.600 t/god. Полазећи од овог броја ELV, укупни потенцијал за рециклажу износи као у *табели 3.9*.

Табела 3.9. Структура и количине отпада од ELV

Ред. бр.	Врста отпада	Количина отпада (t)	Процент рециклабилности за грађевинску индустрију	Количина рециклата t/god.
1.	Метал	16.416	30%	4.925
2.	Гума	864	50%	432
3.	Пластика	216	20%	43
4.	Стакло	648	20%	129
5.	Текстил	216	10%	22
6.	Опасан отпад	216	/	/
7.	Метално кућиште	432	20%	86
8.	Течности	216	10%	22
9.	Течности	432	10%	43
УКУПНО		19.656	10%	5.702

3.2.6. Неоргански отпад из термичких поступака, укључујући термоелектране и топлане

Отпад из ових процеса везан је за:

- прашину, земљу и ситне честице угља са депонија угља,
- резултат сагоревања у виду пепела (*bottom ash*) на дну котловских постројења,

- чврсти остатак од процеса сагоревања угља,
- летећи пепео (*fly ash*) који се скупља у вишим слојевима котловских постројења и димњака.

На основу литературних навода [Акциони план енергетски одрживог развоја општине Тузла (СЕАП), (2011), Тузла] депоније шљаке и пепела чине око 0.5% површина намењених за чврсти отпад у општини Тузла. Ако се то примени на цели регион (7.263 км²) то би било цца 36 км².

У *табели 3.10* приказане су количине отпада ове врсте. Подаци о количини пепела и чврстог остатка из процеса сагоревања су добијени на основу расположивих података из термоелектрана и топлана, а у недостатку истих на основу процене аутора.

Табела 3.10. *Процењене вредности отпада из термичких постројења на основу података за ФБиХ*

Ред. бр.	Врста отпада	Процењена количина t/god.	Процент рециклабилности за грађевински материјал	Количина рециклата t/god.
1.	Прашина и земља на депонији угља	100.000	0.30	30.000
2.	Ситне честице угља на депонији угља	80.000	0.70	56.000
3.	Пепео који остаје после сагоревања (<i>bottom ash</i>)	300.000	0.90	270.000
4.	Станесагорели угаљ и чврсти остатак од сагоревања угља	400.000	0.70	280.000
5.	Летећи пепео	50.000	0.90	45.000
6.	Чврсти остатак од сагоревања лож уља и чађа	1.000	0.90	900
УКУПНО t/god.				681.900

3.3. Морфологија и количине укупног отпада у региону СИ БиХ

На основу претходних анализа у поглављима 3.1 и 3.2 у *табели 3.11* дато је морфолошка квантитативна рекапитулација укупног отпада.

Табела 3.11. Рекапитулација морфологије и количина отпада

Ред. бр.	Врста отпада	Процењена количина t/god.	Процент Рециклабилности за граевински материјал	Количина рециклата t/god.
1.	Гума из комуналног отпада	59.510	0.9	53.559
2.	Гума из грађевинског отпада	150	0.5	75
3.	Гума из процеса механичког обликовања	80	0.8	64
4.	Гума из ELV	864	0.5	432
5.	Гума из термичког обликовања	-	-	-
	Укупно: гума	60.604	/	54.130
1.	Метали из комуналног отпада	7.574	0.9	6.816
2.	Метали из грађевинске делатности	1.000	0.9	900
3.	Метали из процеса механичког обликовања	1.000	0.7	700
4.	Метали из ELV	16.416	0.3	4.925
5.	Метали из термичког обликовања	-	-	-
6.	Метали из прераде дрвета	-	-	-
	Укупно: метали	25.990	-	22.441
1.	Пластика из комуналног отпада	18.394	80	14.715
2.	Пластика из грађевинске делатности	300	50	150
3.	Пластика из процеса механичког обликовања	100	0.8	80
4.	Пластика из ELV	216	0.1	22
5.	Пластика из термичког обликовања	-	-	-
6.	Пластика из прераде дрвета	-	-	-
	Укупно: пластика	19.010	/	14.967
1.	Дрво, папир и картон из комуналног отпада	37.870	0.7	26.509
2.	Дрво, папир и картон из грађевинске делатности	2.500	0.5	1.250
3.	Дрво, папир и картон из процеса механичког обликовања	100	0.7	70
4.	Дрво, папир и картон из термичког обликовања	-	-	-
5.	Дрво, папир и картон из прераде дрвета	200	0.7	140
	Укупно: дрво, папир и картон	40.670	-	27.969
1.	Керамика и стакло из комуналног отпада	25.968	0.9	23.371
2.	Керамика и стакло из грађевинске делатности	500	0.7	350

3.	Керамика и стакло из процеса механичког обликовања	50	0.7	35
4.	Керамика и стакло из ELV	648	0.2	129
5.	Керамика и стакло из термичког обликовања	-	-	-
6.	Керамика и стакло из прераде дрвета	-	-	-
Укупно: керамика и стакло		27.116	-	23.885
1.	Бетон и песак из комуналног отпада	75.740	0.8	60.592
2.	Бетон и песак из грађевинске делатности	9.000	0.8	7.200
3.	Бетон и песак из процеса механичког обликовања	-	-	-
4.	Бетон и песак из термичког обликовања	100.000	0.3	30.000
5.	Бетон и песак из прераде дрвета	-	-	-
Укупно: бетон и песак		184.740	-	97.792
1.	Пепео из комуналног отпада	45.444	0.9	40.897
2.	Пепео из грађевинске делатности	-	-	-
3.	Пепео из процеса механичког обликовања	-	-	-
4.	Пепео из прераде дрвета	-	-	-
5.	Пепео на дну ложишта термо постројења	300.000	0.9	270.000
6.	Летећи пепео из термо постројења	50.000	0.9	45.000
7.	Чађ	1.000	0.9	900
8.	Прашина и земља	100.000	0.3	30.000
7.	Ситне честице угља на депонији угља	1.000	0.9	900
8.	Остали мешани отпад	70.000	0.3	27.000
Укупно: пепео		567.444	-	414.697
1.	Асфалт од рушења стаза и мостова	500	0.9	450
2.	Асфалт од рушења путева	2.700	0.9	2.250
Укупно: асфалт		3.000	0.9	2.700

Укрштајући податке у овој табели по делатностима уз укључивање података из групе остало се могу добити морфологија и количина отпада (табела 3.12).

Табела 3.12. Укупна морфологија и количина рециклабилног отпада

Р. бр.	Врста делатности	Врста отпада								Остало	Укупно <i>t/god.</i>
		Гума	Метал	Плас.	Дрво, папир и картон	Керамика и стакло	Бетон и песак	Пепео	Асфалт		
1.	Комунална	53.559	6.816	14.715	26.509	23.371	60.592	40.897	-	15.000	226.819
2.	Грађевинска	75	900	150	1.250	350	7.200	-	2.700	25.000	12.625
3.	Индустрија механич. обликовања	64	700	80	70	35	-	-	-	12.000	949
4.	Термичко обликовање	-	100	100	-	-	30.000	315.000	-	35.000	345.000
5.	Прерада дрвета	-	100	100	140	-	-	-	-	1.000	340
6.	Рециклажа <i>ELV</i>	432	4.925	22	-	-	-	-	-	1.000	5.508
7.	Остале делатности	100	100	100	100	100	1.000	4.000	300	3.000	5.800
УКУПНО		54.230	13.741	15.217	28.069	23.985	98.792	359.897	3.000	92.000	697.331

Узимајући у обзир додатно прашину и земљу и ситне честице угља на депонији угља, који се једним делом користе као грађевински ресурс, укупна количина рециклабилних ресурса (рециклата) износи *cca* 800.000 *t/god.*

Кроз резултате анализе приказане у овом поглављу остварен је циљ истраживања Ц1: утврђена количина и морфолошки састав присутних материјала из комуналног и индустријског сектора. Највеће учешће у отпаду има пепео, а затим следе бетон и песак, гума, керамика и стакло, итд. С обзиром да не постоје егзактни подаци о учешћу опеке и црепа, гипса и других материјала, значајно је велико учешће ових и других врста отпада, што је приказано као остале врсте отпада. Такође, потврђена је релација Р1 (ниво привредних активности позитивно утиче на количину отровних материја) кроз повећање *GDP/capita* у Региону јер са повећањем *GDP/capita* расте и потрошња становништва, а тиме и количина отпадних материјала.

4. СТРАТЕГИЈЕ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ У РЕГИОНУ СЕВЕРО-ИСТОЧНЕ БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ

4.1. Анализа постојећих модела управљања отпадом у кантонима ФБиХ који су у региону Северо-источне Босне и Херцеговине

Модели управљања отпадом у посматраном Региону се због политичких сложености морају усагласити са Федералним планом управљања отпадом у 2012-2017, објављеном у Закону о управљању отпадом у Федерацији БиХ ("Службене новине" бр. 33/03 и 72/09. Стратешки циљеви у овој стратегији су:

- 10-смањење ризика по животну средину и здравље људи и успостављање приоритетне инфраструктуре за интегрисано управљање отпадом,
- 11-смањење количина отпада за финално одлагање/збрињавање уз ефикасније коришћење ресурса,
- 12-осигурање успостављања система, кроз поновни, институционални оквир и
- 13-осигурање системског праћења параметара за оцену стања околине.

Да би се реализовали ови циљеви у складу са општим начелима ЕУ дефинисана су начела управљања отпадом:

- превенција,
- мере опреза,
- одговорност произвођача отпада,
- плаћање од стране загађивача,
- близина и
- регионализација.

Базирајући се на *CORE* сет индикаторима за област управљања отпадом од стране европске агенције за заштиту животне средине (*EEA*) у овој Стратегији су преузети следећи индикатори:

- D - индикатор околности (*driving force*),
- P - индикатор притиска на животну средину (*preasures*),
- S - индикатор стања животне средине (*state of environment*),
- I - индикатор утицаја (*impact*),
- R- индикатор одговора друштва (*response*).

Оквир ове стратегије је врло широк јер претпоставља узрочно последичне везе између друштвених, економских и еко-система. Листа индикатора дата је у *табели 4.1*, за различите врсте отпада.

Табела 4.1. Листа индикатора за управљање отпадом

Врста отпада	Тип индикатора
Комунални отпад:	
▪Изградња комуналних депонија	R
▪Степен покривености услугама	P
▪Генерисање и рециклажа амб. отпада	P
▪Број неуређених и нелегалних депонија	S
▪Производња комуналног отпада	P
Индустријски отпад:	
▪Производња индустријског отпада	P
▪Опасни отпад из индустрије	P
▪Неопасни отпад из индустрије	P
▪Стање шивотне средине и последице	S i I
▪Збрињавање отпада из индустрије	R
▪Отпадна уља (из индустрије и транспорта)	D i P
▪Старе гуме	P
▪Стари акумулатори из возила	P
▪Неупотребљива стара возила	P
▪Електронски и електрични отпад	P

Уз ове врсте отпада, које су наведене у стратегији, потребно је додати и отпад добијен из других извора, као на пример рушењем грађевинских објеката, путева, пратеће инфраструктуре, а све за рециклажу материјала као ресурса за грађевинску индустрију.

Полазећи од Оквирне Директиве о отпаду (2006/12/EC и 2008/98/EC) и ЕУ стратегије управљања отпадом, дефинисана је хијерархија система управљања отпадом:

- избегавање (превенција),
- смањивање,
- рециклирање,
- обрада и
- одлагање.

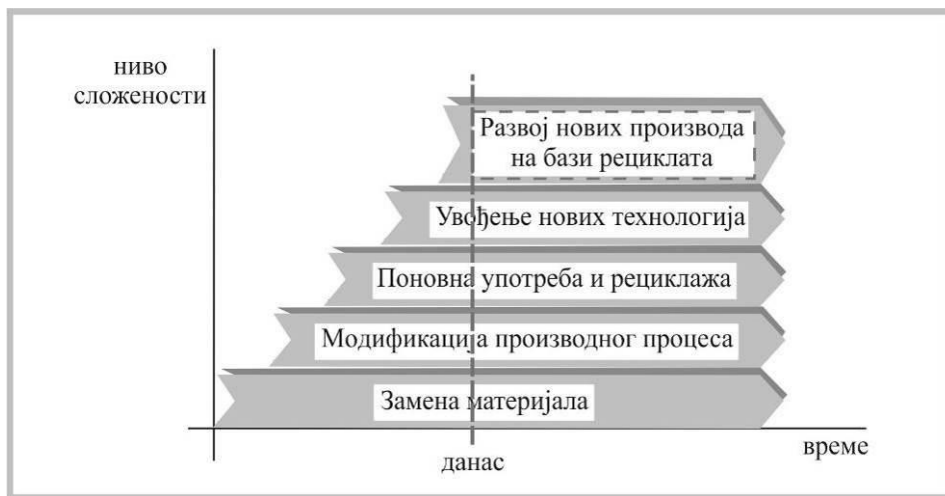
Највећи приоритет има избегавање, а најмањи одлагање.

Са аспекта циљева ове дисертације сва четири циља делимично обухватају отпад као грађевински ресурс, а посебно:

- оперативни циљ 1.7: успоставити депоније инертног (грађевинског и сл.) отпада (процент количина инертног отпада),
- оперативни циљ 1.8: повећати укупни проценат адекватног збрињавања отпада,

- оперативни циљ 2.5*: превентним мерама спречити/умањити укупне количине отпада из индустрије порастом обима индустријске производње,
- оперативни циљ 2.6*: повећати удео отпада из индустрије, који се рециклира, односно подлеже **поврату** материјала и енергије,
- оперативни циљ 2.7*: повећати укупни проценат адекватног збрињавања отпада из индустрије рециклажом, односно, повратом материјала или енергије.

У овој Стратегији посебно се наглашава принцип “чистије“ производње који има четири нивоа приказаних на *слици 4.1*.



Слика 4.1. Принципи “чистије“ производње

Аутор је додао и пети принцип, (испрекидана линија), у складу са циљем и темом ове дисертације. С обзиром да је ова стратегија у почетној фази примене, растером је означен почетни ниво заступљености ових принципа.

У овој Стратегији важно место заузима рециклажа отпада. Примарна рециклажа отпада заснива се на одвојеном прикупљању искористивог отпада на месту настанка. Тиме се отпад издваја и складишти до рециклажних дворишта са посудама за отпад, зеленим острвима итд.

Други начин је сортирање из мешаног комуналног отпада. После сортирања следи обрада, која може бити:

- механичка (*слика 4.2*),
- физикална (млевење, сортирање, пресовање, итд.),
- термичка (нпр. спаљивање),
- хемијска (нпр. пирализа),
- биолошка (нпр. разградња) итд.



Слика 4.2. *Input/output анализа за механичку обраду комуналног отпада*

Са аспекта ове дисертације анализираће се инертни и неопасни отпад. Тако нпр. укупан отпад ће за Тузлански кантон који припада Региону са 498.549 становника бити у периоду 2012-2017 године 165.705 т/год., а за цели период 1.198.776 тона, то јест по становнику око 0.3 т/год. Са овом вредношћу су процењене фракције комуналног отпада у посматраном региону.

Као пример решења Управљања отпадом, у Тузланском кантону, у складу са Планом управљања Отпадом у свакој општини Кантона предвиђене су претоварне станице и за групу општина Центар за управљање отпадом са сортирницама и рециклажним двориштем. На нивоу региона предвиђен је Регионални или међуопштински центар за управљање отпадом. На тај начин се очекује да се до 2018. године повећа на 95% удео становника обухваћен организованим сакупљањем отпада.

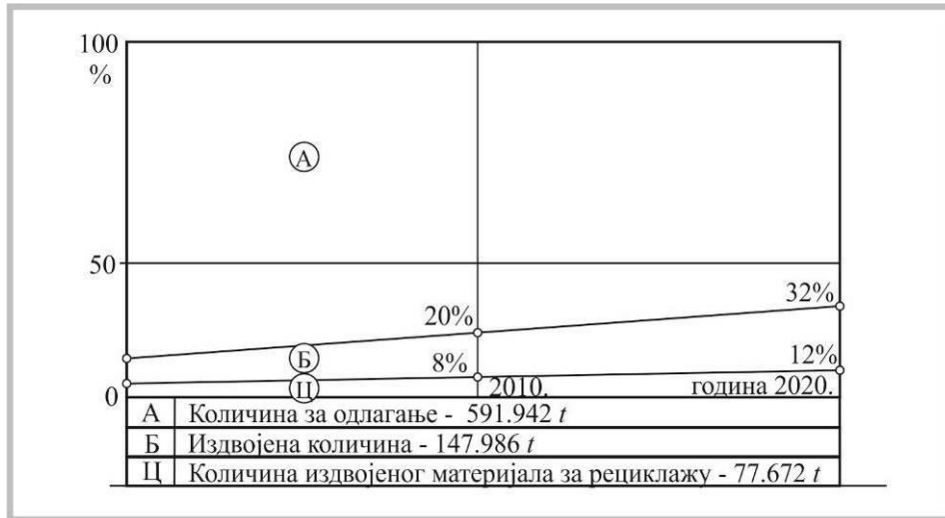
Регионални центар за прикупљање отпада, према овој Стратегији, представља:

- комунални отпад,
- одвојени прикупљени отпад који се може рециклирати,
- неопасни производни отпад и
- издвојени опасни отпад из домаћинства.

Он садржи следеће објекте (зоне):

- улазно/излазна зона,
- зона за привремено складиштење опасног отпада,
- зона за прикупљање и обраду депонијског био гаса,
- сортирница,
- рециклажно двориште,
- зона за компростирање ,
- одлагалиште неопасног отпада,
- зона за прикупљање и обраду депонијских вода.

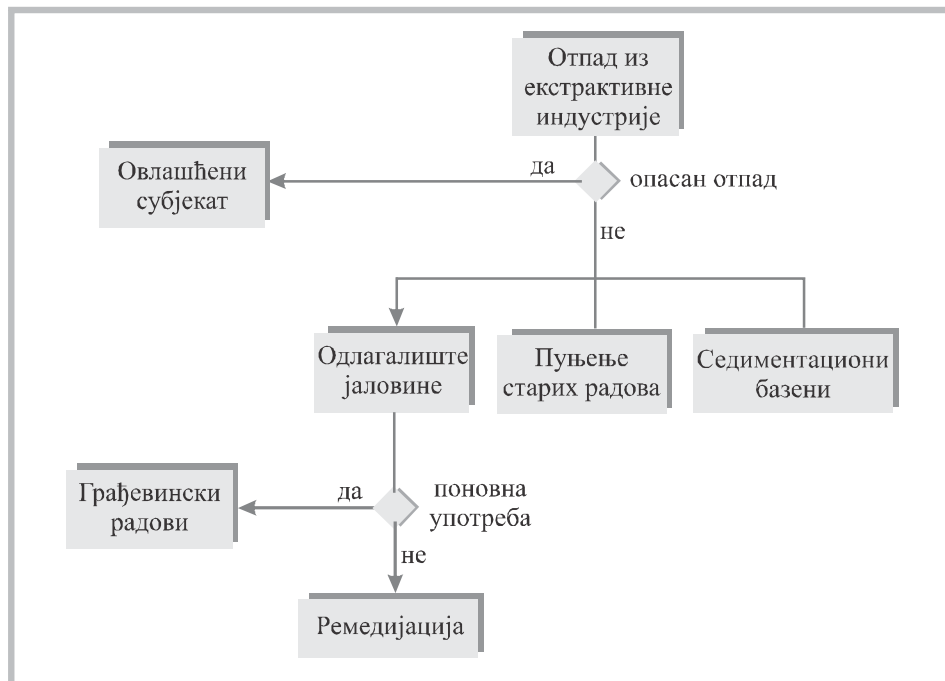
Очекује се да у 2018. години буде следећа количина и структура отпада (слика 4.3).



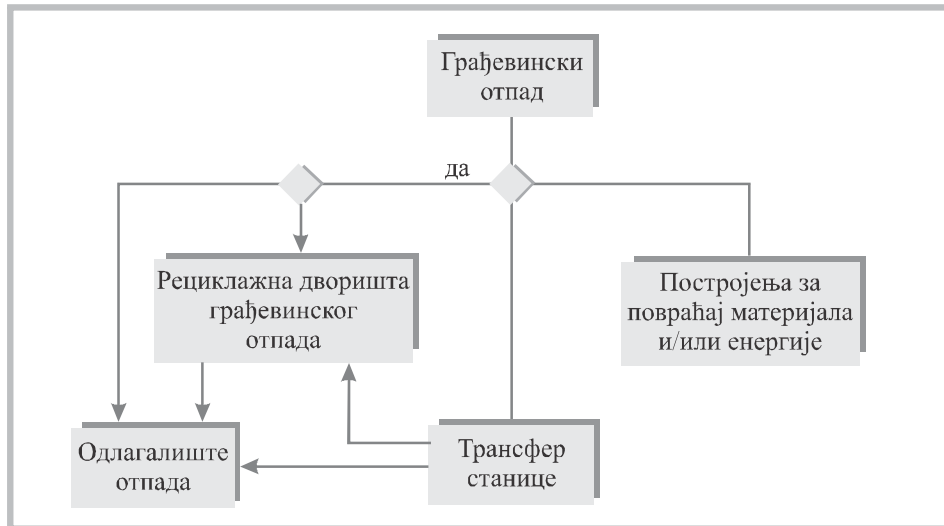
Слика 4.3. Очекивани удео количине отпада за рециклажу 2018. године

Износ од 10% отпада за рециклажу је са једне стране низак, имајући у виду директиве ЕУ, а са друге висок, имајући у виду стање система за управљање отпадом БиХ и посматраном региону.

Закон о управљању отпадом у Федерацији БиХ (Службене новине Федерације БиХ, 33/03 и 72/09) дефинише начине збрињавања отпада. За ову дисерпацију посебно су значајни начини збрињавања отпада и то из екстрактивне индустрије (слика 4.4) и грађевинског отпада (слика 4.5).



Слика 4.4. Начини збрињавања отпада из екстрактивне индустрије



Слика 4.5. Начини збрињавања грађевинског отпада и отпада од рушења

Погони за обраду ове врсте отпада могу бити: (1) стационарни (фиксни) или (2) мобилни. Мобилни се довозе на простор на којем настаје грађевински отпад. Према искуству и студијама, исплативост фиксних погона је за капацитет већи од 100.000 т/год.

Према врсти отпада за област примене у грађевинарству, једноврсни грађевински отпад се збрињава на следећи начин:

- асфалтни и бетонски лом од рушења путева, мостова и сличног, који се одвози у асфалтне базе где се рециклира и/или поново користи,
- камени отпад који се прикупља се и одлаже у каменоломима а, уколико ту постоје дробилице, исти се рециклира,
- бетонски лом, цреп од рушења зграда прикупљају се у рециклажним двориштима, рециклирају и остатак се одвози на трајна одлагалишта инертног отпада.

Мешани грађевински отпад се прикупља у рециклажним двориштима и рециклира у мобилним или стационарним постројењима, а остатак одлаже у трајним одлагалиштима инертног отпада. Фракције ове врсте отпада (стакло, папир, пластика) се одлажу посебно.

Отпадне гуме се прикупљају одвојено и то преко:

- примарног начина збрињавања: поврат материјала, физичко-хемијски третман, спаљивање (нпр. Термоелектрана Тузла),
- алтернативног начина збрињавања: поновна употреба, почев од протектирања.

Отпадна возила чине велику количину отпада. Систем функционише на релацији власник возила - овлашћени сакупљач - овлашћени субјект за обраду - рециклажа.

На слици 4.6 приказана је динамика модела управљања отпадом, користећи концепт индустријске динамике.

У овом моделу утврђена су четири суб-модела и то:

1. модел генерисања отпада, изражен преко регулационог кола P1,
2. модел одлагања и селекције отпада на депонијама, изражен преко регулационог кола P2,
3. модел рециклаже отпада, изражен преко регулационог кола P3, и
4. модел производње делова од рециклираних отпадних материјала, изражен преко регулационог кола P4.

Стрелицама су назначени смерови релација, а знак + (плус) указује да се повећањем узрока повећава ниво последице, а знак – (минус) указује да се повећањем узрока смањује ниво последице.

Према Стратегији управљања чврстим отпадом у БиХ (2000) дефинишу одлагалишта отпада. На простору Региона успостављено је једно међуопштинско одлагалиште (Тузла), а Калесија се придружује регионално одлагалиште у Зворнику.

У току су довршење радова и пројектовање нових одлагалишта отпада.

4.2. Управљање отпадом у РСИБиХ у целини

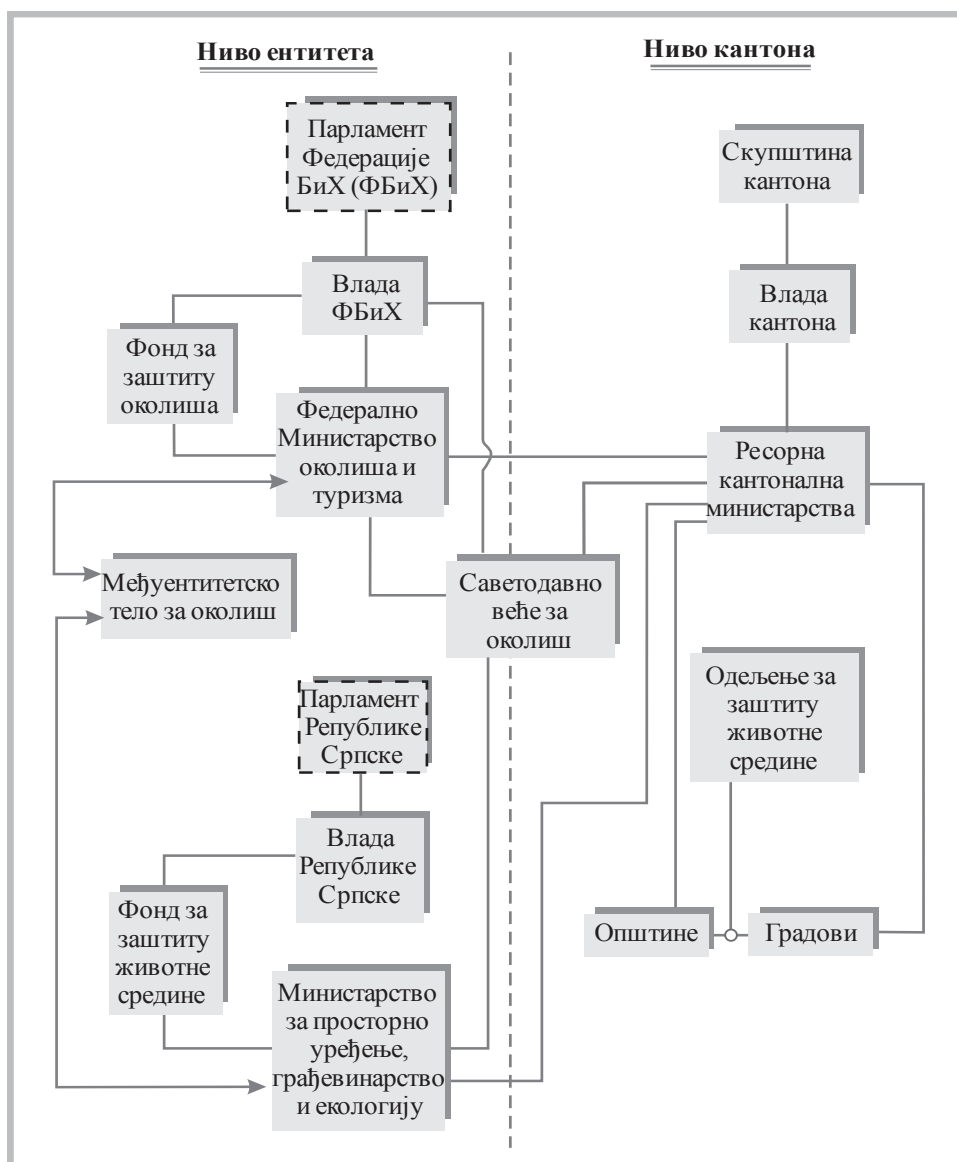
Према Хаџиефендић А., (2010), дефинисане су врсте отпада и законска регулатива на нивоу БиХ (Федерације БиХ) и Републике Српске (РС) и кантона. Према Уставу БиХ област управљања отпадом није описана у 10 надлежности државних институција, па стога припада ентитетима. У овом случају, то су Федерација БиХ, Република Српска и Брчко дистрикт, јер посматрана регија Северо-источне БиХ обухвата општине из сва три дијела. На нивоу ентитета дефинишу се економска политика, укључујући планирање и обнову и политику коришћења земљишта, као и енергетска политика и пружање и одржавање припадајуће инфраструктуре.

Политика заштите животне средине је у домену заједничке одговорности ентитета и кантона, а кантони имају све надлежности које нису изричито повезане ентитетским властима.

На нивоу свих ентитета у БиХ у области управљања отпадом, издвајају се следеће институције:

- Министарство просторног уређења, грађевинарство и екологију Републике Српске,
- Министарство околиша и туризма Федерације Босне и Херцеговине,
- Одјел за просторно уређење, имовинско-правна питања Брчко Дистрикта Владе БиХ,
- Међуентитетско тело које је именовано 2006. године од стране Федерације БиХ, у складу са Законом о заштити околиша.

На слици 4.7 приказана је схема надлежности у систему за управљање отпадом у региону Северо-источна БиХ.



Слика 4.7. *Схема надлежности за управљање отпадом на територији региона Северо-источне БиХ*

У посматрањима региона из ФБиХ је укључен Тузлански и делимично Зеничко-Добојски кантон, из Републике Српске то је Босанско-Подрињска регија. Укупно су укључене следеће општине у правцу северо-исток:

а) из Републике Српске:

- Вукосавље, Шамац, Модрича, Доњи Жабари, Пелагићево, Бјељина, Лопаре, Угљевик, Петрово, Зворник, Осмаци, Шековићи, Братунац, Власеница, Милићи, Хан Песак, Сребрница и Теочек,

б) у кантонима ФБиХ:

- Добој-исток, Челић, Грачаница, Сребрник, Лукавац, Тузла, Сапна, Живинице, Калесија, Бановићи, Оцак, Градачац и Кладањ,

с) Брчко-дистрикт:

- Брчко дистрикт.

Законски оквир управљања отпадом у посматраном региону обухвата законе и правилнике из сва три ентитета. Према (Федерални план управљања отпадом 2012-2017, 2011) за Ф БиХ то су:

- Стратегија заштите околиша ФБиХ (2008-2018)
- Закон о управљању отпадом („Сл. новине ФБиХ”, број:33/03 и 72/09)
- Одлука о ратификацији Конвенције о контроли прекограничног промета опасног отпада и његовом одлагању („Сл. гласник БиХ, бр.31/00)
- Правилник о категоријама отпада са листама („Сл. новине ФБиХ”, број: 9/05)
- Правилник о издавању дозволе за активности мале привреде у управљању отпадом („Сл. Новине ФБиХ”, број: 9/05)
- Правилник о потребним увјетима за пријенос обавеза са произвођача и продавца на оператора система за прикупљање отпада („Сл. новине ФБиХ”, број: 9/05)
- Правилник који одређује поступање са опасним отпадом који се не налази на листи отпада или чији је садржај непознат („Сл. новине ФБиХ”, број: 9/05)
- Правилник о садржају плана прилагођавања управљања отпадом за постојећа постројења за третман или одлагање отпада и активностима које подузима надлежни орган („Сл. новине ФБиХ”, број: 9/05)
- Правилник о увјетима за рад постројења за спаљивање отпада („Сл. новине ФБиХ”, број: 12/05)
- Уредба о финансијским и другим гаранцијама за покривање трошкова ризика од могућих штета, чишћење и поступке након затварања одлагалишта („Сл. новине ФБиХ”, број: 39/06)
- Уредба о селективном прикупљању, паковању и означавању отпада („Сл. новине ФБиХ”, број: 38/06)
- Уредба о врстама финансијских гаранција којима се осигурава прекогранични транспорт опасног отпада („Сл. новине ФБиХ”, број: 41/05)
- Уредба која регулира обавезу извјештавања оператора и произвођача отпада о провођењу програма надзора, мониторинга и вођења евиденције према увјетима из дозволе („Сл. новине ФБиХ”, број: 31/06)
- Правилник о животињском отпаду и другим неопасним материјалима природног поријекла који се могу користити у пољопривредне сврхе („Сл. новине ФБиХ”, број: 8/08)
- Правилник о обрасцу, садржају и поступку обавјештавања о важним карактеристикама производа и амбалаже од стране произвођача („Сл. новине ФБиХ”, број: 6/08)
- Правилник о управљању медицинским отпадом („Сл. новине ФБиХ”, број: 77/08)
- Правилник о амбалажи и амбалажном отпаду („Сл. новине ФБиХ”, број: 83/10)

–Правилник о прекограничном промету отпада („Сл. новине ФБиХ“, број: 07/11).

У Републици Српској (Преглед стања околиша: Босна и Херцеговина, 2011), то су:

–Правни оквир (Закон о заштити околиша) Од 2002/2003. године, БиХ је усвојила низ закона о околишу. То су: Закон о заштити околиша; Закон о управљању отпадом; Закон о заштити зрака; Закон о водама; Закон о заштити природе; и Закон о Фонду за заштиту околиша.

–Ови закони о околишу су урађени у складу са најважнијим хоризонталним директивама ЕУ, укључујући Директиве о ЕИА 85/337/ЕЕС, 97/11/ЕС и 2003/35/ЕС; Директивом о SEA 2003/35/ЕС; Директивом о интегрiranом спријечавању и контроли загађења (IPPC) 96/61/ЕС; и, Директивом о хемијским несрећама (SEVESO II) 96/82/ЕС. 29

–Поред ових закона о околишу, до сада је усвојено такође и око 40 прописа који се односе на околиш.

–Основни принципи Закона о заштити околиша јесу одрживи развој; предострожност и превенција; супституција; сарадња; учешће јавности и приступ информацијама; принцип „загађивач плаћа“; и интегрirана заштита елемената околиша.

–Закон о заштити околиша је увео низ нових инструмената у БиХ. Прије 2003. године, земља није имала искуства са околишким дозволама нити са провођењем процјене утјецаја на околиш (ЕИА).

–У мјери у којој је усвојен и проводи се, постојећи правни оквир за заштиту околиша је адекватан у смислу правила ЕУ.

Овај законски оквир заснован је на примени ЕУ директива:

- Оквирна директива о отпаду (208/98/ЕС),
- Директива о управљању отпадом (91/689/ЕЕС),
- Директива о амбалажи и амбалажном отпаду (94/62/ЕС),
- Директива о отпаду (2006/12/ЕС),
- Директива о одлагалиштима отпада (1999/31/ЕС допуњена 2003. године),
- Директива о спречавању загађења животне средине азбестом (87/21Z/ЕЕЗ, измењена са 91/692/ЕЕЗ, уредбом EZ 807/2003),
- Директива о спаљивању отпада (2000/76/ЕС),
- Директива о амбалажи и амбалажном отпаду (94/62/ЕС а са додацима 2005/20/ЕС, 2004/12/ЕС, 1882/2003),
- Директива о одлагању РСВ и РСТ (96/59/ЕС),
- Директива о транспорту отпада (ЕС) 1013/2006,
- Директива о управљању отпада из екстрактивне индустрије 2006/21/EZ.

За подршку и ефективно управљање отпадом у фази увођења је информациони систем ГИС) за управљање отпадом, који према [118] обухвата:

- врсте отпада,
- количине,

- локације за прикупљање,
- локације за одлагање,
- идентификацију проблема,
- статус проблема,
- планирање и
- стални мониторинг

на основу којих се доносе управљачке одлуке на кантоналном и ентитетском нивоу.

С обзиром на постојећу политичко-економску ситуацију у БиХ и сваком ентитету посебно, ефективно финансирање реализације политике управљања отпадом, поред Владе/министарства и фондова на ентитетском, кантоналном и општинском нивоу, користе се ЕУ фондови, УН програми и средства Развојне банке.

За БиХ је закључно са 2012. годином уложено 488.2 милиона € преко ЕУ фондова (*IPA, CARDS, LIFE+, Phone, ISPA*). Са друге стране, искоришћени су и УН програми у износу од преко 13 милиона УСД. Светска банка (*WB*) је кредитирала пројекат Управљање крутим отпадом за шест регија у износу 40 милиона УСД, као и друге пројекте у висини око 13 милиона УСД, а Европска инвестициона банка око 457 милиона €. У току су бројни пројекти који се финансирају из ИПА фондова ЕУ, Владе појединих држава и агенција.

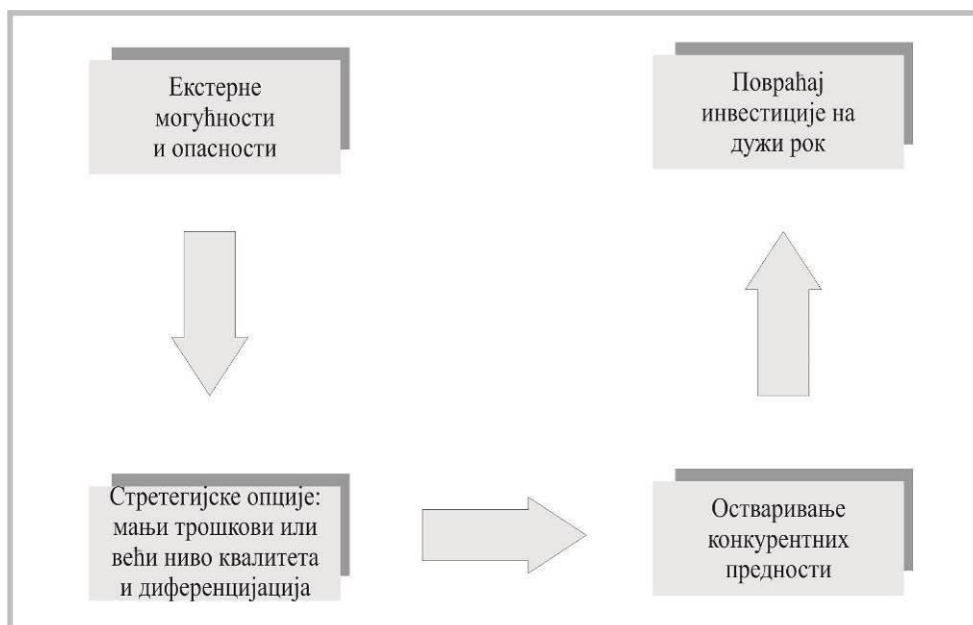
4.3. Развој нове стратегије управљања отпадом као грађевинским ресурсом

Према концепту стратегијског менаџмента (*David, F., 2011*), стратегија је процес који има више фаза. Прва фаза је фаза развоја или формулације стратегије, која обухвата (*David, F., 2011; Mintzberg, H., Ahlstrand, B., Lampel, J., 2000*):

- развој визије и мисије,
- дефинисање дугорочних циљева,
- генерисање, вредновање и избор стратегије.

У другој фази се врши имплементирање стратегије, а у трећој мерење и вредновање перформанси после примене стратегије(а).

Са друге стране, разликују се ресурсно-оријентисани (*слика 4.8*) и тржишно-оријентисани приступ (*слика 4.9*) развоју стратегије (*Арсовски, С., 2006*). Организацију се позиционира полазећи од екстерних могућности и опасности (*слика 4.8*).



Слика 4.8.- *Тржишно базиран поглед на стратегију организације*

Затим се у другој фази разрађују стратегијске опције: ниски трошкови, квалитет или диференцијација. У трећој фази се, применом одговарајућих програма (на тактичком и оперативном нивоу), остварује предност. Мерењем ове предности нпр. за инвеститоре или способности за одбрану на тржишту, у четвртој фази се доносе одлуке у вези даље стратегије.

Тржишно базиран поглед на стратегију је екстерни поглед, то је поглед купаца и других спољних заинтересованих страна. Поглед базиран на вредности је ресурсно-орјентисани, тј. интерни поглед. При томе се полази од слабости и снаге организације и на основу тога утврђује правац деловања и стратегија (слика 4.9).



Слика 4.9. - *Поглед на стратегију из угла ресурса*

Слабости се морају јасно идентификовати и применом многих техника и технологија, кроз пројекте унапређења, умањити, па чак и отклонити. Временски раније анализирају се карактеристике снаге и на њима изграђују компетенције свих ресурса, а пре свега људских, као могућност за опстанак и развој.

Кључне компетенције су основа за борбу на тржишту. Да би се прецизније дефинисале, користе се три критеријума за њихово издвајање:

- *креирање вредности за купца,*
- *служе за диференцијацију конкуренције и*
- *обезбеђују надградњу и трансфер ка другим областима.*

Предмет развоја стратегије је управљање отпадом као грађевинским ресурсом. То је део стратегије за управљање отпадом, а она део стратегије за заштиту животне средине и одрживог развоја. Имајући у виду сложеност функционисања БиХ као државе, ове стратегије се морају усклађивати (слика 4.10). На овој слици растером је означен степен примене ових стратегија.



Слика 4.10. *Усклађеност стратегија управљања отпадом у БиХ*

С обзиром да на нивоу Региона не постоји Стратегија за управљање отпадом као грађевинским ресурсом, у овом поглављу ће се дати методологија и полазне основе ове стратегије, а после симулације ефеката примене у 7, 8, 9 и 10 поглављу даће се вредновање исте.

4.3.1. Формулисање стратегије

Прва фаза Стратегијског менаџмента започиње развојем мисије и визије, односно изјавом о визији и мисији. При томе треба истаћи да постоје сличности и разлике између мисије и визије. Генерално говорећи, мисија даје одговор на питање: "шта ми радимо", а визија "шта желимо да будемо"? (David, F., 2011). Између профитних и непрофитних организација постоје разлике, које се у складу са специфичностима организације исказују кроз изјаве о мисији и визији.

Мисија треба да:

- искаже сврху постојања,
- буде основа или стандард за алоцирање ресурса,
- утврди општи тон или климу,
- служи као основа за идентификацију појединаца са стратегијом,
- омогући схватање циљева и инфраструктуре за њихово спровођење,
- укаже на став свих стејхолдера.

Компоненте мисије су:

- корисници: одговором на питање "ко су наши корисници?",
- производи/услуге: одговором на питање "који су наши главни производи/услуге?",
- тржишта: одговором на питање "на ком простору ћемо бити конкуренти?",
- технологије: одговором на питање "да ли постоји технолошка конкурентност?",
- раст/профитабилност: одговором на питање "да ли постоји тежња ка расту и профитабилности?",
- филозофија: одговором на питање "које су вредности, жеље и етичке вредности?",
- сопствени концепт: одговором на питање "да ли постоје конкурентске предности?",
- брига за имиџ: одговором на питање "да ли постоје значајни ресурси за остварење мисије?".

Карактеристике добро осмишљене мисије су:

- мора бити кратка, али језгровита,
- морају се користити речи једноставне за разумевање, али које добро описују МИСИЈУ,
- мора се избећи реч КАКО,
- треба описати КО, ШТА и ГДЕ треба да обави за реализацију ВИЗИЈЕ.

На основу претходног може се исказати мисија управљања отпадом као грађевинским ресурсом:

РЕЦИКЛАЖА ОТПАДА И ПРИМЕНА ИСТОГ У СЕВЕРО-ИСТОЧНОЈ БиХ КАО ГРАЂЕВИНСКОГ РЕСУРСА, у складу са важећом легислативом, стандардима и захтевима стејхолдера (грађани, привреда, јавни сектор, државна и локална управа).

Визија треба да одговори на следећа питања:

- одакле потичу процеси везани за примену стратегије?
- шта желите да понудите стејхолдерима (грађани, привреда, јавни сектор, државна и локална управа)?
- шта желите да буде основа за ове процесе?
- које пословне потребе треба да задовоље ови процеси?

- шта ће се десити ако не постоје ови процеси?
- шта би вам рекли стејкхолдери о овим процесима?

Полазећи од ових ставова формулише се изјава о визији као сну који се може (треба) остварити. Карактеристике добро осмишљене визије су:

- лака за разумевање,
- кратка али језгровита,
- може се мењати, ако се промене околности,
- заокружена (као целина),
- изазива узбуђење код оних који је спроводе,
- ствара мотиве за реализацију,
- не користи бројеве,
- даје тон спровођењу исте.

Овај исказ се формира на основу познавања еколошко-политичког амбијента, посебно еко – и пословног амбијента у БиХ и посебно Региону Северо-источне БиХ. Да би се овај исказ "преточио" у стратегију потребан је концензус свих стејкхолдера.

На основу претходног може се исказати **визија управљања отпадом као грађевинским ресурсом:**

РЕГИОН СЕВЕРО-ИСТОЧНЕ БОСНЕ ПОСТАЈЕ ЛИДЕР У ЕФЕКТИВНОЈ РЕЦИКЛАЖИ ОТПАДА И ПРИМЕНИ ИСТОГ КАО ГРАЂЕВИНСКОГ МАТЕРИЈАЛА

После визије и мисије следи формулисање дугорочних циљева. Они следе из анализе екстерног и интерног окружења.

За оцену екстерног окружења користи се *Porter-ov* модел (*Porter, M., 1980*) са екстерним снагама, подељеним у пет категорија:

- 1.економске снаге,
- 2.друштвено, културно, демографско и природно окружење,
- 3.политичке, државне и законске снаге,
- 4.технолошке снаге, и
- 5.снаге конкуренције.

Ове снаге утичу на све стејкхолдере и све аспекте живота у посматраном региону, дајући му могућности (енгл. *Opportunity*) за раст, али могу представљати и опасности (енгл. *Threats*). Кључни екстерни фактори треба да: (1) омогуће остварење дугорочних и годишњих циљева, (2) буду мерљиви, (3) примењиви за све учеснике у овом процесу, (4) хијерархијски уређени.

Економске снаге обухватају део снага на нивоу БиХ (нпр. друштвени бруто производ, инфлација, приступ кредитима, каматне стопе, јавни дуг, штедња, увоз/извоз, флукуација цена, монетарна политика, фискална политика, трансмисија политика ЕУ, кретање вредности валута на светском тржишту, итд.).

На нивоу посматраног Региона, ове раније наведене снаге на нивоу БиХ се преносе директно на регион због релативно малих миграција и сарадње између ентитета. Посебно се анализирају варијабле екстерне снаге, као што су понуда и тражња капитала, понуда и тражња радне снаге, ниво продуктивности, директне везе Региона са спољним окружењем, економске карактеристике осталих Региона у БиХ, итд.

Снаге које се односе на друштвено, културно, демографско и природно окружење, у односу на посматрани Регион, односе се на велики број варијабли, од којих се за потребе ове дисертације издвајају:

- стопа наталитета,
- стопа емиграције/имиграције,
- програми друштвене заштите,
- квалитет живота,
- доходак по глави становника,
- локације пословних ентитета,
- животни стилови,
- поверење у државу,
- ставови према раду,
- етички ставови,
- ниво образовања и знања,
- државна регулатива,
- пензијска политика,
- контрола загађивања,
- друштвена одговорност,
- енергетска ефикасност,
- квалитет и безбедност производа,
- религијски ставови,
- стратегије рециклаже на нивоу БиХ,
- менаџмент отпадом на нивоу БиХ,
- иновациона политика,
- политика одрживог развоја, итд.

Политичке, државне и законске снаге обухватају главне регулативе, дерегулативе, стејкхолдере на нивоу БиХ и ентитета, укључујући следеће варијабле:

- законе на нивоу БиХ и ентитета,
- промене у пореској политици,
- специјалне порезе, као нпр. зоне за отпад,
- политичке организације,
- патентно право и број патената,
- законе везане за животну средину,
- ниво буџета за одбрану од непогода и катастрофа,
- регулативу везану за увоз/извоз,
- политичке услове у страним земљама,
- специјална локална и кантонска регулатива,
- величина буџета за рециклажу на нивоу БиХ и кантона, итд.

Технолошке снаге обухватају: (1) инсталирану опрему, (2) знања људи, (3) расположиве технологије, (4) остале ресурсе инфраструктурног типа, као што су школе, институти, инфраструктура квалитета и заштите животне средине, итд.

Снаге конкурентности добијају се поређењем са конкуренцијом, одговором на следећа питања:

1. које су главне снаге конкуренције?
2. које су главне слабости конкуренције?
3. који су главни циљеви и стратегије конкуренције?
4. како главни конкуренти одговарају на претходне четири главне снаге?
5. колико су рањиви главни конкуренти на предвиђену стратегију Региона?
6. колико је рањива стратегија Региона на успешну примену стратегија конкуренције?
7. како ће се позиционирати производи Региона у односу на главне конкуренте?
8. колико ће ентитета ући, а колико изаћи из посла после примене ове стратегије?
9. који су кључни фактори који су условили садашњу позицију Региона у односу на конкуренцију?
10. каква су предвиђања продаје и профита главних конкурената?
11. који су испоручиоци и дистрибутери и какве су њихове релације у области управљања отпадом и грађевинске индустрије у БиХ?
12. који супститути производа могу бити опасност за конкуренте?

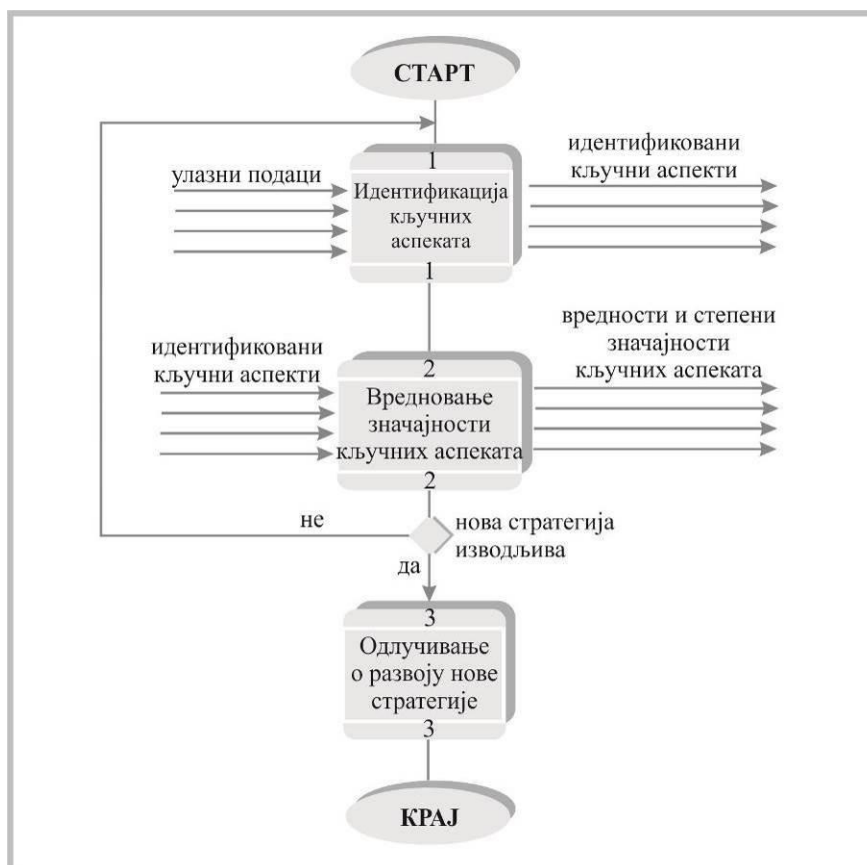
На *Porter*-овом моделу пет снага развијен је модел конкурентности, који обухвата:

- ривалство између пословних и друштвених ентитета,
- улаз нових конкурената,
- развој субститута производа,
- умањење снаге добављача и
- умањење снаге купаца (корисника).

Да би се остварио одрживи успех, врши се оцењивање у три корака и то:

1. идентификују се кључни аспекти (*слика 4.11*),
2. вреднује се јачина и значај сваког од њих и
3. одлучује се да ли треба ићи у развој стратегије или остати при постојећој.

Како не постоји одговарајућа стратегија на нивоу посматраног региона одлука је једнозначна – потребно је развити стратегију конкурентности Региона у посматраној области управљања отпадом као грађевинским ресурсом.



Слика 4.11. Фазе оцењивања стратегије

Ако се посматра ривалство између ентитета који конкуришу ентитетима у Региону, то су:

- привредне организације из окружења које су добављачи сировина за грађевинску индустрију,
- привредне организације из окружења које конкуришу рециклерима из Региона,
- привредне организације из окружења које конкуришу произвођачима из Региона за грађевинску индустрију,
- привредне и друге организације из окружења које конкуришу у развоју нових технологија рециклаже,
- привредне и друге организације из окружења које конкуришу у развоју –постојећих и нових производа за потребе грађевинарства на бази рециклираног отпада.

Сматра се да постоји велико ривалство између пословних ентитета ако је:

- велики број конкурентских ентитета,
- слична величина конкурентских ентитета,
- сличне карактеристике конкурентских ентитета,
- пад тражње за тим производима,
- пад цена за тим производима,
- када купци могу да се брзо одрекну тих производа,
- када су високе баријере за напуштање тржишта,

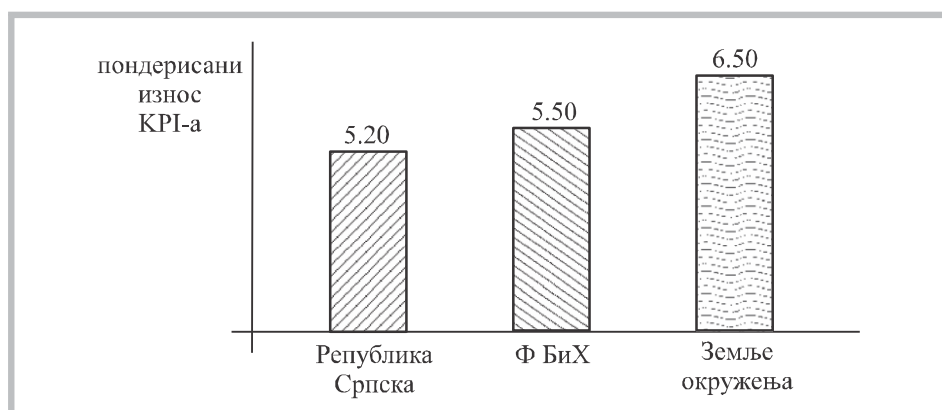
- када су ниске баријере за напуштање тржишта,
- када су високи фиксни трошкови,
- када су производи ниске поузданости,
- кад ривали имају већи капацитет,
- кад пада тражња на тржишту,
- кад ривали имају веће залихе,
- кад ривали продају сличне производе итд.

На основу претходне анализе формира се матрица профила конкурентности (*CPM* – *Competitive Profile Matrix*). У табели 4.2 дати су резултати анализе кроз матрицу *CPM*.

Табела 4.2. *CPM* матрица конкурентности (1-10)

Ред. бр.	Критични фактори успеха	Тежина	Реп. Српска		ФБиХ		Земље окружења	
			оцена	износ	оцена	износ	Србија	Хрватска
							оцена	износ
1.	Ниво инфраструктуре за управљање отпадом	0.20	5	1.00	6	1.20	7	1.40
2.	Ниво свести о значају проблема	0.05	5	0.25	5	0.25	6	0.30
3.	Конкурентност цена	0.25	6	0.90	6	0.90	7	1.05
4.	Финансијска позиција	0.25	6	0.90	6	0.90	7	1.05
5.	Удео на тржишту	0.05	4	0.20	4	0.20	5	1.05
6.	Ниво технологије	0.15	3	0.45	3	0.45	4	0.25
7.	Количине ресурса	0.25	6	0.90	6	0.90	7	0.60
8.	Ниво производ капацитета за грађевинску производњу	0.10	7	0.70	7	0.70	8	1.05
УКУПНО		1.00		5.20		5.50		6.50

На основу идентификованих опасности (оцене 1- највећа и 5- нижа) снаге и могућности (оцене 6- ниска и 10- висока) на слици 4.12 приказани су односи критичних фактора успеха (*KPI*).



Слика 4.12. Односи критичних фактора успеха

Оцењивање интерних снага (енгл. *strengths*) и слабости (енгл. *weaknesses*) врши се као елемент ресурсно - базираног стратегијског приступа. Оцењују се кључне интерне снаге, укључујући менаџмент, ресурси за реализацију активности: финансије, маркетинг, цене, специфичне области. Посебно се анализирају тзв. дистинктивне компетенције. Циљ је да се од интерних слабости пређе у виши стадијум – интерне снаге, а из њих у дистинктивне компетенције у односу на конкуренцију.

Кроз маркетинг анализу упоређују се потребе и жеље купаца, дефинишу профили купаца и врши сегментација тржишта. Затим се врши анализа продаје, кроз могућности рекламе, везе са купцима, мрежу продаје, итд. Такође врши се и анализа процеса планирања производа пре пласмана на тржиште, укључујући позиционирање, брендирање, гаранције, опционале производа, стил, карактеристике, квалитет и безбедност производа, услуге купцу. У следећем кораку анализирају се цене по секторима и купцима, добављачима, дистрибутерима и конкуренцији. У наредним корацима врши се *cost/benefit* (C/B) анализа, оцена финансијске снаге, могућности инвестирања, преко различитих финансијских показатеља (као на пример ликвидност, левериџ, ниво активности, профитабилност, раст, итд.

У следећим корацима анализира се:

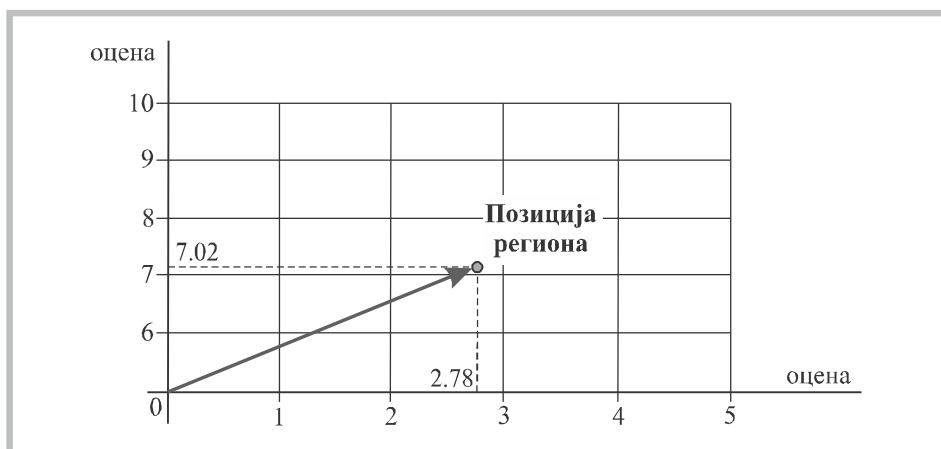
- ниво производње, кроз оцену: (1) процеса, (2) капацитета, (3) залиха ресурса, (4) радне снаге, (5) квалитета, (6) безбедности и заштите на раду, (7) утицаја на животну средину.
- ниво истраживања и развоја, кроз: (1) издвајање за ове намене, (2) број запослених на овим пословима, (3) развијену мрежу истраживачко-развојних институција и
- ниво развијености *ICT*.

На основу бенчмаркинг анализе у последњем кораку врши се анализа ланца вредности (енгл. *Value Chain Analysis – VCA*) и формира матрица вредновања интерних фактора (*IFE – Internal Factor Evaluation*). За посматрани Регион у *табели 4.3* дати су елементи ове матрице (IFE).

Табела 4.3. Матрица IFE за посматрани Регион

Ред. бр.	Кључни интерни фактори	Тежина	Оцена	Износ
А	СНАГЕ			
1.	Расположивост капацитета	0.09	6	0.54
2.	Мотивација за запошљавање	0.10	8	0.80
3.	Повећање профита	0.10	7	0.70
4.	Повећање плата	0.08	8	0.64
5.	Смањење величине депонија	0.05	6	0.30
6.	Јачање иновативности	0.03	6	0.18
7.	Јачање одрживости	0.05	7	0.35
Укупно за снаге		0.50		3.51
Б	СЛАБОСТИ			
8.	Повећање трошкова финансирања инвестиција	0.05	4	0.20
9.	Већа зависност од стејхолдера	0.05	3	0.15
10.	Ризик инвестирања	0.08	4	0.32
11.	Проблем локације и дозвола за рад	0.08	3	0.24
12.	Расположивост нових технологија	0.05	4	0.20
13.	Нелојална конкуренција	0.10	1	0.10
14.	Грешка у процени тражње	0.09	2	0.18
Укупно за слабости		0.50		1.39
Укупно		1.00		4.91

На слици 4.13 приказане су снаге и слабости Региона у фазном простору стања.



Слика 4.13. Однос снага и слабости Региона

Са слике се виде снаге (оцена 7.2) и слабости Региона (оцена 2.78), што даје добру основу за развој Стратегије за управљање отпадом као грађевинским ресурсом, а на основу изабраних циљева.

4.3.2. Моделирање дугорочних циљева

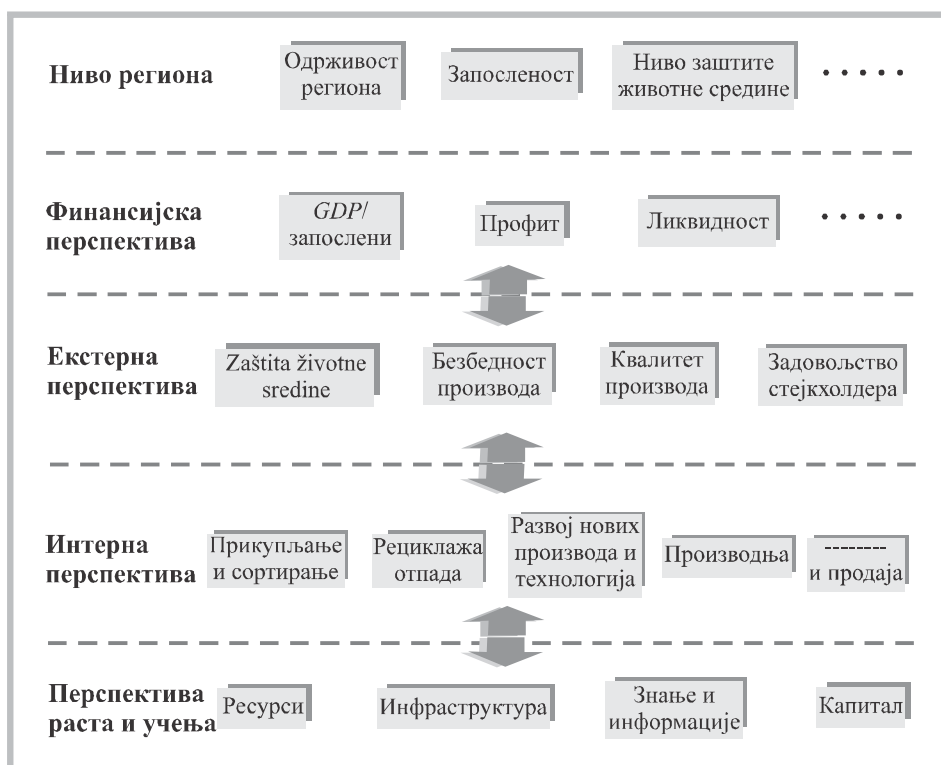
Дугорочни циљеви ове Стратегије произилазе из циљева надређених и подређених система, у овом случају циљева БиХ као надређеног, и ентитета у БиХ, ЕУ и суседних земаља. Основне карактеристике циљева су:

- могу се квантитативно изразити,
- може се мерити њихово остварење,
- реализам у постављању истих,
- разумљивост за све стејкхолдере,
- изазовност за све стејкхолдере,
- хијерархичност,
- конгруентност за све стејкхолдере,
- могућност остваривања.

Јасно дефинисани циљеви дају добар оквир за развој стратегије (*David, F., 2011*) јер:

- дају правац остваривања очекивања стејкхолдера,
- омогућују синергију,
- служе као стандард при вредновању,
- успостављају приоритете,
- смањују конфликте,
- стимулишу додатне напоре,
- побољшавају алокацију ресурса,
- помажу у дизајнирању радних места,
- служе као основа за доношење одлука.

Разликују се финансијски и стратешки циљеви, у оквиру којих могу бити и циљеви квалитета и безбедности, као и заштите животне средине. У области управљања према циљевима, који је поставио *P. Drucker* 80-их година 20-ог века, данас се доминантно користи техника *Kaplan*-а и *Norton*-а (1980) под називом *Balanced Score Card (BSC)*, што је преведено у домаћој литератури као балансиране карте успеха. На слици 4.14 приказана је структура *BSC*-а са четири перспективе, о којим ће касније бити више речи.



Слика 4.14. Структура BSC концепта

За сваки од наведених циљева у BSC мапи дефинишу се циљне вредности и то на дужи и средњи рок. За сваки од циљева на нивоу посматраног региона, а посебно:

- Ц1- одрживост Региона повећана за 10%,
- Ц2- запосленост у Региону повећана за 5%,
- Ц3- ниво заштите животне средине у Региону повећан за 15%,
- Ц4- ниво иновативности у Региону повећан за 15%,
- Ц5- ниво ГДП/ст у Региону повећан за 2%,
- Ц6- ниво трговинске размене повећан за 3%.

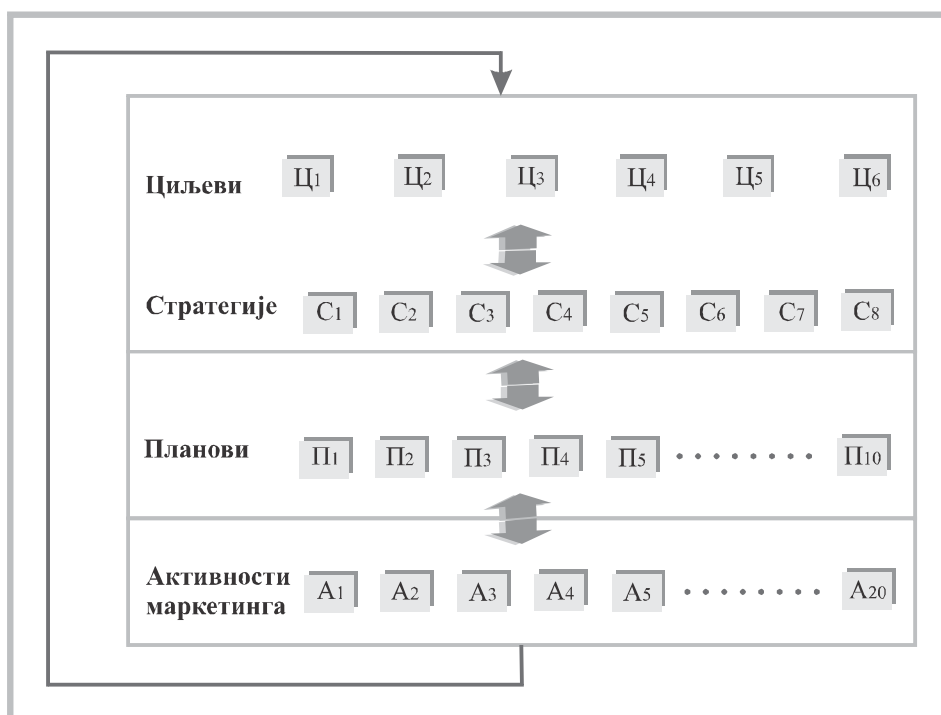
За сваки од циљева, применом ове стратегијске мапе, дефинишу се одговарајуће стратегије.

4.3.3. Генерисање, вредновање и избор стратегија

За реализацију циљева на нивоу Региона номинују се следеће стратегије:

- S1- стратегија повезивања унапред у ланцу вредности,
- S2- стратегија повезивања уназад у ланцу вредности,
- S3- хоризонтална интеграција,
- S4- пенетрација тржишта,
- S5- развој тржишта,
- S6- развој (иновирање) технологија,
- S7- развој нових производа,
- S8- диферсификација производа и друге.

Свака од наведених стратегија у већој или мањој мери је везана за остваривање циљева (слика 4.15).



Слика 4.15. Веза циљеви-стратегије

Porter (1980) је разликовао пет типова генеричких стратегија:

- тип 1: Liderство трошковима у пословним ентитетима,
- тип 2: Liderство трошковима у ланцу вредности,
- тип 3: Диференцијација производа и производње,
- тип 4: Фокусирање на ниже трошкове,
- тип 5: Фокусирање на највећу вредност.

Наведене генеричке стратегије ће бити уграђене у номиноване стратегије, кроз:

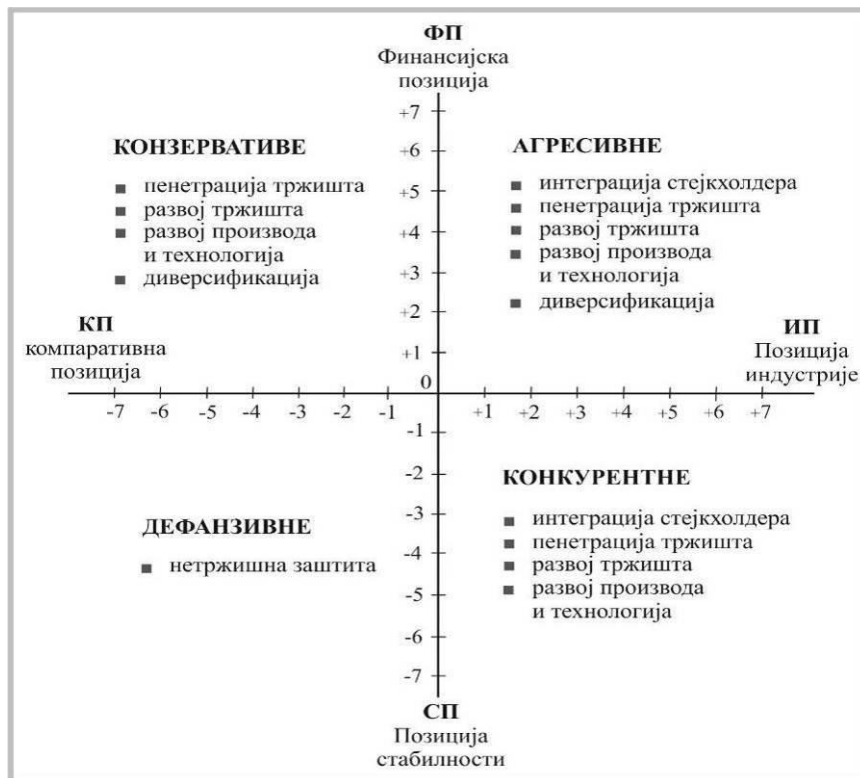
- кооперацију између пословних и других ентитета,
- joint venture*/партнерство,
- преузимање ентитета,,
- outsorsing* процеса,
- веће укључивање непрофитних и државних институција.

Анализа и вредновање стратегија врши се у три корака и то:

- 1.вредновање улаза помоћу:
 - матрице вредновања екстерних фактора (*EFE*),
 - матрице профила конкуренције (*CPM*) i
 - матрице вредновања интерних фактора.
- 2.Вредновање усклађености интерних и екстерних фактора помоћу:
 - SWOT* матрице,
 - матрице вредновања стратешке позиције и акција (*SPACE*),
 - матрице Бостонске групе (*BCG*),
 - интерно-екстерне матрице (*IE*) i
 - матрице велике стратегије.

3. одлучивање на основу матрице квантитативног стратегијског планирања

Матрица вредновања стратешке позиције и акција, дефинише се у четворо-квadrантном простору (слика 4.16) за развој Стратегије управљања отпадом као грађевинским ресурсом у Региону Северо-источне Босне и Херцеговине.



Слика 4.16. SPACE матрица за РСИБиХ

После анализе и вредновања стратегија, према некој или више наведених метода, приступа се избору стратегије, на основу следећих захтева:

- еквивалентност,
- задовољство стејхолдера,
- генерализација проблема,
- усмеравање ка захтевима вишег нивоа,
- обезбеђивање политичке подршке.

Детаљнији опис стратегија биће дат у поглављу 8.

Полазећи од заједничке стратегије управљања отпадом и производње делова за грађевинску индустрију, развијају се компоненте Стратегије. Једна од често коришћених је стратегија управљања грађевинским отпадом (*Developing a strategic approach to construction waste: 20 year strategy draft for comment, 2006*).

То су:

- акције потребне за боље дефинисање циљева активности изградње грађевинских објеката,
- акције потребне за реконструкције и одржавања грађевинских објеката,
- акције потребне за решења грађевинских објеката,

- акције за боље функционисање ланца снабдевања при изградњи грађевинских објеката,
- акције потребне за реконструкцију и одржавање грађевинских објеката,
- акције потребне за рушење грађевинских објеката.

Стратегија управљања отпадом треба да повећа ниво конкурентности региона. Према *Global Competitiveness Report 2009-2010*, (*World Economic Forum*), укупна конкурентност се изражавала преко 12 стубова. Босна и Херцеговина је остварила укупни ниво конкурентности 3.53 што је сврстало на дно конкурентности (109. Место од 133 рангиране државе). По стубовима конкурентности остварено је:

1. институције - 128. место
2. инфраструктура - 128. место
3. макро-економска стабилност - 69. место
4. здравље и основно образовање - 75. место
5. високо образовање и обука - 86. место
6. ефикасност тржишта роба - 125. место
7. ефикасност радне снаге - 94. место
8. софистицираност финансијског тржишта - 104. место
9. технолошка спремност - 95. место
10. величина тржишта - 90. место
11. софистицираност пословања - 107. место
12. иновације - 71. место

За потребе ове дисертације посебно су важни резултати везани за:

1.6. стуб и то:

- домаћа конкурентност,
- међународна конкурентност,
- квалитет услова тражње.

2.9. стуб и то:

- расположивост најновијих технологија,
- ниво прихватања технологија на нивоу фирме,
- директне стране инвестиције и трансфер технологије.

3.10. стуб и то:

- величина домаћег тржишта,
- величина ино тржишта.

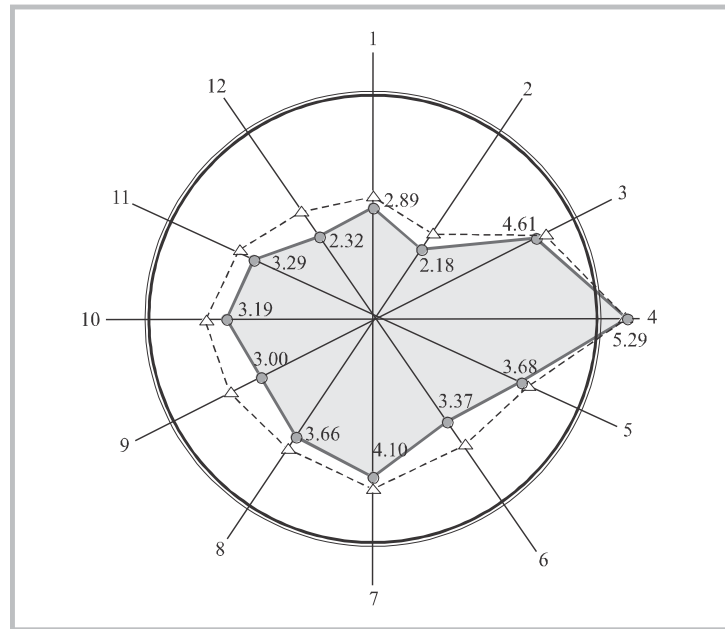
4.11. стуб и то:

- мреже и подршка индустрији,
- софистицираност операција и стратегије фирми.

5.12. стуб и то:

- капацитет за иновације,
- издвајање за истраживање и развој,
- сарадња универзитет-индустрија,
- расположивост научника и инжењера, итд.

Све горе наведено указује на релативно низак почетни ниво конкурентности. Применом ефективне стратегије у области обухваћеној овом дисертацијом, може се очекивати повећање индекса конкурентности. Ниво повећања зависи од циљева ове стратегије. Ако се претпостави да се вредност *KPI*-ова оствари у износу од 100%, према процени аутора може се очекивати повећање конкурентности, као на слици 4.17.



Слика 4.17. Очекивано унапређење конкурентности применом ефективне стратегије управљања отпадом у БиХ

С обзиром да је испитивани Регион Северо-источне БиХ у просеку мање развијен од БиХ, може се претпоставити да је почетно стање са нешто нижим оценама, што се односи и на очекиване вредности конкурентности. Може се претпоставити, с обзиром на опасности и слабости које су исказане у *SWOT* анализи, да се применом ове стратегије оствари конкурентност на нивоу 12. – 105. места.

Кроз анализу и приказане резултате у овом поглављу утврђен је стратегијски приступ и ниво стратегијских циљева, што је потребно за остваривање циља Ц4 (утврђиване економске валидације отпадних материјала у регионалном грађевинском сектору) и постављене основе за додатно остваривање циља ЦО (развој модела одрживог управљања отпадним материјалима као грађевинским ресурсом у Северно-источној БиХ). Такође, истраживања у овом поглављу потврђују релацију Р5 (на основу сталних инпута, развијене стратегије у *cost/benefit* анализе постоји спремност у интересе привредних субјеката за коришћење отпадног материјала у грађевинарству).

5. АНАЛИЗА РАСПОЛОЖИВИХ РЕСУРСА ЗА РЕЦИКЛАЖУ И ПРОИЗВОДЊУ ДЕЛОВА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ИНДУСТРИЈУ

Полазећи од дефиниције ресурса (енгл. *resource*) као нечег што стоји на располагању за остваривање неке активности, развијен је модел ресурса, који се односе на следеће врсте ресурса:

- технолошке,
- информационе,
- материјалне и
- финансијске.

Са аспекта ове дисертације анализираће се комбинација ових ресурса, која се односи на:

- 1.Људске ресурсе,
- 2.Технологије и капацитети за прераду отпада,
- 3.Технологије и капацитети за прераду рециклата,
- 4.Логистичке технологије и капацитете,
- 5.Информационо комуникациони систем за управљање отпадом за потребе грађевинске индустрије,
- 6.Врсте, количине и морфологију отпада.

5.1. Анализа људских ресурса

Људски ресурси су генератори отпада, са једне стране, и покретачи рециклаже истог и израде производа за грађевинску индустрију, са друге стране. Као генератор отпада, људски ресурси утичу на:

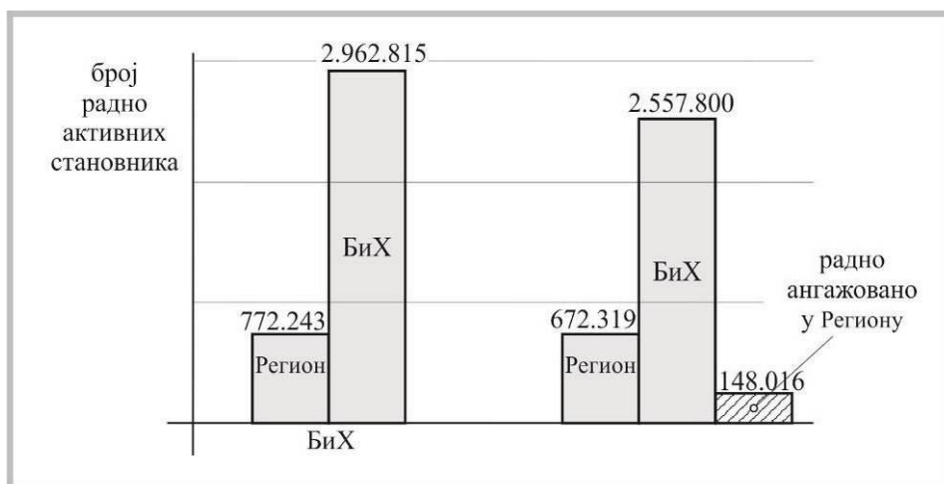
- количину комуналног отпада, према броју, густини насељености (урбано или сеоско становништво),
- морфологију комуналног отпада, према куповној моћи становника,
- количину *ELV* и структуру *ELV*, преко зарада запослених,
- број запослених у делатностима које су генератори отпада (имплицитно број запослених) што указује на интензитет ових делатности и тиме интензитет стварања отпада

У *табели 5.1* приказани су подаци о количини комуналног отпада према броју становника и просечном интензитету генерисања отпада укупно за градско и сеоско становништво.

Табела 5.1. Количина комуналног отпада према структури становника (Socioekonomski pregled i SWOT analiza ekonomske regije „Sjevernoistična BiH“, 2004)

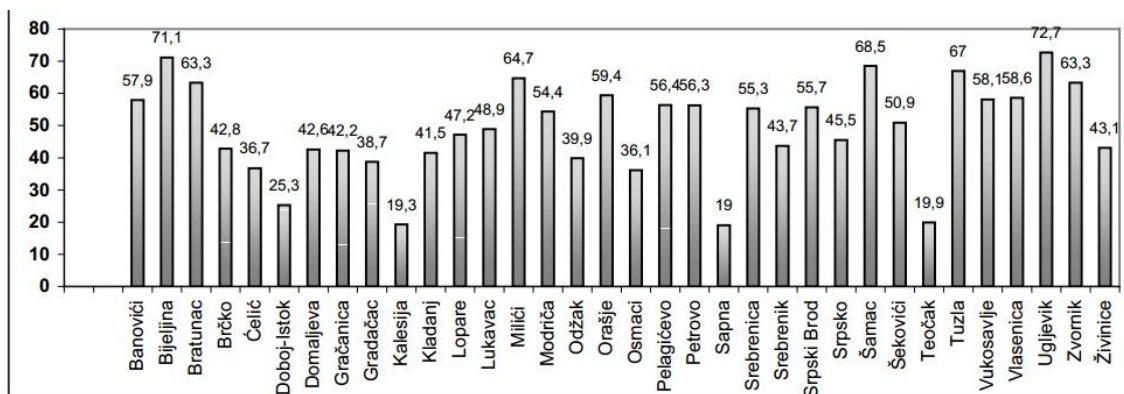
Година	Број становника	Густина насељености	Интензитет генерисања отпада (t/god)	Укупна количина отпада
2001	973.154	140	0.350	340.604
2012	980.000	146	0.370	362.600
2015	100.000	147	0.400	400.000

Ова регија је знатно више насељена у односу на просек БиХ (75 становника по м²), што чини око 25.6% укупног становништва. Са друге стране, она остварује само око 17.5% укупног ГПП у БиХ, што указује на нижу продуктивност рада, мерено преко ГПП/per capite. На слици 5.1 приказани су упоредно људски ресурси, изражени преко радно-активног становника.



Слика 5.1. Радно активно и ангажовано становништво у Региону

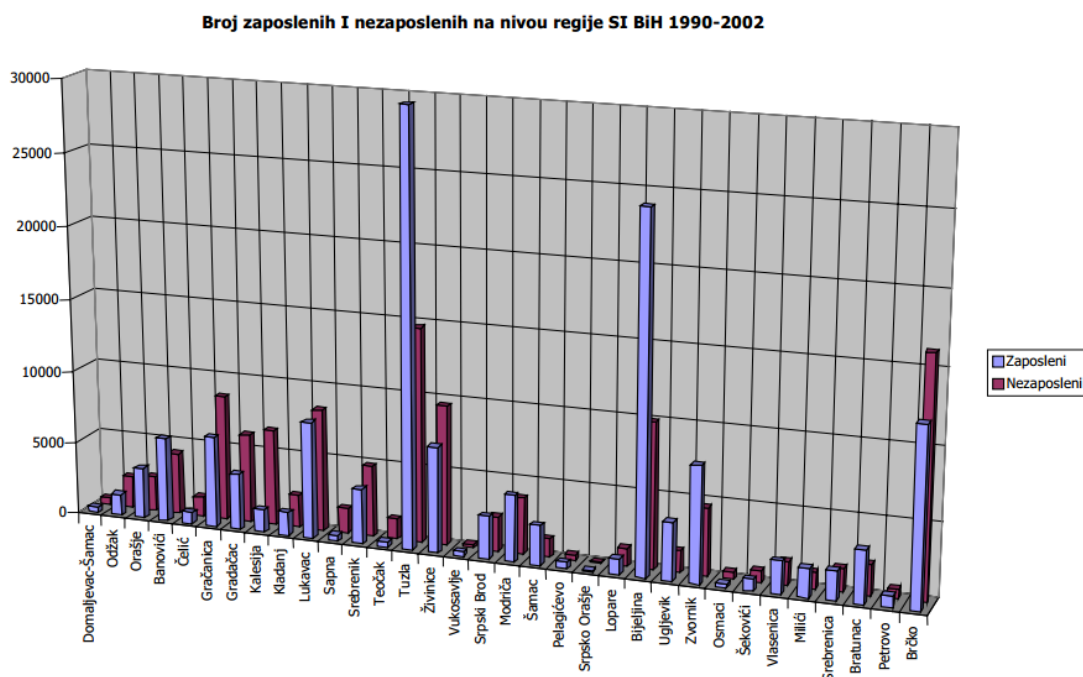
Учешће радно-активног становништва је задовољавајуће и износи око 68%. У Региону је запослено око 23% од укупно запослених у БиХ. На слици 5.2 приказана је стопа запослености по општинама Региона, а у табели 5.1 удео запослености по општинама у Региону (стр. 35)



Слика 5.2. Стопа запослености (Socioekonomski pregled i SWOT analiza ekonomske regije „Sjevernoistična BiH“, 2004)

Највише запослених (86.742) је у 6 општина, и то у Региону 4 општине Тузланског басена (Бановићи, Лукавац, Тузла, Живинице) и Посавско-Семберијског басена (Бијељина и Брчко). То чини око 58.6% укупног броја запослених у Региону.

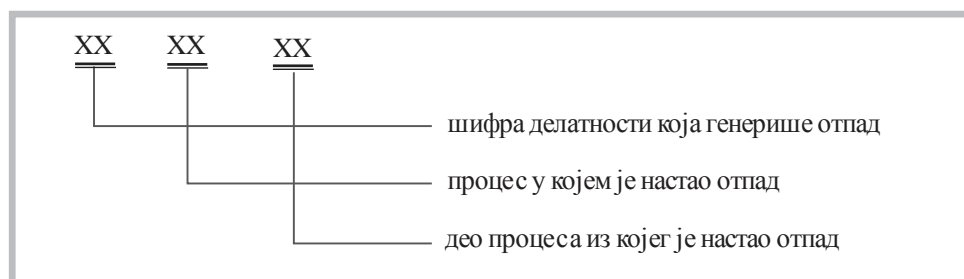
Стопа регистроване незапослености је 45.9%, што ову Региону чини социјално најтеже погођеном у БиХ. На слици 5.3 приказане су стопе незапослености у општинама Региона.



Слика 5.3. Број запослених и незапослених у Региону (Socioekonomski pregled i SWOT analiza ekonomske regije „Sjevernoistična BiH“, 2004)

5.2. Анализа расположивих технологија рециклаже за добијање материјала за грађевинску индустрију

Рециклажа (енгл. *recycling*) је фаза која следи после фаза прикупљања и сортирања (раздвајања) отпадног материјала по врстама. Према класификацији отпада из Европске класификације отпада (Смернице, , 2009), отпад се сврстава у 20 група према класификационој шеми (слика 5.4).



Слика 5.4. Класификациона шема отпада

Доминантне врсте отпада су:

- 01.00** Отпад који настаје истраживањем и копањем руда, ископавања и дробљења камена и од физичког и хемијског обрађивања руде
- 02.00** Отпад од пољопривреде, вртларства, производње водених култура, шумарства, лова и риболова, припремања и прераде хране
- 03.00** Отпад од прераде дрвета и производње плоча и намештаја, целулозе, папира и картона
- 04.00** Отпад од кожарске, крзнарске и текстилне индустрије
- 05.00** Отпад од прераде нафте, пречишћавања природног гаса и пиролитичке обраде угља
- 06.00** Отпад из анорганских хемијских процеса
- 07.00** Отпад из органских хемијских процеса
- 08.00** Отпад од производње, формулације, продаје и примене премаза (боје, лакови, стакласти емајли, лепкови, средства за заптивање и штампарске боје)
- 09.00** Отпад из фотографске индустрије
- 10.00** Отпад из термичких процеса
- 11.00** Отпад од хемијске површинске обраде и заштите метала и хидрометалургија обојених метала
- 12.00** Отпад од обликовања и површинске физичко-хемијске обраде метала и пластике
- 13.00** Отпадна течна горива и уља (осим јестивог)
- 14.00** Отпад од органских материја које се користе као растварачи (изузев 07 и 08)
- 15.00** Амбалажа, апсорберси, материјали за упијање, филтерски материјали и заштитна одећа
- 16.00** Остали некатегорисани отпад
- 17.00** Грађевински отпад
 - 17.01 Бетон, опека/цигла, цреп/плочице и керамика
 - 17.01.01 Бетон и армирани бетон
 - 17.01.02 Опека/цигла
 - 17.01.03 Цреп/плочице и керамика
 - 17.01.05 Мешавине или одвојене фракције бетона, опеке, црепа/плочица и керамике које садрже опасне материје
 - 17.01.06 Мешавине бетона, опеке, црепа/пластике и керамике које нису наведене у 17.01.05
 - 17.02 Дрво, стакло, пластика
 - 17.02.01 Дрво
 - 17.02.02 Стакло
 - 17.02.03 Пластика
 - 17.02.04 Стакло, пластика и дрво који су контаминирани опасним материјама
 - 17.03 Мешавине битумена, угљени катран и производи који садрже катран

17.03.01	Мешавине битумена које садрже угљени катран
17.03.02	Мешавине битумена које нису наведене у 17.03.01
17.03.03	Катран из угљена и производи који садрже катран
17.04	Метали (укључујући и њихове легуре)
17.04.01	Бакар, месинг, бронза
17.04.02	Алуминијум
17.04.03	Олово
17.04.04	Цинк
17.04.05	Гвожђе и челик
17.04.06	Калај
17.04.07	Мешани метали
17.04.09	Метални отпад контаминиран опасним материјама
17.04.10	Каблови контаминирани уљем, катраном и другим опасним материјама
17.05	Земља и камен који садрже опасне материје
17.06	Азбест
18.00	Отпад који настаје при заштити здравља људи и животиња
19.00	Отпад од постројења за управљање отпадом, постројења за пречишћавање градских отпадних вода и припреме воде за пиће и индустријску употребу
20.00	Комунални и слични отпад из индустријских и занатских погона, укључујући одвојено прикупљене фракције

Са аспекта накнадне примене у грађевинској индустрији и према анализи расположивих ресурса у Региону Северо-источне БиХ могу се користити врсте материјала из групе 01, 03, 04, 05, 06, 08, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19 и 20. У *табели 5.2* приказане су врсте материјала које настају као отпад у грађевинарству.

Табела 5.2. *Врсте материјала у грађевинском отпаду*

Земљани радови	Нискоградња	Високоградња	Мешани грађевински отпад
Земља Песак, шљунак Глина Иловача Камен	Битумен (асфалт) или цементом везани материјал Песак, шљунак, дробљени камен	Бетон Опека Креч Малтер Гипс Експандирана глина	Дрво Пластика Папир, картон Метал Каблови Боје, лакови Шут

Са друге стране, могућности поновне употребе грађевинског отпада, директно или после рециклаже, наведене су у *табели 5.3*.

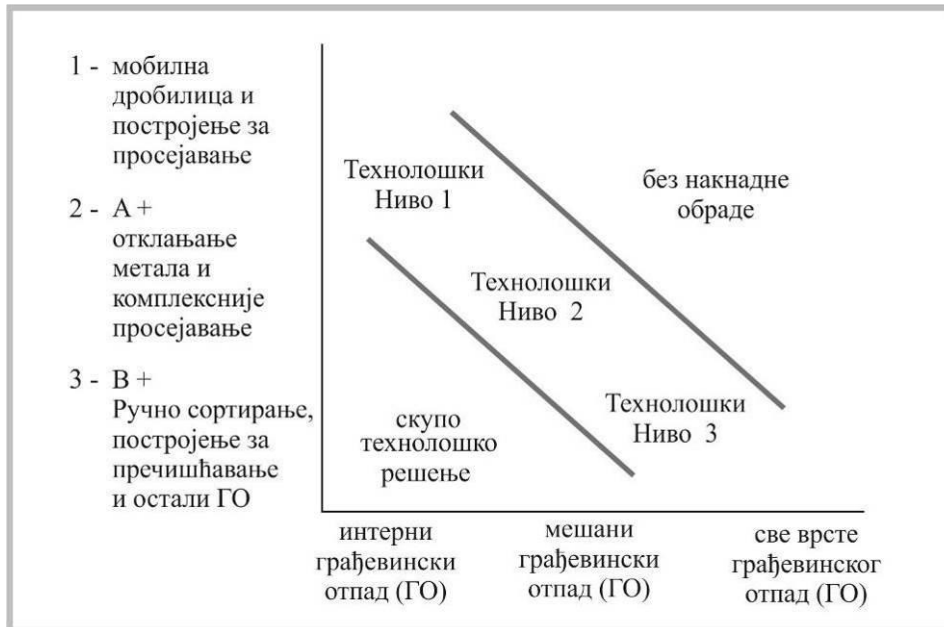
Табела 5.3. *Могућности поновне употребе грађевинског отпада*

Врсте материјала	Порекло	Примена
Чисти лом опеке	Производња опеке	Додатни материјал за производњу зидних елемената, бетона, лаганог бетона, стабилизирање, дренажни слојеви, испуна, насипање
Мешани лом од рушења у високоградњи с ломом опеке (шут мешана с опеком)	Стамбена градња, високоградња	Додатни материјал за производњу зидних елемената, бетона, лаганог бетона, стабилизирање, испуна, насипање, завршни слојеви подова
Мешани лом од рушења у високоградњи	Индустрија, високоградња	Стабилизирање насипа, изградња спортских терена
Минерални отпад	Индустроградња, високоградња	Насипавање, изградња спортских терена - дренажа
Рециклирани песак	Индустроградња, високоградња	Подлога за постављање цеви при увођењу инфраструктуре (плин, вода, итд.)
Асфалтни лом	Изградња путева	Невезани горњи носиви слојеви, невезани доњи носиви слојеви, везани носиви слојеви, изградња пољопривредних путева, додатни материјали за производњу асфалта
Бетонски лом	Изградња путева, изградња мостова, индустроградња	Невезани горњи носиви слојеви, невезани доњи носиви слојеви, везани носиви слојеви, цементом везани носиви слојеви, изградња пољопривредних путева, додатни материјали за производњу бетона, дренажни слојеви
Мешани асфалтни/бетонски лом	Изградња путева, паркиралишта, изградња мостова	Невезани горњи носиви слојеви, невезани доњи носиви слојеви, везани носиви слојеви, изградња пољопривредних путева

Ови материјали се јављају и у осталим врстама отпада. У овој дисертацији анализиране су следеће доминантне врсте отпада у Региону:

- гума,
- пепео,
- бетон,
- керамика,
- пластика,
- ELV,
- папир/картон,
- угаљ,
- метали, итд.

Рециклажа ових врста отпада врши се различитом технологијом, зависно од хомогености врсте отпада и намене рециклованог материјала. Тако нпр. за рециклажу грађевинског отпада користе се почев од мобилних дробилица и других независних постројења, па до центара за рециклажу различитих врста грађевинског отпада. У зависности од структуре отпада могу се издвојити три технолошка решења (слика 5.5).



Слика 5.5. Нивои технолошких решења за различите структуре грађевинског отпада (ГО)

Одлука да се отпад одлаже, поновно користи или рециклира доноси се на основу више критеријума, од којих су посебно значајни:

- утицај отпада на животну средину,
- тражња за грађевинским материјалом,
- капацитети депонија и казне за даље одлагање,
- економски ефекат,
- запошљавање, итд.

Поред ових разлога, у *ELV* се промовише поновна употреба и искоришћавање отпада путем:

- рестрикција или забрана одлагања отпада,
- формирања појединачних депонија за одређене врсте отпада, укључујући складиштење ради накнадне обраде и обнављања,
- примене других метода заштите животне средине,
- примене позитивних фискалних мера, укључујући и државну помоћ,
- финансијске подршке пројектима из ове области,
- финансијске подршке едукацији и обуци за ове активности,
- саветодавних улога,
- подршке инвестирања у опрему за рециклажу и даљу прераду, итд.

Посебно треба посматрати азбест као грађевински отпад (група 17.06), који се налази у следећим производима:

- азбестно-цементни производи (покровни материјал, цеви, ватроотпорне плоче, водоотпорне плоче, изолаторске плоче),
- подни, зидни и тавански изолациони материјали,
- азбест помешан са смолама, каучуком и пластиком, за разне намене,
- фрикциони материјали (облоге за кочнице и квачила),
- папир, картон и тетрапак за термичку заштиту и хидроизолацију,
- пресвлаке и завесе,
- тканине, итд.

У директиви 87/217/ЕЕЦ о заштити и смањењу загађења животне средине азбестом, по којој папир и картон морају бити рециклирани, а ако не, садржај азбеста у отпаду не сме прећи 30 г/м³. Са друге стране, азбестно-цементни производи се издвајају и посебно трајно одлажу као инертни материјал. Они се не дробе са осталим отпадним материјалом, и морају бити прекривени неким инертним материјалом, што може бити део грађевинског инертног отпада (земља, песак, итд.).

За сваку од наведених врста чврстог отпада развијене су одговарајуће технологије. У поглављу 6 ће се оне детаљније анализирати.

5.3. Истраживање рециклажних технологија за добијање ресурса за грађевинску индустрију

5.3.1. Технологије рециклаже гуме

У рециклажне центре долази отпадна гума из различитих извора, различитог облика, хемијског састава и механичких особина. Међутим, доминантно је учешће гуме за моторна возила. Према *Abdul-Kader W., Haque M.* (2011) она се рециклира за различите намене, од чега се издваја: (1) спаљивање – 54%, (2) протектиране гума – 17%, (3) цивилно инжењерство – 12%, (4) одлагање – 11%, (5) остало – 6%. Занимљив је податак да је протектирана гума задовољавала у 2007. години око 50% тржишних потреба за гумом у USA. С обзиром да се ова врста рециклата користи за израду многих производа, спортских терена, делова за аутомобиле, асфалт модификован гумом. За разлику од ње, гума после процеса на шредеру је у облику *TDA (Tyre-Derived Agregate)*, па се користи у области цивилног инжењерства за јаки бетон, дренажне јаме и друге земљане радове.

У просеку нова гума за путничка возила садржи 41% гуме, од чега 27% синтетике и 14% природне гуме. Оплата гуме садржи око 67.4% гуме. Сва ова синтетичка и природна гума се може поново употребити, што има еколошке, економске и социјалне импликације. Еколошка импликација се односи на смањење потрошње нафте за производњу гуме, што за USA износи више од 50 милиона *kg* природне гуме за ниво од 100% рециклаже гуме. Са друге стране, смањује се количина отпадне гуме за одлагање, смањује се емисија CO₂, итд. Економске импликације односе се на профит који се добија рециклажом гуме, уместо коришћења нове гуме. Према (*Abdul-Kader W., Haque M.* 2011) гранична вредност профита за аутомобилске гуме је око 31%. Социјалне импликације се односе на: (1) укључивање већег броја стејкхолдера, посебно оних који су социјална и мањинска категорија, (2) смањење трошкова заштите животне средине и подршка туризму, (3) боља перцепција ризика, итд.

Свака гума састоји се из четири главна слоја, и то: (1) спољни слој гуме који обезбеђује фрикцију са тлом, (2) други слој гуме који обезбеђује апсорпцију оптерећења гуме, (3) кошуљица од челичних и текстилних влакана за обезбеђивање везе точка и гуме и (4) корд од упредених влакана најлона, полиестера или челика, што обезбеђује чврстину и стабилност.

Гума је израђена вулканизацијом (попречно повезани полимерни ланци и материјал за ојачање). По структури, гуме садрже:

- природну и синтетичку гуму,
- угљените и силицијум диоксид,
- метал и
- текстил (*табела 5.4*).

Табела 5.4. Величине рециклажних производа добијене од гуме

Врсте материјала	Минимум [мм]	Максимум [мм]
Прах	0	1
Гранулат	1	10
Крупнији гранулат	0	40
Парчићи	10	50
Мали комади после сечења	40	75
Велики комади после сечења	75	300
Исечена гума	300	½ гуме

За рециклажу гуме користе се различити поступци чије су основне карактеристике приказане у *табели 5.5*.

Табела 5.5. Карактеристике технологија рециклаже гуме

	Ниво 1: Механичко третирање	Ниво 2: Смањивање димензија за сепарацију материјала	Ниво 3: Вишеструко третирање гуме	Ниво 4: Накнадно третирање за надградњу материјала
Тип	Цела гума	Сечење, шрединг, парчићи и прах	Фини прах	Надграђени материјал
Метод обrade	Одвајање кошуљице Одвајање доњег слоја Сечење Сабијање	(+50мм и 7-15мм) Шрединг Замрзавање Брушење Накнадна обрада за добијање финијих материјала	0-0.5 мм 0.5-2 мм 2-7 мм Одвајање и обнављање гуме Поновно активирање Пирализа	< 50 мм Производи од угљеника Унапређено обнављање Смањивање величине Третман површине
Примена	Болирање за грађевинску индустрију Вештачки гребени Ојачање и стабилизација порозног тла Привремене улице Инжењеринг одлагања Звучне баријере	Крупни делови, парчићи и после шрединга: ▪ инжењеринг одлагање, ▪ дренажа улица и објеката, ▪ изолација, ▪ пуниоц за бетон за улице итд., ▪ затрпавање, ▪ гранулат и прах, ▪ граничници за спортске терене ▪ изградња улица, ▪ спратни и тавански матер., ▪ пољске стазе, ▪ бетонски темељи.	Повезивање каблова Изолација Опрема за спорт и игру Чврсто гориво за домаћинство Производња опеке Компоненте за израду гума	Пигменти, мастило, превлаке Делови за аутомобиле Делови за мотор аутомобила Појасеви итд. Термо- пластични еластомери

У основи, код отпадне гуме се примењују следећи процеси:

а) смањивања величине:

- 1.механичко третирање: сечење, уздужно резање, балирање
- 2.амбијентално млевење
- 3.кројено смањивање величине, тј. на ниским температурама коришћење течног азота

б) технологија вишеструког третирања гуме:

- 1.девулканизација, чиме се добијају смањења попречних веза
- 2.обнова гуме путем вулканизације
- 3.модификација површине, додавање на површину праха или гранулата

с) остале технологије:

- 1.пирализа, тј. термички предтретман гума без кисеоника, чиме се она разлаже на нафту, гас, челик итд.,
- 2.третман елемената после пирализе.

Пре рециклаже гума потребно је познавати њена физичка својства (табела 5.6).

Табела 5.6. Типичне вредности за физичка својства гума

Физичка својства	Типичне вредности
Угао трења	19-26°
Густина у набијеном стању	350-500 kg/m ³
Кохезија (кРа)	5-1
Фактор компресије	20-50% (за 21-147 kN/m ³)
Хидраулична спроводљивост	1×10 ⁻² ÷ 1×10 ⁻³ m/s
Величине	Делићи до бала
Поасонов број	0.2-0.35
Модул еластичности	1-2 МПа
Специфична тежина	1.1-1.27 t/m ³
Термичка спроводљивост	0.15-0.23 W/mK
Апсорпција воде	2-4%

За мање величине користе се и млинови, чија величина делова зависи од величине мрежице.

Уколико се желе ситније честице користи се технологија пирализе. Са аспекта иницијалних улагања, за избор технологија рециклаже гуме често се користи ниво улагања у односу на улагање у поступак пирализе.

Која ће се технологија рециклаже гуме применити зависи од:

- нивоа инвестиционе способности у Региону,
- тржишних захтева за рециклатима,
- расположивих количина и врста гуме,
- еко-захтева и
- социјалних захтева.

С обзиром да је ограничавајући фактор ниво инвестиционе способности, предност имају „јефтине“ технологије и то оне из групе a, са количинама до 10.000 т/годишње по рециклажном центру.

У посматраном Региону нису идентификоване тржишне потребе за рециклатима, тако да се укупна количина отпадне гуме распоређује на рециклажне технологије, применом одговарајућег алгоритма за одлучивање, описаног у поглављу 8.1, базираног на *Fuzzy* приступу.

5.3.2. Анализа технологија рециклаже пепела

Пепео настаје као нуспроизвод у термичким процесима, као део комуналног отпада и као део индустријских процеса, посебно спалионица.

Као резултат спаљивања комуналног отпада добија се пепео на дну ложишта који се може рециклирати. Тако је у USA, око 56% пепела се одлаже, око 35% се рециклира и компостира и око 11% се користи за обновљиву енергију (An J. et al., 2014).

Карактеристике пепела на дну ложишта (енгл. *BA - bottom ash*) су:

- Порозан материјал који се састоји од стакла, керамике, минерала, металних и неметалних материјала и део несагорелих материјала, као и угљеника. Они су у облику оксида, хидроксида и карбоната.
- Главне компоненте су силицијум диоксид, калијум оксид, гвожђе оксиди, алуминијум оксид (са више од 10%), при чему силицијум диоксид чини и до 49% пепела.
- Са аспекта коришћења пепела важно својство је запаљивост и садржај алуминијума. Сматра се задовољавајућим ако је запаљивост мања од 3%, а садржај алуминијума је значајан због примене у производњи цемента.
- Са аспекта количине тешких метала, овај пепео се посматра као бенигни материјал.

Друга врста пепела је летећи пепео (енгл. *FA - fly ash*) чија својства зависе од коришћења филтера за одстрањивање тешких метала. Летећи пепео карактеришу:

- оксидне форме калијума, соли метала и тешки метали.
- главни елементи су O, Cl, Ca, Fe, Al, Na, K, Ph, Zn и S, а доминантан елемент је CaO који чини и до 46% летећег пепела.
- летећи пепео садржи већу количину тешких метала од пепела на дну ложишта, и поред коришћења филтера.
- Веће учешће хлора може проузроковати већу корозију нпр. бетона, а већа количина CaCl₂ може утицати на мању обрадивост због веће хигроскопности воде.

Зависно од примене, величина честица пепела је различита. Тако нпр. за пепео као остатак у ложишту постоје критеријуми за примену у изради путева:

- максимална величина: 50 мм,
- фини садржај треба да буде мање од 9% величине испод 0.075 мм и мање од 8% величине мање од 0.063 мм,
- садржај воде треба да буде у границама 17 и 25%,

а према немачким прописима укупни садржај угљеника треба да буде мањи од 1.0%.

То значи да се ове две врсте пепела морају одвојено скупљати, и уколико је потребно усисавање, рециклирати помоћу млинова и према подацима из USA.

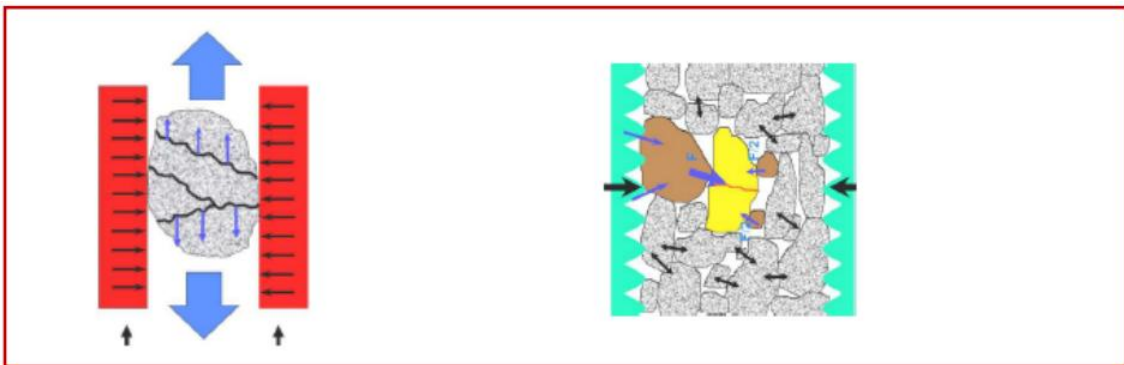
5.3.3. Технологија рециклаже бетона

Бетон се посматра доминантно као отпад настао у току изградње и рушења грађевинских објеката. Врло мала количина настаје као део комуналног отпада и индустријског отпада.

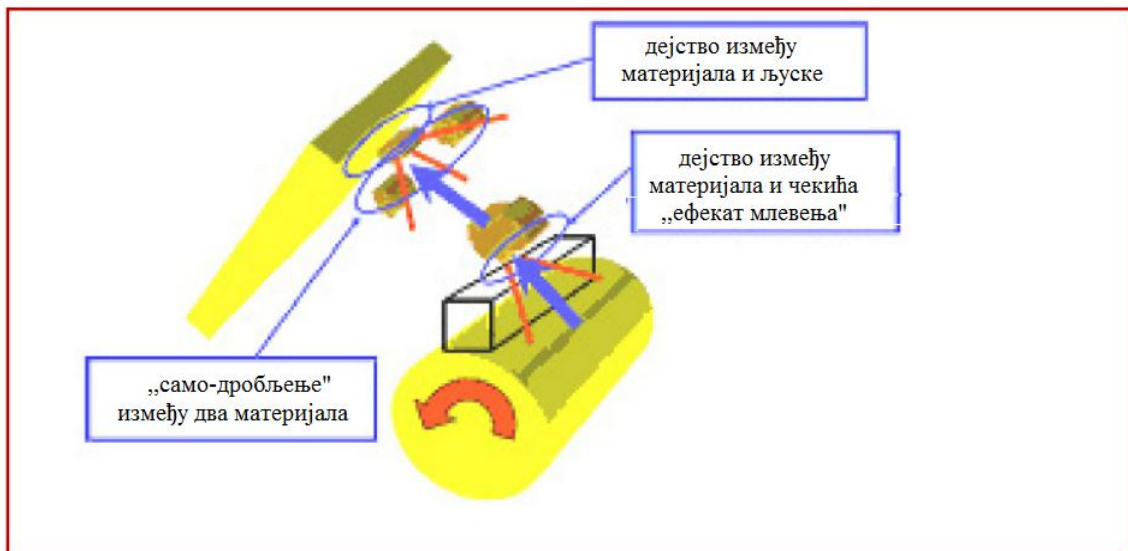
Процес уситњавања отпадног бетона врши се на стационарним или мобилним постројењима.

Ово постројење је подељено на три станице и то:

- станица за дробљење (са два типа дробилица, приказаних на сликама 5.6 и 5.7).

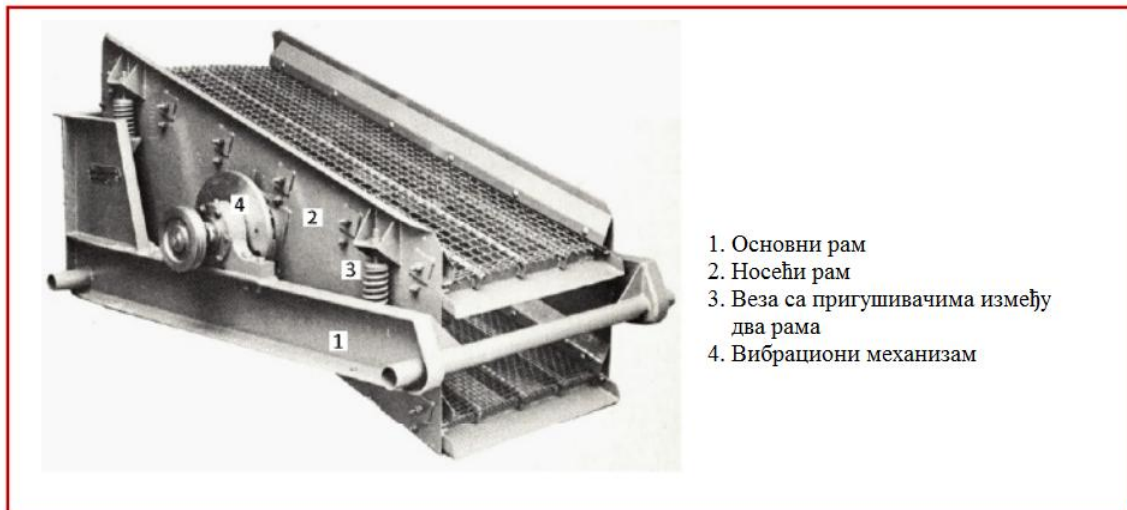


Слика 5.6. Дробљење притиском (Goodship V., 2010)



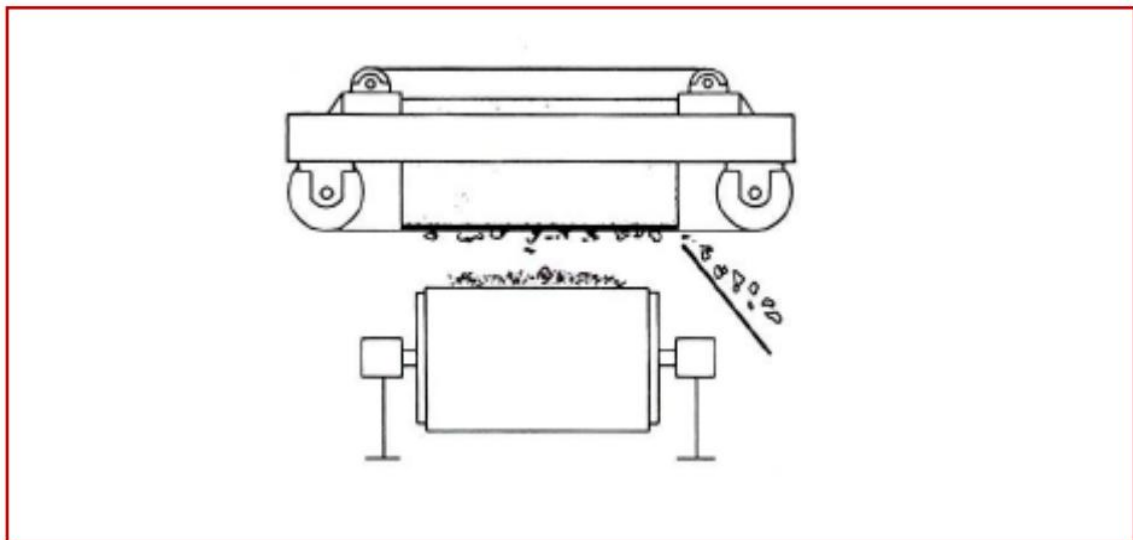
Слика 5.7. Дробљење са пулзатором (Goodship V., 2010)

- станица за разврставање са више решетки за добијање хомогених фракција (слика 5.8) и



Слика 5.8. Двострука вибрациона решетка (Goodship V., 2010)

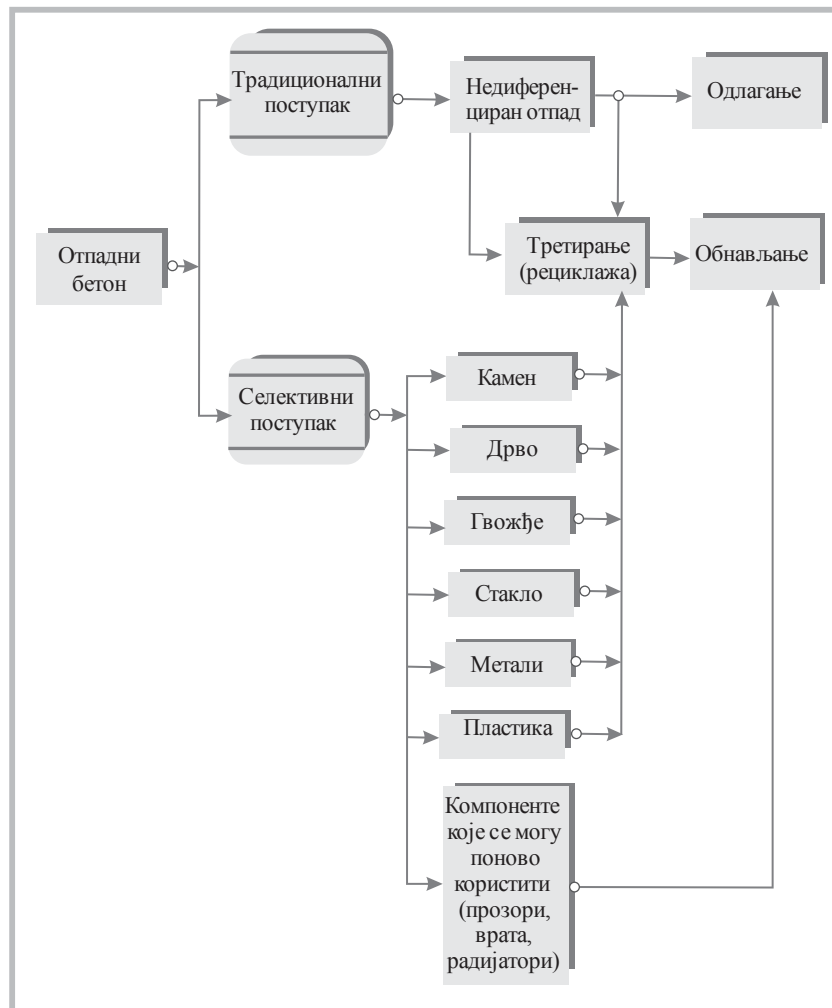
■ станица за сепарацију, на којој се уклања нежељени материјал (слика 5.9).



Слика 5.9. Станица за сепарацију (Goodship V., 2010)

За издвајање фери компоненти из бетона користи се магнетни сепаратор, а за издвајање „лакших“ фракција (пластика, папир, дрво) гравитациони сепаратори.

После разврставања и сепарације добијају се рециклати за даљу примену као грађевински ресурс (слика 5.10).

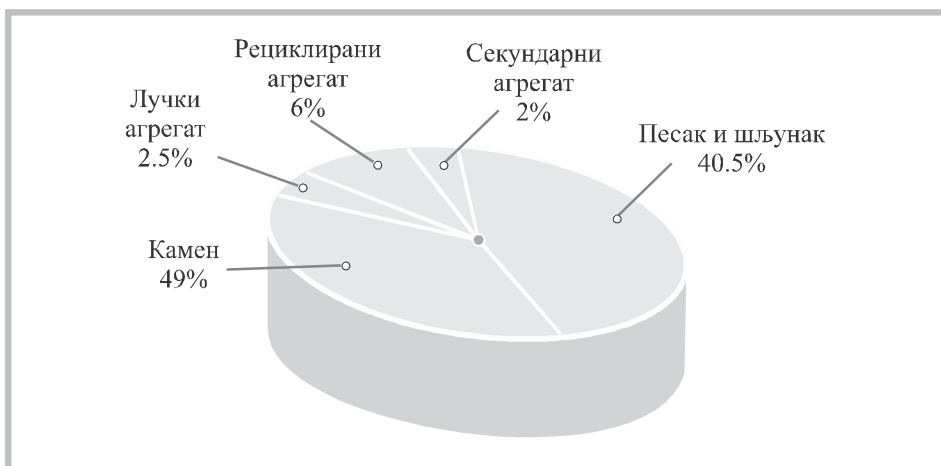


Слика 5.10. Дијаграм тока обнављања бетона

Рецикловани агрегати као грађевински ресурс подлежу директорима новог приступа (ЦЕ означавање), а у складу са тим и примени хармонизованих стандарда:

- EN 13055-1: Light aggregates - Part 1: Light aggregates for concrete, mortar and grout
- EN 13139: Aggregates for mortar
- EN 13383: Aggregates for protection works (armourstone)
- EN 12630: Aggregates for concrete
- EN 13242: Aggregates for unbound and bound materials with hydraulic binders to be used in civil engineering works in road construction
- EN 13450: Aggregates for railway.

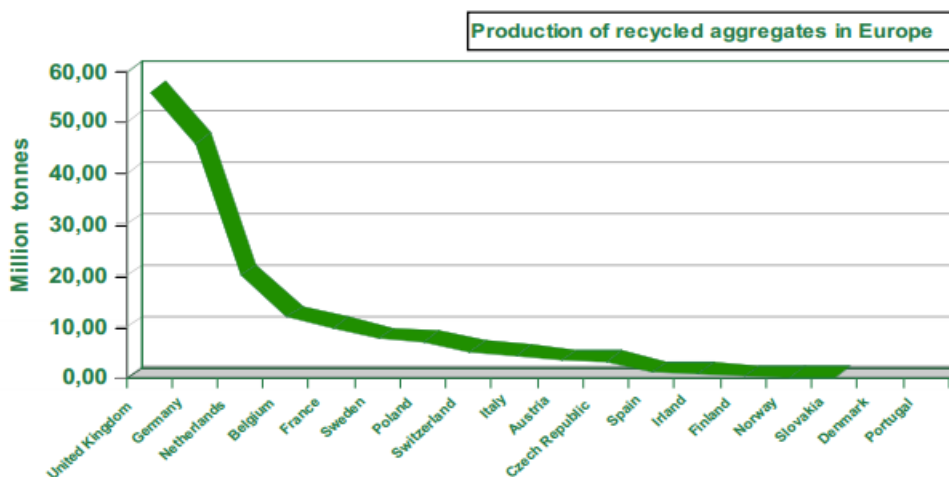
Сматра се да је, према подацима из 2008.године, у ЕУ укупна производња агрегата била преко 6 т/становнику. У томе је учествовало око 1.700 предузећа, која су запошљавала око 400.000 особа. На слици 5.11 приказана је структура произведених агрегата.



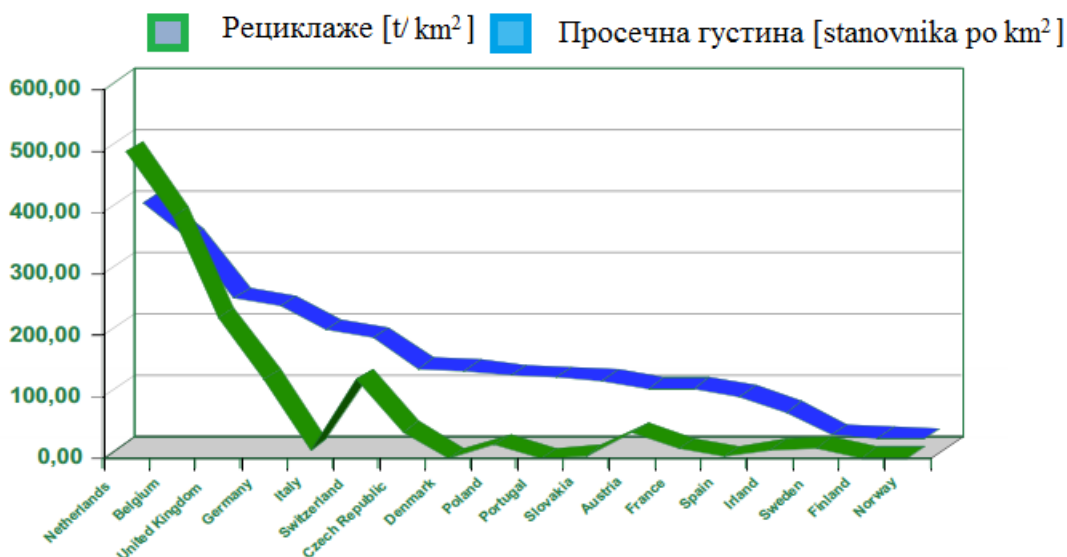
Слика 5.11. Производња агрегата у ЕУ у 2008. Години (Martens H., 2011)

Види се да је учешће рециклата и даље недовољно, тј. око 6%.

На слици 5.12 приказана је производња рециклираних агрегата по ЕУ чланицама, а на слици 5.13 према Goodship V., (2010) рециклирана количина агрегата према површини и густини насељености чланица ЕУ.

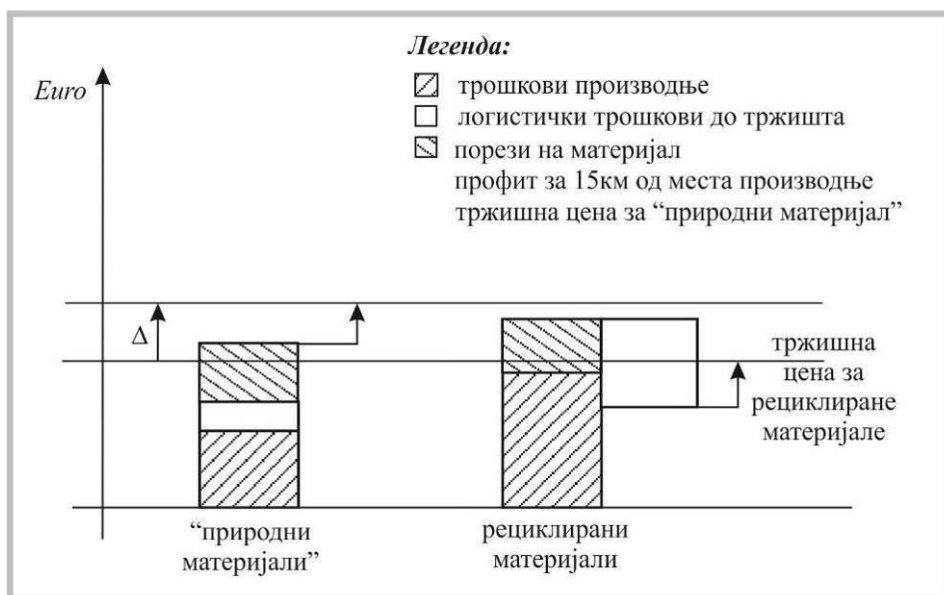


Слика 5.12. Производња рециклата у ЕУ (Goodship V., 2010)



Слика 5.13. Производња рециклата у ЕУ (t/km²)

Економски разлози за рециклажу су приказани на слици 5.14



Слика 5.14. Профит од рециклаже бетона

Иако је тржишна цена рециклата нижа, трошкови производње су виши и често се приближавају цени продаје. Разлика се обезбеђује кроз пореску политику, која треба да мотивише рециклере и тиме обезбеди одрживи систем заштите животне средине.

После селекција отпада бетон се најпре „разбија“ на мање делове и одваја метал (арматура) или други материјали од бетона (нпр. пластика, изолација, опека, итд.).

Уређај за уситњавање може бити стационаран (обично за веће габарите) и мобилни.

После одвајања других материјала, добијају се рецикловани агрегат који се састоји из оригиналног агрегата и слоја малтера и цемента. Апсорпција воде овог

рециклата бетона је већа него код природног агрегата, што зависи од типа оригиналног агрегата, почетне чврстине бетона и величине зрна у оригиналном бетону. Такође, ако је количина малтера и цемента већа у околини оригиналног зрна песка, већа је апсорпција воде. То треба имати у виду пре него се овај рециклат употреби као грађевински материјал. Поред тога, важна карактеристика рециклираног агрегата је мања густина због слоја порозног малтера, као и мања отпорност на хабање због порозних слојева малтера око зрна. То утиче и на олакшан лом бетона.

Из претходних разлога предлаже се подела рециклираних агрегата у класе [50] у зависности од нивоа апсорпције воде, отпорности при замрзавању, одређеној коришћењем NaSO_4 методе (табела 5.7).

Табела 5.7. Класе агрегата рециклираног бетона [50]

Тип агрегата	Груби рециклирани агрегати			Фини рециклирани агрегати		
	Ц1	Ц2	Ц3	Ф1	Ф2	
Апсорпција	≤ 3	≤ 3	≤ 5	≤ 7	≤ 5	≤ 40
Отпорност при замрзавању	≤ 3	≤ 40	≤ 12	-	≤ 10	-

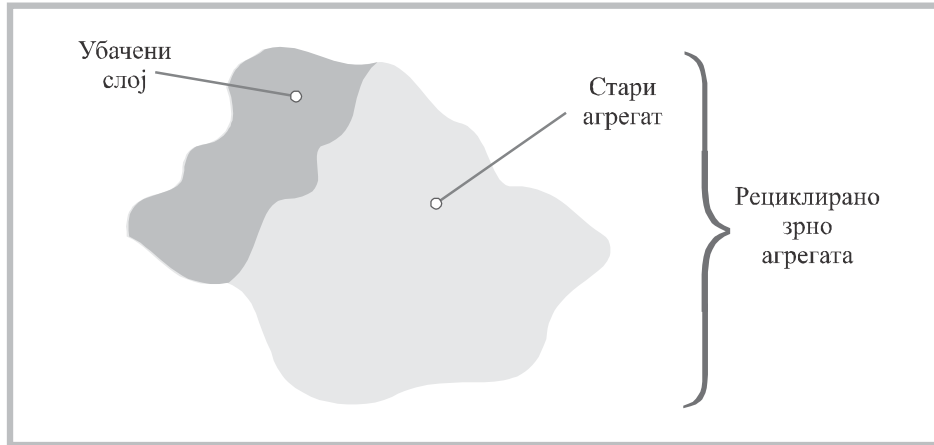
У табели 5.8 приказане су могућности примене рециклата бетона.

Табела 5.8. Области примене рециклата бетона

Врста примене	Класа примене	Величина грубих агрегата	Величина финих агрегата	Јаћина на притисак (МПа)	Могућа примена
Инжењерске структуре	Ц1	Ц1	Природни	18-24	Ојачани и неојачани бетон: подструктура мостова, тунела, потпорних зидова.
	ЦII	Ц2	Природни или Ф1	16-18	Неојачан бетон. Бетонски блокови, основа за улице, докове, потпорне зидове, итд.
	ЦIII	Ц3	Ф2	< 16	Тампони за нивелисање
Зграде	В1	Ц1	Природни	≥ 18	Елементи структуре зграде.
	ВII	Ц2	Природни	≥ 18	Темељи, пилоти.
	ВIII	Ц2	Ф1	≥ 18	Темељне плоче, за нивелисање.
	ВIV	Ц3	Ф2	≥ 18	Основе, за нивелисање

Полазећи од структуре рециклованог бетона (слика 5.15), могу се издвојити три суб-структуре, и то:

- макро-структура сачињена од малтера и грубог агрегата,
- микро-структура сачињена од fino отвордњеног цементног праха и
- интерфејс (транзициона зона) између агрегата и цементног слоја.



Слика 5.15. Изглед рециклираног агрегата (Goodship V., 2010)

5.3.4. Рециклажа керамике

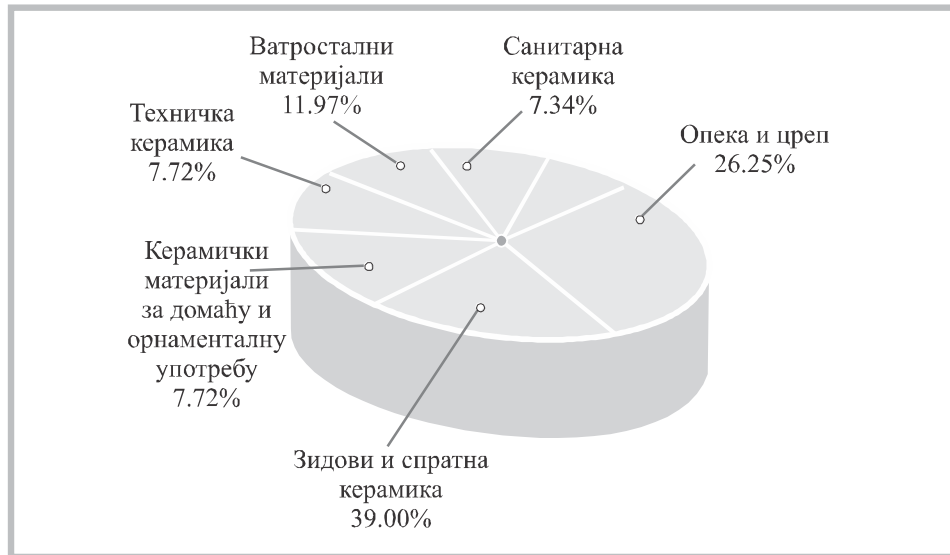
Керамички отпад настаје из два извора. Први је керамичка индустрија, чији отпад је класификован као неопасан индустријски отпад, и то према следећим кодовима Европске листе отпада (ELW):

- 10: Отпад из термичких процеса
- 10 12: Отпад из производње керамичких производа, опеке, таванице и грађевинских материјала
- 10 12 08: Керамика, опека и опекарски грађевински материјали.

Други извор керамичког отпада је област изградње и рушења грађевинских објеката, чији отпад је класификован:

- 17: Отпад при изградњи и рушењу грађевинских објеката
- 17 01: Бетон, опека, таванице и керамички материјали
- 17 01 03: Таванице и керамички материјали.

Производња керамичких производа је врло значајна у грађевинарству. На слици 5.16 приказана је производња у ЕУ по врстама керамике.



Слика 5.16. Производња керамике у ЕУ (Juan A., et al., 2008)

Са аспекта отпадне керамике процењује се да око 200 милиона тона грађевинског отпада, што је нпр. за Шпанију 2 кг/становнику на дан. Према [31] око 28% отпадне керамике се рециклира. Изнад просека су Холандија (95%), Енглеска (45%) и Белгија (87%) од чега 17% улази у бетон. У Шпанији се рециклира око 10% за основу улица.

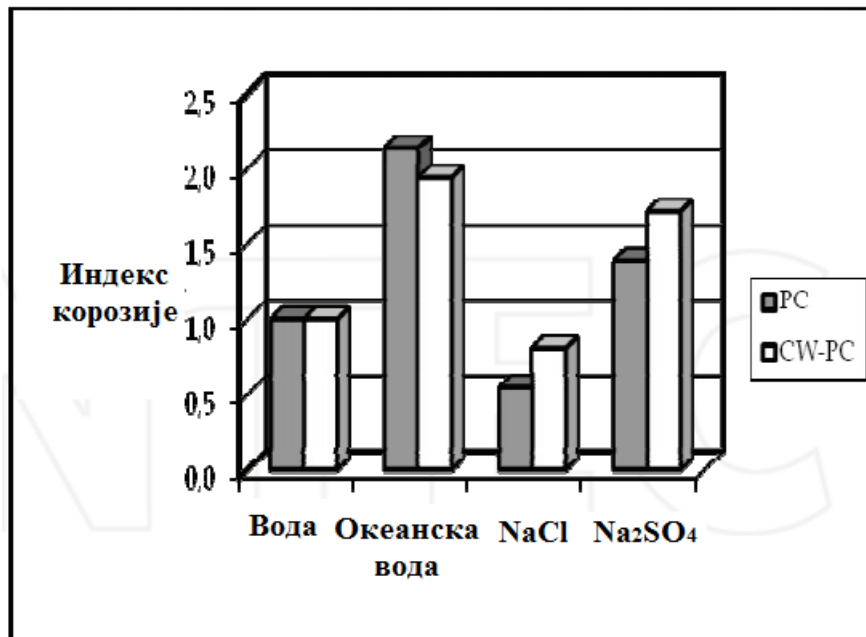
Сматра се да у *C/D* отпаду највећи удео има камена фракција (75%), која садржи највише опеке, и других керамичких материјала (54%), у чему керамика учествује са 12%. То указује на значај рециклаже керамике.

Отпадна керамика из индустријских процеса настаје као последица:

- лома или деформације керамичких производа при изради или паковању,
- прегревања или недовољног загревања, што утиче неповољно на физичко-хемијске особине керамичких производа.

Керамички производи израђени од природних материјала садрже велики удео глине, која се загревањем на $700-1.000^{\circ}\text{C}$ доводи у стање печене глине. Већ на 900°C се активирају минерали из глине који омогућују тзв. „*porcelanic*„ (поцулански) ефекат. Многе студије указују да се због овог ефекта отпадна керамика (претходно самлевена) може користити за замену цемента или отпадног камена при изради бетона. При томе, у првом случају керамика се меље док се не оствари вредност од $3.500 \text{ cm}^3/\text{г}$, чиме се она приближава гипсу, алуминијум оксиду и другим порцуланским материјалима.

Друга карактеристика се односи на трајност, која зависи од индекса корозије (слика 5.17).



Слика 5.17. *Индекс корозије* (Juan A., et al., 2008)

За вредност овог индекса већу од 0.7 може се рећи да отпадна керамика има већу отпорност на корозију у присуству воде, морске воде, $NaCl$ и Na_2SO_4 .

Резултати отпорности на савијање и притисак указују на смањење у односу на оригинални малтер.

Керамички отпад као рециклирани агрегат је потребно најпре анализирати са аспекта будуће употребе. Због високог апсорпционог коефицијента, не препоручује се употреба керамике у бетон концентрације веће од 50%.

Посебно важан је отпад од санитарне керамике. Тако је у Шпанији, која је лидер санитарне керамике, утврђено око 24т отпадне керамике месечно, што је око 300т годишње. После уситњавања, овај керамички рециклат се користи као агрегат, чије су карактеристике у складу са хармонизованим стандардима:

- *EN 933-1*: Particle size distribution. Assessment of five aggregates.
- *EN 1097-6*: Dry sample density
- *EN 1097-6*: Water absorption coefficient
- *EN 933-3*: Elongation Index
- *EN 1097-2*: „Los Angeles“ coefficient.

Упоредне карактеристике керамике и зрна приказане су у *табели 5.9* (Juan A., et al, 2008). Резултати истраживања указују да је учешће финих агрегата у рециклираним агрегатима мање него код оригиналног зрна, па је стога мање густине.

Табела 5.9. Карактеристике агрегата од керамике

Карактеристике	Оригинално зрно	Керамичко зрно
Гранулација	6.93	6.17
Максимална величина (мм)	20	12.5
Фини садржај (%)	0.22	0.16
Густина	2.63	2.39
Коефицијент апсорпције воде (%)	0.23	0.55
Индекс истезања (%)	3	23
„Los Angeles“ коефицијент (%)	33	20

Вредности за керамички рециклат су у оквиру стандарда.

5.3.5. Истраживање технологија рециклаже пластике

Сматра се да се у УК рециклира око 20-25% произведене пластике. Израда рециклата од отпадне пластике је засновано на сличним поставкама као и код гуме, стим да је економски оправдано да се претходно износи селекција отпада по врстама пластике. У следећој фази се користе следећи рециклажни процеси:

- примарна рециклажа (тип: механичка рециклажа),
- секундарна рециклажа (тип: механичка рециклажа),
- терцијална рециклажа (тип: хемијска рециклажа),
- квартерна рециклажа (тип: спаљивање).

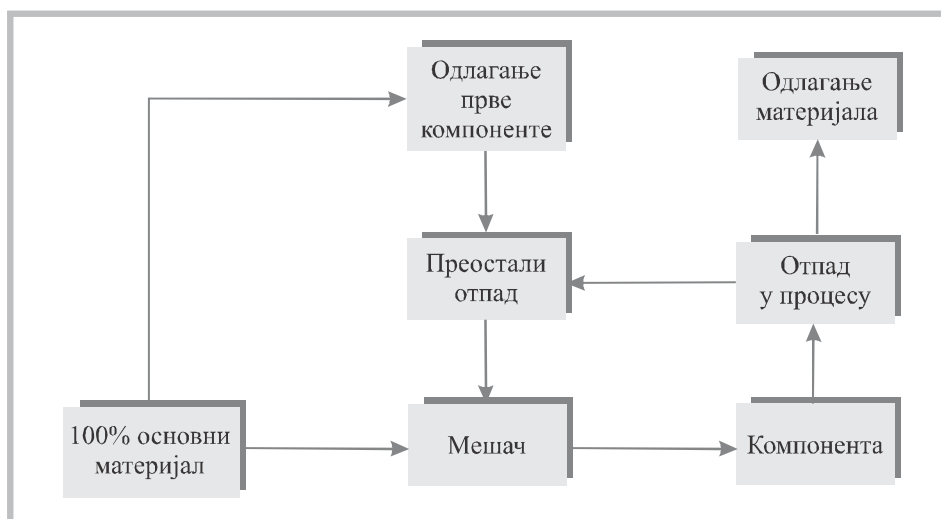
Прве две врсте процеса су аналогне процесима механичког уситњавања гуме. Према *Goodship V., (2010)* примена рециклата од пластике је приказана у *табели 5.10.*

Табела 5.10. Примери примене рециклата од пластике на бази термопластичних полимера

Врста полимера	Примена
HDPE	Боце, не за храну
LDPE	Вреће
PVC	Боце (не за храну), веза каблова, цеви за канализацију, PVC подне облоге
PP	Кућиште батерија, граничници, вртни намештај
PS	Аудио и видео касете, носач компакт диска, вешалица за одећу
PA	Влакна за тепихе
PET	Боце (не за храну), текстилна влакна, вреће за спавање

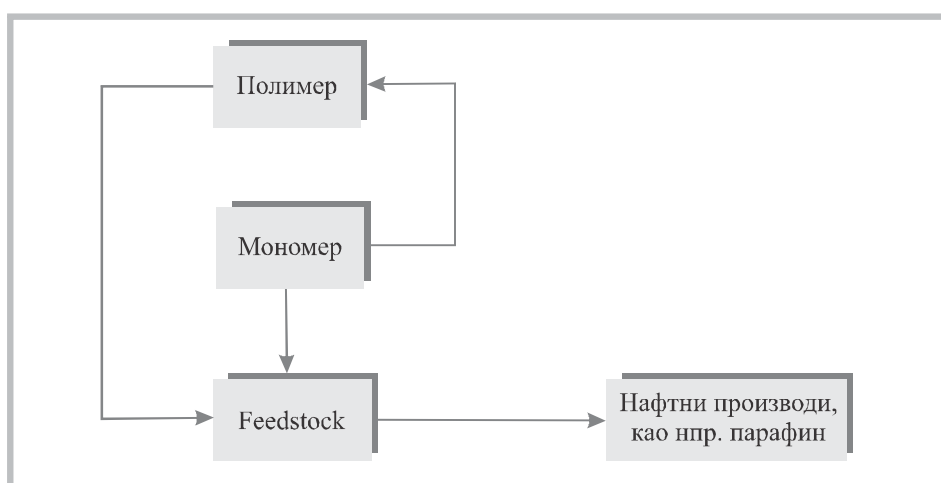
Мешан пластичан отпад	<ul style="list-style-type: none"> ▪ замена за дрво, као нпр. за палете и ограде ▪ додатак за бетон ▪ додатак за остале производе
-----------------------	--

Терцијална рециклажа отпадне пластике се остварује хемијским каскадним методама (слика 5.18).



Слика 5.18. Репроцесирање отпадне пластике каскадном методом

Фазе рециклаже пластике приказане су на слици (слика 5.19).



Слика 5.19. Хемијска рециклажа полимера

За рециклажу полиестера користи се пиролиза. Према патенту *Du Pont* полиестер се пиролизом претвара у карбоксилну киселину (*carboxylic acid*), чиме се прекида полиуретански ланац. Поред пиролизе, користе се и друге технологије за термичку конверзију пластике, као нпр.:

- хигрогенерација,
- гасификација, итд.

Последња група рециклажних процеса пластике односи се на спаљивање, јер пластика поседује високу енергетску вредност.

С обзиром да је, због великог асортимана пластике, тешко установити тип пластике и издвојити отпадну пластику по типу ради даље рециклаже, према *Goodship V., (2010)* предлаже се да се најпре одвоје полимери као нпр. HDPE и PET, а остали део мешане пластике се користи за мање захтевне производе или одлагања, јер је њихова вредност мања од 80 фунти/т.

5.3.6. Остале технологије рециклаже

Остале технологије рециклаже односе се на:

- метал,
- стакло,
- дрво,
- минералну вуну и слично,
- папир,
- ELV,
- опеку и цреп и
- остале врсте отпада.

Метал, папир и стакло се рециклирају преко мреже сакупљања секундарних сировина и користе се врло мало као грађевински ресурс. Тако нпр. стакло, после процеса дробљења, као рециклат може бити састојак бетона. Са друге стране, дрво и папир се, после рециклаже могу користити за израду панела, изолаторских плоча, итд. У 6. поглављу ће бити више информација о примени ових материјала као грађевинских ресурса.

Опека и цреп чине велики део грађевинског отпада, нарочито у посматраном региону. Генератори ове врсте отпада су рушење старих објеката од опеке и отпад из циглана. Ова врста отпада се рециклира млевењем и, у зависности од величине честица, користи за израду опеке нижих захтева или насипање терена.

Рециклажа *ELV* обухвата:

- растављање делова (мотор, шасија, точкови, стакло, итд.),
- преостали метални део се пресује и обрађује на шредеру,
- остатак после шредера (*ASR*) садржи метал, текстил, итд., који се даље може рециклирати.

За потребе ове дисертације посебно је важна рециклажа гуме и пластике из *ELV*.

Минерална вуна и друге врсте сличног отпада се посебно издвајају и рециклирају, применом хемијских поступака.

Остале врсте отпада, а посебно композитни чврсти отпад, (нпр. метал/ пластика) рециклирају се специјалним комбинованим методама.

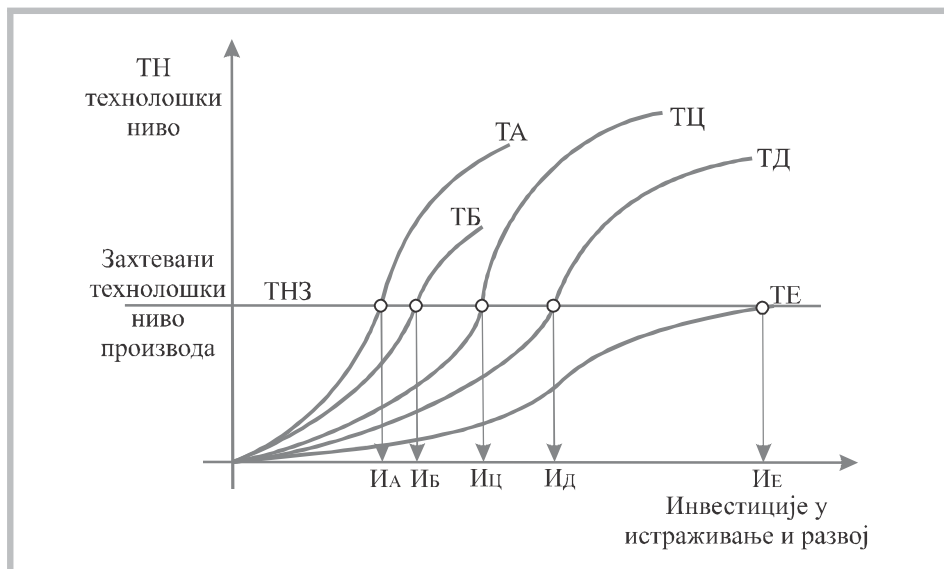
Све наведене технологије рециклаже нису технолошки захтевне (нпр. опека и цреп), па нису детаљније описане. За разлику од њих, технологије рециклаже *ELV*, стакла, минералне вуне, дрвета и папира су везане за сложени термички третман и хемијске процесе. Из ових разлога у овој дисертацији се неће детаљније описивати.

Кроз истраживања, чији су резултати приказани у овом поглављу, остварени су циљеви Ц2 (дефинисање одрживих регионалних технологија за рециклажу доминантних отпадних материјала), Ц3 (утврђивање могућности примене истражених ресурса отпадних материјала у грађевинарству). Такође, потврђена је релација Р2 (интензитет миграционих кретања позитивно утиче на количину отпадних материјала) у Р4 (количина и врста ресурса у Региону позитивно утиче на генерисање потребних инпута за грађевинарство).

6. АНАЛИЗА МОГУЋНОСТИ ПРОИЗВОДЊЕ ЗАСНОВАНЕ НА РЕЦИКЛИРАНОМ ОТПАДУ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ

6.1. Развој технолошке стратегије

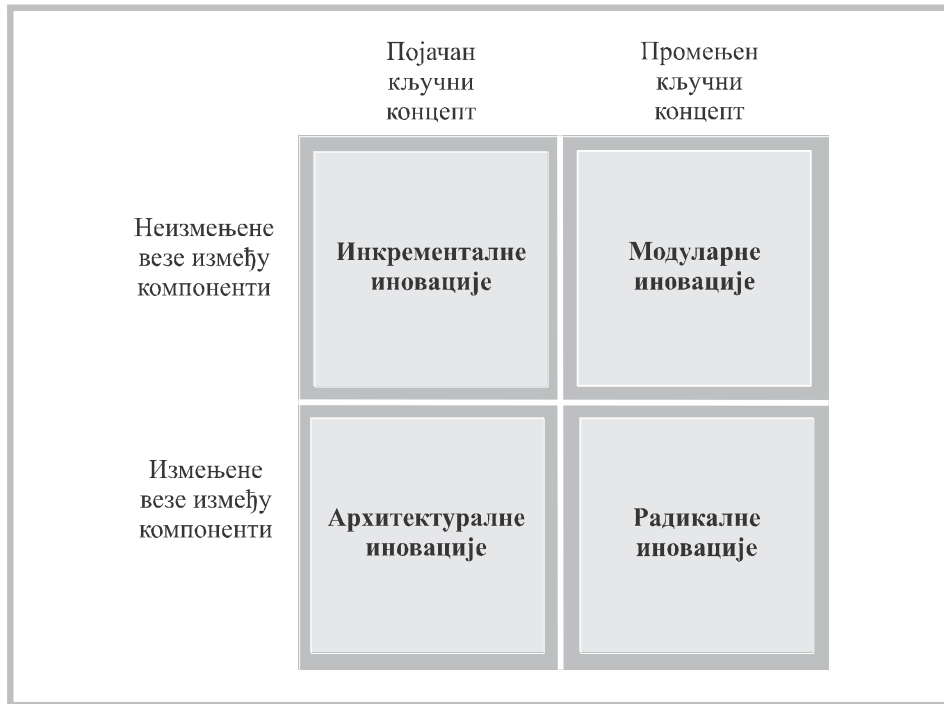
Технолошке промене у области производње за грађевинарство се у принципу одвијају еволутивно и скоковито. При томе се полази од типичне С-криве за еволутивни развој (слика 6.1). Технологија ТА се најбрже развија, а технологија ТЕ најспорије.



Слика 6.1. Типична крива еволутивног технолошког развоја (R&D)

При томе, за захтевани ниво производње ТНз за технологију ТА, потребна су најмања улагања у истраживање и развој, а за технологију ТЕ највише. Треба напоменути да није циљ по себи праћење технолошког нивоа, већ избор оптималне технологије за израду одређеног типа производа.

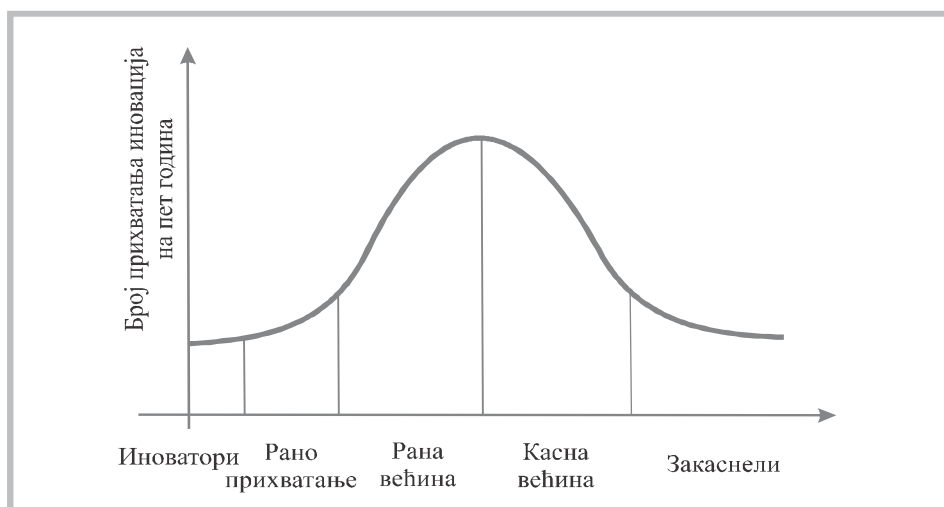
Истраживање и развој се односе на иновације производа и иновације процеса. Обе врсте иновација се могу разложити према нивоу иновација (слика 6.2).



Слика 6.2. Максономија иновација (Scott Shane, 2009)

Код модуларних иновација мењају се компоненте иновације, али остају везе између њих. Код радикалних иновација мењају се и везе између компоненти. У оба случаја промењен је кључни концепт иновација. Код друге две врсте појачан је кључни концепт иновације производа или процеса. Код инкременталних иновација везе између компоненти су неизмењене, а код архитектуралних оне су измењене и тиме се остварење врши технолошки и употребни ниво производа.

Све наведене врсте иновација могу се у принципу остварити као сопствени развојни процес или преко трансфера технологија. С обзиром на постојећи низак ниво технологије у рециклажним центрима и грађевинској индустрији посматраног Региона, као и недовољно финансијских подстицаја за инвестиције у нове технологије и производе, на криви прихватања иновација (слика 6.3) већина предузетника у Региону су на нивоу иноватора и раног прихватања.



Слика 6.3. Прихватање нових технологија производа

Посматрани период је пет година, због времена потребног за припрему, инвестиције и трансфер технологије. Према референтним изворима, учешће иноватора и раног прихватања је око 15%, што би за око 100 производа у овом периоду значило прихватање око 15 нових производа/технологија. Проблем је што тржиште диктира стопу прихватања нових производа/технологија. С тим су повезане осцилације у тражњи, ризици пословања произвођача, итд. За оцену технолошке стратегије користе се различите технике, од којих је најчешће коришћена Делфи техника, која се спроводи у 10 корака и то:

- 1.Одређивање медијатора,
- 2.Одређивање групе експерата,
- 3.Креирање листе критеријума,
- 4.Креирање листе рангова експерата,
- 5.Одређивање средње вредности и стандардне девијације,
- 6.Спровођење преиспитивања са новим критеријумима,
- 7.Идентификовање преференци и ограничења,
- 8.Спровођење преиспитивања алтернатива преко ограничења и преференци,
- 9.Анализа резултата и враћање на преиспитивање и
- 10.Понављање процеса рангирања док се не оствари стабилност рангирања.

Аутор је у улози медијатора, на основу наведених референци утврдио листу компетентних експерата из области иновација, грађевинске индустрије и управљања отпадом од укупно 16 чланова.

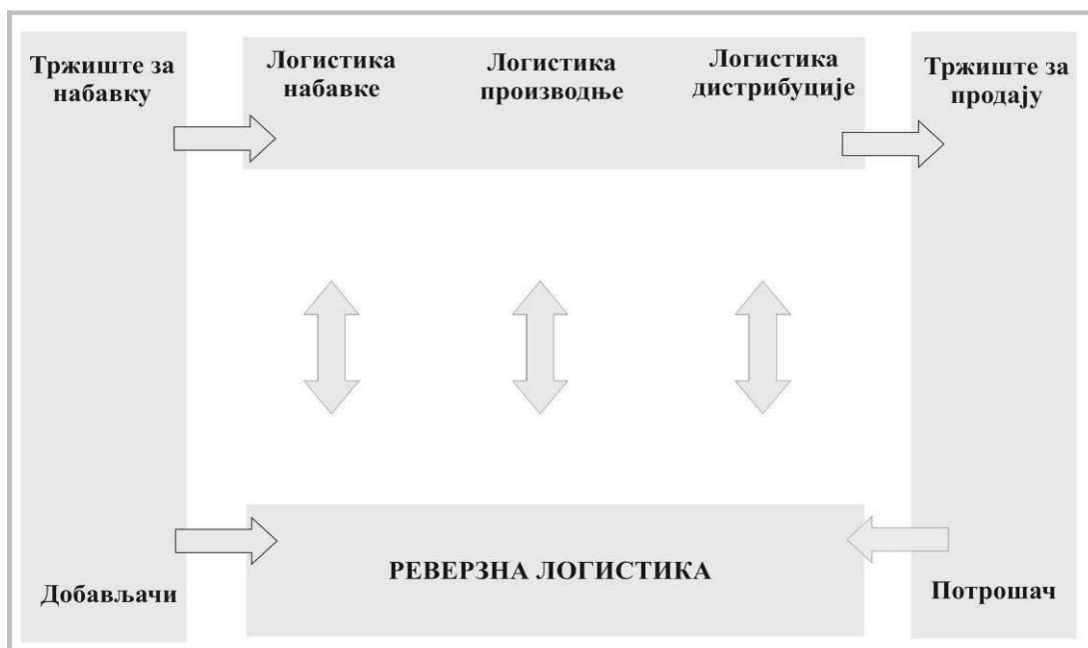
Формирана је почетна листа критеријума:

- К1 - трошкови набавке,
- К2 - број новозапослених,
- К3 - трошкови подршке,
- К4 - трошкови обуке запослених,
- К5 - ниво кастомизације,
- К6 - поузданост,
- К7 - квалитет,
- К8 - безбедност,
- К9 - животни век, и
- К10 - еколошки утицај.

На основу листе потенцијалних иновативних производа/технологија изабране су применом *Fuzzy AHP* оне које највише задовољавају постављене критеријуме. Резултати примене Делфи технике су били основа за даљу анализу приказани у 8. поглављу.

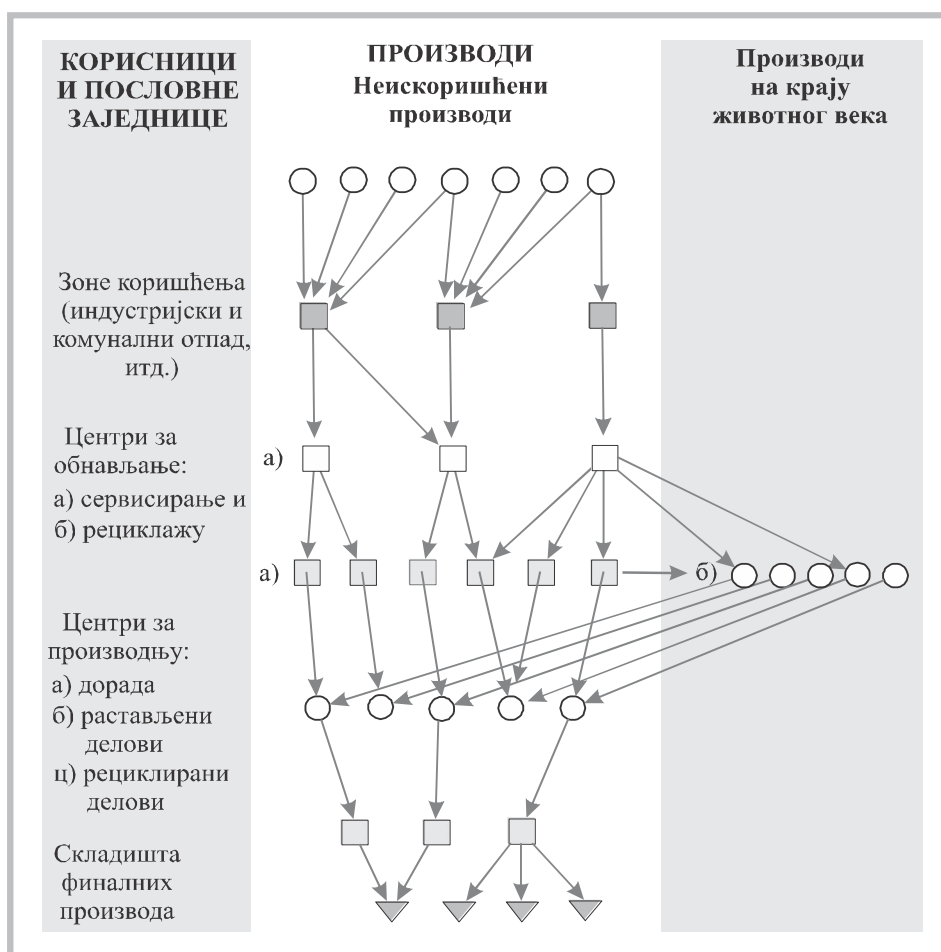
6.2. Примена нових технологија производње у концепту реверзне логистике

Рециклажа отпада и примена рециклата као грађевинског ресурса обухваћени су концептом реверзне логистике (слика. 6.4).



Слика 6.4. Процеси реверзне логистике

На слици 6.5 приказан је овај концепт као мрежа пословних јединица, производа и токова.



Слика 6.5. Концепт реверзне логистике

Полази се од производа у употреби код индивидуалних корисника и пословних јединица. Они се користе у различитим зонама (домаћинства, индустрије, итд.) и као резултат настаје отпад. Овде се посматра отпад који се може користити као грађевински ресурс. Један део отпада долази из центара за обнављање и то сервисних центара (а) и рециклажних центара (б), између којих постоји ток материјала.

Из рециклажних и сервисних центара долазе растављени делови и рециклати у процес дораде и производње и као излаз добијају се нови производи за потребе грађевинарства. Ови производи се складиште и испоручују купцима на тржишту рециклираних производа.

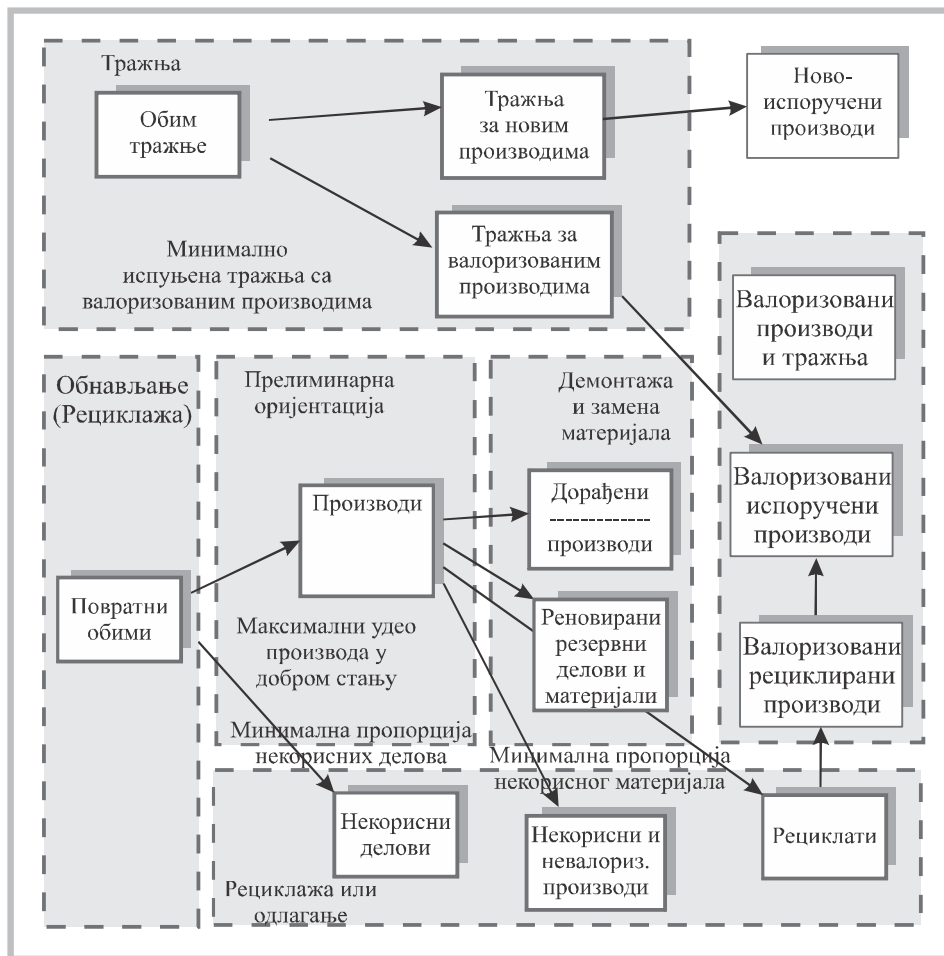
У овом приступу кључна одлука се доноси на почетку, када је потребно утврдити фамилију производа применом *ABC* метода класификације, *AHP* или кластера. Према *Chounard M., D' Amours S., Ait-Kadi D.* (2006) треба узети у обзир:

- профил тражње (ризик, цене, сезонски утицај),
- технологије производње и складиштења,
- канале дистрибуције и услуге подршке и
- транспортне ресурсе.

Додатно се морају размотрити:

- технолошка изводљивост рециклаже и производње,
- комерцијална изводљивост за редистрибуцију рециклираних нових производа,
- еколошка изводљивост нових производа и технологија,
- ток материјала (повратна количина),
- трошкови и ефекти заштите животне средине.

За сваку потенцијалну нову врсту производа утврђени су тражња и количине рециклата (слика 6.6). У овом моделу ограничења су обухваћена правоугаонцима са испрекиданим линијама, а количине производа правоугаонцима, док су стрелицама показани могући токови производа.



Слика 6.6. Модел утврђивања потреба за рециклажом

У овој дисертацији обим тражње за валоризованим производима утврђен је полазећи од:

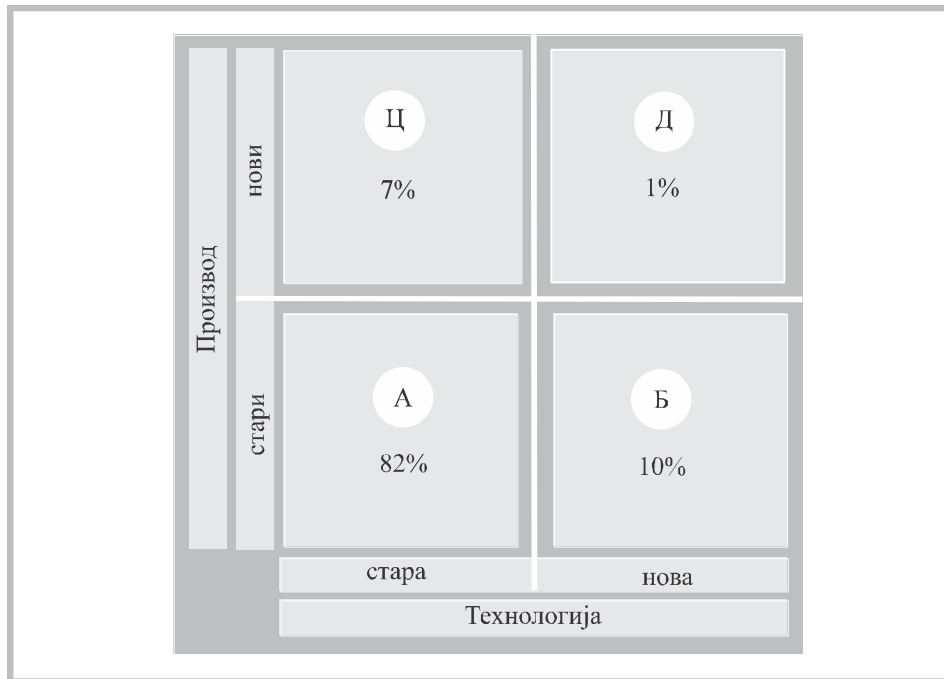
- података из референтне литературе,
- података из Региона, везаних за планове и стратегије управљања отпадом,
- података о демографским, тржишним, економским показатељима за Регион и БиХ у целини.

На основу ових података, аутор је дефинисао, за сваку потенцијалну врсту производа и технологију производње истог, минимално испуњење тражње за валоризованим производима. На основу овако утврђене тражње и количине могућег валоризованог обима производње рециклата, добијена је количина валоризованих испоручених производа, који се могу испоручити на тржишту.

Наравно, услов је да је расположива количина рециклата већа од потребне за израду производа. Ове наведене величине укључене су у модел унапређења, симулиран применом технике циљног програмирања, што је детаљно приказано у 8. поглављу. Треба напоменути да у овом моделу није разматрана продаја рециклата, што може бити предмет додатних истраживања. Такође, због високих транспортних трошкова, предвиђено је да производња буде у близини рециклажних центара, да су трошкови транспорта и складиштења мали у односу на цену коштања нових производа.

Изабрани производи на бази рециклата се могу класификовати на:

- потпуно нова технологија и нови производ,
- потпуно нова технологија и постојећи производ,
- постојећа технологија и постојећи производ (слика 6.7).



Слика 6.7. Простор производ/технологија

У овом простору производ/технологија, анализом иновација на производу утврђено је да је у овој области углавном реч о постојећим производима, а технологије су у већој мери нове у посматраном Региону. За посматраних 20 врста производа и 30 различитих технологија на слици 6.7 у поља су унете процењене вредности учешћа за посматрани Регион. Нови производи и нове технологије се односе на производе од композитних материјала (метал, гума, пластика, итд.). Доминантно је учешће поља А, те ће у оквиру ове дисертације оно бити анализирано.

6.3. Производња делова на бази рециклираног отпада

6.3.1. Производња делова на бази рециклиране гуме

Отпадна гума се према *Vjegović D., et al., (2013)*, у највећем обиму рециклира (95%), а само око 5% неконтролисано одлаже. У новим државама ЕУ удео одлагања је већи и износи око 29%, а у Хрватској се 70% отпадних гума рециклира, а преосталих 30% се спаљује.

Рециклирана отпадна гума користи се за израду различитих производа. За потребе грађевинарства, израђују се:

- отпадна гуме за уређење земљишта,
- отпадна гума за израду производа од бетона,
- отпадна гума за израду звучних баријера,

- отпадна гума за израду путева и стаза итд.,
- отпадна гума за израду путне сигнализације (стубови, табле, итд.).

Отпадна гума за уређење земљишта користи се:

- у изворном облику, као нпр. аутомобилске гуме,
- исечена гума и
- пресована гума.

Треба имати у виду да је специфична тежина гуме $1.14 \div 1.27$, што је знатно мање од земље ($2.20 \div 2.80$), а модул еластичности $1/10$ од песка, није биоразградива, три пута је стишљивија од земље.

У првом случају отпадна гума (око 100 комада) се балира и повезује преко пластичних трака или галванизованих сајли. Карактеристике бале од гуме приказане су у табели 6.1 за балу ознаке 3 и 9.

Табела 6.1. Карактеристике бале ознаке 3 (HR Wallingford, 2005)

Ознака бале	Укупна запремина (m^3)	Запремина гуме (m^3)	Порозност	Чврстоћа на притисак (kg/m^3)	Тежина (кг)	Укупна порозност у односу на песок (%)	Ефективна производа
3	1.09	0.54	50	655	712.5	60/39	50/30
9	0.71	0.31	57	561	400	-	-

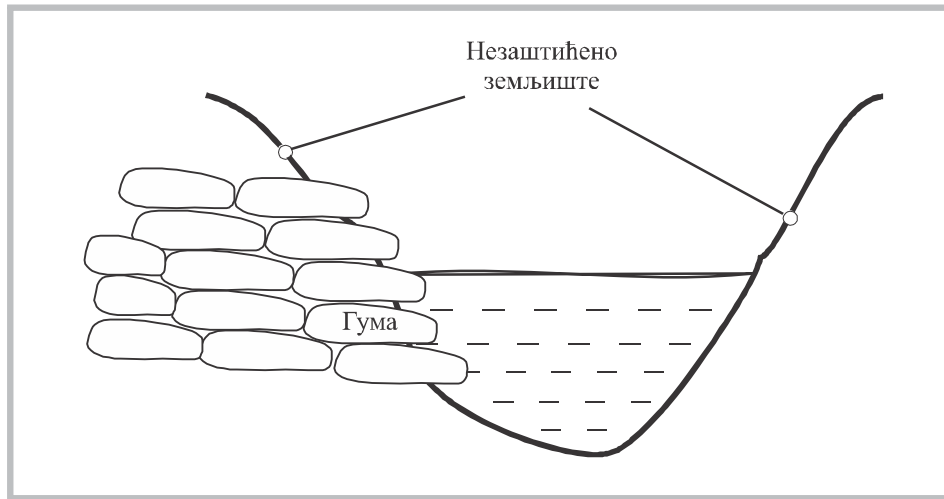
Предност бале је већа за око 50% од песка, што омогућује њену примену за дренажање терена. Са друге стране, пермеабилност бале је на нивоу песка, а повећава се ако је дужина пута краћа и ако су бале поређане равно испод пута.

Отпадна гума за уређење земљишта примењује се за:

- 1.насипање и нивелисање терена,
- 2.дренажу (одводњавања) терена,
- 3.израду армираних страна корита река или клизишта,
- 4.уређење лука (браници, пливајући објекти), итд.

Код насипања терена користе се отпадне гуме у сва три облика, а код дренаже на почетку процеса су небалиране гуме, а затим следе балиране и сечене гуме.

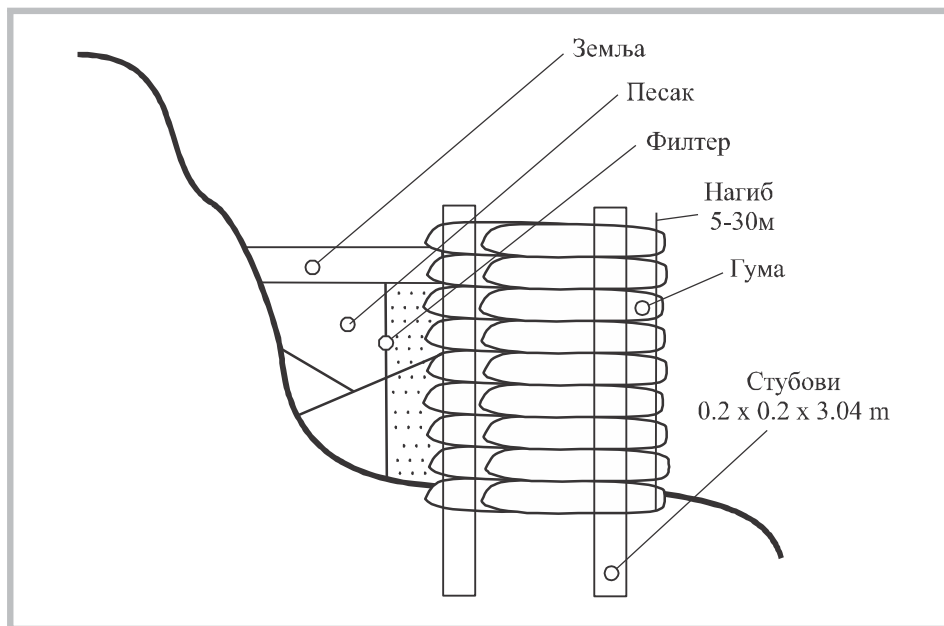
Армирање страна корита река или клизишта, остварује се као на *слици 6.8*.



Слика 6.8. Схематски приказ зида од отпадне гуме

Висина гуменог зида не треба да пређе 4м, а дужина око 240м.

Отпадне гуме се користе за ублажавање ерозије обале приликом осеке, а такође и код израде заштитних облога (слика 6.9).

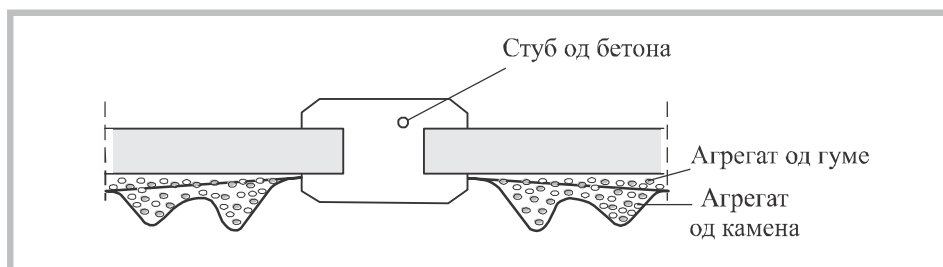


Слика 6.9. Одбрамбени зид од отпадне гуме у луци

Поред ових намена, у лукама се отпадна гума користи и за плутајуће гребене, итд.

Коришћење отпадне гуме код производа од бетона ће се описати у поглављу 6.3.3.

Отпадна гума за израду звучних баријера у урбаним областима, заснива се на звучним својствима гуме (слика 6.10).



Слика 6.10. Попречни пресек панела од рециклата гуме

Према (Bjegović D., et al., 2013) на овај начин остварена је класа апсорпције звука А2 са вредношћу апсорпције од 6dB, а планира се остваривање класе А3.

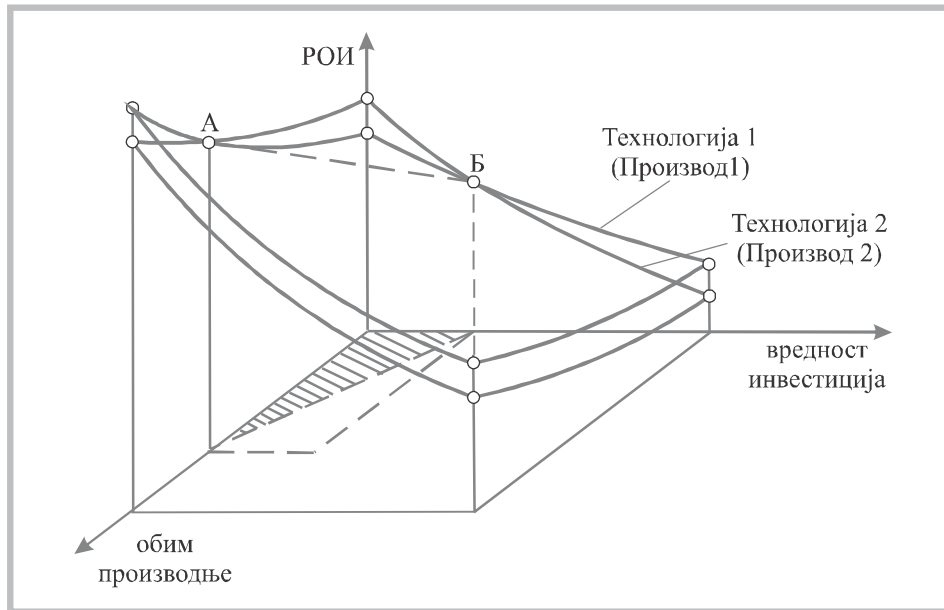
Рециклати од гуме за израду путева и стаза добијају се сечењем гуме на амбијенталној температури и на ниским температурама. При томе се добијају основни комади величине 0.15÷16мм и млевени величине 0.063÷6мм. После операције клевања следи магнетно одвајање металних компоненти, а текстил се одстрањује дувањем. Коришћење рециклата гуме у овој области засновано је на ниској густини и еластичности. Према АСТМ дефиницији О асфалтна гума састоји се из чистог асфалта, отпадне рециклиране гуме и адитива, при чему гумена компонента је најмање 15 процената тежине асфалта и реагује са топлим асфалтом бубрењем гумених делова (такозвани мокри поступак). Према (Holubka M., Salaiova B., 2013) гума је реаговала са чистим асфалтом на 190-218⁰С и за два сата је добијен материјал погодан за топли мешани асфалт (HMA – Hot Mixed Asphalt). При томе се користи суво сечена гума у износу од 3÷5%.

На овај начин остварују се предности:

- смањује се количина асфалтног везива,
- смањује се количина одложене гуме,
- нижа густина у односу мешања,
- прецизно остваривање температуре производње

а недостатак су трошкови рециклата и његова већа вискозност од основног асфалта.

Отпадна гума за израду путне сигнализације и других предмета (одбојници, „лежећи полицајци“ итд.) користи се најчешће као композит са другим материјалима (нпр. челик, пластика, итд.). На основу рециклата гуме у облику праха, поступком екструзије, инјекције и компресије, за различите производе врши се обликовање, коришћењем одговарајућих алата и калупа. Свака од наведених врста производа израђује се у машинским халама, на релативно скупим машинама. Да би се инвестиција економски брже исплатила, потребно је да цена рециклата буде нижа од цене основног материјала и да обим производње омогућује економију обима (слика 6.11).



Слика 6.11. Оптимална област примене технологија израде делова од отпадне гуме

У пресеку хиперболичних површина за две алтернативне технологије или производа добија се линија А-Б. За мање вредности обима производње и вредности инвестиција повољнија је варијанта 2, која је најчешће везана за мање аутоматизована постројења и једноставније производе.

С обзиром на недовољну инвестициону способност предузећа у Региону, овај случај је доминантан.

6.3.2. Производња на бази рециклираног пепела

На основу студије запошљавања при коришћењу пепела у USA (Ackerman F., 2011) око једна осмина угља се претвара у пепео. Према истом извору трошкови одлагања пепела су износили 37.4% или 3.42 милијарди USD, претварања рециклаже пепела у погодан облик око 19.8%, административни трошкови око 16.9%, трошкови третирања водом око 9.8%, а преостали део трошкова се односио на трошкове управљања, административне трошкове, затварања депонија, итд. Са аспекта активности они су се односили на:

- нове нерезиденцијалне грађевине (око 50%),
- инжењерске и архитектонске услуге (око 30%),
- консултантске активности на заштити животне средине и технолошким решењима (10%) и
- административне услуге (10%).

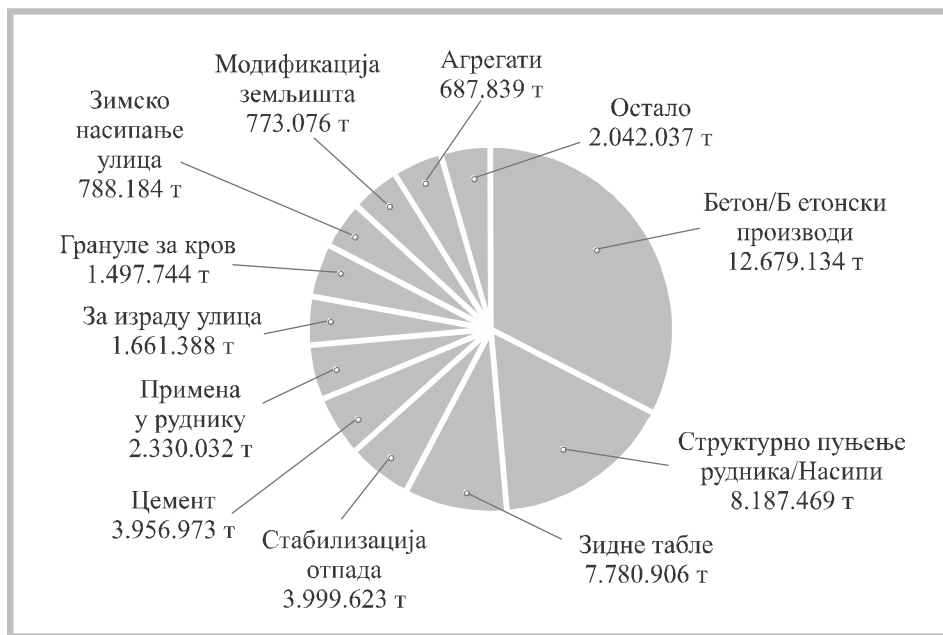
На овим активностима коришћења пепела укупно је било запошљено око 117.000 радника и то:

- директно запошљавање на третману пепела,
- индиректно запошљавање на опреми и возилима (логистика рециклаже) и
- индиректно запошљавање у другим областима.

Ако се узме у обзир да је у том периоду било запошљено око 159 милиона, а број запослених на рециклажи и коришћењу пепела као грађевинског ресурса око 117.000, види се да је тај проценат био нешто мањи од једног промила. Када би се овај однос користио у посматраном региону, тај број запослених би био око 150.

Примена пепела као грађевинског ресурса датира из старог Рима, јер је познато да се вулкански пепео користио за ојачање структуре при изради Колосеума и Пантеона [61]. У USA је овај тренд започео 1942. године при поправци једног тунела и 1948-1952. године при изради бране. Касније су запажене примене пепела при изради подземне железнице у *Washington DC*, мостова у Бостону, итд.

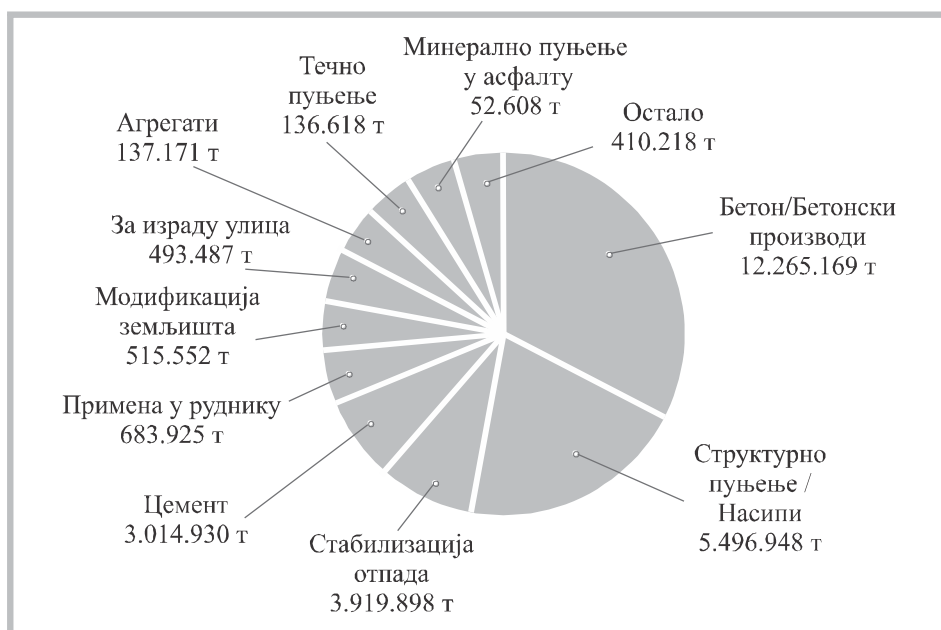
Примена пепела из ложишта је у USA била у различитим областима (слика 6.12).



Слика 6.12. Коришћење производа од изгорелог угља у USA

Око две трећине пепела из ложишта се користи за израду бетона, посипање у рудницама, зидне табле, стабилизацију отпада и производњу цемента.

Због веће финоће и опасности по животну средину, летећи пепео је имао другу намену (слика 6.13).

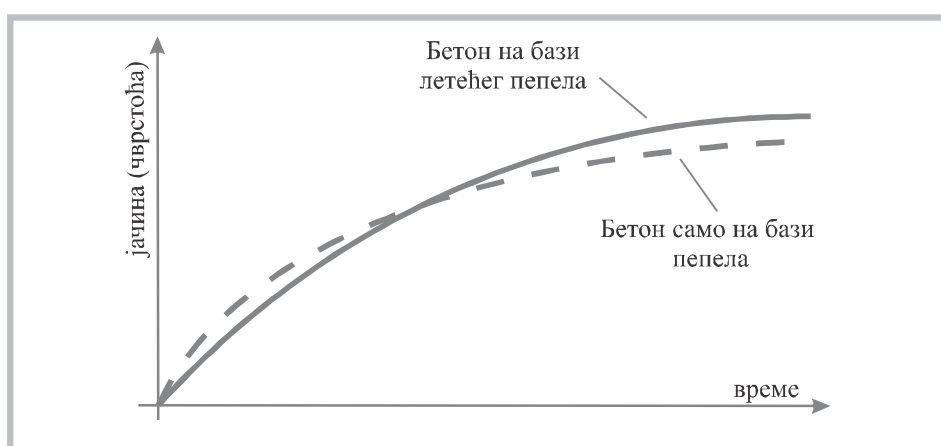


Слика 6.13. Коришћење летећег пепела у USA

Коришћење пепела у грађевинарству мора бити у складу са одговарајућим стандардима и законским прописима. Тако нпр. коришћење летећег пепела у Портланд цементу за бетон мора бити у складу са *ASTM (American Society for Testing and Materials)* и то *ASTM C 618*, класа Ф и класа Ц. Са друге *ASTM E 2277-03* дефинише примену пепела из ложишта за структурно пуњење, посебно у високоградњи, за израду ивичњака, итд.

У даљем тексту описане су перформансе и уштеде трошкова при коришћењу пепела.

За израду бетона пепео се користи када се меша са цементом и водом. Пораст чврстоће бетона у времену (слика 6.14) указује на сличност карактеристика са бетоном на бази цемента.



Слика 6.14. Јачина бетона на бази летећег пепела

Предности примене пепела су:

- повећана обрадивост бетона због природе и облика делова пепела,
- смањена потреба за водом,
- смањује се цурење на ивицама калупа,
- повећава се јачина бетона,
- смањује се пермеабилност и трајност бетона,
- смањује се скупљање бетона,
- већа отпорност на различите облике деформисања.

Примена пепела за израду насипа код путева има следеће предности:

- елиминише се набавка опреме за одлагање пепела,
- смањује се време израде, трошкови набавке материјала.

Течни бетон на бази пепела из ложишта замењује конвенционални бетон, уз погодности:

- примена у свим временским условима,
- остварује се прописана густина без примене вибрација,
- боље пуњење облика,
- бетон је лакши,
- већи капацитет земљишта,
- већа брзина и лакоћа рада,
- већа сигурност на раду,
- смањени трошкови радне снаге,
- смањује се токсичност пепела.

Летећи пепео се користи у комбинацији са агрегатима за израду квалитетног базног слоја и због позоланског ефекта има следеће предности:

- већа трајност мешавине,
- смањени трошкови,
- аутогеним поступком покривање и
- већа енергетска ефикасност.

Код израде асфалта летећи пепео се користи као минерални пуњач, при чему се остварује:

- веће ојачање мешавине,
- већа отпорност слоја,
- већа трајност мешавине,
- смањена могућност скидања асфалта,
- мањи трошкови у односу на остале пуњаче.

Утицај примене пепела на животну средину може се сагледати из података да једна тона летећег пепела примењеног у цементу:

- конзервира простор за депонију од око 1.200 фунти отпада или количину генерисаног отпада једног американца за преко 270 дана,
- смањује еквивалент двомесечне емисије угљен диоксида из аутомобила,
- штеди довољно електричне енергије за коришћење у једном домаћинству од 19 дана,

- коришћење летећег пепела у цементу у износу 20 милиона тона смањује емисији гасова стаклене баште за више од 6.5 милиона тона.

Други ефекат на животну средину односи се на конзервирање ресурса, а пре свега:

1. камена за израду бетона,
2. гипса за израду зидних табли,
3. песка и шљунка,
4. земље за насипање.

Трећи ефекат се огледа у смањењу чврстог отпада, како из спаљивања угља у топланама и електранама, тако и комуналног отпада. У вези стим смањују се трошкови одлагања отпада, простора за одлагање, итд.

Наравно, постоје и негативни ефекти који су везани за:

1. утицај на флору и фауну, ако се не поштује регулатива,
2. утицај на квалитет ваздуха,
3. утицај на здравље (плућа и кожа).

Ови могући негативни ефекти елеминишу се или умањују применом анализе ризика према *ISO 31000* и *LCA*, о чему ће бити више речи у 7. поглављу.

Према европским искуствима [56] око 80% пепела из ложишта се рециклира за примену у цивилном инжењерству после третмана одвајања метала и ситњења. Са друге стране, летећи пепео се рециклира у мањем износу (око 30%).

Према [56] јачина на притисак бетона за градњу и бетона са летећим пепелом и пепелом из ложишта, са различитим уделом пепела (10, 20 и 30 %), указује да је комбинација са 20% летећег пепела најбоља, а пепео из ложишта омогућује 5-30% нижу чврстоћу. Са друге стране, апсорпција воде код пепела из ложишта је већа и до 50%.

Примена пепела у производњи асфалта карактерише:

- пепео из ложишта захтева већи удео везива јер поседује мању густину и специфичну тежину,
- пепео из ложишта замењује фини песак (величине 4), при чему се највећа стабилност остварује при уделу од 20%,
- отпорност на затезање указује да она расте са повећањем удела пепела до 20%, а затим опада,
- за учешће од 20% пепела оптимални садржај везива је око 6.8%.

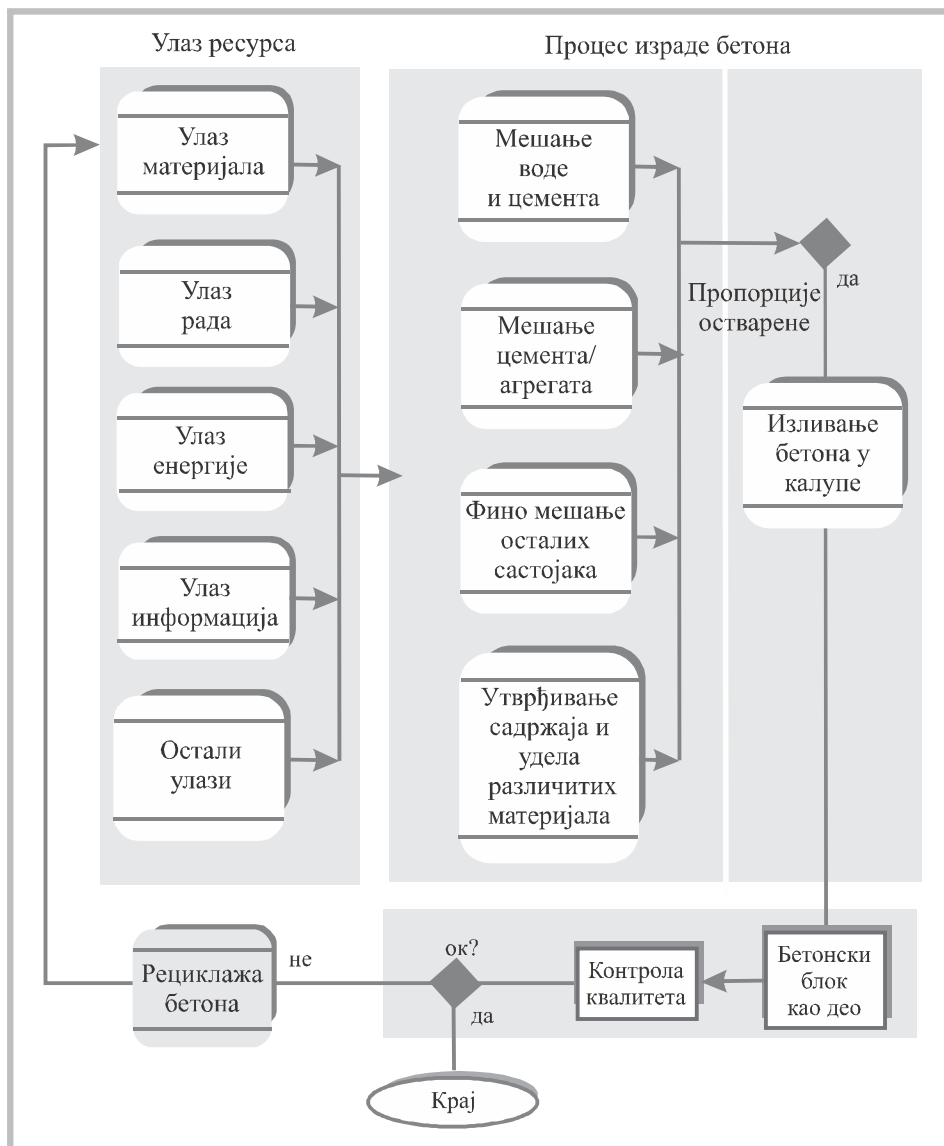
Пепео се користи као грађевински ресурс и у комбинацији са отпадним гипсом (*Trifunović P., et al, 2014*) за израду путева и другим материјалима (*Casteldelli V., et al, 2013*) за израду алкално активираних материјала. С обзиром на мале количине ове врсте отпада у посматраном Региону, ови производи нису узети у разматрање у поглављу 8 и 9.

6.3.3. Израда делова од бетона

Бетон је врло заступљен материјал у грађевинарству. Према референтним изворима, наведена у литератури рециклиран бетон служи као основа за:

- насипање,
- израду делова од бетона,
- у комбинацији са гумом, пластиком и металом, за различите намене, описане у 6.3.6.

Рециклажом отпадног бетона, насталог при изградњи и рушењу објеката, одвајају се арматура, евентуално пластика, гума, дрво, итд. Преостали део бетона се ситни до потребне гранулације, ради израде делова од бетона (слика 6.15).



Слика 6.15. Производња бетонских делова од рециклираног бетона

Затим се врши мешање потребних састојака бетона у жељеној пропорцији и израђују делови од бетона. На крају је операција контроле квалитета.

Процес израде бетона је добро познат у грађевинарству, па ће у наредном тексту нагласак бити на улози рециклираних материјала, посебно пластике и гуме.

Према *Ismail Z., Al-Hashmi E., (2008)* бетон са рециклираним *PET* боцама у уделу мањем од 10%, и то као замена за песак. Карактеристике рециклиране пластике приказане су у *табели 6.2.*

Табела 6.2. Физичка и механичка својства отпадне пластике

Својства	Вредности
Густина (кг/м^3)	386.7
Облик делова	-дужина: 0.15-12 мм -ширина: 0.15-4 мм
Апсорпција воде за 24h (%)	0.02
Јачина на притисак	мала
Јачина на савијање (PSI)	5.000

Упоредјујући резултате тестирања бетона са 0%, 10%, 15% и 20% удела пластике, утврђено је:

- код примене 20% пластике слегање бетона је мање за око 7 мм,
- са порастом удела пластике смањује се почетна густина,
- тест густине после 28 дана показује да и најмања густина обезбеђује својства као код јаких бетона,
- тест јачине на притисак показује да повећање удела пластике позитивно утиче на јачину на притисак бетона,
- тест јачине на савијање указује да се повећањем удела пластике смањује јачина на савијање бетона,
- тест жилавости показује слична својства до оптерећења од 3.000 N, а са порастом учешћа пластике жилавост расте.

У раду *Jevtić D., Zakić D., Savić A., (2012)* приказане су карактеристике лаког бетона на бази рециклата од „*Ytong*“ блокова и полипропиленских влакана. На основу анализе три узорка са различитим величинама блокова (0.8-4.0 м) утврђено је да ова врста бетона има пет пута боље термичке карактеристике и ниже механичке карактеристике, али је употребљив тамо где то није одлучујуће.

Анализом примене рециклата од опеке у бетону, уз додатак воде и полипропилена, показује се да јачина на притисак је варијала од 30.50 до 34.65, а јачина на савијање од 5.82 до 6.20 *MPa* и то после 28 дана. Додавањем полипропиленских влакана приметно је побољшање својстава.

Примена рециклиране гуме у изради делова од бетона утиче на карактеристике бетона. Према *Jevtić D., Zakić D., Savić A., (2012)* са коришћењем удела гуме од 10% и 20% смањује се чврстоћа на притисак и савијање. Са инкорпорираном гумом овај бетон постаје лакши (густина мања од 2.000 кг/м^3) и налази примену као материјал отпоран на вибрације и пригушивач звука, а због повећања еластичности, трајности и отпорности на замрзавање, широко се користи у цивилном инжењерству, као нпр. стубовима на паркиралиштима, сигналним уређајима, пружним прелазима, саобраћајним баријерама, а рециклирана гума налази примену за израду железничких прагова, гумених панела, итд.

Према Moriconi G., (2006) у табели 6.3 приказани су упоредно трошкови традиционалног и еко-бетона и то: RAC (*Recycled-Aggregate Concrete*) и HVFA-RAC (*High-Volume Fly Ash RAC*).

Табела 6.3. Физичка и механичка својства отпадне пластике

Додатак	Јед. Трошкови €/кг	Бетон од природних агрегара		RAC		HVFA-RAC	
		Т	Е-Б	Т	Е-Б	Т	Е-Б
Вода	0.001	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Цемент	0.121	45.98	49.98	91.96	91.96	45.98	45.98
Летећи пепео	0.022	-	-	-	-	8.36	8.36
Одлагање летећег пепела	0.250	-	-	-	-	-	-95.00
Природни песак	0.015	4.55	4.55	-	-	-	-
Фино рециклирана фракција	0.007	-	-	-	-	-	-
Ломљени агрегат	0.013	17.26	17.26	-	-	-	-
Грубо рециклирана фракција	0.006	-	-	7.54	7.54	6.82	6.82
Одлагање камена	0.050	-	-	-	-58.45	-	-52.85
Суперпластицизер	1.435	-	-	-	-	9.76	9.76
Укупно		68.09	>68.09	99.80	41.35	71.22	-76.63

Узимајући у обзир негативне трошкове везане за некоришћење отпадне гуме, пластике и пепела, може се констатовати да постоји основа за коришћење ових рециклата за производњу бетона, узимајући у обзир економске и еко захтеве.

Према Ramte B., Tharaniyil M., (2000) примена летећег пепела за производњу бетона, зидарских производа, поред раније наведених производа, обухвата израду:

- опеке и каменних производа,
- телекомуникационих стубова,
- кутија за електричне батерије,
- делова (цеви) са високим својствима електричне отпорности, термичке проводљивости и пластичне компатибилности,
- примена састојка летећег пепела од око 1-3%, као пуњача за боје, пластику, керамику, бетон ниске густине и лаке композитне материјале.

6.3.4. Израда делова од рециклиране керамике, црепа и опеке

Ова врста производа се третира на три начина:

- одлаже на депонијама,
- рециклира и користи као замена за песак, камен, шљунак ради уградње у производе:
 - за насипање улица,
 - као тениски песак,
 - као агрегат за бетон.

Највећа баријера за рециклирање и поновну употребу ове врсте отпада је релативно ниска цена ових производа произведених од сирових материјала. У

највећем броју случајева, ови производи нису дизајнирани ради лакше рециклаже и њихов животни век је висок (често више од 100 година), а уз то вредност такси за одлагање је ниска и нема већег интереса за одлагање.

У референтној литератури налази се податак да је у 2006. години у Данској рециклирано 318.000 т ове врсте *C&D* материјала.

Пре него се приступи рециклажи и производњи потребно је овај отпад ослободити контамината, као што су минерална вуна, тешки метали и *PAH (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)*, што се обезбеђује кроз подпроцесе чишћења, ломљења и просејавања.

Примена ових рециклираних производа за насипање односи се на:

- пуњење (насипање) и стабилизирање мањих улица и стаза, нарочито тамо где је удаљен извор камена и песка (у равничарским пределима и шумама).
- насипање улица и до максималног учешћа од 30% због погодности према мржњењу и већој отпорности. У овом случају то је замена за песак и шљунак.
- као агрегат за израду канала и њихово дренарање. Замењује природни песак.
- као агрегат за израду бетона, што је чест случај у Аустрији, Данској, Швајцарској и Холандији.
- млевењем овог рециклата од црвене цигле и црепа добија се фини тениски песак. Ово је посебно економски погодно у близини циглана.
- као субстрат мешањем са органским материјалима и то првенствено да би се обезбедила већа порозност и задржавање влаге у дужем временском периоду.

Посебан правац у коришћењу ових рециклата је поновно коришћење очишћене опеке, керамике и црепа, што је део ретро стила нпр. у Берлину. При томе треба имати у виду:

- чишћење дуго траје, захтева већи напор и утиче негативно на здравље,
- цементни малтер је тешко уклонити, па се често не уклања, као нпр. у Грчкој,
- између малтера и опеке је често јака веза што доводи до слабије зидне конструкције,
- квалитет опеке може варирати што, због захтева референтних стандарда, упућује на коришћење код мање захтевних објеката,
- због снага претходног поновна употреба ових производа најчешће није економична, у условима скупе радне снаге.

Са аспекта потрошње енергије рециклажа и израда нових производа је препоручљива, јер се за њихову прву производњу троши много енергије и емитује велика количина гасова. Тако се у *Service contract on management of construction and demolition waste-SR1, Final Report Task 2, (2011)* наводи податак да је у 2001. години у ЕУ било потрошено између 1.4-2.42 *GJ/t* енергије, и евивалента *CO₂* од 80-138, имајући у виду да се доминантно користио природни гас за загревање. Са друге стране, нове технологије израде опеке троше и до 40% мање енергије (190кWh/m² зида од опеке).

Сви горе наведени подаци умањују интерес за ширу примену ове врсте отпада, сем за ниже захтеване случајеве примене, агрегат и специфичне случајеве. Зато се према [60] препоручује коришћење ових рециклата углавном као агрегата за насипање и израду бетона.

Према *Huang W., et al., (2002)* потенцијал за рециклажу опеке, црепа и керамике је око 28% од грађевинског отпада, од чега се 14.7% одлаже са могућношћу рециклирања од 50%, око 8.9% користи за израду путева после рециклаже у обиму од 30% и око 5.9% поново користи после рециклаже у износу од 20%. Према истом извору за случај третирања 6 t/h грађевинског отпада, ова врста отпада се мануелно сепарира са 0.67t /h, што је на нивоу просека других компоненти грађевинског отпада (нпр. шљунак 3.12 t/h, али папир/пластика 0.22 t/h и метали 0.27t/h). Према истом извору за један инвестициони програм *cost/benefit* анализа је указала да се трошкови исплате за око 3 године, уз почетну инвестицију од 4.5 милиона USD.

За анализу примене рециклата за грађевинске производе интересантни су подаци из USA (*Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E., 2013*) где је највеће учешће рециклираног бетона (14.5), дрво (8%), одлагање рециклираног материјала (7.5%), тавански шљунак (7%), метал (6.5%), летећи пепео (6%), пластика (6%), гипс (6%), опека (5.2) и остало мање од 4%.

Према истом извору, предузећа користе рециклиране материјале због:

- вишег квалитета (око 35%),
- нижих трошкова (око 25%) и
- смањивања отпада на депонијама (око 40%).

Треба напоменути да нека предузећа не улазе у посао са рециклираним материјалима јер је квалитет финалних производа незадовољавајући (око 11% одговора), а због контаминације то је разлог за око 8% предузећа. Са аспекта тржишта, због потребних дозвола за рад, високих трошкова сепарације и недовољног маркетинга у овај посао се не укључује око 7% предузећа.

Други проблем је непостојање прецизних података о рециклираним материјалима, што истиче у просеку око 3-7% испитаника. Из ових разлога доминирају примене рециклата за мање захтевне производе, као што су:

- рециклажа до нивоа агрегата (31%),
- изградња објеката (17%),
- израда бетона (14%),
- преговарачи (9%),
- асфалт (8%), итд.

Према истом извору *Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E., (2013)* наводи се да је у USA на испитиваном узорку од 65 предузећа, поновно коришћење опеке било заступљено у 5% случајева, керамике до 4%, опеке око 7% случајева. Такође, истакнути су разлози за накоришћење рециклираних материјала: трошкови (22%), недостатак знања (13%), опасности (11%), квалитет финалних производа (11%), контаминација (8%) и дозволе (7%), маркетинг (7), опрема (4%), особље (105), итд.

Дакле, уз нижу цену рада примена рециклата од опеке, црепа и керамике може бити и економски исплатива у посматраном Региону.

6.3.5. Производња делова од рециклиране пластике

Пециклирана пластика улази у процес производње кроз више процеса (слика 6.16).



Слика 6.16. Ток производње делова од рециклиране пластике

У овом циклусу производње учествује 10 процеса (П1÷П10) процеси П1 и П2 су детаљније објашњени у претходним поглављима.

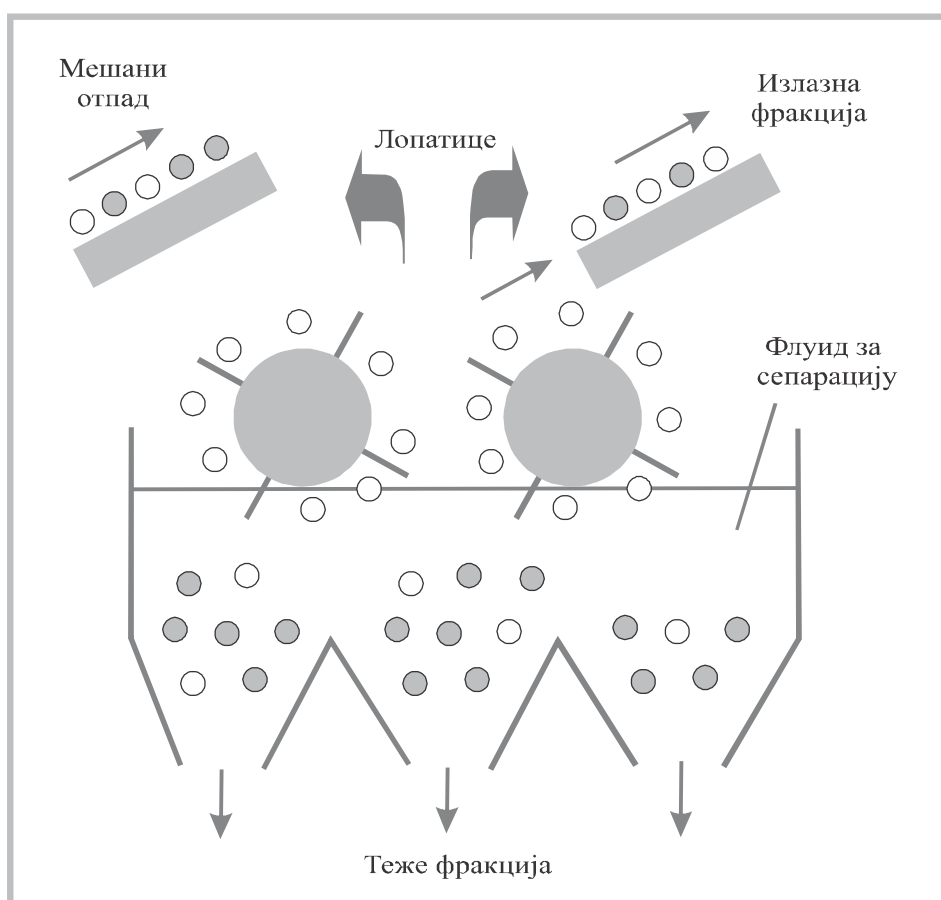
Млевење и сечење (П3) се најчешће одвија у шредерима, до величине 25÷50 мм, а затим преко обртних ножева добијају се комади величине 5 мм × 5 мм. Да се не би пластика термички третирао укључује се и ваздух за хлађење.

Прањем (П4) се уклањају нећистоће са пластичних комада, који се затим суше топлим ваздухом.

Следећи процес (П5) је идентификовање и сортирање пластике, које може бити ручно или аутоматизовано на основу различите густине (табела 6.4), као на слици 6.17.

Табела 6.4. Густина пластике (Goodship V., 2010)

Врста пластике	Густина (г/цм ³)
Полипропилен	0.90
Полифилеи мале густине (LDPE)	0.90
Полифилеи веће густине (HDPE)	0.95
Полистирен	1.05
Полиамид (PA6 или PA66)	1.15
Поливинил хлорид	1.40
Полиетилен терефталат (PET)	1.40



Слика 6.17. Одвајање лаке од тешке пластике

Одвајање рециклата пластике врши се помоћу x -зрака (нпр. PVC), а сортирање преко инфрацрвених зрака, са таласном дужином од 0.5÷0.8 μm .

У процесу П6 врши се пресовањем већа густина делова и до 100-150 kg/m^3 . При томе се пресовање врши само кратким загревањем. Затим се одвија процес прикупљања (П7) ради израде производа од рециклиране пластике (П8). При томе се користе различити поступци, од којих се издвајају екструзија, инјекционо профилисање, компресионо профилисање, термопрофилисање, итд.

Код екструзије припремљени рециклати пластике улазе у екструдер са једним или два завојна вретена, пролази кроз алат и јединицу за бљењење и на крају јединицу за сечење финалног производа на прописану дужину. У случају коришћења два

материјала користи се поступак ко-екструзије, где се у алату ова два тока материјала спајају и формира део из два слоја, што је коришћено при изради цеви и плоча у виду сендвича.

Ињекционо профилисање се често користи и при изради мањих серија производа. Примењује се ко-инјекционо профилисање, из више слојева материјала, чиме се постиже искоришћење и до 70% рециклата.

Код компресионог профилисања врши се обликовање рециклата у облику гранулата под притиском у одговарајућем алату. Овим поступком се добијају плоче одређеног профила од полипропилена и стаклених влакана, као и мешане пластике.

Код термообликовања користе се плоче уместо гранулата, које се постављају у алате и под температуром да би омекшале, врши се обликовање. Може се користити и код дораде оригиналних делова од пластике.

За употребу мешаног пластичног отпада користе се: интрузионо профилисане, трансфер профилисане и синтер-профилисане. Разлика је у алатима, зони за загревање и коришћењу притиска.

Поређење описаних процеса производње приказано је у *табели 6.5.*

Табела 6.5. *Поређење процеса*

Процес	Сложеност делова	Врста обликовања	Профил	Тип пластике	Толерантност на загађиваче
Екструзија	Јединствени профили	Екструзија	Не	Појединачни	Мала
Ињекционо профилисање	Сложени	Ињекција	Затворени	Појединачни	Мала
Ко-ињекционо профилисање	Слично	Ињекција	Затворени	Један слој	Мала
Компресионо профилисање	Јединствено	Компресија	Затворени	Појединачни	Средња
Екструзионо растапање у профилу	Сложени	Пнеуматски	Затворени	Појединачни	Врло мала
Екструзионо растапање у више нивоа	Сложени	Пнеуматски	Затворени	Један слој	Врло мала
Ињекционо растапање у профилу	Једноставни	Пнеуматски	Затворени	Појединачни	Врло мала
Растапање филма	Једноставни	Пнеуматски	Без	Појединачни	Врло мала
Интрузионо профилисање	Једноставни	Компресија	Отворени	Мешано	Висока
Синтер-профилисање	Једноставни	Компресија	Отворени	Мешано	Врло висока
Трансфер-профил.	Једноставни	Компресија	Затворени	Мешано	Висока

Да би се отклонила деградација пластике врши се претходна рестабилизација рециклата применом стабилизатора, који могу бити термички, светлосни и адитивни за специфичне намене.

Поред израде делова од рециклиране пластике на један од претходно описаних начина, рециклирана пластика се користи и за израду:

- бетона,
- флексибилне полиуретанске пене,
- као модификатор за асфалт,
- велики број различитих осталих производа у комбинацији са другим материјалима.

Према [71] у ЕУ је 2010. године количина отпадне пластике као грађевинског отпада била око 1.975.000 т, што по једном становнику износи око 400 кг, при чему је у Шведској та количина мања (око 190 кг), а знатно већа у немачкој (око 720кг). У структури отпадне пластике доминира пластика за облагање подова и зидова (око 15%), инсулацион (20%), цеви и прибор (17%) и намештај (25%).

Баријере за рециклирање пластике су:

- ниски трошкови одлагања и контроле,
- фрагментирани индустријски производи,
- значајно време за сепарацију на лицу места и
- високи трошкови прикупљања и транспорта до места рециклаже.

Са енергетског аспекта, рециклажом пластике остварује се знатна уштеда енергије:

- енергетска вредност пластике око 40 MJ/kg,
- енергија за производњу пластике између 40 и 50 MJ/kg

што чини укупно 80-90 MJ/kg обновљене енергије.

У раду *Wongthatanekorn W. (2009)* указује се да је стопа повраћаја и рециклаже пластике у 2000. години у Тајвану била око 23%. Стратегија рециклаже пластике је усмерена ка производњи нафте кроз поступак полимеризације. Кроз поступак више-критеријумског програмирања са циљевима: (1) укупни трошкови, (2) циљна вредност отпадне пластике и (3) циљна вредност рециклиране пластике, аутор је утврдио да треба повећати циљну вредност трошкова да би се оствариле циљне вредности отпадне пластике и рециклиране пластике.

6.3.6. Израда делова од осталих врста рециклата

Посебно се израђују производи од осталих врста рециклата и то:

- дрвета, папира и текстила,
- метала (Fe и обојених),
- гипса и малтера и
- комбинације различитих врста рециклата.

Рециклати дрвета, папира и текстила користе се углавном за панеле за термичку и/или звучну изолацију. Тако нпр. за један тип постројења користе се отпад од тетрапака и полиетилена као везивног средства. Постројење функционише као технолошка линија, састављено од следећих машина:

- млинови за млевање сировине следећих карактеристика:
-капацитети су 300-700 kg/h отпадне сировине из тетрапака,

- снага цц P=30 kW,
- ком 2,
- цена је око 6.000 €.
- Сушаре за сушење, ако је потребно, самлевене сировине следећих карактеристика:
 - снага је функција влажности P=(20-150) kW,
 - цена је око 15.000 €.
- млинови за млевење сировине следећих карактеристика:
 - капацитет је 60 m²/h,
 - снага је око P=7 kW,
 - цена је око 100.000 €.

Тржиште наведеног производа се осваја кроз дистрибуцију на стоваришта широм БиХ. Цена је 2,5 € по 1m².

Конкуренција ове производње у БиХ не постоји.

Рециклати метала су у балираном стању и касније се кроз процес шрединга добијају честице захтеване величине. После обликовања у топлом стању у калупима добијају се производи на које се даље могу наносити рециклати гуме, пластике итд. Други пут рециклата метала је у жељезарама за израду бетонског гвожђа или лимова за потребе грађевинске делатности.

Гипс и малтер се добијају од рециклата гипса и малтера. Треба нагласити да је количина ових рециклата мала и економски није целесходно њихово транспортовање до произвођача, већ се препоручује рециклажа и обрада на мобилним постројењима и близу генератора отпада.

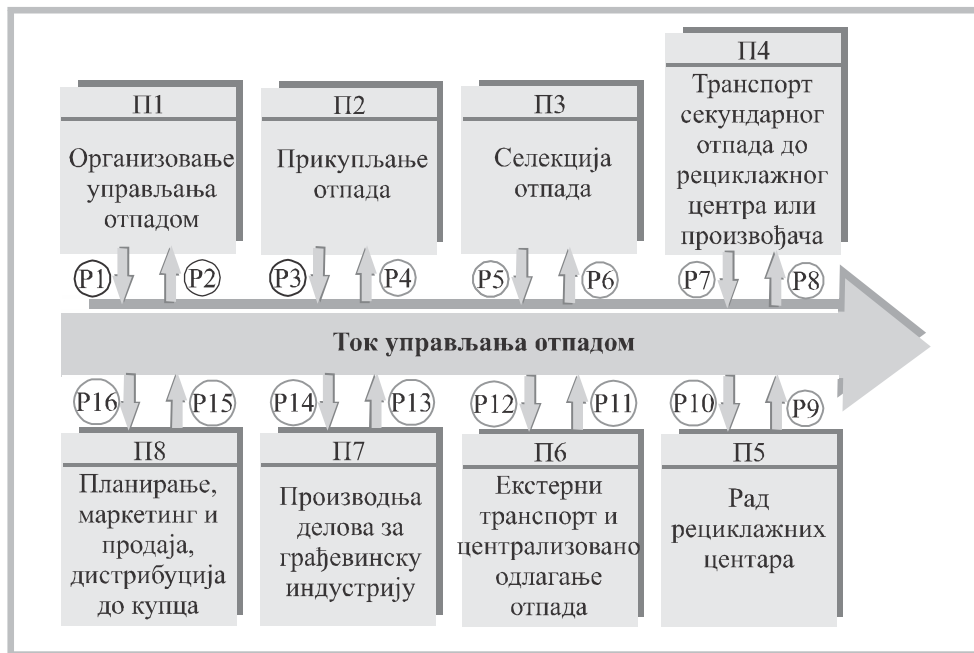
Комбинације примене различитих врста рециклата ће се све више користити, али то захтева скупу опрему и обезбеђивање економије обима.

Кроз истраживања, чији су резултати презентовани у овом поглављу, остварен је циљ ЦЗ (утврђивање могућности примене истражених ресурса отпадних материјала у грађевинарству).

7. ПРИМЕНА LCA У УПРАВЉАЊУ ОТПАДОМ ЗА ПОТРЕБЕ ГРАЂЕВИНСКЕ ИНДУСТРИЈЕ

7.1. Основе процесног модела

Полаз за LCA је анализа активности и процеса, што је за отпад као грађевински ресурс приказано на слици 7.1. Ознака P_i се подноси на процесе а ознака R_i на релације.



Слика 7.1. Активности у животном циклусу отпада

Сваки од наведених процеса може се декомпоновати на припадајуће активности (Арсовски, 2006). Основа за декомпозицију (ширина и дубина декомпозиције) зависи од многих фактора, груписаних у оквиру:

- релевантности процеса за купца,
- могућности остваривања и
- потенцијала за побољшање.

Према PDCA (*Plan – Do – Check - Act*) приступу који је уграђен у менаџмент процесима, сваки процес „пролази“ кроз следеће фазе:

Планирање и конципирање процеса (P),

- реализација процеса (D),
- праћење и контрола процеса (C) и
- унапређење процеса (A).

Планирање и конципирање процеса садржи анализу и документовање:

- захтева процеса,
- циљева процеса,
- концепта процеса и
- документацију процеса.

Реализација процеса обухвата:

- планирање реализације процеса,
- увођење процеса,
- управљање процесом и
- одржавање процеса.

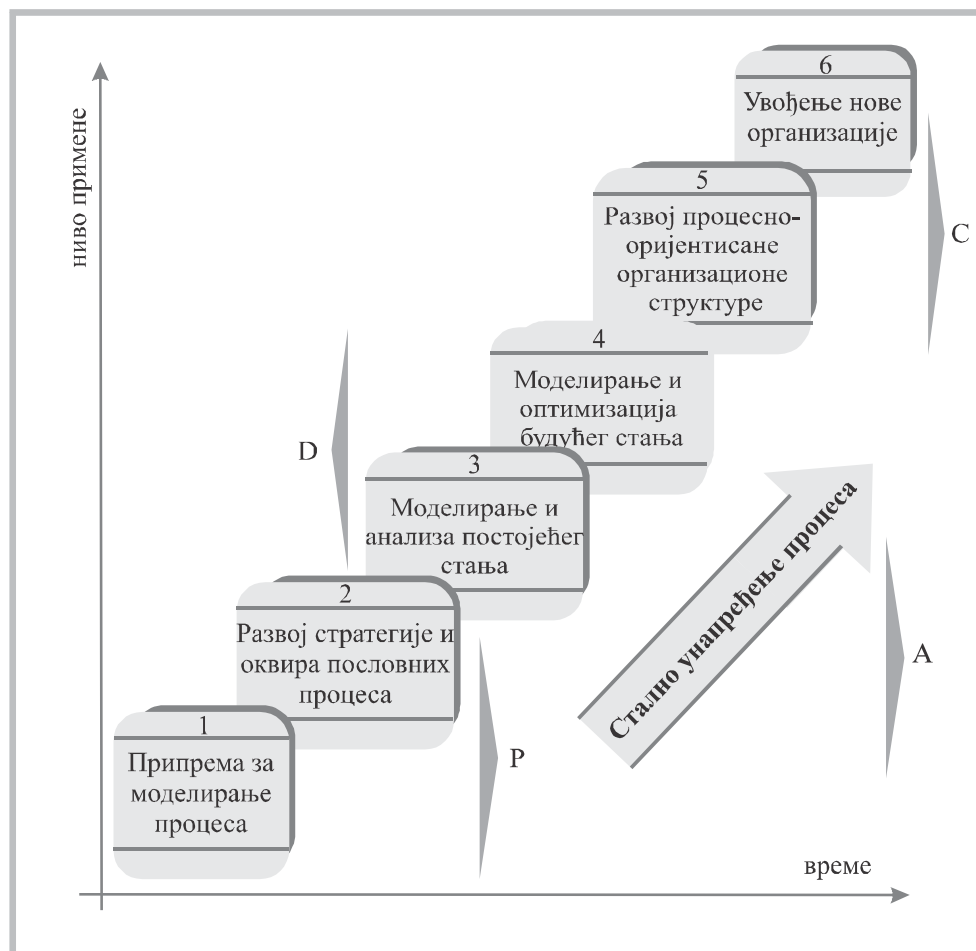
Праћење и контрола процеса обухвата:

- планирање процеса и контроле процеса,
- праћење процеса и
- контролу процеса.

Унапређење процеса обухвата:

- планирање унапређења,
- унапређење знања о процесу,
- анализа перформанси процеса (нпр. трошкова),
- успостављање система за унапређење процеса, укључујући пројекте унапређења процеса и
- анализа резултата унапређења процеса.

Са аспекта моделирања процеса, сваки од наведених компонентних процеса мора да „прође“ следеће фазе, приказане на *слици 7.2*.



Слика 7.2. Фазе моделирања процеса

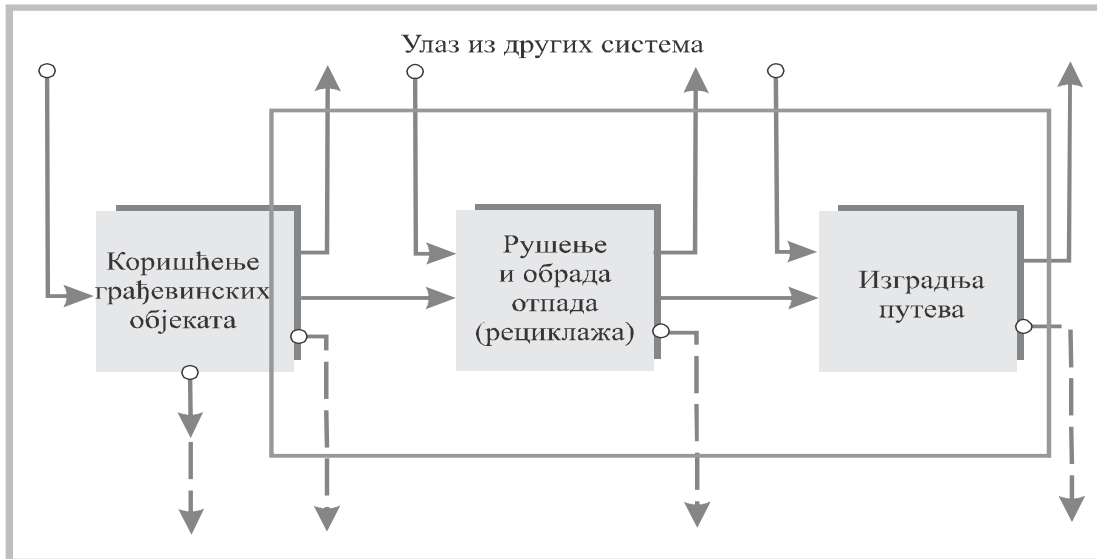
У претходном поглављу ове дисертације наведени процеси су анализирани до одређеног нивоа детаљности. Са друге стране, за потребе *LCA/LCC* студије нису сви они подједнако значајни са аспекта утицаја на животну средину. Зато је у овој студији нагласак био на оним активностима процеса које имају највећи утицај на животну средину. Реализацијама R_{iu} и R_{ii} означени су улази (R_{iu}) и излази (R_{ii}) из сваког процеса. Анализом је идентификовано укупно 16 композитних релација. Сваки од утицаја на животну средину следи из одговарајуће активности, њеног излаза, стања и улаза. То се према *SETAC* асоцијацији, која је дизајнирала *LCA* методу, остварује према оквиру приказаном на слици 7.3. Улази у посматрани систем су енергија, материјал, вода, итд., а излази утицај на воду, ваздух, чврсти отпад, производи и остали утицаји. За потребе ове дисертације посматраће се систем управљања отпадом као систем управљања отпадом као систем, а сваки од наведених суб-процеса (П1-П8), такође, као суб-систем. У стандарду ISO 14001, 14040, 14041 и других припадајућих стандардима из ове серије стандарда дате су препоруке за конципирање и анализу процеса са више улаза (*multi – input processes*) и више излаза (*multi – output processes*).



Слика 7.3. Генерички животни циклус система

На пример, дефинисани су кораци за експанзију система за рециклажу (корак 1, 2 и корак 3 у ISO 14041), а проблем субституције и корак 2 за проблем алокације токова.

Тако нпр. наводи се случај стварања и рециклаже грађевинског отпада за израду улица (слика 7.4).



Слика 7.4. Границе система и алокација улаза и излаза

Пуним линијама означени су улази и излази из других система, а испрекиданим нежељени излаз из посматраних процеса. Знак + указује да се повећањем улаза у процес повећава излаз из процеса.

Полазећи од претходних анализа, извршена је декомпозиција процеса П1-П8, што је приказано на кореспоредентним сликама 7.5; 7.6; 7.7; 7.8; 7.9; 7.10; 7.11 и 7.12.

На слици 7.5 приказани су улази, излази и структура суб-процеса: организовање управљања отпадом. Свака од наведених активности (1,1 – 1,6) има своје улазе, структуру и начин одвијања и излазе. Сваки од излаза остварује већи или мањи утицај на животну средину. Оцена овог утицаја ће бити предмет примене LCA, што је дато у наставку овог поглавља.



Слика 7.5. Декомпозиција суб-процеса: организације управљања отпадом

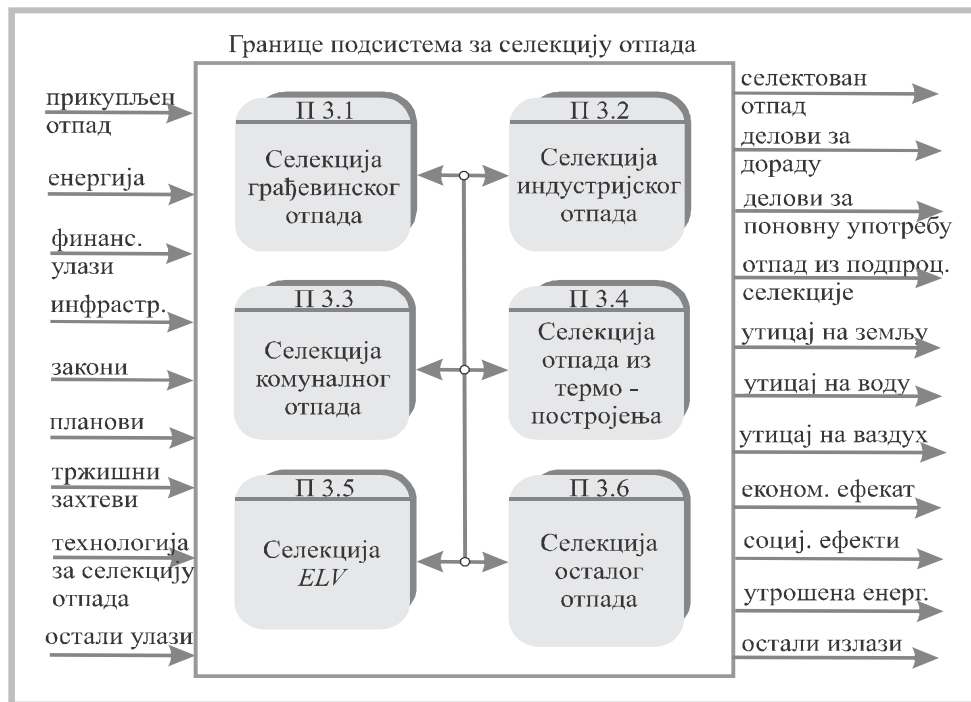
Овај суб-процес обухвата активности из „софт“ домена, везане за интелектуални рад, комуникације и подизање друштвене свести, уз активности организовања система и трансфера технологије. Наведени глобални излази имају ефекат на животну средину, пре свега због активности транспорта, пробног рада ресурса, обуке итд.

Суб-процес П2: Прикупљање отпада може се декомпоновати на следеће активности, приказане на *слици 7.6*.



Слика 7.6. Декомпозиција суб-система: Прикупљање отпада

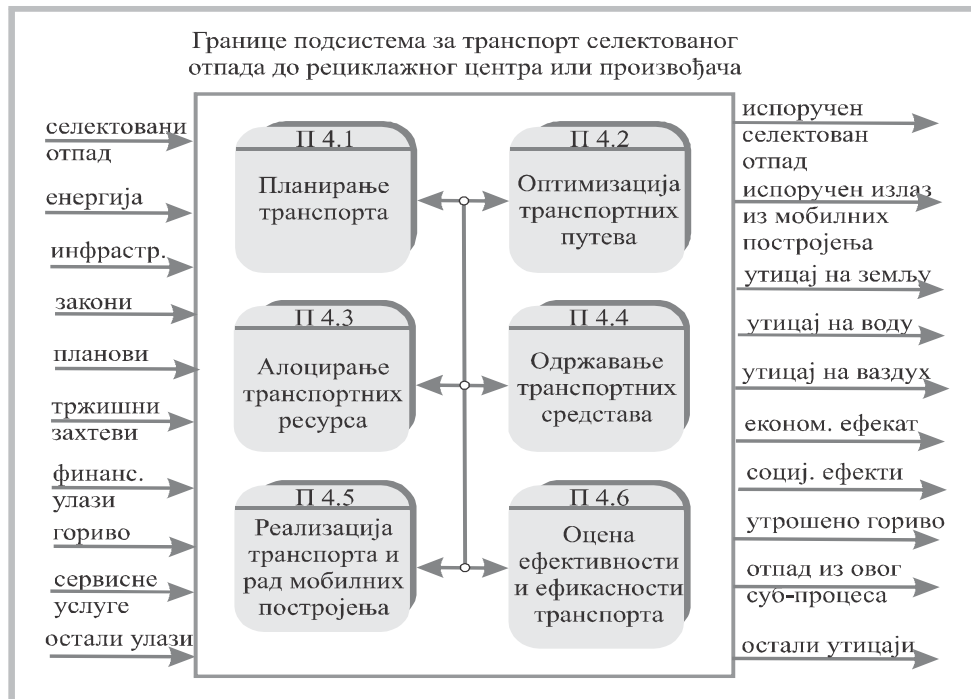
Одвијање сваке од наведених активности је описано у претходним поглављима. Суб-процес П3 „Селекција отпада“ може се декомпоновати на следеће активности приказане на *слици 7.7*.



Слика 7.7. Декомпозиција подсистема за селекцију отпада

Селекција отпада се може вршити на местима генерисања отпада или посебним станицама за селекцију отпада (уз генераторе отпада, издвојене специјализоване станице нпр. за *ELV* или у оквиру рециклажних центара).

Суб-процес П4 „Транспорт селектованог отпада до рециклажног центра или произвођача“ може се декомпоновати на следеће активности приказане на слици 7.8.



Слика 7.8. Декомпозиција подсистема за транспорт селектованог отпада до рециклажног центра или произвођача

У овом подсистему у оквиру П 4.5 додата је суб-активност рад мобилних постројења, најчешће везано за грађевински отпад и комунални отпад.

Суб-процес П5 „Рад рециклажних центара“ може се декомпоновати на следеће активности приказане на *слици 7.9*. Главни улаз је испоручен селектован отпад, а излаз рециклати, као производ активности П5.5 (Рециклажа).



Слика 7.9. Декомпозиција подсистема за рад рециклажних центара

За сваку врсту отпада, применом модела у тачки 8 и 9 утврђују се оптималне технологије рециклаже (П5.5), за које се у активности 5.4 обезбеђују потребни ресурси (опрема, радна снага, енергија, итд.).

Суб-процес П6 „Екстерни транспорт и централизовано одлагање рециклата“ може се декомпоновати на следеће активности приказане на *слици 7.10*.



Слика 7.10. Декомпозиција процеса екстерног, транспорта и централизованог одлагања рециклата

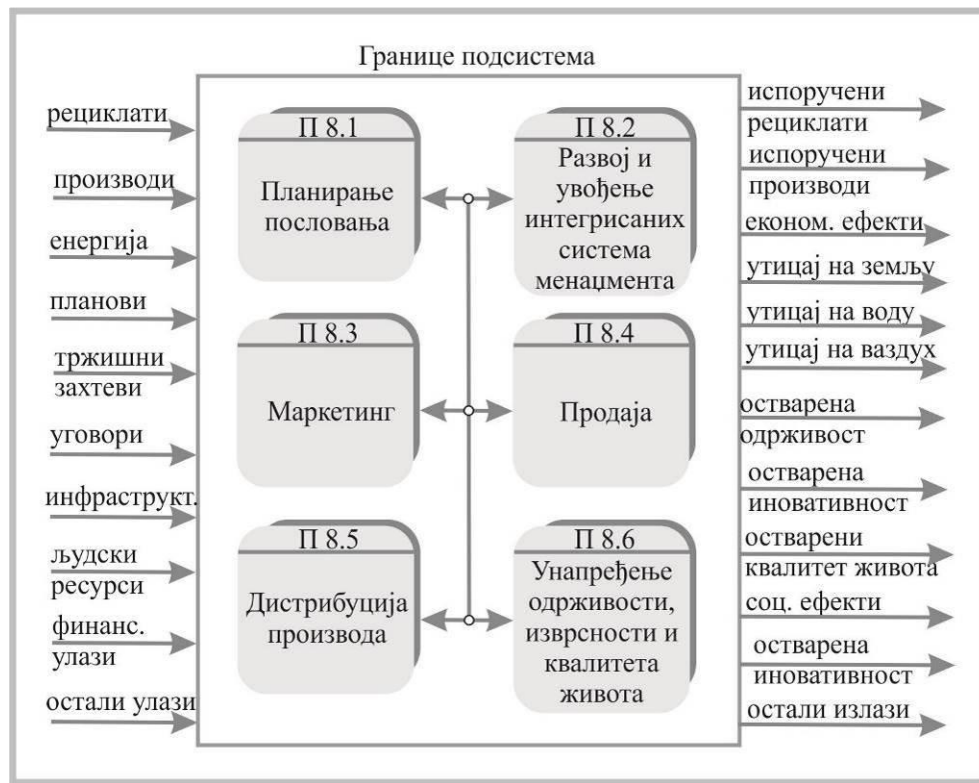
Овај процес је истакнут као независан, али се може додати уз процес П5, П7 или П8.

Суб-процес П7 „Производња делова за грађевинску индустрију“ може се декомпоновати на следеће активности приказане на слици. 7.11.



Слика 7.11. Декомпозиција производње делова за грађевинску индустрију

Суб-процес П8 „Планирање, маркетинг, продаја и дистрибуција производа и рециклата“ може се декомпоновати на следеће активности које су приказане на слици 7.12.



Слика 7.12. Декомпозиција процеса планирања, маркетинга, продаје и дистрибуције производа и рециклата за грађевинску индустрију

Сви наведени суб-процеси (П1-П8) су повезани преко идентификованих улаза и излаза. За идентификацију и разграничење процеса користи се радни лист који има следећа поља:

- назив процеса,
- сврха процеса,
- купци процеса,
- фактори успеха,
- очекивања купаца процеса,
- циљеви процеса,
- излази из процеса,
- улаз(и) у процес,
- први корак процеса,
- последњи корак процеса,
- интерфејси процеса,
- потребни ресурси за одвијање процеса (људски, информације, радна средина, средства за рад, инфраструктура).

За потребе ове дисертације задржаћемо се на излазима из процеса, који се оцењују применом LCA методе.

7.2. Основе LCA методе

Почев од првог помена LCA из 1992. године, овај приступ се интензивно развија. Посебан допринос је дала асоцијација SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) и ISO/TC 207 комитет, преко стандарда серије ISO 1404X. У стандарду ISO 14040 LCA се дефинише као „прикупљање и вредновање података о улазима, излазима и могућим утицајима система производа на животну средину током његовог животног циклуса“, а очекивање инвентара животног циклуса (*Life Cycle Inventory*) као „фаза оцењивања животног циклуса која обухвата прикупљање и квантитативно исказивање улаза и излаза за одређени систем производа током његовог целокупног животног циклуса“. Такође, важна је и дефиниција оцењивања утицаја животног циклуса (*LCIA – Life Cycle Impact Assessment*) као „фаза оцењивања животног циклуса чији је циљ разумевање и вредновање величине и значаја могућих утицаја система производа на животну средину током његовог целокупног животног циклуса“. Овим дефиницијама придружује се и дефиниција система производа као „скуп јединичних процеса са елементарним токовима и токовима производа, који реализује једну или више дефинисаних функција и који моделира животно циклус производа“, као и дефиниција отпада као „супстанца или објекат које онај који их поседује намерава да одлежи или се од њега очекује да их одлежи“.

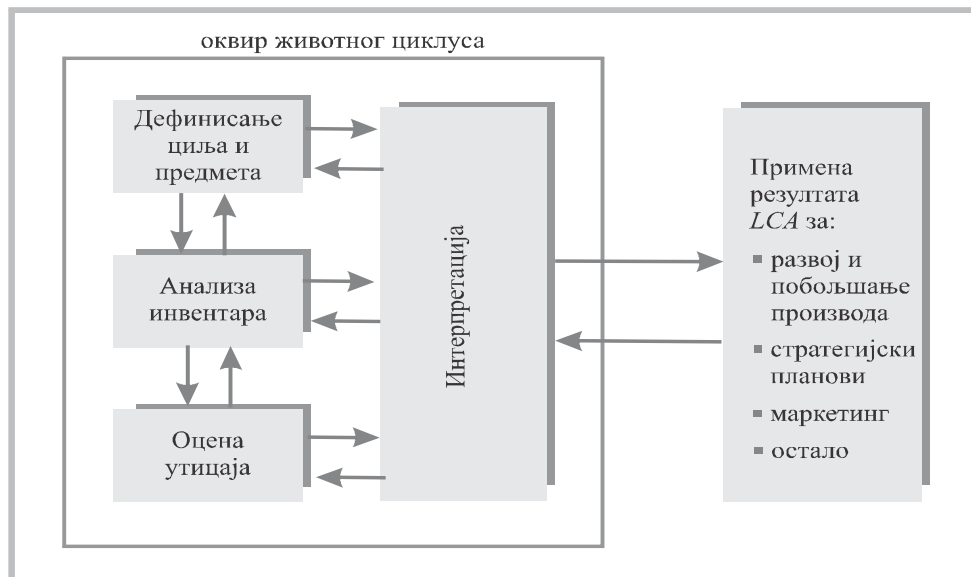
Полазећи од намене LCA да буде:

- основа за еко-дизајн производа,
- основа за оцену ризика процеса,
- комплементарна за *Substance Flow Analysis (SFA)* метода, основа за *Life Cycle Costing (LCA)* методу,
- основа за одлучивање, која је везана за:
 - почетно (глобално) сагледавање ефеката на животну средину,
 - утицај иновативних решења на животну средину,
 - оцену утицаја стратешких опција на животну средину,
 - поређење утицаја различитих приступа на животну средину.

развијена је серија стандарда:

- ISO 14040: Менаџмент заштитом животне средине – оцена животног циклуса – Принципи и оквир,
- ISO 14041: Менаџмент заштитом животне средине – Оцена животног циклуса – Циљ, оквир и анализа инвентара,
- ISO 14042: Менаџмент заштитом животне средине – Оцена животног циклуса – Оцена утицаја животног циклуса,
- ISO 14043: Менаџмент заштитом животне средине – Оцена животног циклуса – Интерпретација животног циклуса,
- ISO/TS 14047: Индустративни примери за примену ISO 14042,
- ISO/TR 14048: Формат документације података за LCA,
- ISO/TS 14049: Индустративни примери за примену ISO 14041 – LCA.

LCA се примењује у четири међусобно спрегнуте фазе, приказане на слици 7.13.



Слика 7.13. Фазе LCA (SRPS ISO 14040:2007)

С обзиром на предмет ове дисертације, нагласак у примени LCA биће примена за оцену утицаја нових или побољшаних производа на животну средину. Због тога се производ посматра преко његове функције, и то преко јединичних процеса, што је у процесном приступу еквивалентно суб-процесима и активностима. Иако је LCA намењена за цели животно век производа (од улаза финалних, производа у производњи, употребу, сервисирање, одлагање и рециклажа), за потребе ове дисертације анализираће се само последња фаза животног циклуса, тј. одлагање, рециклирање и производња нових производа до испоруке купца. Ова фаза је подељена на осам суб-процеса, сагласно слици 7.1.

Прва фаза примене LCA односи се на дефинисање циља и предмета анализе. Циљ LCA се доминантно односи на намеравану употребу, разлоге за спровођење студије или су у питању упоредне тврдње у циљу предочавања истих у јавности.

Предмет LCA односи се на:

- (1) систем производа који се посматра,
- (2) функције система производа или више система производа,
- (3) функционалне јединице,
- (4) границе система,
- (5) поступке алокације,
- (6) изабране категорије утицаја и методологију за оцењивање утицаја и интерпретацију резултата,
- (7) захтеве за подацима,
- (8) организација,
- (9) захтеве квалитета иницијалних података,
- (10) врсте критичног преиспитивања и
- (11) врсте и формате извештаја.

Систем производа може имати већи број функција. Зато се дефинишу функционалне јединице и референтни токови. Функционална јединица се дефинише (SRPS ISO14040) као „квантитативно исказан учинак система производа“, који се користи као референтна јединица, а референтни токови као

„мере потребних излаза из процеса у датом систему производа, која се захтева, ради испуњења функције изражене помоћу функционалне јединице“.

Границе система за примену *LCA* добијају се на основу предмета *LCA*, тј. изабране фазе животног циклуса производа или суб-процеса или активности у оквиру суб-процеса.

Анализа инвентара животног циклуса (*LCI*) обухвата активности:

- прикупљање података,
- дефинисање процедура за прорачуне утицаја и
- спровођење прорачуна у циљу квантификовања релевантних улаза и излаза из система производа.

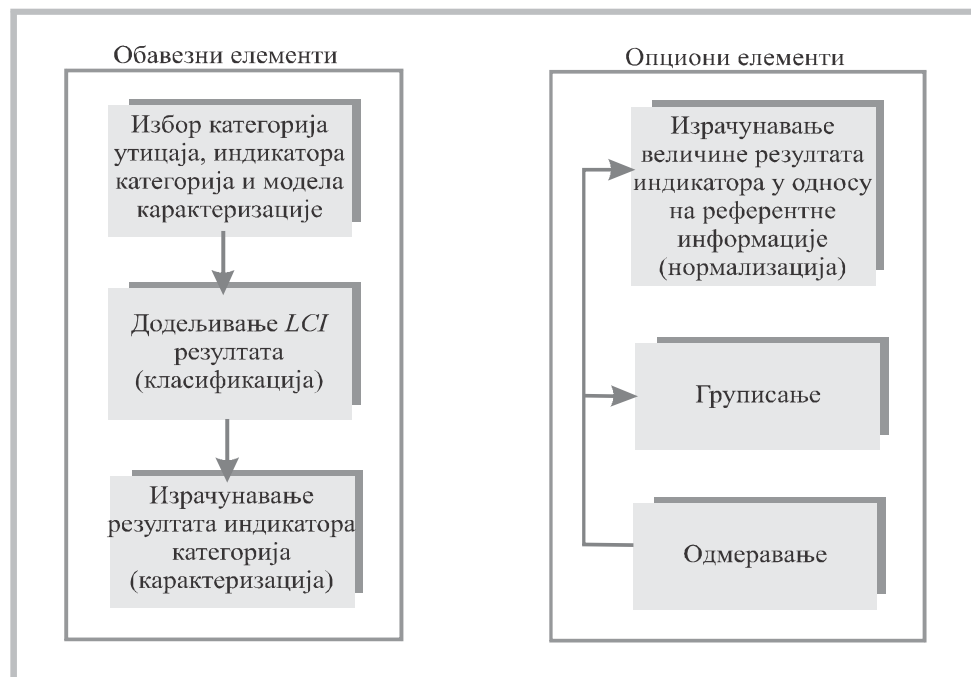
Прикупљање података се односи на:

- улазе енергије, сировина, помоћне улазе и друге физичке улазе,
- производе, копроизводе и отпад,
- емисије у ваздуху, испуштање у воду и земљиште и
- друге аспекте животне средине.

Обрада (прорачун) податак обухвата:

- валидацију прикупљених података,
- оцену повезаности података са јединичних процесима и
- повезаности података са референтним токовима функционалне јединице.

Оцена утицаја животног циклуса (*LCIA*) врши се у складу са ISO 14044 врши се преко обавезних и опционалних елемената (слика 7.14). Треба нагласити да ниво детаљности, избор утицаја који се оцењују и коришћене методологије зависе од циља и предмета дисертације.



Слика 7.14. Елементи *LCIA* фазе

Примена *LCIA* има бројна ограничења, али се овде посебно издвајају ограничења у прикупљању инвентара података који су одговарајући и репрезентативни за сваку категорију утицаја.

Интерпретација животног циклуса треба да омогући добијање информација и ставова конзистентних са циљем и предметом истраживања.

Како су резултати *LCIA* засновани на релативном (упоредном) приступу јер указује на могуће ефекте на животну средину, они не предвиђају актуелне утицаје, па су резултати интерпретације у облику закључака и препорука за доносиоце одлука.

Извештавање је последњи, врло важан део *LCA* приступа, јер се аудиторијуму указује на улазне податке, методе, ограничења, резултате. Нагласак треба да буде на профилу резултата индикатора, тј. Квантитативни приказ категорије утицаја.

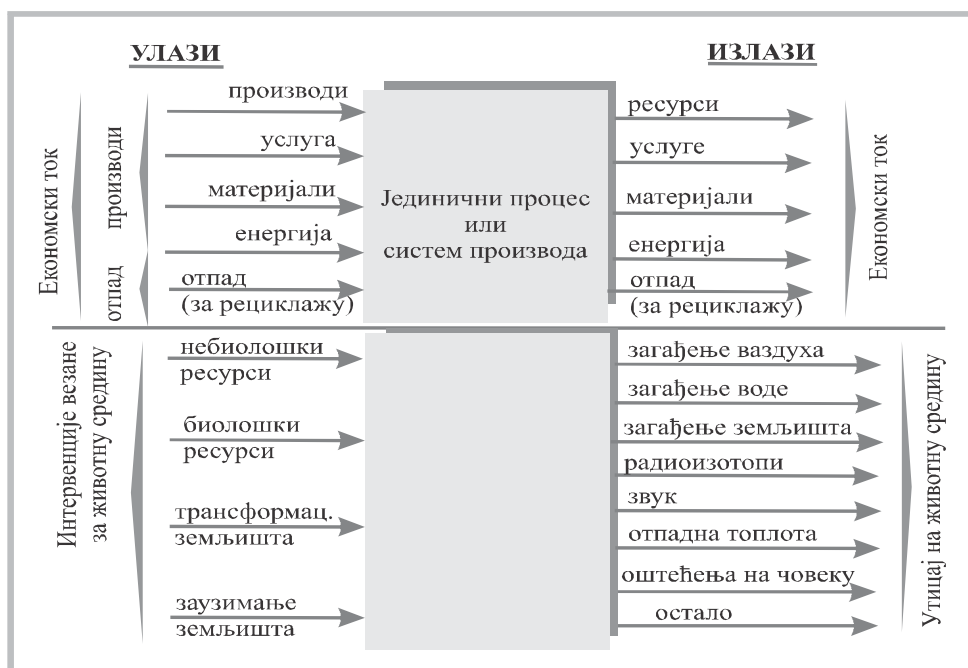
За потребе ове дисертације посебно је значајан Прилог А овог стандарда у којем се прецизирају друге области примене *LCA*, од чега је важно истаћи:

- оцењивање политика (нпр. модели рециклаже),
- оцењивање одрживости,
- управљање животним циклусом (*LCM*),
- идејни пројекти и
- трошкови животног циклуса (*LCC*).

Иако је *LCA* намењена за анализу производа „од колевке до гроба“, наводи се као могућност обухватања специфичних фаза животног циклуса, као што нпр. управљање отпадом што је предмет ове дисертације.

7.3. Примена *LCA* за управљање отпадом за потребе грађевинске индустрије

Примена *LCA* заснива се на анализи јединичних процеса или система производа (слика 7.15).

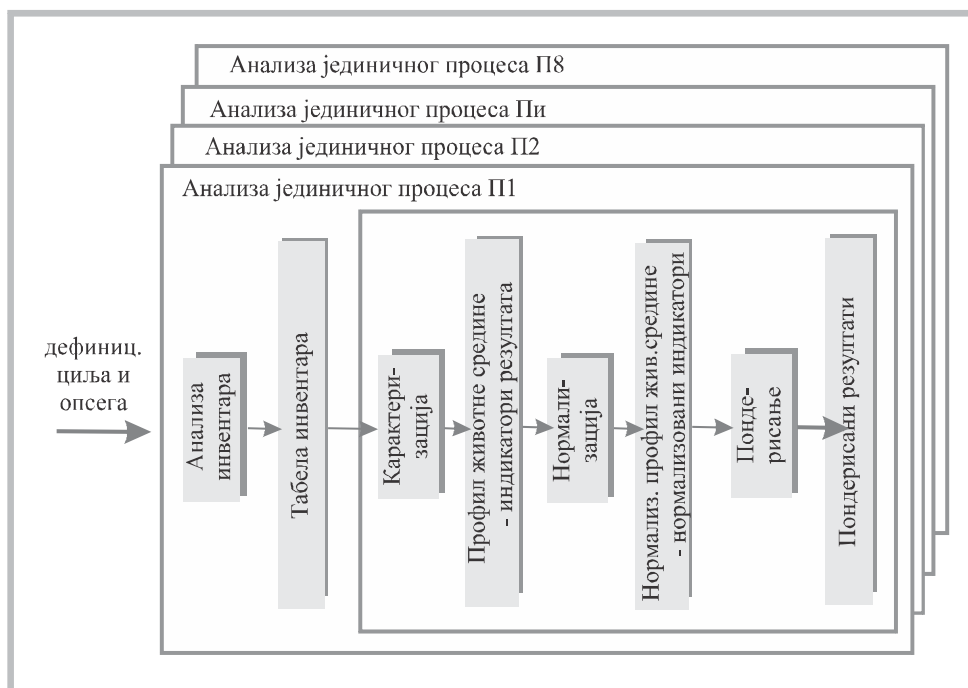


Слика 7.15. Основна структура јединичних процеса или система производа

Сви производи за грађевинску индустрију пролазе кроз претходно наведене процесе П1-П8, па ће за све њих бити дефинисани циљ и опсег *LCA* студије:

- циљ:** утврђивање утицаја новог концепта рециклаже и производње на животну средину
- опсег:** укупан утицај на територији посматраног региона Северо-источне БиХ.

После дефинисања циља и опсега следе наведени кораци *LCA* (слика 7.16), и то за сваки од система производа или јединичних (суб) процеса.



Слика 7.16. Главне секвенце у примени *LCA* на нивоу јединичног процеса

У складу са *сликом 7.15* најпре се дефинишу економски излази и за њих везани утицаји на животну средину за сваки процес почев од П1 до П8, у складу са редоследом активности приказаним на *слици 7.16*.

Оцењивање утицаја започиње избором категорије утицаја. Према *De Bruijn H. et al (2002)* полази се од уобичајене листе утицаја, које су подељене у три групе:

- А.основне категорије утицаја,
- В.специфичне категорије утицаја за студију и
- С.остале категорије утицаја.

Према *Eco-indikator '98* категорије утицаја су разврстане на:

- опасност за људско здравље,
- опасност за квалитет еко-система и
- опасност за ресурсе.

У другој фази приступа се избору метода карактеризације, при чему се бирају индикатори категорија, модели карактеризације и фактори. На основу јединичног утицаја на животну средину (фактори), масе која се емитује (m_i) одређује се укупан утицај на животну средину (*EB – Environmental Burden*):

$$EB = \sum \text{фактор}_i \times m_i$$

У наведеној референтној литератури налазе се вредности за факторе изражене преко $ELU \cdot kg^{-1}$, где је *ELU – Environmental Load Units*. У овим табелама се налазе подаци за природне ресурсе (нпр. метале или неметале), хемијска једињења и класификација супстанци за карактеризацију основне линије загађивача.

Полазећи од претходних разматрања за сваки од наведених суб-процеса П1÷П8, утврђени су инвентари улаза и излаза. У *табели 7.1* приказани су улазни подаци за *LCA* у посматраном региону.

Табела 7.1. Улазни подаци за *LCA* у посматраном региону

Количина отпада за потребе грађевинске индустрије	а) 0.8 милиона тона (72 кг/становнику) б) извор: резултати студије (тачка 4, 5 и 6)		
Фактори отпада	м3 отпада по м2 коришћеног (стамбеног) простора		0.04
Структура материјала у отпаду	Гума		7.7%
	Пепео		51.0%
	Бетон		14.4%
	Пластика		2.1%
	Опека, керамика и цреп		3.4%
	Гипс		1.0%
	Дрво		4.0%
	Метал		1.9%
	Остали материјали (асфалт, азбест, земља)		27.6%
Укупно		100 %	
Опције на крају животног циклуса	Рециклирање	Остали облици обнављања материјала, укључујући поновно коришћење и	Одлагање

	спаљивање		
%	20%	30%	50%
Претходни трендови	Информације из поглавља 4, 5 и 6.		
Анализа постојећег стања	Информације из поглавља 4, 5 и 6.		
Ка циљној вредности од 70%	Ова вредност се не испуњава у посматраном Региону, већ на нивоу 10-20%. Главни извори су: <ul style="list-style-type: none"> ▪изградња мреже регионалних рециклажних центара, ▪трансфер технологија, ▪подстицаји тражње за рециклатима и производима на бази рециклата. 		

У табели 7.2 приказани су подаци о отпаду и очекиваним вредностима у 2020. години.

Табела 7.2. Подаци о отпаду и очекиване вредности у 2020. години.

Врсте отпада у 1.000 т		2005	2020
Укупни отпад		800,000	950,000
Укупни неопасни отпад		700,000	892,000
1.Опека, цреп и керамика		23,000	30,000
2.Бетон		90,792	190,000
3.Остали минерални отпад (камен, песак, шљунак и други агрегати)		8,000	12,000
4.Битуменозне мешавине		1,000	1,500
5.Дрво		28,069	32,000
6.Пластика		15,217	19,000
7.Метал		13,741	16,000
8.Стакло		23,985	30,000
9.Гипс		8,000	12,000
10.Гума		54,230	60,000
11.Пепео		359,897	400,000
12.Остало		74,069	100,000
Укупни опасни отпад (процена аутора)		100,000	115,400
1.Континуирани ток опасног отпадног материјала из процеса производње		12,000	15,000
2.Мешавине опеке, црепа и керамике са опасним материјалима		2,000	3,000
3.Стакло, пластика и дрво који садрже опасне материјале		1,000	2,000
4.Угљена прашина и производи од смоле и уља		45,000	55,000
5.Уље, смола и други опасни материјал		23,000	26,000
6.Гипс контаминиран опасним материјалом		1,500	2,000
7.Отпад контаминиран са живом		300	400
8.Азбест		10,000	15,000
9.Остало		15,200	17,000

У табели 7.3 приказани су подаци о утицају отпадног бетона на животну средину

Табела 7.3. Подаци о утицају отпадног бетона на животну средину

Примена у грађевинарству	Зграде, путеви, инфраструктура			
Производња у Региону	Укупно: цца 1.150.000т (ЕУ просек 1.5м ³ /становнику)			
Генерисани отпад у Региону	-цца 190.000, од тога -цца 91.000 рециклабилно			
Опције третмана	Одлагање	Рециклажа у агрегате за израду улица или насипа	Рециклажа у агрегате за произв. бетона	Поновно коришћење елемената (бетонски блокови)
Текуће учешће	N/A	N/A	N/A	N/A
Могуће учешће	до 10%	до 70%	до 40%	N/A
Утицај на животну средину	Заузимање земљишта, транспорт	Мале до средње нето користи (краћи путеви, боље искоришћење земљишта, биодиверзитет, потрошња ресурса)	Мале до средње нето користи (краћи транспортни путеви, мање загађење)	Високе могуће нето користи (заменење се произв. цемента)
Баријере за поновно коришћење и рециклирање	-висока расположивост и ниски трошкови изворног материјала, -неизвесност снабдевања секундарних материјала, -погрешна концепција квалитета рециклираних производа у односу на изворне материјале.			
Могући покретачи за поновно коришћење и рециклажу	-висока тражња квалитетних агрегата као рециклата за бетон, -дизајн производа за поновно коришћење, -сортирање ради рециклаже, -високе таксе за одлагање, -сертификација квалитета рециклираних производа.			

У табели 7.4 приказани су подаци о утицају **бетона** на животну средину и здравље људи.

Табела 7.4. Подаци о утицају бетона на животну средину и здравље људи

	Директни утицај	Избегнут утицај	Нето корист
опције рециклаже/повно коришћење	-транспорт отпада до одлагалишта, -нема значајнијих загађивача воде	–	–
Рециклажа као агрегата за поновну употребу	-транспорт отпадног бетона -прерада отпадног бетона у агрегате (бука, прашина), -транспорт рециклираних агрегата	-избегнута експлоатација шљунка, песка и камена, -транспорт изворног материјала, -заузимање земљишта и одржавање биодиверзитета, -коришћење ресурса. -прерада изворног материјала у агрегате: бука, прашина, -транспорт агрегата	0/+
Примена за нови производ	-транспорт отпадног бетона, -обрада отпадног бетона у агрегат, -транспорт рециклираног агрегата, -производња цемента (потрошња енергије, гасови стаклене баште, емисија, транспорт при производњи цемента), -производња бетона.	-експлоатација изворног материјала, -транспорт сировог материјала, -коришћење земљишта и биодиверзитет, -обрада сировог материјала у агрегате (бука, прашина), -транспорт агрегата и цемента, -производња цемента, -транспорт бетона, -производња бетона.	0/+
Повно коришћење	-транспорт отпадног бетона, -обрада блокова од бетона (енергија за чишћење и деконтаминацију), -транспорт блокова до места уградње.	-експлоатација изворног материјала, -транспорт сировог материјала, -коришћење земљишта и биодиверзитет, -обрада сировог материјала у агрегате (бука, прашина), -транспорт агрегата, -производња цемента, -транспорт цемента, -производња бетона.	++

Директан утицај одлагања на површинске воде огледа се у емисији јона сулфата (SO₄), при чему су концентрације у пракси много мање од граничних вредности које је прописала *World Health Organization* за пијаћу воду.

При производњи агрегата појављује се бука нивоа и преко 85 dB, што је знатно мање од буке при раду пнеуматске бушилице (120 dB).

Предност поновног коришћења бетона огледа се у уштеди енергије, која износи око 0.893 MJ/kg бетона, као и мање емисије CO₂ за производњу цемента, као и NO_x, SO₂, итд. Према (*Service contract on management of construction and demolition waste-SR1, Final Report Task 2, 2011*), емисија CO₂ у ЕУ износила је 0.6 t CO₂ / t цемента, уз могућност смањења до 0.35 t CO₂ цемента по произведеној тони цемента, односно 0.07 t CO₂ по тони бетона. Када се маса рециклираног бетона од сса 90.000 t/god. помножи са 0.07 добија се уштеда у емисији CO₂ од 6.300 t/god.

Економски утицај рециклаже бетона огледа се према (*Service contract on management of construction and demolition waste-SR1, Final Report Task 2, 2011*), у продајној цени рециклираних агрегата бетона од 3-12 €/t, што за трошкове производње рециклата од 2.5 ÷ 10 €/t, даје добит која зависи од многих фактора. Према истом извору добит је била у Паризу до 1 €/t, Ротердаму 5 ÷ 10 €/t, Лилу до 1 €/t, Бриселу 0 ÷ 2 €/t.

Са аспекта „заузимања“ земљишта за одлагање тежња је да се при 100% рециклажи оствари „нула одлагања“.

Квалитет рециклата бетона дефинисан је *CEN* стандардима, а израда делова од бетона додатно и Директивама новог приступа и одговарајућим *EN* и *ISO* стандардима.

Са повећањем удела производа од бетона, све већу примену имаће концепт дизајна за крај животног века, односно, рециклажу.

У табели 7.5 приказани су подаци о утицају гуме на животну средину и здравље људи.

Табела 7.5.а Подаци о утицају гуме на животну средину и здравље људи

Примена у грађевинарству	-за израду бетона, -за израду асфалта, -за израду звучних баријера и панела				
Производња у Региону	-аутомобилска индустрија, -заптивке, -гумени производи.				
Генерисани отпад у Региону	60.000 t/god.				
Опције третмана	Одлагање	Спаљивање	Механички третман	Хемијски третман	Израда нових производа
Постојеће стање	до 90%	до 20%	–	–	–
Могуће стање	30%	30%	до 30%	до 10%	до 10%

Утицај на животну средину	-транспорт, -заузимање земљишта	АРС	- транспорт, - утрошак енергије, - смањење заузимања земљишта.
Баријере за поновно коришћење и рециклирање	-висока цена за нове технологије, -трошкови сепарације гуме, -мале таксе за одлагање.		
Могући покретачи за поновно коришћење и рециклажу	-велике количине отпада, -велика енергетска вредност, -све веће улагање у истраживање и развој, -све строжија логистика за одлагање.		

Табела 7.5.6 Подаци о утицају гуме на животну средину и здравље људи

	Директни утицај	Избегнут утицај	Нето корист
Утицај сваке опције	-транспорт отпадне гуме до одлагалишта, -контаминација воде и земљишта, -заузимање земљишта.	–	--
Рециклажа за поновну употребу	-транспорт отпада до рециклажног центра, -рециклажа (бука, енергија, прашина)	-мања потрошња материјала, -заузимање земљишта.	+
Примена за нови производ	-транспорт рециклата до произвођача -израда производа (бука, енергија, прашина)	-мања потрошња енергије, -мања емисија у воду и земљу	0/+

Сама по себи отпадна гума нема утицај на здравље људи и животну средину ако се држи у нормалним условима. Међутим, у пракси су идентификоване следеће опасности:

- a) ватра, на температури преко 350⁰С, са емисијом гасова и загревањем околине,
- b) утицај на земљу и воду, и то пре свега хрома, живе, никла, бакра, кадмијума и цинка. Највећи загађивач је цинк са 10mg/гуми после три месеца. Сматра се да укупно једна гума излучује 200g цинка и то на растојању не више од 2mm од гуме. Такође, сматра се да концентрација бензотиазола преко 1.000 µg/l може да буде проблем, али то најчешће није случај.
- c) прашина, бука и вибрације при рециклажи и производњи производа од рециклата гуме.
- d) повреде на раду.

Са аспекта утицаја на животну средину примена рециклата гуме има позитиван ефекат, мерен преко индикатора по тони отпадне гуме:

- укупна примарна потрошња енергије (уштеда 0÷74 GJ/t)
- емисија гасова стаклене баште за 10 година (уштеда 11÷3.217kg екв. CO₂/t)
- емисија гасова у (уштеда -18÷20.425 g екв. SO₂/t)
- емисија гасова која уништава озон (уштеда 0÷759 g екв. SO₂/t)
- потрошња необновљивих ресурса (уштеда 0÷33 kg екв. антимоно (t))
- потрошња воде (уштеда 0÷41 m³/t)
- фосфоризација (уштеда -21÷1.838 g екв. PO₄//t)

При коришћењу гуме као горива у железарама, ови индикатори имају позитиван ефекат, јер 1.7 kg отпадне гуме може заменити 1 kg угља антрацита и 0.26 kg отпадног метала. При томе је посебно изражен позитиван ефекат код емисије CO₂, SO₂ и етилена, у односу на угљ.

Из ових разлога, стопа рециклаже отпадне гуме стално расте и у ЕУ износи преко 95%. Према подацима из 2009. године од тога је укупно било рециклирано 45% отпадне гуме, а спаљено 55%. Примена рециклата гуме у цивилном инжењерству је била око 20%, а израда производа око 80%. Код спаљивања, доминира спаљивање у цементарама (97%), а 3% је у електранама и осталим спалионицама.

У табели 7.6 приказани су подаци о утицају **пепела** на животну средину и здравље људи.

Табела 7.6.а Подаци о утицају **пепела** на животну средину и здравље људи

Примена у грађевинарству	-за израду цемента, -за израду бетона.			
Производња у Региону	-производња електричне енергије, -производња поплотне енергије.			
Генерисани отпад у Региону	60.000 t/god.			
Опције третмана	Одлагање	Насипање улица	Рециклажа за цементну индустрију	Израда производа од бетона
Постојеће стање	сса 95%	N/A	N/A	N/A
Могуће стање	30%	50%	10%	40%
Утицај на животну средину	-APC (Air Pollution Control) при спаљивању отпада у износу 5-20кг сагорелог чврстог отпада, -коришћење земљишта	-транспорт, -утицај Hg, Cd, Ni, Pb i Zn, HCl i SO4 -утрошак енергије -смањење заузимања земљишта	-утрошак енергије -боље коришћење ресурса -смањење заузимања земљишта	Избегавање високе потрошње енергије за производњу

	-транспорт.			
Баријере за поновно коришћење и рециклирање	-висока расположивост и мали трошкови изворног материјала, -мале таксе за одлагање, -скупе технологије рециклаже.			
Могући покретачи за поновно коришћење и рециклажу	-једноставна примена, -велике количине на отпаду, -истраживање и развој нових технологија и производа, -све веће таксе за одлагање, -све строжија легислатива за одлагање.			

Табела 7.6.6 Подаци о утицају *пепела* на животну средину и здравље људи

	Директни утицај	Избегнут утицај	Нето корист
Утицај сваке опције	-транспорт отпадног пепела до одлагалишта, -хемијски утицај на земљиште и воде -заузимање земљишта	–	–
Рециклажа за поновну употребу	-транспорт отпадног пепела до рециклажног центра	Избегнута емисија гасова, експлоатација земље	0/+
Примена за нови производ	-прерада пепела у нови производ (енергија, бука, прашина), -транспорт до произвођача.	Производња гипса, цемента, и других материјала (уштеда енергије, бука, прашина, итд.)	+

Утицај на животну средину може се видети из студије (*Birgisdattir H. 2005*) где је упоређено одлагање 4.400 тона пепела из ложишта са рециклажом истог и примене истог као доњи слој код израде улица. Пепео је замењивао песак, а у сценарију животног века од 100 година утврђена је токсичност тешким металима од 10% у целом периоду. При томе је утврђен однос *L/S (Liquid/Solid)* од 2.0 l/kg у случају одлагања и 13.5 l/kg у случају израде улица. Критична вредност *L/S* у другом случају је 200 l/kg. Еко-токсичност за воду је око 40 PE (или 10 mPE/t пепела), што је више него код одлагања пепела (30 PE). Највећи удео у токсичности даје бакар (око 90%). Код токсичности у земљи највећи утицај има арсен. Сматра се да после 100 година излучује се око 1% тешких метала.

Потрошња ресурса за ова два сценарија су:

- природни агрегати: 61 vs -420,
- глина: 3.700 vs 0,
- потенцијално загађени природни ресурси: 0 vs 1.400,
- сирова нафта: 18 vs 15,
- природни гас: 20 vs 2.

Треба нагласити да при производњи улица асфалт учествује са око 25%, али његов утицај на животну средину је знатно израженији.

Производња бетона на бази пепела обухвата операције: (1) мешање цемента, летећег пепела, финих и грубих агрегата и воде, (2) израде бетона, (3) изручивање бетона у објекте или калупе за израду бетонских производа.

У табели 7.7 приказани су подаци о утицају **опеке, црепа и керамике** на животну средину и здравље људи.

Табела 7.7.а Подаци о утицају **опеке, црепа и керамике** на животну средину и здравље људи

Примена у грађевинарству	опека: зидови цреп: покривање крова и зидова керамика: плочице и санитарије		
Производња у Региону	Укупно цца 150.000 тона/години		
Генерисани отпад у Региону	цца 100.000 тона/години, од тога цца 70.000 тона/години рециклабилно.		
Опције третмана	Одлагање	Рециклажа	Поновно коришћење
Постојеће стање	N/A	N/A	N/A
Могуће стање	до 10%	до 60%	до 50%
Утицај на животну средину			Високе могуће нето користи (смањење производње новог црепа, опеке и керамике).
Баријере за поновно коришћење и рециклирање	-смањивање трошкова опеке, црепа и керамике произведених од изворних материјала применом рециклата истих		
Могући покретачи за поновно коришћење и рециклажу	-дизајн за демонтажу и одвајање на крају животног века, -пораст животног века објекта, -пораст такси за одлагање.		

Табела 7.7.6 Подаци о утицају опеке, црепа и керамике на животну средину и здравље људи

	Директни утицај	Избегнут утицај	Нето корист
Утицај сваке опције	-транспорт отпада до одлагалишта, -незнатно загађење ако отпад није контаминиран	–	–
Рециклажа за поновну употребу	-транспорт опеке, црепа и керамике -транспорт рециклираног материјала -коришћење рециклата при уличним радовима.	-експлоатација изворног материјала, -транспорт изворног материјала, -биодиверзитет, -коришћење ресурса, -производња агрегата од изворног материјала -коришћење изворног агрегата (прашина, енергија)	+
Примена за нови производ	-транспорт опеке, црепа и керамике, -производња агрегата од отпадног материјала, -транспорт рециклата, -коришћење рециклата за уличне радове (бука, прашина, енергија).	-експлоатација изворног материјала, -транспорт изворног материјала, -биодиверзитет, -коришћење ресурса, -производња агрегата од изворног материјала -коришћење изворног агрегата (прашина, енергија)	0
Поновно коришћење	-транспорт опеке, црепа и керамике, -обрада (чишћење), -транспорт рециклата (производа) до места уградње.	-експлоатација изворног материјала, -биодиверзитет, -транспорт изворног материјала, -уштеда енергије и емисије гасова при производњи опеке, црепа и керамике до места уградње.	++

Сматра се да трошкови енергија код производње опеке, црепа и керамике изврше и до 30% трошкова производње. Како се за производњу троши око $1.4 \div 2.4$ GJ/t, што даје еквивалент од око 115 kWh за производњу $1m^2$ зида од опеке.

Поновним коришћењем ових производа остварује се позитиван ефекат на животну средину јер се смањује:

- емисија HCl, HF, SO_x и CO₂ при производњи керамике,
- емисије гасова стаклене баште због сушења и ложења (CO, CO₂, NO_x, честице у ваздуху),
- емисије VOC (*Volatile Organic Compounds*) због коришћења органских адитива.

Емисиони фактор загађења једнак је 57 kg CO₂/ GJ утрошене енергије.

Сматра се да је због скупог чишћења и обраде рециклата, у овој области мање изражен економски утицај.

У табели 7.8 приказани су подаци о утицају **гипса** на животну средину и здравље људи.

Табела 7.8.а Подаци о утицају **гипса** на животну средину и здравље људи

Примена у грађевинарству		зграде	
Производња у Региону		-природни гипс -синтетички гипс.	
Генерисани отпад у Региону		Око 13.000 kg отпада према пропорцији ЕУ	
Опције третмана	Одлагање	Рециклажа у нове производе	
		Као замена за природни гипс	Као замена за синтетички гипс
Постојеће стање	N/A	N/A	
Могуће стање	до 10%	У ЕУ око 25-30% од рушења зидова	
Утицај на животну средину	-стварање токсичног гаса H ₂ S ако се одлаже у инертним отпадима, -коришћење земљишта, -транспорт.	-Мало значајне нето користи, -уштеда енергије и загађења животне средине, -боље коришћење ресурса, -смањење експлоатације земљишта.	-Велике нето користи, -Избегнута висока потрошња енергије за производњу.
Баријере за поновно коришћење и рециклирање		-висока расположивост и мали трошкови изворног материјала, -скупе технике селекције, -мале таксе за одлагање, -коришћење отпадног гипса за насипање, -производни процеси углавном не дозвољавају употребу рециклираног гипса.	
Могући покретачи за поновно коришћење и рециклажу		-сортирање отпада на месту градње, -карактеризација отпадног гипса, -ефективан систем прикупљања отпадног гипса, -истраживање и развој значајно уводе рециклирани гипс у производњу нових производа, -нове таксе за одлагање постају све веће, -већа мрежа центара за рециклажу.	

Табела 7.8.6 Подаци о утицају гипса на животну средину и здравље људи

	Директни утицај	Избегнут утицај	Нето корист
Утицај сваке опције	-транспорт отпадног пепела до одлагалишта, -стварање H ₂ S -заузимање земљишта.	–	–
Рециклажа за поновну употребу	-транспорт отпада до рециклажног центра.	-избегнута експлоатација земљишта -уштеда енергије за производњу гипса.	0/+
Примена за нови производ	-обрада отпада у гипс: стварање прашине и буке, додатна потрошња енергије, -транспорт рециклираног гипса до произвођача производа од гипса	-Производња производа на бази гипса	0/+

Гипс се користи у грађевинарству за различите намене, као нпр. код: (1) обраде зидова, тавана, (2) декоративних радова, (3) израде малтера, (4) израде блокова, (5) нивелисања подова, (6) израде плоча за зидове, таванице, итд. У ЕУ доминира *FGDG (Flue Gas Desulphurisation Gypsum)* за десумпоризацију изворног материјала. Сматра се да у ЕУ директно и индиректно учествује око 100.000 запослених. Производња је 2008. године била 0.0583 t/становнику, што би за посматрани Регион износило око 60.000 kg. Укупни отпадни гипс у ЕУ износио је око 5% производње, што би у посматраном Региону износило око 3.000 kg/год.

Рециклажом гипса добијају се ситни рециклати који се инкорпорирају у цемент да би модификовале његове карактеристике. Отпадни гипс може заменити изворни гипс помоћу *WRAP (Waste & Resource Action Programme)*.

Рециклати гипса се користе за побољшање структуре земљишта, система дренаже, задржавања воде, код производње кромпира, али мора се водити рачуна о дозволама за коришћење, јер утичу на концентрацију сулфида у водама.

Економски ефекти рециклаже гипса највише зависе од нивоа и трендова раста такси за одлагање отпада и трошкова транспорта. Они су у збиру у ЕУ расли од 67 €/t у 2004. години на 146 €/t у 2008. години. Због тога је било инвестирано у капацитете за рециклажу гипса 7 милиона €, што је у односу на приход индустрије гипса незнатно (око 0.07%).

Да би се остварила циљна вредност рециклаже од 70% морају се отклонити наведене баријере, унапредити поступак сепарације ради унапређења квалитета

рециклата гипса, унапређење прикупљања отпадног гипса, дизајн производа за крај животног века.

У табели 7.9 приказани су подаци о утицају дрва, папира и текстила на животну средину и здравље људи.

Табела 7.9.а Подаци о утицају дрва, папира и текстила на животну средину и здравље људи

Примена у грађевинарству	кровна конструкција, врата, прозори, итд.		
Производња у Региону	-укупна производња: -укупна потрошња дрвета:		
Генерисани отпад у Региону	Укупна количина генерисаног отпада од дрвета/год. 32.000 t/year.		
Опције третмана	Одлагање	Рециклажа у друге производе	Обнављање енергије
Постојеће стање	N/A	N/A	N/A
Могуће стање	35% (ЕУ просек)	31% (ЕУ просек)	34% (ЕУ просек)
Утицај на животну средину	-стварање метана (CH ₄), - коришћење земље, -транспорт.	-позитивне нето користи због мање емисије CO ₂ за производњу и експлоатације природних ресурса.	-позитивне нето користи због мање емисије CO ₂ , честица, VOC, PAH у атмосферу, -произведена топлота може се користити за когенерацију при производњи електричне енергије.
Баријере за поновно коришћење и рециклирање	-конкурентност између обнављања енергије и материјала, -загађење са опасним супстанцама.		
Могући покретачи за поновно коришћење и рециклажу	-систем прикупљања грађевинског и другог отпада, -ефикасни поступак сортирања дрвета.		

Табела 7.9.6 Подаци о утицају дрва, папира и текстила на животну средину и здравље људи

	Директни утицај	Избегнут утицај	Нето корист
Утицај сваке опције	-транспорт отпадног дрвета до одлагалишта, -емисија метана у атмосферу, изузев ако се претвара у CO ₂ , -заузимање земљишта.	-	-
Примена за нови производ	-транспорт отпадног дрвета до произвођача, -производња производа од отпадног дрвета: потрошња енергије за чишћење, обраду, млевење, бука у производњи.	-мања експлоатација шума, потрошња енергије, емисија гасова стаклене баште, -транспорт изворног дрвета до места производње, -производња производа од дрвета, потрошња енергије за чишћење, резање, млевење, бука у производњи.	0/+
Уштеда енергије	-транспорт дрвног отпада до спалионице, -нема емисије гасова применом филтера и контроле загађења.	-потрошња енергије из фосилних горива, -емисија CO ₂ , честица, VOC, PAH и других материја.	0/+

Према (*Service contract on management of construction and demolition waste-SRI, Final Report Task 2, 2011*) само око 350 тона произведеног дрвета се користи за производњу индустријских производа, као што су папир, картон, панели, кровне конструкције, зграде, паковање подова и тераса, кухиње, врата и прозора, итд.

Доминантно је учешће дрвета у индустрији намештаја (око 48%), а за грађевинску делатност је знатно мање (око 20%). У ЕУ је било генерисано око 10-20 милиона тона, што по становнику износи око 0.05 тона по становнику. Ако би овај просекни индикатор користили за посматрани Регион, добили би податак од око 50.000 kg отпадног дрвета. То је нешто више него је утврђено у тачки 3 ове дисертације.

Према (*Service contract on management of construction and demolition waste-SRI, Final Report Task 2, 2011*) у 2009. години опције третирања отпадног дрвета су биле: рециклажа (31% генерисаног отпада), повраћај енергије (34%) и одлагање (35%). У првом случају врши се претходно третирање кроз: (1) ручно сортирање да би се отклонили контаминанти, (2) ситњење, (3) одвајање метала и неметала преко магнета и циклона, (4) одвајање минерала, као што је бетон, (5) одвајање лакних компоненти као што је пластика преко компримованог ваздуха.

Израда производа од рециклираног дрвета, папира и текстила у ЕУ варира од 20% у Француској до 80% у Италији, а у просеку је 31%, и то претежно за израду панела.

Утицај рециклаже на производе од дрвета, папира и текстила огледа се у избегавању емисије при спаљивању као алтернативи коришћења отпадног дрвета. Да би производи од рециклираног дрвета, папира и текстила задовољили ЕУ стандарде прописане ЕРФ, потребно је да вредности хемијских контамината буду мање од граничних вредности изражених у mg/kg рециклата и то: арсен (25), кадмијум (50), хром (25), бакар (40), олово (90), жива (25), флуор (100), хлор (1000), итд.

Економске користи се могу сагледати из тренда цена у претходном периоду. Генерално, расте цена нетретираног отпадног дрвета, као и претходно – третираног отпадног дрвета у износу 5-28%, а за контаминирано отпадно дрво цена опада. То упућује на избор технологије рециклаже дрвета, папира и текстила и избор производа од њихових рециклата.

У табели 7.10 приказани су подаци о утицају **асфалта и битуменаских мешавина** на животну средину и здравље људи.

Табела 7.10.а Подаци о утицају **асфалта и битуменалних мешавина** на животну средину и здравље људи

Примена у грађевинарству		Изградња и одржавање путева и стаза		
Производња у Региону		Преко ЕУ просеку (0.6 t/становнику) очекивана производња је око 600.000 t/год.		
Генерисани отпад у Региону		3.000 t/год.		
Опције третмана	Одлагање	Рециклажа у стацион. постројењима	Рециклажа у на лицу места	Обнављање материјала
Постојеће стање	N/A	до 40%	до 40%	до 40%
Могуће стање	до 30%	30-80%	до 100%	N/A
Утицај на животну средину	-могућа емисија РАН кад је асфалт контаминиран гумом, земљом, уљем, итд.	-позитивне могуће нето користи, јер се због умањења изворних агрегата остварује смањење „carbon footprint)	-позитивне могуће нето користи, јер се због умањења изворних агрегата остварује смањење „carbon footprint)	-позитивне могуће нето користи, јер се због умањења изворних агрегата остварује смањење „carbon footprint)
Баријере за поновно коришћење и рециклирање		-расположивост и трошкови изворног материјала, -постојећи ниво знања за унапређење процеса производње.		
Могући покретачи за поновно коришћење и рециклажу		-пораст трошкова изворног материјала ствара нову тражњу за рециклатима асфалта, -високи трошкови одлагања могу охрабрити већу рециклажу асфалта, -свест о економским користима од рециклаже асфалта.		

Табела 7.10.6 Подаци о утицају асфалта и битуменалних мешавина на животну средину и здравље људи

	Директни утицај	Избегнут утицај	Нето корист
Одлагање	-транспорт отпада до одлагалишта, -могуће одступање <i>PAH</i> у воду, -коришћење земљишта.	-експлоатација изворног материјала (бука, прашина, биодиверзитет, земљиште), -транспорт изворног материјала, -прерада изворног материјала у агрегате, -производња асфалта од изворног материјала, -транспорт асфалта од изворног материјала.	-
Рециклажа на стациоанрном постројењу	-транспорт отпадног асфалта, -обрада отпадног асфалта у агрегате, -производња новог асфалта од рециклата, -транспорт рециклираног асфалта.	-експлоатација изворног материјала, -транспорт изворног материјала, -прерада изворног материјала у агрегате, -производња асфалта од изворних материјала, -транспорт асфалта од изворног материјала.	+
Рециклажа на лицу места	-прерада отпадног асфалта у агрегате, -производња новог асфалта од рециклираног асфалта, -коришћење везива у хладном процесу рециклаже.	-експлоатација изворног материјала, -транспорт изворног материјала, -прерада изворног материјала у агрегате, -производња асфалта од изворних материјала, -транспорт асфалта од изворног материјала.	+
Обнављање асфалта у форми агрегата	-транспорт отпадног асфалта, -прерада отпадног асфалта у агрегате, -транспорт рециклираних агрегата.	-експлоатација изворног материјала (песак, камен, шљунак, земљиште, бука, биодиверзитет), -транспорт изворног материјала, -прерада изворног материјала у агрегате (бука, прашина), -транспорт изворних агрегата.	+

При производњи рециклата од асфалта може се појавити као контаминатор *PAH* (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*), фенол у који су опасни по људско здравље. Применом асфалта на бази битумена, добијеног дестилацијом уља, овај утицај се смањује.

Сматра се да је „*carbon footprint*“) за рециклирани асфалт мањи него за асфалт од изворних материјала. Према (*Service contract on management of construction and demolition waste-SR1, Final Report Task 2, 2011*) еквивалент CO₂ асфалта од изворног материјала је 1.25 kg CO₂/t асфалта за век асфалта од 40 година, а за рециклирани асфалт 0.7 kg CO₂/t. При томе транспорт учествује у малом износу од око 6%, јер су места рециклаже и уградње асфалта углавном врло мало удаљени.

Економски аспект рециклаже асфалта је повољан, посебно због уштеде енергије, трошкова агрегата, смањења такси за одлагање, итд.

7.4. Моделирање утицаја на животну средину

Према (*Bahne R., 2005*) укупан утицај на животну средину за рециклажу отпада за потребе грађевинске индустрије износи:

$$u = \sum_t U_j \cdot w_{j,t}$$

U – укупан утицај у години t,

W_{j,t} – количина фракције отпада у тонама,

U_j – утицај на животну средину фракције отпада по тони отпада.

С обзиром да многе фракције отпада имају више алтернатива рециклаже отпада, на десној страни се укључује удео те алтернативе третмана отпада (r_i), па је:

$$U = \sum_i \sum_t U_j \cdot r_i \cdot w_{j,t}$$

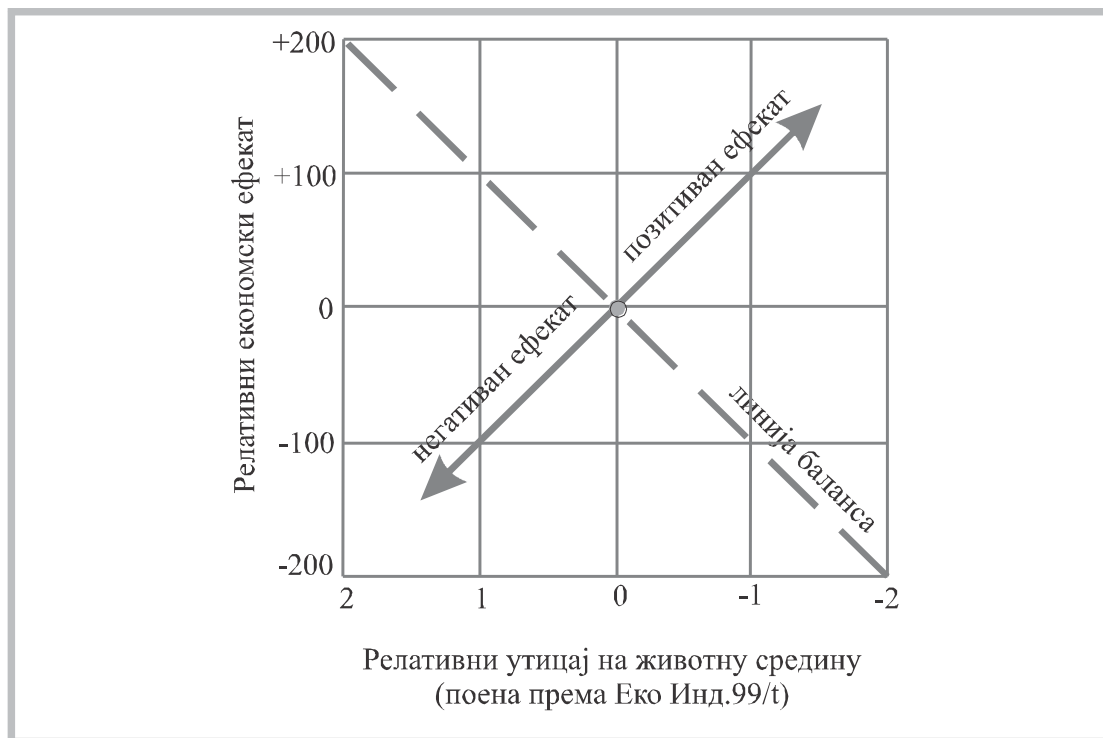
Еко – ефикасност (EE) се одређује као однос:

$$EE = \frac{\sum_i \text{troškovi}}{\sum_i \text{uticaj na životnu sredinu}}$$

Може да се користи и разлика у односу на постојеће решење:

$$EE^I = \frac{\sum_i \text{troškovi} - \sum_i \text{troškovi postojećeg rešenja}}{\sum_i \text{uticaj na životnu sredinu} - \sum_i \text{uticaj na živ. sred. post. rešenaj}}$$

За свако решење формира се матрица као на *слици 7.17*.



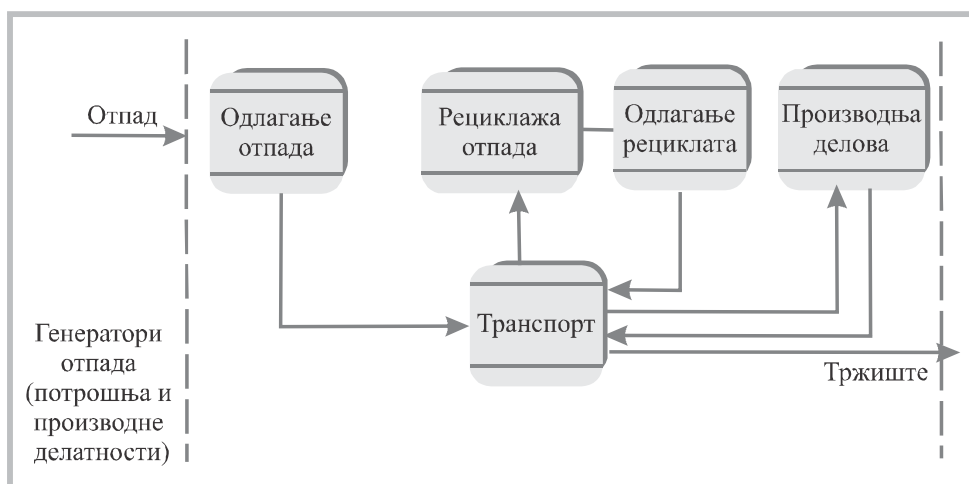
Слика 7.17. Еко ефикасност алтернатива рециклаже

Коришћењем индикатора Еко 99 за оцену утицаја на животну средину анализирани су економске користи и утицај на животну средину развијеног система за управљање отпадом као грађевинским ресурсом. На основу претходних анализа описаних у 3, 4, 5 и 6. поглављу, за утврђивање еко-индикатора спроведен је поступак у пет корака:

1. Утврђивање сврхе утврђиваемо еко-индикатора,
2. Дефинисање животног циклуса производа,
3. Дефинисање материјала и процеса,
4. Попуњавање табела и
5. Интерпретација резултата.

У првом кораку, за потребе ове дисертације описан је производ који ће се анализирати (*отпад, рециклат и финални производ*) и дефинисано је да ће се анализа заснивати на количине и врсте отпада, као врсте и количине рециклата/производа, дефинисаних у 8. поглављу. Такође, с обзиром на то да не постоје довољно релевантни подаци о пословним ентитетима у Региону, изабран је средњи ниво тачности на основу експертског оцењивања 16 експерата.

У другом кораку дефинисан је животно циклус отпада, од генерисања истог, одлагања, рециклаже, производње, транспорта и поновног одлагања, као на *слици 7.18.*



Слика 7.18. Дефиниција животног циклуса отпада

За сваки од наведених процеса, као и активности у животном циклусу отпада (П1 – П8), у трећем кораку утврђују се количине материјала и то помоћу:

- одређивања функционалне јединице,
- квантификације свих релевантних процеса,
- дефинисања претпоставки и оцена за све недостајуће податке.

Трећа активност је у овој дисертацији обухватила средње вредности утицаја врсти отпада, на основу просечног утицаја хемијских елемената или других показатеља (нпр. дужина пута).

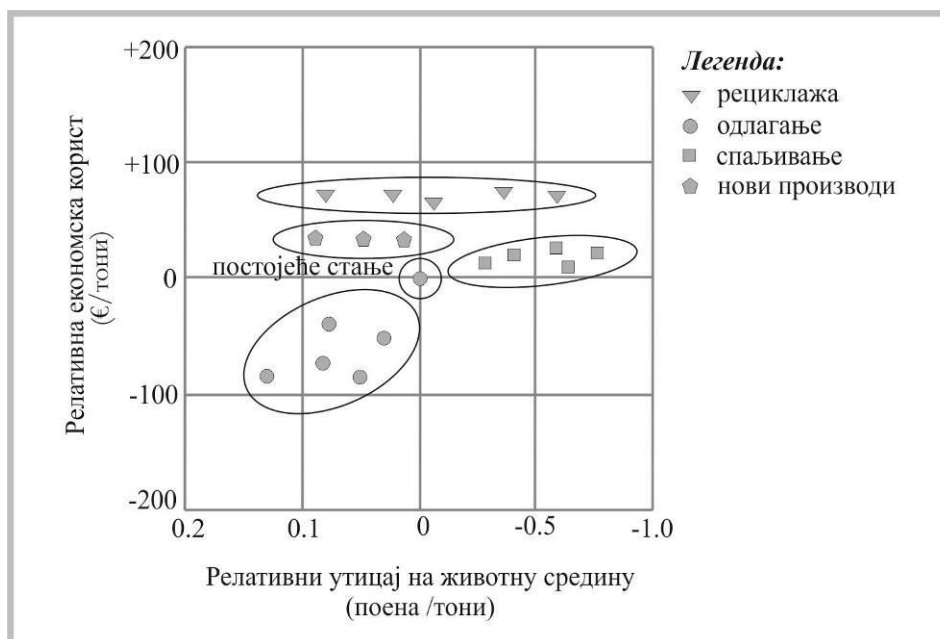
У четвртном кораку попуњавају се обрасци за сваки процес, и то на нивоу Региона, кроз следеће активности:

- за дефинисане процесе и активности унети износе у природном облику (kg, km),
- унети еко-индикаторе,
- прорачунати еко-утицај,

У петом кораку врши се интерпретација резултата, кроз активности:

- почетно оцењивање резултата,
- проверу ефеката претпоставки и непоузданих података,
- финално оцењивање ефеката,
- провера да ли је остварена сврха прорачуна утицаја на животну средину.

Према (Bohne R. 2005) када се унесу подаци за Данску и посматрани Регион добија се углавном позитиван ефекат (слика 7.19).



Слика 7.19. Еко ефикасност у Региону

Подаци о релативном утицају на животну средину добијени су експертским оцењивањем, а на основу података из *LCA* анализе, јер није било егзактних података из Региона за комплетну примену оцењивања према Еко Инд. 99.

У табелама 7.11-7.18 приказани су резултати укупног утицаја суб-процеса П1- П8 на животну средину користећи еко-индикаторе '98.

Табела 7.11. Процес П1: Организовање управљања отпадом

Ред. бр. акт.	Назив активности	Индикатор	Резултат	Напомена
1	Транспорт аутомобилима	$29 \cdot 10^{-3} / 1.000\text{km}$	150	5.000 km/god.
2	Грејање просторија	$1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	32	10.000 MJ/god.
3	Комунални отпад	$N1 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	3	3.000 kg/god.
4	Потрошња <i>PVC</i> амбалаже	$2.8 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	3	1.000 kg/god.
5	Електрична енергија	$35 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	35	1.000 MJ/god
6	Остало (<i>сса</i>)		50	
	УКУПНО		273	

Процењен је релативно мали негативни утицај на животну средину (укупно 273 поена).

Табела 7.12. Процес П2: Прикупљање отпада

Ред. бр. акт.	Назив активности	Индикатор	Резултат	Напомена
1	Прикупљање грађевинског отпада	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	3.060	15.000 t/god: $5t/v=3.000 \text{ ruta}$ $\times 30\text{km}=90.000 \text{ km}$
2	Прикупљање индустријског отпада	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	2.450	На основу резултата из табеле 7.15
3	Прикупљање комуналног отпада	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	46.104	
4	Прикупљање отпада из термо постројења	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	70.380	
5	Прикупљање <i>ELV</i>	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	1.020	
6	Прикупљање осталог отпада	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	1.100	
7	Остало (<i>сса</i>)	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	10.000	
	УКУПНО		134.114	

Утврђен је значајан негативан утицај на животну средину (укупно 134.114 поена).

Табела 7.13. Процес ПЗ: Селекција отпада

Ред. бр. акт.	Назив активности	Индикатор	Резултат	Напомена
1	Селекција грађевинског отпада: -енергија -грејање	$35 \cdot 10^{-3} / \text{kW}$ $1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	165 16	5.000 kW 10.000 MJ
2	Селекција индустријског отпада: -енергија -грејање	$35 \cdot 10^{-3} / \text{kW}$ $1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	70 8	2.000 kW 5.000 MJ
3	Селекција комуналног отпада: -енергија -грејање	$35 \cdot 10^{-3} / \text{kW}$ $1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	210 160	60.000 kW 100.000 MJ
4	Селекција отпада из термо постројења: -енергија -грејање	$35 \cdot 10^{-3} / \text{kW}$ $1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	3.050 256	90.000 kW 160.000 MJ
5	Селекција <i>ELV</i> отпада: -енергија -грејање	$35 \cdot 10^{-3} / \text{kW}$ $1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	70 8	2.000 kW 5.000 MJ
6	Селекција осталог отпада: -енергија -грејање	$35 \cdot 10^{-3} / \text{kW}$ $1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	500	2.000 kW 5.000 MJ
	УКУПНО		3.513	

Утврђен је мали негативни утицај на животну средину (укупно 3.513 поена).

Табела 7.14. Процес П4: Транспорт селективног отпада до рециклера и произвођача

Ред. бр. акт.	Назив активности	Индикатор	Резулт.	Напомена
1	Планирање транспорта:	$29 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	29	1.000 km/god
	а.транспорт аутомоб.	$1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	3.2	2.000 MJ/god
	б.грејање просторија	$1 \times 10^{-3} / \text{kg}$	1	1.000 kg/god
	с.комунални отпад	$2.8 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	5.6	200 kg/god
	д.потрошња PVC амбалаже	$35 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	7	200 MJ/god
2	Оптимизација трансп. путева:	$29 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	29	1.000 km/god
	а.транспорт аутомоб.	$1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	3.2	2.000 MJ/god
	б.грејање просторија	$1 \times 10^{-3} / \text{kg}$	1	1.000 kg/god
	с.комунални отпад	$2.8 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	5.6	200 kg/god
	д.потрошња PVC амбалаже	$35 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	7	200 MJ/god
3	Алоцирање транспортних ресурса:	$29 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	29	1.000 km/god
	а.транспорт аутомоб.	$1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	3.2	2.000 MJ/god
	б.грејање просторија	$1 \times 10^{-3} / \text{kg}$	1	1.000 kg/god
	с.комунални отпад	$2.8 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	5.6	200 kg/god
	д.потрошња PVC амбалаже	$35 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	7	200 MJ/god
4	Одржавање трансп. средстава:	$29 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$	290	1.000 km/god
	а.транспорт аутомоб.	$1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	64	40.000 MJ/god
	б.грејање просторија	$1 \times 10^{-3} / \text{kg}$	4	4.000 kg/god
	с.комунални отпад	$2.8 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	14	5.000 kg/god
	д.потрошња PVC амбалаже	$35 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	105	3.000 MJ/god
е.електрична енергија				

5	Реализација транспорта и рад мобилних постројења: а. транспорт камионом б. произв. бетона с. уштеда природног шљунка	$34 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$ $+3.8 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$ $-0.84 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	1.020 3.800 -4.200	30.000 km 1.000 t 5.000 t
6	Оцена ефективности и ефикасности транспорта: а. транспорт аутомобила б. грејање просторија с. комунални отпад д. потрошња PVC амбалаже е. електрична енергија	$29 \cdot 10^{-3} / 1.000 \text{ km}$ $1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$ $1 \times 10^{-3} / \text{kg}$ $2.8 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$ $35 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	29 3.2 1 5.6 7	1.000 km/god 2.000 MJ/god 1.000 kg/god 200 kg/god 200 MJ/god
7	Остало		100	
	УКУПНО		1.380	

При одвијању овог процеса „потиру“ се позитивни утицај рециклаже за време транспорта и остали негативан утицај на животну средину. Резултат је мали негативан утицај на животну средину (укупно 1.380 поена).

Табела 7.15. Процес П5: Рад рециклажних центара (800.000t/ 50 центара = 16.000 t/god./центру) =80 t/dan

Ред. бр. акт.	Назив активности	Индикатор	Резултат	Напомена
1	Складиштење испорученог селектованог отпада: а.пластике б.папир и картон с.стакло д.челик/Al е.осталог отпада	3.5·10 ⁻³ / kg 4.25·10 ⁻³ /kg 1.4·10 ⁻³ / kg 1.4·10 ⁻³ / kg 140·10 ⁻³ / m ³	52.500 119.000 14.000 18.200 4.200	5.000 t 28.000 t 10.000 t 13.000 t 120.000 t
2	Фина селекција компонената у рециклажном центру: а.селекција грађ. отпада б.селекција индустр. отпада с.селекција комун. отпада д.сел. отп. из терм. постројења е.селекција <i>ELV</i> отпада ф.селекција осталог отпада	из термо-постројења	(сса) 1.000	30% од ПЗ
3	Планирање и терминирање рециклац. центра: а.транспорт б.грејање с.комунални отпад д.потрошња е. <i>PVC</i> амбалажа ф.електрична енергија	29·10 ⁻³ / 1.000km 1.6·10 ⁻³ / MJ 1x10 ⁻³ / km 2.8·10 ⁻³ / km 35·10 ⁻³ / MJ	29 3.2 1 5.6 7	1.000 km/god 2.000 MJ/god 1.000 km/god 200 km/god 200 MJ/god
4	Обезбеђење ресурса за рад рециклационог центра: а.транспорт	29·10 ⁻³ / 1.000km	290	1.000 km/god

	b.грејање	$1.6 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	64	40.000 MJ/god
	c.комунални отпад	$1 \times 10^{-3} / \text{km}$	4	4.000 km/god
	d.потрошња	$2.8 \cdot 10^{-3} / \text{km}$	14	5.000 km/god
	e.PVC амбалажа	$35 \cdot 10^{-3} / \text{MJ}$	105	3.000 MJ/god
	f.електрична енергија			
5	Активности рециклаже :			
	a.рециклажа пласт.	$-200 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	-400.000	1.000 t
	b.рециклажа стакла	$-15 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	-15.000	1.000 t
	c.рециклажа Al	$-720 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	-72.000	100 t
	d.рециклажа Fe	$-70 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	-70.000	1.000 t
	e.рециклажа гуме	$-240 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	-240.000	1.000 t
	f.рециклажа папира и картона	$-30 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	-240.000	8.000 t
6	Складиштење рециклата:			
	a.пластика	$3.5 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$		1.000 t
	b.папир и картон	$4.25 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$		8.000 t
	c.стакло	$1.4 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$	52.000	1.000 t
	d.челик/ Al	$1.4 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$		1.000 t
	e.гума	$150 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$		1.000 t
	f.остало	$140 \cdot 10^{-3} / \text{kg}$		2.000 t
7	Остало		1.000	
	УКУПНО (cca)		-715.000	

При реализацији овог процеса активности рециклаже (П5.5) имају позитиван ефекат који је знатно већи од негативних утицаја осталих активности на животну средину. Укупан ефекат је позитиван и износи око 715.000 поена.

Табела 7.16. Процес П6: Екстерни транспорт и централизовано одлагање отпада

Ред. бр. акт.	Назив активности	Индикатор	Резултат	Напомена
1	Планирање логистике екстерног транспорта	као у Т. 7.14	45.8	
2	Обезбеђивање транспортних ресурса		45.8	
3	Реализација транспорта		620	
4	Планирање и изградња централних складишта		сса 2.000	
5	Централизовано складиштење		сса 52.000	
6	Оцена ефикасности и ефикасности процеса		45.8	
7	Остало			50.000
	УКУПНО (сса)		104.770	

Овај процес има изразито висок негативни утицај на животну средину. Укупан ефекат је процењен на 104.770 поена.

Табела 7.17. Процес П7: Производња делова за грађевинску индустрију

Ред. бр. акт.	Назив активности	Индикатор	Резултат	Напомена
1	Планирање производње	као у табели 7.15	сса 150	
2	Организовање производње		сса 150	
3	Обезбеђење ресурса, укључујући технологију		сса 200	
4	Производња, одржавање и контрола квалитета: а. пресовање б. производња <i>PET/PVC</i> с. обрада пластике д. произв. материјала за паковање е. бетон плоче ф. спаљивање гуме и пластике	$23 \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ $370 \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ $2.1 \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ $70 \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ $39 \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ $-6 \cdot 10^{-3}/\text{kg}$ $3.8 \cdot 10^{-3}/\text{kg}$	23.000 160.000 2.100 140.000 39.000 -360.000 19.000	1.000 t 500 t 1.000 t 2.000 t 1.000 t 60.000 t 5.000 t
5	Праћење и унапређење	жкао у табели 7.15	сса 150	
6	Складиштење производа		сса 51.000	
	УКУПНО (сса)		23.100	

Овај процес мали негативни утицај на животну средину (укупно 23.100 поена).

Табела 7.18. Процес П8: Рекапитулација утицаја на животну средину, суб-процес рециклаже, одлагања, спаљивања и производње за потребе грађевинске индустрије

Ред бр.	Системски утицај				П5	П6	П7 (преост. активност и	Спаљива ње отпада као део П7
	П1	П2	П3	П4				
1	273	134	3.513	1.380	-715.000	104.770	23.100	-360.000
	139.280							
2	Распоређивање еко-утицаја на суб-процесе за вредности системског утицаја				+ 60.000	+40.000	+19.280	20.000
3	Укупни утицај процеса на животну средину				- 655.000	144.770	42.380	-340.000
4	Укупан еко ефекат				-807.850			

Ако се укупан утицај на животну средину изражен бројем бодова подели бројем тона отпада, добија се укупна вредност еко-индикатора за целокупни систем рециклаже у региону од око $-1,01 \text{ poena/toni otpada}$, што је изузетно високи ефекат. Да би се остварио овај ефекат потребно је:

- створити оптималну инфраструктуру, која је описана у поглављима 3, 4 и 5, а посебно извршити трансфер технологија рециклаже и производње нових производа од рециклата, за потребе грађевинарства,
- да би се остварили предвиђени ефекти на животну средину, ове технологије треба применити на пројектовани начин,
- економија производње зависи од врсте производа/рециклата, технолошког нивоа и капацитета опреме, знања запослених, економије обима, итд.

За сваку врсту производа треба израдити студију изводљивости, у коју су укључени ови аспекти, што до сада не постоји у посматраном Региону. Зато је аутор проценио да за сваку врсту отпада постоје 1-3 рециклажна центра, а за сваку групу производа 1-5 произвођача. То значи да у Региону можемо очекивати око 20 рециклажних центара и око 40 предузећа.

Ако се претпостави да се укупна количина отпада за рециклажу подели равномерно на рециклажне центре, онда по једном центру треба обезбедити капацитет око 10.000 t/god , односно 50 t/dan . При томе није укључена рециклажа пепела.

За производњу делова/материјала на бази рециклата отпада за потребе грађевинарства, очекује се да се у просеку за једно предузеће обезбеди капацитет од око 25 t/dan, за примену једне или две сличне технологије, а на бази рециклата који се добијају из оближњих рециклажних центара.

Базирајући се на овим претпоставкама за предузећа/рециклажне центре у Региону израчунате су очекиване вредности утицаја на животну средину и релативне економске користи, што је сумарно представљено на *слици 7.19*. Види се да је за рециклажу доминантна позитивна економска корист и пожељан утицај на животну средину (обнављају се ресурси), за производњу нових производа доминантна је позитивна економска корист и негативан утицај на животну средину.

Спаљивањем се доминантно обезбеђују позитивни ефекти и на животну средину (повраћај енергије) и економска корист. Једино је за одлагање отпада, рециклата и финалних производа утврђено да су оба аспекта негативна.

Истраживањима, чији су резултати приказани у овом поглављу потврђена је општа хипотеза H_0 у погледу еколошке валоризације модела рециклаже за потребе грађевинарства у Региону.

8. ФАЗИ ПРИСТУП ОПТИМИЗАЦИЈИ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ

8.1. Увод

У овој дисертацији фокус је на оптималном коришћењу отпада и добијених рециклата у грађевинској индустрији. Према статистичким подацима, учешће грађевинске индустрије у друштвеном производу Босне и Херцеговине је око 15%-20%. Тако да може да се каже да грађевинска индустрија добија све већи значај у стратегији развоја државе и региона.

Циљ ове дисертације може да се дефинише: (1) одређивање најбоље технологије рециклаже за сваку врсту отпада, и (2) одређивање оптималних количина рециклата који се користе у производњи финалних производа који се користе у грађевинској индустрији.

8.2. Оквир за оцену коришћења рециклата у грађевинској индустрији

Rogers i Tibben-Lembke (2001) дефинишу реверзну логистику као процес планирања, имплементације и контроле ефикасног и економичног протока сировина, готових производа и релевантних информација од тачке порекла до тачке потрошње у циљу поновног остваривања вредности или прописног одлагања. Другим речима, термин реверзна логистика означава све делатности које се односе на еколошки исправно коришћење, рециклажу и прописно одлагање отпада.

Процеси реверзне логистике су: прикупљање, сортирање, рециклирање, одлагање и коришћење рециклата. Одлагање отпада на депоније представља најмање пожељно решење и представља посебну опасност пошто ниједно тло није потпуно непропусно. Ови процеси су надаље описани.

Корак 1. У процесу сакупљања отпада, разликује се сакупљање отпада по домаћинствима, које обављају комунална предузећа и сакупљање отпада у оквиру предузећа. Комунално сакупљање отпада обухвата активности пуњења контејнера од стране домаћинстава као и активности које спроводи одређено комунално предузеће; ове активности обухватају постављање потребног броја контејнера на унапред одређене локације, пражњење и замену контејнера, сакупљање и транспорт отпада до крајњег одредништа. *Сакупљање отпада* у предузећима подразумева сакупљање отпада у оквиру индустријског предузећа и његову даљу обраду или транспорт до рециклажних центара (*Heimsoth, 2000*).

Разлике у сакупљању комуналног и индустријског отпада приказане су у Табели 8.1.

Табела 8.1. *Поређење услова комуналног и индустријског сакупљања отпада (Heimsoth, 2000)*

Сакупљање отпада у домаћинствима	Сакупљање отпада у индустријским предузећима
По правилу пражњење једном до два пута недељно	Пражњење следи најмање једном дневно
Јединствена структура контејнера	Више различитих типова контејнера
Кратак пут до места на коме се одлаже отпад	Дужи пут у оквиру индустријског предузећа
Пражњење је процес који има један корак, на пример код сакупљања отпада односно два корака, код рециклаже (на пример картон, пластика)	Паковање у оквиру индустријског предузећа обухвата више корака
Контејнери се брже и више пуне	Висок степен пуњења контејнера се ретко постиже

Корак 2. На основу резултата добре праксе може да се каже да је пожељно да се процес сортирања отпада врши на месту сакупљања. На овај начин се значјано смањује време задржавања отпада у процесу реверзне логистике и значајно се смањују трошкови управљања отпадом. Сортирање отпада је извршено према међународној класификацији (ЛИТ). Врсте отпада које су разматране у овој студији су: гума, стакло, пластика и делови од пластике, метали и делови од метала, каблови, бетон, опека, цреп, дрво, папир, асфалт, текстил, електромотори и други материјали.

Корак 3. Сортирани отпад се транспортује до центара за рециклажу. Превоз треба да буде организован у складу са правилима о превозу отпада чији састав може да негативно утиче на здравље људи и на животну средину. Транспорт отпада од места сакупљања до рециклажних центара врши се специјализованим теретним возилима који су регистровани за ту сврху. Припрему за превоз, утовар, претовар и истовар и комплетну манипулацију врше лица која су стручно оспособљена од стране надлежних државних предузећа. Да би могао да се реализује транспорт отпада потребно је одговарајућим предузећима доставити следеће податке: спецификација опреме за рециклажу, процењена тежина, процењена запремина, тачна адреса локације, и термин преузимања. На основу ових података може да се одреди динамика транспорта, релације на којима се обавља транспорт отпада, датуме када се обавља транспорт и услове под којима може да се врши транспорт отпада.

Процес рециклирања има више фаза:

- Растављање опреме – ручно, механичко и аутоматизовано одвајање делова,
- Механичка обрада – уситњавање и резање,
- Спаљивање и прочишћавање – након што се спале гориви делови, метали могу да се одвоје
- Хемијска обрада – издвајање племенитих метала хемијском поступцима.

На рециклажним центрима може да се рециклира једна или више врста отпада. Свака врста отпада може да се рециклира применом различитих технологија. Развијене и комерцијализоване технологије рециклаже за сваку врсту отпада налазе се у бази података. Избор технологија рециклаже за сваку врсту отпада на сваком рециклажном центру, сепаратно, представља проблем сам за себе. Технологије рециклаже могу да се опишу бројним атрибутима према којима се дефинишу критеријуми за оцењивање технологија рециклаже. Генерално, број и врсту критеријума према којима се оцењују технологије рециклаже сваке врсте отпада на сваком рециклажном центру дефинишу стејкхолдери разматраног рециклажног центра. У овој дисертацији, дефинисана је листа критеријума према којима се оцењују технологије рециклаже различитих врста отпада на сваком рециклажном центру. Проблем рангирања разматраних технологија и избора најбоље технологије рециклаже сваке врсте отпада на сваком рециклажном центру у смислу свих разматраних критеријума респектујући и њихове релативне важности одређује се применом фазификованог Аналитичког Хијерархијског Процеса (FAHP) (Chang, 1996) која је једна од најшире примењиваних метода у проблемима више-критеријумског рангирања. Ова метода је широко коришћења за решавање многих управљачких проблема који припадају различитим доменима (Chan and Kumar, 2007).

Корак 4. Од рециклата могу да се израде више различитих производа који се користе у грађевинској индустрији. У реверзном ланцу снабдевања важан менаџмент задатак је одређивање оптималне количине сваке врсте рециклата која треба да се добије у процесима рециклирања. Оптимална колочина рециклата на сваком рециклажном центру зависи првенствено од технологије рециклаже која се користи на рециклажном центру, расположивог капацитета рециклажног центра, количине отпада која се допрема до разматраног рециклажног центра и величине тражње за финалним производима који настају од једног или више рециклата. Реално је претпоставити да је капацитет рециклажног центра унапред познат. У овој дисертацији технологија рециклаже сваке врсте отпада на сваком рециклажном центру је одређена. Тако да се може претпоставити да је технологија рециклаже позната. Респектујући уведене претпоставке, може се закључити да оптимална количина рециклата која треба да се произведе на сваком рециклажном центру зависи од тражње за финалним производима која потиче од потрошача грађевинских материјала. У овој дисертацији, дефинисана је листа финалних производа грађевинског материјала за којима постоји тражња на тржишту грађевинског материјала. Стејкхолдери рециклажних центара су дефинисали листу финалних производа. На основу технолошке документације могуће је одредити проценат учешћа сваког рециклата у сваком финалном производу респектујући технологију производње рециклата која је унапред позната.

Решење овог проблема је засновано на примени фази линеарног програмирања. Функција циља је дефинисана као укупана добит која се остварује продајом финалних производа који настају коришћењем једног или више добијених рециклата. Укупна добит се рачуна као разлика укупног прихода и трошкова израде финалних производа. Трошкови израде сваког финалног производа имају следеће компоненте: трошкови набавке рециклата, трошкова производње и остали трошкова. На основу процене стејкхолдера може да се усвоји да трошкови израде износе 70% трошкова производње. Ограничења у дефинисаном фази линеарном моделу се односе на величину тражње за финалним производима.

Треба напоменути да у овој дисертацији није разматрана трошкова компонента управљања реверзним ланцем снабдевања. Структура ових трошкова је: транспортни трошкови до депоније, трошкови складиштења и манипулације, трошкови селекције и отпада, трошкови процеса рециклирања, трошкови складиштења рециклата и додати трошкови. На основу процене стејкхолдера може да се претпостави да су укупни трошкови у рециклажном ланцу су 2.8 пута већи од трошкова рециклаже.

8.2.1. Математичка поставка проблема

Предложена процедура за оцену и рангирање технологија рециклаже различитих врста отпада је постављена као задатак више-критеријумског одлучивања. Оптимална количина производње различитих рециклата на сваком рециклажном центру је добијена применом фази линераног програмирања. Формална поставка развијених процедура је приказана у овој секцији.

Корак 1. Према међународној класификацији отпада (ЛИТ) дефинишу се врсте отпада које настају од различитих генератора (грађани, индустрија, термоелектране, моторна возила на крају животног циклуса, др). Формално, све дефинисане врсте отпада могу да се представе скупом индекса $I = \{1 \dots i \dots I\}$, где је i индекс за врсту отпада и I је укупан број идентификованих врста отпада. Генерално, свака идентификована врста отпада $i, i = 1, \dots, I$ се транспортује до једног или више рециклажних центара. Формално, рециклажни центри се представљају скупом индекса $J = \{1 \dots j \dots J\}$, где је j индекс за рециклажни центар и укупан број рециклажних центара је означен као J .

Корак 2. Свака врста отпада $i, i = 1, \dots, I$ на рециклажном центру $j, j = 1, \dots, J$ може да се рециклира применом различитих технологија рециклаже. Технологије рециклаже се представљају скупом индекса $T_i = \{t_{i1}, \dots, t_{ij}, \dots, t_{iJ}\}$. Индекс за технологију рециклаже коју је могуће користити за рециклирање врсте отпада $i, i = 1, \dots, I$ је означен као $t_{i, i=1, \dots, I}$ и укупан број технологија рециклаже за разматрану врсту отпада је означен као $T_{i, i=1, \dots, I}$. Свака технологија $t_{i, i=1, \dots, I}$ може да се оцени респектовањем више критеријума и њихових тежина. Број и врсту критеријума према коме се оцењује свака технологија рециклаже $t_{i, i=1, \dots, I}$ на сваком рециклажном центру $j, j = 1, \dots, J$ је одређена од стране срејкхолдера разматраног центра рециклаже. Критеријуми према којима се оцењују технологије рециклаже отпада $i, i = 1, \dots, I$ на рециклажном центру $j, j = 1, \dots, J$ се представљају скупом индекса $K_i = \{k_{i1}, \dots, k_{ij}, \dots, k_{iJ}\}$ где је k_{ij} индекс за критеријум према коме се оцењује технологија рециклаже t_{ij} на рециклажном центру j и $K_{i, i=1, \dots, I}$ је укупан број дефинисаних критеријума. Сваки рециклажни центар има своје стејкхолдере које чине: генерални менаџер рециклажног центра, менаџер у локалној управи и технолог рециклажног центра. Процена релативне важности дефинисаних критеријума и процена преферентности технологија рециклаже за сваку врсту отпада $i, i = 1, \dots, I$ извршена је аналогно АХП (*Saaty, 1980*). Релативна важност сваког пара критеријума и процена преферентности сваког пара технологија рециклаже унутар сваког критеријума је извршена од стране стејкхолдера који користе лингвистичке исказе уместо прецизне бројеве. Сматра се да је коришћење лингвистичких термина уместо прецизних бројева ближе људском начину размишљања. У овој студији је претпостављено да стејкхолдери доносе одлуке

консензусом. Вектор укупног приоритета разматраних технологија рециклаже за разматрану врсту отпада $i, i=1, \dots, I$ респектујући све критеријуме као и њихове тежине добија се применом *FAHP* (*Chang, 1996*) методе. Технологија рециклаже за врсту отпада $i, i=1, \dots, I$ на рециклажном центру $j, j=1, \dots, J$ која се налази на провом месту у рангу има највећи приоритет у односу на остале рауматране технологије рециклаже, респектујући све критеријуме истовремено као и њихове тежине. Нека је ова технологија означена као $t_{ij}^*, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$ и $t_{ij}^* \in T_i$. Треба напоменути да ранг технологија за сваку врсту отпада на сваком рециклажном центру може да се мења услед промене броја и врсте критеријума према којима се оцењују рециклажне технологије, услед промене њихове релативне важности, услед промене броја технологија или промене приоритета технологија унутар једног или више дефинисаних критеријума. За одређени временски период (у овом случају реално је претпоставити да је период од једне године) може се сматрати да изабрана технологија има највећи приоритет за разматрани рециклажни центар $j, j=1, \dots, J$. Надаље се сматра да свака врста отпада $i, i=1, \dots, I$ на рециклажном центру $j, j=1, \dots, J$ се рециклира применом технологије рециклаже $t_{ij}^*, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$.

Корак 3. На сваком рециклажном центру $j, j=1, \dots, J$ применом технологије рециклаже $t_{ij}^*, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$ може да се добије више различитих рециклата који се користе као сировине за производњу производа који се користе у грађевинској индустрији. Рециклати који се добијају рециклирањем отпада $i, i=1, \dots, I$ на рециклажном центру $j, j=1, \dots, J$ применом технологије рециклаже $t_{ij}^*, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$ се представљају скупом индекса $R_{ij} = \{r_{ij}, \dots, r_{ij}, \dots, R_{ij}\}$. Индекс за рециклат који припада скупу R_{ij} је $r_{ij} = 1, \dots, R_{ij}$ и укупан број рециклата је $R_{ij}, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$.

Корак 4. Од рециклата применом одређене технологије могу да се произведу више врста различитих финалних производа који се користе у грађевинској индустрији. Финални производи који се користе у грађевинској индустрији су означени скупом индекса индекса $P = \{1, \dots, p, \dots, P\}$, где је p индекс за једну врсту финалног производа и P је укупан број финалних производа. Менаџмент тим сваког произвођача грађевинских производа одређује стратегију производње респектујући резултате истраживања тржишта. Један финални производ настаје коришћењем једног или више врста рециклата. У општем случају сваки финални производ може да се добије применом различитих технологија. Одређивање најбоље технологије производње може да се разматра као посебан управљачки задатак. У овој дисертацији сматра се да је технологија производње сваког финалног производа унапред позната с обзиром на технолошки ниво произвођача грађевинског материјала. Према изабраној технологији може тачно да се одреди који рециклати и у којим процентима се користе у сваком финалном производу $p, p=1, \dots, P$.

Корак 5. Одређивање оптималне количине производње сваке врсте рециклата применом технологије рециклаже $t_{ij}^*, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$ постављен је као задатак фази линеарног програмирања. Функција циља је дефинисана као добит која се оствари

продајом финалних производа. Ограничења су дефинисана у односу на захеве потрошача разматраних производа.

8.3. Моделовање неизвесних података

Неизвесности везане за релативну важност критеријума за оцену технологија рециклаже и преферентности технологија рециклаже унутар сваког критеријума $k, k=1, \dots, K_i, i=1, \dots, I; j=1, \dots, K_j$ описане су на основу процена стејкхолдера рециклажног центра $j, j=1, \dots, J$ (аналагно радовима *Sadi-Nezhad and Damghani, 2009; Kelemensis and Askounis, 2010; Aleksić et al, 2013*). Вредности трошкова рециклаже и оствареног прихода су одређене на основу процене менаџмент тима. Менаџмент тим своје процене је засновао на подацима из евиденције. Моделовање лингвистичких исказа је у овој студији засновано на теорији фази скупова (*Klir and Folger, 1988; Zimmermann, 2001*). Теорија фази скупова на довољно добар начин може да обрађује непрецизне, нејасне или недовољне информације са којима располажу доносиоци одлука. У овој дисертацији све неизвесности које егзистирају у разматраном проблему су моделирање помоћу троугаоних фази бројева. Троугаона функција нуди добар компромис између тачности приказа неизвесних величина и једноставности коришћења у математичким израчунавањима.

Математичка основа проблема рангирања технологија рециклаже је заснована на *FAHP*. Коришћење *FAHP* која је развијена у (*Chang, 1996*) има многе добре карактеристике: (1) коришћењем *FAHP* проблем одлучивања може да се моделира на холистички начин, (2) *FAHP* је ефикасна математичка метода за обраду неизвесности у проценама доносилаца одлука. Овај приступ не захтева сложене изразе у поступцима израчунавања. У литератури овај приступ је широко коришћен у многим радовима у којима су разматрани различитим проблемима фази више-критеријумског одлучивања (*Seçme et al., 2009; Torfi et al., 2010; Kaya and Kahraman, 2011; Tadić et al., 2013*).

8.3.1. Моделовање релативне важности критеријума/преферентности технологија рециклаже

Сви идентификовани критеријуми према којима се оцењују технологије рециклаже на сваком рециклажном центру $j, j=1, \dots, J$ немају једнаку важност. Може се претпоставити да су важности разматраних величина непроменљиве током одређеног временског периода (једна година). Процена релативне важности разматраних критеријума обухвата висок степен субјективности доносилаца одлука.

Фази процена важности сваког пара разматраних критеријума и фази процена преферентности сваког пара разматраних технологија рециклаже унутар сваког критеријума на рециклажном центру $j, j=1, \dots, J$ су добјене од стејкхолдера. Стејкхолдери своје процене исказују претходно дефинисаним лингвистичким исказима. Као што је речено стејкхолдери одлуке доносе консензусом. Њихове процене су моделиране троугаоним фази бројевима

$$\tilde{W}_{kk}^{ij} = \left(x_{kk}^{ij}, m_{kk}^{ij}, u_{kk}^{ij} \right), k, k' = 1, \dots, K_{ij}; k \neq k'; i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

са доњом и горњом

границом l_{kk}^{ij}, u_{kk}^{ij} и модалном вредношћу m_{kk}^{ij} , респективно. На исти начин моделирана је преферентност сваког пара технологија рециклаже унутар критеријума $k, k=1, \dots, K_{ij}; i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$. Ове вредности су представљене троугаоним фази бројевима

$$\tilde{V}_{kk}^{ijk} = (x; l_{kk}^{ijk}, m_{kk}^{ijk}, u_{kk}^{ijk}), t=1, \dots, T_i; t \neq t'; k=1, \dots, K_{ij}; i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$$

Вредности у домену дефинисаних троугаоних фази бројева припада стандардној скали мера која је дефинисана у (Saaty, 1990). Вредност 1 означава да важност једног критеријума према другом у сваком пару разматраних критеријума, односно преферентност једне технологије рециклаже у односу на другу у сваком пару разматраних технологија рециклаже је готово једнака. На супротној скали мера налази се вредност 9. Ова вредност означава да важност једног критеријума према другом у сваком пару разматраних критеријума, односно преферентност једне технологије рециклаже у односу на другу у сваком пару разматраних технологија рециклаже је екстермно велика.

Ако је важност критеријума k' према критеријуму k строго важнија, тада у фази матрици парова упоређења релативног односа важности критеријума за оцену технологија рециклаже се представља троугаоним фази бројем:

$$\tilde{W}_{kk}^{ij} = \left(\tilde{W}_{kk}^{ij} \right) = \left(x; \frac{1}{u_{kk}^{ij}}, \frac{1}{m_{kk}^{ij}}, \frac{1}{l_{kk}^{ij}} \right), k, k' = 1, \dots, K_{ij}; k \neq k'; i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

ако важи:

$$k = k', k, k' = 1, \dots, K_{ij}; i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

Тада можемо да кажемо да вредност елемента фази матрице парова упоређења је представљени вредношћу 1 која се представља (1,1,1).

Лингвистички искази који су коришћени у овој студији су моделирани троугаоним фази бројевима:

веома мала важност / преферентност (VL)- (x;1,1,5.5)

мала важност / преферентност (L)- (x;1,3,9)

средња важност / преферентност (M)- (x;1,5,9)

висока важност / преферентност (HV)- (x;1,7,9)

веома висока важност / преферентност (VH)- (x;4.5,9,9)

8.4. Развијени FAZZY алгоритам

Развијени фази алгоритам се реализује кроз кораке који су надаље детаљно представљени.

Корак 1. Поставимо фази матрице релативног односа важности критеријума према којима се оцењују технологије рециклаже за врсту отпа $i, i=1,..,I$ на рециклажном центру $j, j=1,..,J$:

$$\tilde{W}_K = \begin{bmatrix} \tilde{w}_{ij} \\ \tilde{w}_{kk} \end{bmatrix}_{K_{ij} \times K_{ij}} \quad k, k' = 1, \dots, K_{ij}; k \neq k'; i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

Корак 2. Поставимо фази матрице релативног односа преферентности технологија рециклаже унутар критеријума $k, k=1,..,K_{ij}$ за врсту отпада $i, i=1,..,I$ на рециклажном центру $j, j=1,..,J$:

$$\tilde{V}_t = \begin{bmatrix} \tilde{v}_{ijk} \\ v_{tt} \end{bmatrix}_{T_i \times T_i} \quad t = 1, \dots, T_i; k = 1, \dots, K_{ij}; i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

Корак 3. Вектор тежина критеријума према којима се оцењују технологије рециклаже отпада $i, i=1,..,I$ на рециклажном центру $j, j=1,..,J$, \tilde{W}_K , вектор преферентности технологија рециклаже унутар критеријума k, \tilde{V}_t , су израчунати применом FAHP која је развијена у (Chang, 1996), тако да:

$$W_K = \left(W_1^{ij}, \dots, W_k^{ij}, \dots, W_K^{ij} \right), \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; K = 1, \dots, K_{ij}$$

$$V_t^i = \left(V_1^{ijk}, \dots, V_t^{ijk}, \dots, V_{T_i}^{ijk} \right), \quad i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J; K = 1, \dots, K_{ij}; t = 1, \dots, T_i$$

Корак 4. Вредност укупног коефицијента приоритета технологија за рециклажу врсте отпада $i, i=1,..,I$ на рециклажном центру $j, j=1,..,J$ респектујући све дефинисане критеријуме као и њихове важности може да се представи у матричној форми:

$$A = \left[a_t^{ij} \right]_{I \times T_i}, \quad t = 1, \dots, T_i; i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$$

где је:

$$a_t^{ij} = \sum_{k=1}^{K_{ij}} W_k^{ij} \cdot V_t^{ijk}$$

Корак 5. Рангирајмо све a_t^{ij} у нерастући ред. Технологија рециклаже која је на првом месту у рангу, може се сматрати најбољом технологијом рециклаже за врсту отпа $i, i=1,..,I$ на рециклажном центру $j, j=1,..,J$.

Корак 6. Нађимо оптималне количине рециклата који се користе за производњу производа који се користе у грађевинској индустрији. Разматрани проблем је постављен као задатак фази линеарног програмирања.

Функција циља:

$$\sum_{p=1}^P c_p \cdot \sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^{R_i} b_i \cdot r_i - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J c_{ij} \cdot r_{ij}$$

Ограничења:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{r=1}^{R_i} b_i \cdot r_{ij} \geq \tilde{D}_p, \quad r_{ij} \geq 0$$

где:

рециклата који се добију рециклирањем отпада $i, i=1, \dots, I$ на свим рециклажним центрима могу се формално представити скупом $R_i = \{r_{i1}, \dots, r_{iJ}\}$

$$r_i = \sum_{j=1}^J r_{ij}, \quad i=1, \dots, I$$

је индекс за врсту рециклата који настаје рециклирањем отпада $i, i=1, \dots, I$

R_i је укупан број рециклата који настаје рециклирањем отпада $i, i=1, \dots, I$

$c_p, p=1, \dots, P$ је јединична цена продаје производа p ; може се сматрати да је за унапред разматрани период (на пример за једну годину) времена непроменљива; вредност јединичне цене продаје одређује менаџмент тим произвођача производа који се користе у грађевинској индустрији на основу резултата истраживања тржишта

$c_{ij}, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$ је јединична цена рециклаже отпада $i, i=1, \dots, I$ на рециклажном центру $j, j=1, \dots, J$ примењујући технологију рециклаже $t_{ij}^*, i=1, \dots, I; j=1, \dots, J$

$b_i, i=1, \dots, I$ је проценат учешћа рециклата $r_i, i=1, \dots, I$ у производу $p, p=1, \dots, P$; ова вредност може се описати прецизним бројем с обзиром да се унапред дефинише технологије које се користе за добијање унапред одређених финалних производа

$\tilde{D}_p, p=1, \dots, P$ је процењена вредност тражње за производом $p, p=1, \dots, P$; ова вредност може да се опише троугаоним фази бројем.

Применом фази ЛП која је заснована на концепту једнаких могућности (*Галовић, 1999*) на екзактан начин одређујемо оптималне количине рециклата које се треба да се произведу на свим рециклажним центрима. С обзиром да је познат проценат садржаја сваке врсте рециклата у сваком финалном производу, користећи једноставне математичке операције могуће је одредити оптималне количине финалних производа које треба производити током разматраног временског периода за сваки ниво расподеле функције расподеле могућности. Оптимална решења су нађена примено *LINDO* програма.

Корак 7. Извршимо класификацију финалних производа и рециклата ако критеријум класификације дефинишимо као оптимална количина производње.

Вредност критеријума класификације која се придружује сваком финалном производу се одређује нижи дефинисаног фази линеарног модела. Вредност критеријума класификације за сваки рециклат се добије на основу једноставног прорачуна с обзиром на чињеницу да су технологије производње финалних производа унапред познате. Класификација финалних производа односно рециклата је заснована на Парето анализи која има ширеку примену у класификацији различитих ставки многих менаџмент задатака. У литератури ова анализа је позната као *ABC* метода. Метода се реализује кроз три корака. У првом кораку свакој ставци (у овој студији то су финални производи односно рециклати) се придружује одговарајућа вредност критеријума класификације и релативна вредност критеријума класификације. У другом кораку, све ставке се рангирају у монотono не растући ред према релативним вредностима критеријума класификације. На првом месту налази се ставка (финални производ, односно рециклат) коме је придружена највећа вредност критеријума класификације а на последњем месту ставка (финални производ односно рециклат) коме је придружена најмања вредност критеријума класификације. Рачуна се кумулативна вредност критеријума класификације за сваки разматрани финални производ односно рециклат. На око 80% кумулативне вредности критеријума класификације налазе се финални производи, односно рециклати групе А. Ови производи имају највећу вредност за произвођаче грађевинског материјала. Ако разматрамо рециклате може да се каже да ови рециклати имају највећу вредност за разматране рециклажне центре. На наредних 15% кумулативне вредности критеријума класификације налазе се ставке групе В. Финални производи, односно рециклати ове групе имају средњу важност за произвођаче грађевинске индустрије, односно за рециклажне центре, респективно. Сви остали финални производи, односно рециклати припадају групи С и имају најмању важност за одговарајуће ентитете. Управање финалним производима, односно рециклатима који припадају групи А мора да буде строго контролисано. То даље подразумева да се развијају нови модели управљања и да се мониторинг управљања реализује у кратким временским периодима (на пример на дневном или недељном нивоу). Управање финалним производима односно рециклатима који припадају групи В засновано је на коришћењу стандардних метода и процедура. Управање финалним производима односно рециклатима који се налазе у групи С не захтева велико ангажовање доносилаца одлука, времена и трошкова.

8.5. Студија случаја

Предложени модел је тестиран на подацима који су добијени из рециклажних центара у разматраном региону (таб. 8.2). Рециклажни центри $j=1$ и $j=2$ су у области Зворника, у регион Брчко налази се рециклажни центар $j=3$, рециклажни центри $j=4$ и $j=5$ су Тузли и рециклажни центар $j=6$ се налази у Бијељини.

Табела 8.2. *Врсте отпада која се рециклира у рециклажним центрима у разматраном регион БиХ*

бетон и шут ($i=1$)	песак и шљунак ($i=8$)
цигла ($i=2$)	пепео ($i=9$)
опека ($i=3$)	метални отпад ($i=10$)
амбалажни отпад ($i=4$)	азбест ($i=11$)
гума ($i=5$)	малтер ($i=12$)
пластика ($i=6$)	дрво ($i=13$)
керамички отпад ($i=7$)	текстил и папир ($i=14$)

У овој дисертацији претпостављено је да се на сваком рециклажном центру могу применити исте технологије рециклаже за једну врсту отпада. У табели 8.3 приказане су могуће технологије рециклаже за сваку врсту отпада.

Табела 8.3. *Могуће технологије рециклаже за сваку врсту отпада*

Врсте отпада	Могуће технологије рециклаже
$i=1$	мобилне технологије за рециклажу; мобилне технологије за рециклажу и селекција; мобилне технологије за рециклажу, селекција и сепарација
$i=2$	чишћење за поновну употребу; чишћење за поновну употребу и селекција; обрада цигле за поновну употребу
$i=3$	чишћење за поновну употребу; чишћење за поновну употребу и селекција; обрада опеке за поновну употребу
$i=4$	селекција; обрада мљењем; паковање
$i=5$	обрада мљењем; обрада мљењем и сепарација; пиролиза; мљење, дубоко извлачење и сепарација
$i=6$	селекција; обрада пресовањем; обрада мљењем
$i=7$	чишћење за поновну употребу; чишћење за поновну употребу и селекција; обрада керамичког отпада за поновну употребу
$i=8$	селекција; просејавање; издвајање гранулата
$i=9$	раздвајање пепела; рециклажа летећег пепела; рециклажа згуре; рециклажа и пресовање
$i=10$	раздвајање отпада по врстама метала; одвајање металних и пластичних делова; обрада ломљењем и сечењем; обрада пресовањем
$i=11$	одвајање азбеста од осталог материјала; селекција по врстама азбеста; складиштење ради депоновања

i=12	одвајање малтера од чврстих делова отпада; ситњење одвојеног малтера; додавање везива у уситњени малтер; паковање малтера који се даље употребљава као производ
i=13	одвајање дрвета од остале врсте отпада; сечење дрвета ради поновне употребе; сечење остатака дрвета који ће се даље обрађивати ситњењем; обрада ситних честица дрвета
i=14	одвајање текстила и папира од остале врсте отпада; сечење текстила ради поновне употребе; сечење остатака текстила и папира који ће се даље обрађивати ситњењем; обрада ситних честица текстила и папира

Свака од могућих технологија може да се оцени према бројним критеријума. Број и врсту критеријума дефинишу стејкхолдери (управа БиХ, кантонска управа, општинска управа, власник рециклажног центра, произвођачи опреме за рециклажу, становници) рециклажних центара. У овој дисертацији се сматра да се свака технологија оцењује према тринаест критеријума који су приказани у табели 8.4.

Табела 8.4. *Листа критеријума према којима се оцењују технологије рециклаже за сваку врсту отпада*

к=1	ниво запослености	к=8	усаглашеност са директивама Европске Уније које се односе на управљање отпадом
к=2	количине отпада на депонијама	к=9	подстићај развоју домаће индустрије
к=3	утицај на животну средину	к=10	степен искоришћења земљишта
к=4	одрживи развој локалне заједнице и кантона	к=11	иновативна способност локалних провајдера
к=5	социјална коехиза у кантонима	к=12	степен зависности од увоза сировина
к=6	ангажовање људи који припадају социјално угроженом становништву	к=13	однос цене рециклираног ресурса и тржишне цене ресурса
к=7	степен искоришћења материјала који се налази у отпаду		

Важност критеријума у генералном случају одређује се на сваком рециклажном центру, сепаратно. У овој дисертацији, респектујући број становника, врсту индустрије која се налази у областима у којима су смештени центри рециклаже као и друге факторе, уведена је претпоставка да важност критеријума може да се дефинише на нивоу групе рециклажних центара. У том смислу, важност критеријума према којима се оцењују дефинисане технологије рециклаже за сваку врсту отпада се оцењује за три групе рециклажних центара. Прву групу чине рециклажни центри који се налазе у Републици Српској (j=1; j=2; j=6). Другу групу чини рециклажни центар који се налази у Брчком (j=3) и трећу групу чине рециклажни центри који се налазе у Тузли (j=4; j=5). Стејкхолдери који су дефинисани на сваком рециклажном центру су проценили важност критеријума према којима се оцењују технологије рециклаже разматраних врста отпада.

Према кораку 1 развијеног алгоритма, релативна важност критеријума је задата помоћу фази матрица парова упоређења.

Применом процедуре (Корак 3 развијеног алгоритма) добијају се вектори тежина разматраних критеријума за сваки рециклажни центар и вектори приоритета технологија за сваку врсту отпада унутар сваког третираног критеријума. Поступак израчунавања биће детаљније приказан за одређивање тежине првог критеријума (ниво запослености) за рециклажне центре ($j=1; j=2; j=6$).

Према процедуре која је дефинисана у (*Chang, 1996*) следи:

$$B_k^j = \sum_{k=1}^K \sum_{k'=1}^K \tilde{W}_{kk'}^j, \quad B^j = \sum_{k=1}^K B_k^j, \quad \text{тако да:}$$

$$B_1^{j=1; j=2; j=6} = [8.657, 21.333, 49.500], \quad B_2^{j=1; j=2; j=6} = [9.586, 19.533, 58.500],$$

$$B_3^{j=1; j=2; j=6} = [5.283, 8.873, 12.222], \quad B_4^{j=1; j=2; j=6} = [15.500, 48.000, 85.000],$$

$$B_5^{j=1; j=2; j=6} = [7.697, 9.733, 30.000], \quad B_6^{j=1; j=2; j=6} = [7.584, 10.066, 31.000],$$

$$B_7^{j=1; j=2; j=6} = [23.500, 65.000, 89.500], \quad B_8^{j=1; j=2; j=6} = [11.364, 45.000, 78.000],$$

$$B_9^{j=1; j=2; j=6} = [7.737, 9.209, 31.000], \quad B_{10}^{j=1; j=2; j=6} = [5.212, 8.219, 13.000],$$

$$B_{11}^{j=1; j=2; j=6} = [5.212, 8.098, 11.444], \quad B_{12}^{j=1; j=2; j=6} = [6.061, 11.444, 15.722]$$

$$B_{13}^{j=1; j=2; j=6} = [12.182, 31.000, 67.500]$$

$$B^{j=1; j=2; j=6} = [125.575, 295.508, 567.388]$$

Вредност укупног коефицијента важности, односно мера веровања да је један критеријум већи од свих осталих критеријума рачуна се према изразу:

$$S_k^j = \min_k \left(B_k^j \cdot \frac{1}{B^j} \right)$$

Мера веровања да је први критеријум (ниво запослености) важнији од свих осталих разматраних критеријума на посматраним рециклажним центрима добија се применом процедуре о поређењу фази бројева (*Bass, Kwakeernak, 1977; Dubois and Prade, 1980*).

$$S_1^{j=1; j=2; j=6} = \min_{2, \dots, 13} (1, 1, 0.81, 1, 1, 0.705, 0.824, 1, 1, 1, 1, 0.919) = 0.705$$

На исти начин добијају се мере веровања да је сваки од преосталих критеријума важнији од свих осталих критеријума.

Вектор тежина критеријума је:

$$W' = [0.705, 0.734, 0.228, 0.916, 0.514, 0.526, 1, 0.895, 0.522, 0.244, 0.206, 0.317, 0.812]$$

Вектор нормализованих тежина за разматране рециклажне центре је:

$$W_{j=1;2;6} = [0.093, 0.096, 0.030, 0.120, 0.067, 0.069, 0.131, 0.117, 0.069, 0.032, 0.027, 0.042, 0.107]$$

На исти начин се добијају нормализоване вредности тежина за рецикажне центре $j=3,4,5$.

Вектор нормализованих тежина за рециклажни центар $j=3$ је:

$$W_{j=3} = [0.103, 0.097, 0.026, 0.129, 0.069, 0.069, 0.133, 0.119, 0.068, 0.024, 0.024, 0.024, 0.117]$$

Вектор нормализованих тежина за рециклажни центар $j=4; j=5$ је:

$$W_{j=4,5} = [0.123, 0.061, 0.123, 0.112, 0.056, 0.095, 0.093, 0.084, 0.084, 0.027, 0.027, 0.027, 0.085]$$

С обзиром на проблем који се разматра у овој дисертацији може да се уведе реална претпоставка да преферентности технологија рециклаже одређене врсте отпада унутар сваког разматраног критеријума су једнаке за сваки рециклажни центар. Надаље су дате фази матрице парова упоређења преферентности технологија рециклажа за сваку врсту отпада унутар сваког разматраног критеријума (Корак 2 развијеног алгоритма). Применом процедуре (Корак 3 развијеног алгоритма) добијају се преферентности технологија унутар сваког разматраног критеријума.

Укупан коефицијент приоритета за сваку разматрану технологију сваке врсте отпада добија се применом процедуре која је приказана у кораку 4 развијеног алгоритма. Ранг технологија се добија према поступку који је описан у кораку 5 предложеног алгоритма.

Приказана процедура у кораку 4 развијеног алгоритма је илустрована на примеру мобилне технологије за рециклажу за рециклажна места $j=4$ и $j=5$:

-мобилна технологија за рециклажу:

$$0.06 \cdot 0.123 + 0.333 \cdot 0.061 + 0.229 \cdot 0.123 + 0.175 \cdot 0.112 + 0.333 \cdot 0.056 + \\ 0.024 \cdot 0.095 + 0.195 \cdot 0.093 + 0.333 \cdot 0.084 + 0.229 \cdot 0.084 + 0.333 \cdot 0.027 + \\ 0.229 \cdot 0.027 + 0.333 \cdot 0.027 + 0.229 \cdot 0.085 = 0.2054$$

-мобилне технологије за рециклажу и селекција:

$$0.104 \cdot 0.123 + 0.333 \cdot 0.061 + 0.229 \cdot 0.123 + \\ 0.412 \cdot 0.112 + 0.333 \cdot 0.056 + \\ 0.438 \cdot 0.095 + 0.402 \cdot 0.093 + \\ 0.333 \cdot 0.084 + 0.229 \cdot 0.084 + \\ 0.333 \cdot 0.027 + 0.229 \cdot 0.027 + \\ 0.333 \cdot 0.027 + 0.229 \cdot 0.085 = 0.2959$$

-мобилне технологије за рециклажу, селекција и сепарација:

$$0.841 \cdot 0.123 + 0.333 \cdot 0.061 + 0.541 \cdot 0.123 + \\ 0.412 \cdot 0.112 + 0.333 \cdot 0.056 + \\ 0.538 \cdot 0.095 + 0.402 \cdot 0.093 + \\ 0.333 \cdot 0.084 + 0.541 \cdot 0.084 + \\ 0.333 \cdot 0.027 + 0.541 \cdot 0.027 + \\ 0.333 \cdot 0.027 + 0.541 \cdot 0.085 = 0.4956$$

На исти начин се рачунају укупни коефицијенти приоритета свих технологија сваке врсте отпада. Ранг технологија за сваку врсту отпада надаље су табеларно приказани (Таб. 8.5, 8.6 и 8.7).

Табела 8.5. Ранг технологија које се користе за рециклажу бетона ($i=1$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
мобилне технологије за рециклажу	0.2250	3
мобилне технологије за рециклажу и селекција	0.3132	2
мобилне технологије за рециклажу, селекција и сепарација	0.4529	1

Табела 8.6. Ранг технологија које се користе за рециклажу бетона ($i=1$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
мобилне технологије за рециклажу	0.2257	3
мобилне технологије за рециклажу и селекција	0.3169	2
мобилне технологије за рециклажу, селекција и сепарација	0.4656	1

Табела 8.7. Ранг технологија које се користе за рециклажу бетона ($i=1$) за рециклажне центре $j=4$ и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
мобилне технологије за рециклажу	0.2054	3
мобилне технологије за рециклажу и селекција	0.2959	2
мобилне технологије за рециклажу, селекција и сепарација	0.4956	1

На основу добијених резултата (Таб. 8.5, 8.6 и 8.7) најбоља технологија за рециклажу бетона на свим посматраним рециклажним центрима је мобилна технологија за рециклажу, селекција и сепарација. Из теорије је познато да примењена методологија не пружа могућност да се утврди мера веровања колико је свака разматрана технологија боља/лошија од других могућих технологија које могу да се примене за разматрану врсту отпада.

За детаљнију анализу добијених резултата, у овој дисертацији је уведена релативна разлика вредности укупних коефицијената приоритета. Што је ова вредност ближа нула то означава да су разматране технологије имају приближно једнак приоритет за рециклажни центар. Важи и обрнуто, ако је ова вредност ближа јединици, може се закључити да постоји веома велика разлика у примени једне или друге технологије у разматраном пару технологија рециклаже. Тако на

пример вредност релативне разлике између мобилне технологије за рециклажу и сепарације и мобилне технологије за рециклажу на рециклажним центрима:

$$(a) j=1; j=2 \text{ и } j=6 \text{ износи } \left| \frac{0.2250 - 0.3132}{0.3132} \right| = 0.28$$

$$(б) j=3 \text{ износи } \left| \frac{0.2257 - 0.3169}{0.3169} \right| = 0.29 \text{ и}$$

$$(ц) j=4 \text{ и } j=5 \text{ износи } \left| \frac{0.2054 - 0.2959}{0.2959} \right| = 0.31$$

На основу ових резултата може да се закључи да на свим рециклажним центрима у посматраном регион треба прво применити технологију рециклаже бетона која је означена као мобилне технологије за рециклажу, селекција и сепарација. Ако из неког разлога менаџмент тим рециклажног центра није у могућности да ову препоруку имплементира у праксу, треба да примени технологију која је означена као мобилне технологије за рециклажу, селекција. Вредности релативне разлике израчунатих коефицијената приоритета прве и друге дефинисане технологије за рециклажу бетона за сваки рециклажни центар су прилично високе. Ова информација је веома важна за менаџмент рециклажних центара. Менаџмент треба да предузме све неопходне мере да се у рециклажном центру примењује друга или трећа дефинисана технологија за рециклажу бетона (Таб. 8.8, 8.9 и 8.10).

Табела 8.8. Ранг технологија које се користе за рециклажу цигле ($i=2$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2741	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3101	2
обрада цигле за поновну употребу	0.3259	1

Табела 8.9. Ранг технологија које се користе за рециклажу цигле ($i=2$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2735	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3321	1
обрада цигле за поновну употребу	0.3275	2

Табела 8.10. Ранг технологија које се користе за рециклажу цигле ($i=2$) за рециклажне центре $j=4$ и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2695	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3123	2
обрада цигле за поновну употребу	0.3133	1

Најбоља технологија за рециклажу цигле која треба да се примењује на рециклажним центрима $j=1$; $j=2$; $j=4$; $j=5$ и $j=6$ је обрада цигле за поновну опрему. Вредност релативне разлике укупних коефицијената приоритета између прве технологије (чишћење за поновну употребу) и обраде цигле за поновну употребу за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$ је $j=4$ и $j=5$ су: 0.16, 0.14, респективно. Вредност релативне разлике укупних коефицијената приоритета између друге технологије (чишћење за поновну употребу и селекција) и обраде цигле за поновну употребу за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$ је $j=4$ и $j=5$ су: 0.014, 0.003, респективно. На основу добијених резултата може да се закључи примена технологије чишћење за поновну употребу и селекција и технологије обраде цигле за поновну употребу имају готово поједнак приоритет за рециклажне центре. Ова информација пружа менаџмент тимовима рециклажних центара могућност да не морају строго да воде рачуна о технолошким нивоима опреме за рециклажу цигле.

На рециклажном центру $j=3$ најбоља технологија рециклаже цигле је означена као чишћење за поновну употребу и селекција. Како вредност релативне разлике коефицијента приоритета најбоље технологије и технологије која се налази на другом месту у рангу (обрада цигле за поновну употребу) износи 0.014 може се сматрати да ове две технологије имају исти приоритет на разматраном рециклажном центру (Таб. 8.11, 8.12 и 8.13).

Табела 8.11. Ранг технологија које се користе за рециклажу опеке ($i=3$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2741	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3101	2
обрада опеке за поновну употребу	0.3259	1

Табела 8.12. Ранг технологија које се користе за рециклажу опеке ($i=3$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2735	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3321	1
обрада опеке за поновну употребу	0.3275	2

Табела 8.13. Ранг технологија које се користе за рециклажу опеке ($i=3$) за рециклажне центре $j=4$ и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2695	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3123	2
обрада опеке за поновну употребу	0.3133	1

Најбоља технологија за рециклажу опеке која треба да се примењује на рециклажним центрима $j=1$; $j=2$; $j=4$; $j=5$ и $j=6$ је обрада опеке за поновну употребу. Може да се каже да приоритет ове технологије је готово једнак приоритету технологије која је означена као чишћење за поновну употребу и селекција.

На рециклажном центру $j=3$ најбоља технологија рециклаже опеке је означена као чишћење за поновну употребу и селекција. Како вредност релативне разлике коефицијента приоритета најбоље технологије и технологије која се налази на другом месту у рангу (обрада опеке за поновну употребу) износи 0.014 може се сматрати да ове две технологије имају исти приоритет на разматраном рециклажном центру (Таб. 8.14, 8.15 и 8.16).

Табела 8.14. Ранг технологија које се користе за рециклажу амбалажне опреме ($i=4$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2741	3
обрада млевењем	0.3101	2
паковање	0.3259	1

Табела 8.15. Ранг технологија које се користе за рециклажу амбалажне опреме ($i=4$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2735	3
обрада млевењем	0.3321	1
паковање	0.3275	2

Табела 8.16. Ранг технологија које се користе за рециклажу амбалажне опреме ($i=4$) за рециклажне центре $j=4$ и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2695	3
обрада млевењем	0.3123	2
паковање	0.3133	1

Најбоља технологија рециклаже амбалажног отпада, респектујући све дефинисане критеријуме као и њихове тежине на рециклажним центрима $j=1$; $j=2$; $j=4$; $j=5$ и $j=6$ је паковање. Вредност релативне разлике укупних коефицијената приоритета између технологије обраде млевењем и технологије паковање је 0.003, тако да се може сматрати да ове две технологије рециклаже амбалажног отпада на разматраним рециклажним центрима имају једнак приоритет.

На рециклажном центру $j=3$ најбоља технологија рециклаже амбалажног отпада је означена као млевење. Како вредност релативне разлике коефицијента приоритета најбоље технологије и технологије која се налази на другом месту у рангу (обрада млевењем) износи 0.014. Тако да се може сматрати да ове две технологије имају исти приоритет на разматраном рециклажном центру (Таб. 8.17, 8.18 и 8.19).

Табела 8.17. Ранг технологија које се користе за рециклажу гуме ($i=5$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
обрада млевењем	0.1894	4
обрада млевењем и сепарација	0.2041	3
пиролиза	0.2153	2
дубоко извлачење и сепарација	0.3686	1

Табела 8.18. Ранг технологија које се користе за рециклажу гуме ($i=5$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
обрада млевењем	0.1908	4
обрада млевењем и сепарација	0.2057	3
пиролиза	0.2171	2
дубоко извлачење и сепарација	0.3655	1

Табела 8.19. Ранг технологија које се користе за рециклажу гуме ($i=5$) за рециклажне центре $j=4$ и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
обрада млевењем	0.1859	4
обрада млевењем и сепарација	0.2028	3
пиролиза	0.2108	2
дубоко извлачење и сепарација	0.3814	1

Највећи приоритет у рециклирању гуме на свим рециклажним центрима има технологија која је означена као дубоко извлачење и сепарација. Вредност релативне разлике између коефицијента приоритета ове технологије и технологије која се налази на другом месту у рангу (пиролиза) за сваку групу рециклажних центара је: 0.42, 0.41, и 0.45, респективно. Како су израчунате вредности доста високе може се закључити да менаџмент тимови заједно са стејкхолдерима треба да предузму одговарајуће менаџмент иницијативе које треба да доведу до повећања технолошког нивоа сваког рециклажног центра.

Ако на рециклажним центрима није из неких разлога могуће применити технологију дубоког извлачења и сепарације, менаџмент тим треба да примени пиролизу као технологију за рециклирање гуме која се налази на другом месту у рангу. Вредности релативне разлике коефицијената приоритета технологије пиролизе и технологије која је означена као обрада млевењем и сепарација су: 0.05, 0.05, 0.04, респективно. Другим речима, добијени резултат пружа информацију менаџмент тиму сваког рециклажног центра да технологија пиролизе и технологија обрада млевењем и сечење имају готово једнак приоритет тако да обе технологије могу да се користе у зависности од технолошког нивоа рециклажног центра.

Технологија обрада млевењем за рециклажу гуме има најмањи приоритет у односу на друге разматране технологије рециклаже ове врсте отпада на свим рециклажним центрима. Међутим треба нагласити да вредности релативне разлике коефицијената приоритета ове технологије и технологије обрада млевењем и сепарација на свим рециклажним центрима нису велике. Ове израчунате вредности су: 0.07, 0.07 и 0.08, респективно. На основу израчунатих вредности, може да се закључи да ове две технологије имају готово подједнак приоритет.

Треба подвући да не може да се примени закон индукције закључивања за коришћење технологије на рециклажним центрима. На основу добијених резултата релативне разлике коефицијената приоритета може да се каже да менаџмент тим сваког разматраног рециклажног центра може да закључи да технологије обрада млевењем и обрада млевењем и сепарација имају готово једнак приоритет. Респектујући исти критеријум одлучивања, технологија обрада млевењем и сепарација и технологија пиролиза имају готово једнак приоритет. Али из овога не следи да технологија обрада млевењем и пиролиза имају готово једнак приоритет. При доношењу одлука о побољшању технолошког нивоа сваког рециклажног центра, одлука треба између осталог треба да буде заснована на горњој анализи добијених резултата (Таб. 8.20, 8.21 и 8.22).

Табела 8.20. Ранг технологија које се користе за рециклажу пластике ($i=6$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2399	3
обрада пресовањем	0.2457	2
обрада млевењем	0.4416	1

Табела 8.21. Ранг технологија које се користе за рециклажу пластике ($i=6$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2879	3
обрада пресовањем	0.3519	2
обрада млевењем	0.4613	1

Табела 8.22. Ранг технологија које се користе за рециклажу пластике ($i=6$) за рециклажне центре $j=4$ и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.1698	3
обрада пресовањем	0.2143	2
обрада мљењем	0.3512	1

Најбоља технологија рециклаже за пластику на свим рециклажним центрима је технологија обраде мљењем. Како је велика вредност релативне разлике коефицијената приоритета обраде мљење и обраде пресовањем (која се налази на другом месту у рангу) може се сасвим поуздано тврдити да је технологија обраде мљењем технологија избора за рециклажу пластике на свим рециклажним центрима.

Вредност разлике релативне вредности коефицијената приоритета технологије рециклаже која се налази на последњем месту у рангу и технологије обраде пресовањем на групама рециклажних центара је: 0.02, 0.18, 0.21 На основу израчунатих вредности може да се закључи да на рециклажним центрима $j=1$, $j=2$ и $j=6$ је могуће применити обе технологије јер имају готово исти приоритет. На осталим рециклажним центрима технологија селекција има значајно мањи приоритет у односу на разматрану технологију обраде пресовањем (Таб. 8.23, 8.24 и 8.25).

Табела 8.23. Ранг технологија које се користе за рециклажу керамичког отпада ($i=7$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2741	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3101	2
обрада керамичког отпада за поновну употребу	0.3259	1

Табела 8.24. Ранг технологија које се користе за рециклажу керамичког отпада ($i=7$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2735	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3321	2
обрада керамичког отпада за поновну употребу	0.3275	1

Табела 8.25. Ранг технологија које се користе за рециклажу керамичког отпада ($i=7$) за рециклажне центре $j=1$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
чишћење за поновну употребу	0.2695	3
чишћење за поновну употребу и селекција	0.3123	2
обрада керамичког отпада за поновну употребу	0.3135	1

Технологија обраде керамичког отпада за поновну употребу има највећи приоритет у односу на остале технологије рециклаже керамичког отпада. Овај закључак се може применити за све разматране рециклажне центре. Вредности релативне разлике коефицијената приоритета технологија чишћења за поновну употребу и селекција (налази се на другом месту у рангу) и обраде керамичког отпада за поновну употребу су веома мале за сваку групу рециклажних центара. Ове вредности износе 0.05, 0.01, 0.004, респективно. Може се сматрати да ове две технологије имају једнак приоритет на сваком рециклажном центру у односу на дефинисане критеријуме и њихове тежине. Вредности релативне разлике коефицијената приоритета технологије рециклаже која се налази на другом месту и технологије која се налази на првом месту у рангу (чишћење за поновну употребу) су 0.12, 0.18, 0.14, респективно. Може се закључити да најмањи приоритет има технологија чишћења за поновну употребу. На основу израчунатих вредности може да се закључи да је неопходно да се побољша технолошки ниво рециклаже керамичког отпада на сваком разматраном рециклажном центру (Таб. 8.26, 8.27 и 8.28).

Табела 8.26. Ранг технологија које се користе за рециклажу песка и шљунка ($i=8$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2250	3
просејавање	0.3132	2
издвајање гранулата	0.4529	1

Табела 8.27. Ранг технологија које се користе за рециклажу песка и шљунка ($i=8$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2257	3
просејавање	0.3169	2
издвајање гранулата	0.4656	1

Табела 8.28. Ранг технологија које се користе за рециклажу песка и шљунка ($i=8$) за рециклажне центре $j=4$; и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
селекција	0.2054	3
просејавање	0.2959	2
издвајање гранулата	0.4956	1

На основу ових резултата може да се закључи да на свим рециклажним центрима у посматраном регион треба прво применити технологију издвајање гранулата за разматрану врсту отпада. На другом месту у рангу се налази технологија просејавања. Вредности релативне разлике израчунатих коефицијената приоритета технологија рециклаже песка и шљунка које се налазе на првом односно другом месту рангу за сваки рециклажни центар су прилично високе. Ове вредности су: (а) $j=1$; $j=2$ и $j=6$ је 0.28, (б) $j=3$ износи је 0.29 и (ц) $j=4$ и $j=5$ износи 0.31 (Таб. 8.29, 8.30 и 8.31).

Табела 8.29. Ранг технологија које се користе за рециклажу пепела ($i=9$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
раздвајање пепела	0.1894	4
рециклажа летећег пепела	0.2041	3
рециклажа згуре	0.2266	2
рециклажа и пресовање	0.3799	1

Табела 8.30. Ранг технологија које се користе за рециклажу пепела ($i=9$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
раздвајање пепела	0.1908	4
рециклажа летећег пепела	0.2057	3
рециклажа згуре	0.2285	2
рециклажа и пресовање	0.3769	1

Табела 8.31. Ранг технологија које се користе за рециклажу пепела ($i=9$) за рециклажне центре $j=4$; и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
раздвајање пепела	0.1859	4
рециклажа летећег пепела	0.2028	3
рециклажа згуре	0.2188	2
рециклажа и пресовање	0.3869	1

Према резултатима рангирања технологија рециклажа пепела (Табеле 29-31) може се закључити да технологија која је означена као рециклажа и пресовање има највећи приоритет за рециклажу ове врсте отпада на свим рециклажним центрима.

Респектујући вредности релативне разлике коефицијената преферентности технологије рециклаже и пресовања и технологије рециклаже згуре (која се налази на другом месту у рангу), 0.4, 0.39, 0.43, на разматраним групама рециклажних центара, респективно, следи да технологија која се налази на првом месту има апсолутну преферентност у односу на друге разматране технологије које се користе за рециклажу пепела.

Вредност релативне разлике коефицијената преферентности технологија које се налазе на другом и трећем месту (рециклажа летећег пепела) у рангу су: 0.1, 0.12, 0.07, респективно. На рециклажним центрима који се налазе у областима Тузла, Бијељина и Брчко технологија рециклаже згуре има већу преферентност у односу на технологију рециклаже летећег пепела. Може да се закључи да на рециклажним центрима у области Тузле технологија рециклаже згуре и технологија рециклаже летећег пепела имају готово једнаку преферентност.

Ако поредимо преферентност технологије раздвајање пепела и технологије рециклаже летећег пепела преко вредности релативне разлике коефицијената укупне преферентности ове две технологије можемо да закључимо да су на свим рециклажним центрима ове две технологије готово подједнако преферентне (Таб. 8.32, 8.33 и 8.34).

Табела 8.32. Ранг технологија које се користе за металног отпада ($i=10$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
раздвајање отпада по врстама метала	0.1945	3-4
одвајање металних и пластичних делова	0.1945	3-4
обрада ломљењем и сечењем	0.3023	1-2
обрада пресовањем	0.3023	1-2

Табела 8.33. Ранг технологија које се користе за металног отпада ($i=10$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
раздвајање отпада по врстама метала	0.1941	3-4
одвајање металних и пластичних делова	0.1941	3-4
обрада ломљењем и сечењем	0.3209	1-2
обрада пресовањем	0.3209	1-2

Табела 8.34. Ранг технологија које се користе за металног отпада ($i=10$) за рециклажне центре $j=4$; и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
раздвајање отпада по врстама метала	0.2012	3-4
одвајање металних и пластичних делова	0.2012	3-4
обрада ломљењем и сечењем	0.2942	1-2
обрада пресовањем	0.2942	1-2

При рециклирању металног отпада може да се добије Fe рециклат или рециклат обојених метала. На основу резултата ФАНР јасно се закључује да две технологије на сваком рециклажном центру имају највећи приоритет: обрада лемљењем и сушењем и друга технологија је обрада пресовањем. На трећем и четвртном месту у рангу се налазе технологија раздвајања отпада по врстама метала и технологија одвајање металних и пластичних делова. Обе технологије имају исти коефицијент приоритета. Вредност релативне разлике коефицијента приоритета технологија које се налазе на првом односно трећем месту је 0.32. Ово показује да технологије које се налазе на прва два места у рангу имају значајно већи приоритет у односу на технологије које се налазе на трећем и четвртном месту у рангу (Таб. 8.35, 8.36 и 8.37).

Табела 8.35. Ранг технологија које се користе за азбест ($i=11$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање азбеста од осталог материјала	0.3333	1-3
селекција по врстама азбеста	0.333	1-3
складиштење ради депоновања	0.333	1-3

Табела 8.36. Ранг технологија које се користе за азбест ($i=11$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање азбеста од осталог материјала	0.3333	1-3
селекција по врстама азбеста	0.333	1-3
складиштење ради депоновања	0.333	1-3

Табела 8.37. Ранг технологија које се користе за азбест ($i=11$) за рециклажне центре $j=4$; и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање азбеста од осталог материјала	0.3333	1-3
селекција по врстама азбеста	0.333	1-3
складиштење ради депоновања	0.333	1-3

Азбест као рециклат се не користи више у процесима производње финалних производа за било коју врсту индустрије. Доказана је штетност азбеста за људско здравље и за животну околину. Многи производи, посебно у грађевинској индустрији до скоро су садржали азбест као своју компоненту. Рециклажа азбеста може да се реализује применом три технологије: технологија одвајање азбеста од осталог материја, селекција по врстама азбеста и складиштење ради депоновања. Све три технологије имају исти приоритет. Овај резултат нам показује да је неопходно да се све три технологије примене и да се азбест који се добија као рециклат депонује на места која су за то одређена и на начин који је прописан. Приказана анализа може се применити за сваки разматрани рециклажни центар (Таб. 8.38, 8.39 и 8.40).

Табела 8.38. Ранг технологија које се користе за рециклирање малтера ($i=12$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање малтера од чврстих делова отпада	0.2062	4
ситњење одвојеног малтера	0.2118	3
додавање везива у уситњени малтер	0.2359	2
паковање малтера који се даље употребљава као производ	0.2765	1

Табела 8.39. Ранг технологија које се користе за рециклирање малтера ($i=12$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање малтера од чврстих делова отпада	0.2048	4
ситњење одвојеног малтера	0.2107	3
додавање везива у уситњени малтер	0.2357	2
паковање малтера који се даље употребљава као производ	0.2795	1

Табела 8.40. Ранг технологија које се користе за рециклирање малтера ($i=12$) за рециклажне центре $j=4$; и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање малтера од чврстих делова отпада	0.2075	4
ситњење одвојеног малтера	0.2129	3
додавање везива у уситњени малтер	0.2509	2
паковање малтера који се даље употребљава као производ	0.2887	1

Паковање малтера који се употребљава као финални производ је технологија рециклаже која има највећу преферентност у свим рециклажним центрима. У циљу детаљније анализе израчунате преферентности одредимо релативну разлику коефицијената укупне преферентности технологија паковања малтера и технологије додавања везива у уситњени малтер. За разматране групе рециклажних центара ова вредност је 0.15, 0.16, 0.13, респективно. Респектујући израчунате вредности може да се тврди да технологија паковања малтера има апсолутну преферентност у односу на све остале разматране технологије рециклаже малтера.

Слично, може да се закључи да технологија додавања везива у малтер према технологији ситњења двојеног малтера има апсолутну преферентност за сваки разматрани рециклажни центар.

Када се пореди преферентност технологије ситњења одвојеног малтера и технологија одвајања малтера преко вредности релативне разлике коефицијената укупног приоритета ове две разматране технологије може да се закључи да оне имају једнаку преферентност. Вредност израчунате разлике за сваки рециклажни центар је 0.03.

На основу ових резултата могу да се донесу следећи закључци: технологија одвајања малтера и технологија ситњења одвојеног малтера имају готово једнаку преферентност за сваки рециклажни центар. Технологија додавања везива у уситњени малтер има апсолутну преферентност у односу на ове две анализиране технологије (Таб. 8.41, 8.42 и 8.43).

Табела 8.41. Ранг технологија које се користе за рециклирање дрвета ($i=13$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање дрвета од остале врсте отпада	0.2062	4
сечење дрвета ради поновне употребе	0.2118	3
сечење остатака дрвета који ће се даље обрађивати ситњењем	0.2359	2
обрада ситних честица дрвета	0.2765	1

Табела 8.42. Ранг технологија које се користе за рециклирање дрвета ($i=13$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање дрвета од остале врсте отпада	0.2048	4
сечење дрвета ради поновне употребе	0.2107	3
сечење остатака дрвета који ће се даље обрађивати ситњењем	0.2357	2
обрада ситних честица дрвета	0.2795	1

Табела 8.43. Ранг технологија које се користе за рециклирање дрвета ($i=13$) за рециклажне центре $j=4$ и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање дрвета од остале врсте отпада	0.2075	4
сечење дрвета ради поновне употребе	0.2129	3
сечење остатака дрвета који ће се даље обрађивати ситњењем	0.2509	2
обрада ситних честица дрвета	0.2887	1

Технологија рециклаже која има највећу преферентност је обрада ситних честица дрвета. Ова технологија има апсолутну преферентност у односу на све остале алтернативе. Вредност релативне разлике коефицијената укупне преферентности технологија сечења остатка дрвета које ће се даље обрађивати ситњењем и технологије сечење дрвета ради поновне употребе за разматране групе рециклажних центара је: 0.1, 0.11, 0.15, респективно. Респектујући ове вредности

може да се закључи да технологија сечења остатка дрвета које ће се даље обрађивати има велику преферентност у односу на технологије за рециклажу дрвета које се налазе на трећем (сечење дрвета ради поновне употребе) и четвртом месту (технологија одвајања дрвета од остале врсте отпада) у рангу. Технологија сечења дрвета ради поновне употребе и технологија одвајања дрвета од остале врсте отпада имају готово једнаку преферентност. Ови закључци могу се применити за сваки разматрани рециклажни центар (Таб. 8.44, 8.45 и 8.46).

Табела 8.44. Ранг технологија које се користе за рециклирање текстила и папира ($i=14$) за рециклажне центре $j=1$; $j=2$ и $j=6$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање текстила и папира од остале врсте отпада	0.2062	4
сечење текстила и папира ради поновне употребе	0.2118	3
сечење остатака текстила и папира који ће се даље обрађивати ситњењем	0.2359	2
обрада ситних честица текстила и папира	0.2765	1

Табела 8.45. Ранг технологија које се користе за рециклирање текстила и папира ($i=14$) за рециклажни центар $j=3$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање текстила и папира од остале врсте отпада	0.2048	4
сечење текстила и папира ради поновне употребе	0.2107	3
сечење остатака текстила и папира који ће се даље обрађивати ситњењем	0.2357	2
обрада ситних честица текстила и папира	0.2795	1

Табела 8.46. Ранг технологија које се користе за рециклирање текстила и папира ($i=14$) за рециклажне центре $j=4$; и $j=5$:

Врста технологија	Укупан коефицијент приоритета	Ранг
одвајање текстила и папира од остале врсте отпада	0.2075	4
сечење текстила и папира ради поновне употребе	0.2129	3
сечење остатака текстила и папира који ће се даље обрађивати ситњењем	0.2509	2
обрада ситних честица текстила и папира	0.2887	1

Технологија обраде ситних честица текстила и папира има највећу преферентност у односу на све остале могуће технологије рециклажу текстила и папира. Овај закључак важи за све рециклажне центре који се разматрају у овој студији. Слично, може да се закључи да технологија сечења остатка текстила и папира који ће се даље обрађивати пресовањем према технологији сечења текстила и папира ради даље употребе има већу преферентност за сваки рециклажни центар.

Када се пореди преферентност технологије сечење текстила и папира ради поновне употребе и технологија одвајања текстила и папира од остале врсте отпада преко вредности релативне разлике коефицијената укупног приоритета ове две разматране технологије може да се закључи да оне имају једнаку преферентност. Вредност израчунате разлике за сваки рециклажни центар је 0.03.

Треба напоменути да је у овој дисертацији приказан поступак рангирања могућих технологија рециклаже за сваку врсту отпада која може да се рециклира на посматраном рециклажном центру.

Надаље се сматра да се на рециклажним центрима користе технологије рециклаже које имају највећу преферентност за сваку врсту отпада. У пракси, на многим рециклажним центрима се не примењују изабране технологије. Побољшање технолошког нивоа захтева инвестициона улагања и представља проблем сам за себе који се не разматра у овој дисертацији.

Применом изабраних технологија рециклаже за сваку врсту отпада на сваком рециклажном центру добијају се различите врсте рециклата. У табели 8.47 приказана је листа рециклата која се користи за производњу производа грађевинске индустрије.

Табела 8.47. *Листа рециклата који се користе у производњи производа за грађевинску индустрију*

Врсте отпада	Врсте рециклата	Врсте отпада
r=1	песак и шљунак	бетон, песак и шљунак, малтер
r=2	Fe отпад	бетон, амбалажни отпад, метални отпад
r=3	обојени метали	бетон, амбалажни отпад, метални отпад
r=4	цигла	цигла
r=5	опека	опека
r=6	пластика	амбалажни отпад, пластика
r=7	гума	гума
r=8	керамика	керамички отпад
r=9	пепео	пепео
r=10	дрво	дрво, амбалажни отпад
r=11	текстил	текстил и папир
r=12	папир	текстил и папир

Коришћењем добијених рециклата могу да се произведу различити производи, применом различитих технологија који се употребљавају у грађевинској

индустрији. У овој дисертацији прво је дефинисана листа финалних производа за којима постоји тражња на одговарајућем тржишту. Сматра се да произвођачи производа који се користе у грађевинској индустрији треба да прилагоде расположиве капацитете, технолошку опрему и друге ресурсе према захтевима тржишта. Сматрајући да су технологије добијања финалних производа унапред познате у табели 8.48 приказана је листа финалних производа и њихова структура.

Табела 8.48. *Листа финалних производа*

Ознака финалног производа	Финални производ	Структура финалног производа	Јединична цена продаје (t/euro)	Јединична цена израде	Тражња 10^3 t / god
p=1	бетон	85% песка и шљунка, 10% гуме, 5% пластике	41	33.6	(8, 10, 12)
p=2	цигла	100% цигла	16.4	12.3	(4, 5, 6)
p=3	опека	90% опека, 5% пепела, 5% керамика	24.6	18	(4.5, 5, 6.5)
p=4	гума	100% гума	32.8	20.9	(2.5, 3, 3.5)
p=5	производи од пластике	100% пластика	24.6	17.2	(1.5, 2.5, 3.5)
p=6	производи од керамике	100% керамика	41	30.7	(2, 4, 5)
p=7	асфалт 1	15% гуме, 40% пепела, 55% песак и шљунак	16.4	10.7	(5.5, 7.5, 7.5)
p=8	асфалт 2	10% гуме, 40% пепела, 60% песак и шљунак	16.4	11.5	(6, 8, 8)
p=9	асфалт 3	5% гуме, 30% пепела, 65% песак и шљунак	16.4	12.3	(6.5, 9, 9)
p=10	производи од метала	100% Fe отпад и обојени метали	57.4	28.7	(4, 5, 6)
p=11	производи од дрвета	100% дрво	12.3	10.2	(2, 3, 4)
p=12	производи од папира	95% папир, 5% текстил	20.5	9	(1, 2, 3)
p=13	комбинован производ	90% Fe отпад, 10% пластика	16.4	10.2	(2.5, 4.5, 6.5)
p=14	комбинован производ	90% дрво, 10% Fe отпад	16.4	10.6	(3, 4, 5)
p=15	комбинован производ	90% обојени метали, 10% пластика	16.4	8.6	(2.5, 3.5, 4.5)
p=16	комбинован производ	90% дрво, 5% папир, 5% текстил	16.4	11.7	(1.5, 3.5, 5.5)

Применом Корака 5 развијене процедуре одредимо оптималне количине финалних производа (дефинисаних у Табели 47) који се користе у грађевинској индустрији.

Функција циља је:

мах

$$7.4x_1 + 4.1x_2 + 6.6x_3 + 11.9x_4 + 7.4x_5 + 10.3x_6 + 5.7x_7 + 4.9x_8 + 4.1x_9 + 28.7x_{10} + 2.1x_{11} + 11.5x_{12} + 6.2x_{13} + 5.8x_{14} + 7.8x_{15} + 4.7x_{16}$$

За ниво расподеле могућности троугаоне функције расподеле добијају се оптималне количине производње сваке врсте разматраних финалних производа применом LINDO програма.

Оптимална количина производње сваке врсте производа је описана троугаоним фази бројем. Фази вредности оптималне количине производње као и њихове одговарајуће скаларне вредности су приказане у табели 8.49.

Табела 8.49. Фази и скаларна вредност оптималне количине финалних производа

Ознака финалног производа	Финални производ	Фази вредност количине производње $10^3 t / mes$	Скаларна вредност количине производње $10^3 t / mes$
p=1	бетон	(8, 10, 12)	10
p=2	цигла	(4, 5, 6)	5
p=3	опека	(4.5, 5, 6.5)	5
p=4	гума	(2, 3, 3)	2.75
p=5	производи од пластике	(1.5, 2.5, 3.5)	2.5
p=6	производи од керамике	(2, 4, 5)	3.84
p=7	асфалт 1	(5.5, 7.5, 7.5)	7
p=8	асфалт 2	(6, 8, 8)	7.84
p=9	асфалт 3	(6.5, 9, 9)	8.34
p=10	производи од метала	(4, 5, 6)	5
p=11	производи од дрвета	(2, 3, 4)	3
p=12	производи од папира	(1, 2, 3)	2
p=13	комбинован производ	(2.5, 4.5, 6.5)	4.5
p=14	комбинован производ	(3, 4, 5)	4
p=15	комбинован производ	(2.5, 3.5, 4.5)	3.5
p=16	комбинован производ	(1.5, 3.5, 5.5)	3.5

При израчунатој количини производње сваке врсте разматраних финалних производа остварује се добит од $0.12 \cdot 10^8$ евра (око 12 милиона евра).

Применом ABC методе одредимо важност финалних производа са аспекта произвођача грађевинских материјала. У табели 8.50 приказани су резултати првог корака ABC методе, а у Таб. 8.51 другог крака ABC методе.

Табела 8.50. Вредност и релативна вредност критеријума класификације

Ознака финалног производа	Финални производ	Вредност критеријума класификације $10^3 t/mes$	Релативна вредност критеријума класификације
p=1	бетон	10	0.129
p=2	цигла	5	0.064
p=3	опека	5	0.064
p=4	гума	2.75	0.035
p=5	производи од пластике	2.5	0.032
p=6	производи од керамике	3.84	0.049
p=7	асфалт 1	7	0.090
p=8	асфалт 2	7.84	0.101
p=9	асфалт 3	8.34	0.107
p=10	производи од метала	5	0.064
p=11	производи од дрвета	3	0.039
p=12	производи од папира	2	0.026
p=13	комбинован производ	4.5	0.059
p=14	комбинован производ	4	0.051
p=15	комбинован производ	3.5	0.045
p=16	комбинован производ	3.5	0.045

У табели 8.51. приказани су резултати добијени у другом кораку коришћене методе класификације.

Ознака финалног производа	Финални производ	Вредност критеријума класификације $10^3 t/mes$	Релативна вредност критеријума класификације
p=1	бетон	10	0.129
p=2	цигла	5	0.064
p=3	опека	5	0.064
p=4	гума	2.75	0.035
p=5	производи од пластике	2.5	0.032
p=6	производи од керамике	3.84	0.049
p=7	асфалт 1	7	0.090
p=8	асфалт 2	7.84	0.101
p=9	асфалт 3	8.34	0.107
p=10	производи од метала	5	0.064
p=11	производи од дрвета	3	0.039
p=12	производи од папира	2	0.026
p=13	комбинован производ	4.5	0.059
p=14	комбинован производ	4	0.051
p=15	комбинован производ	3.5	0.045
p=16	комбинован производ	3.5	0.045

У табели 8.52 приказане су кумулативне вредности критеријума класификације.

Табела 8.52. Кумулативна вредност критеријума класификације

Ознака финалног производа	Релативна вредност критеријума класификације	Кумулативна вредност критеријума класификације
p=1	0.129	0.129
p=9	0.107	0.236
p=8	0.101	0.337
p=7	0.090	0.427
p=10; p=2; p=3	0.064	0.619
p=13	0.059	0.678
p=14	0.051	0.728
p=6	0.049	0.778
p=15; p=16	0.045	0.868
p=11	0.039	0.907
p=4	0.035	0.942
p=5	0.032	0.974
p=12	0.026	1

Са аспекта потрошча и произвођача разматраних најважнији су производи: бетон (p=1), асфалт 3 (p=9), асфалт 2 (p=8), асфалт 1 (p=7), производи од метала (p=10), цигла (p=2), опека (p=3), комбиновани производ (p=13), комбиновани производ (p=14) и производи од керамике (p=6).

Производи који припадају групи В су: коминовани производ (p=15), комбиновани производ (p=16), производи од дрвета (p=11) и гума (p=4).

Производи који имају најмању важност за потрошаче са аспекта потрошача су: производи од пластике (p=5) и комбиновани производ (p=12).

Оптимални обим производње рециклата на свим рециклажним центрима добија се респектовањем структуре финалних производа и њихове израчунате оптималне количине производње. Оптимална количина рециклата која треба да се добије на свим рециклажним центрима је приказана у табели 8.53, а у табели 8.54 релативне вредности критеријума за класификацију рециклата.

Табела 8.53. *Оптимальна количина рециклата*

Врсте отпада	Врсте рециклата	Оптимальна количина рециклата $10^3 t/mes$
r=1	песак и шљунак	22.475
r=2	Fe отпад	6.95
r=3	обојени метали	5.65
r=2	цигла	5
r=3	опека	5
r=4	пластика	3.8
r=5	гума	5.056
r=6	керамика	3.865
r=7	пепео	8.463
r=8	дрво	9.75
r=9	текстил	0.275
r=10	папир	2.075

Резултати класификације рециклата применом ABC методе надаље су приказане.

Табела 8.54. *Релативна вредност критеријума класификације рециклата*

Врсте отпада	Врсте рециклата	Вредност критеријума класификације $10^3 t/mes$	Релативна вредност критеријума класификације рециклата
r=1	песак и шљунак	22.475	0.287
r=2	Fe отпад	6.95	0.089
r=3	обојени метали	5.65	0.072
r=4	цигла	5	0.064
r=5	опека	5	0.064
r=6	пластика	3.8	0.05
r=7	гума	5.056	0.065
r=8	керамика	3.865	0.049
r=9	пепео	8.463	0.108
r=10	дрво	9.75	0.124
r=11	текстил	0.275	0.003
r=12	папир	2.075	0.026

У табели 8.55 приказан је ранг рециклата и вредност кумулативне вредности критеријума класификације сваког рециклата.

Табела 8.55. Ранг рециклата и кумулативна вредност критеријума класификације

Врсте отпада	Релативна вредност критеријума класификације рециклата	Кумулативна вредност критеријума класификације
r=1	0.287	0.287
r=10	0.124	0.411
r=9	0.108	0.519
r=2	0.089	0.608
r=3	0.072	0.68
r=7	0.065	0.745
r=4; r=5	0.064	0.873
r=6	0.05	0.923
r=8	0.049	0.972
r=11	0.003	0.975
r=12	0.026	1

На рециклажним центрима најважније је применом одговарајућих технологија рециклаже добити следеће рециклате: песак и шљунак (r=1), дрво (r=10), пепео (r=9), Fe отпад (r=2), обојени метали (r=3) и гума (r=7).

Рециклати који имају средњу важност респектујући обим производње су: цигла (r=4), опека (r=5) и пластика (r=6).

Рециклати који имају малу важност са аспекта производње на разматраним рециклажним центрима су: керамика (r=8), текстил (r=11) и папир (r=12).

Кроз истраживања, чији су резултати приказани у овом поглављу, остварен је циљ Ц4 (утврђивање економске валидације отпадних материјала у регионалном грађевинском сектору) и циљ Ц5 (развој симулационог модела управљања отпадом за потребе у грађевинарству).

9. РАЗВОЈ МОДЕЛА УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ

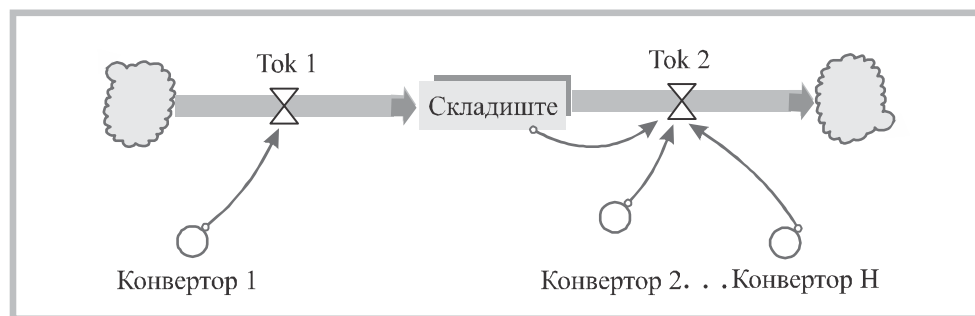
9.1. Анализа постојећих модела

Модели управљања отпадом, као грађевинским ресурсом, заснивају се углавном на концепту моделирања сложених динамичких система, дизајнираних на основу концепата:

1. систем динамике,
2. економетријски модели,
3. тока материја,
4. метода операционих истраживања,
5. симулационих техника,
6. осталих концепата.

9.1.1. Модел засновани на систем динамици

У приступу систем динамике, који је поставио 60-тих година *J. Forster* (1971) на основу теорије система и системског мишљења, системи се хијерархијски уређују, а између елемената модела постоје узрочно-последичне везе (*Sterman J., 2000*). Елементи модела у овом приступу су складишта, токови, конектори и конвертори (слика 9.1).



Слика 9.1. Основни елементи систем динамике

Складиште које се представља правоугаоником је варијабла стања, која представља акумулацију система, најчешће посматрано у претходном периоду. Облаци представљају улаз и излаз из складишта. Конектори су представљени стрелицама, репрезентују информациони ток узрока и последица. Варијабле тока су представљене вентилима. Оне представљају степен промене на улазу у складиште, односно, излазу из складишта.

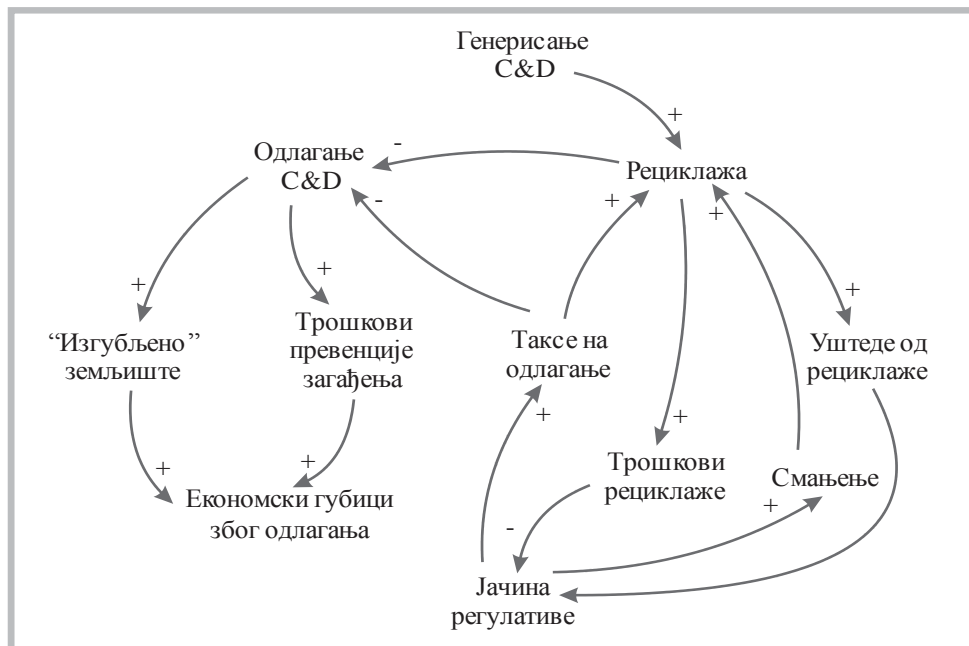
Примена концепта систем динамике састоји се, према сагледавању аутора, из шест итеративних процеса (слика 9.2).



Слика 9.2. Моделирање као итеративни процес

Dyson B., Chang N. (2005) су развили динамички модел за предвиђање стварања чврстог отпада у градовима који имају високи потенцијал економског раста. Ulli-Beer S. (2003) је развио модел за анализу различитих локалних иницијатива (политика) за рециклажу чврстог отпада, базираном на моделу повратне спреге у вези људског понашања и јавне политике. Kartam et al (2004) су истраживали алтернативна решења за менаџмент и контролу главних типова отпада, зависно од потенцијалне тражње и ограничења рециклираних материјала везана за трошкове. Wang J. et al (2004) су анализирали могући економски утицај (посебно рестрикције) на добављаче и стварање C&D отпада, на основу система базираних на табелама и *cost/benefit* анализи.

Поред ових радова, за шире разумевање примене систем динамике, у литератури су наведени други радови (Deaton M., Winebrake I., 2000). Ради приближавања приступа систем динамике проблем моделирања чврстог отпада као грађевинског ресурса посебно је значајан рад Zhao W. et al (2011). На слици 9.3 приказан је узрочно-последични дијаграм у моделу управљања C&D отпада.



Слика 9.3. Модел менаџмента C&D отпада (<http://www.vensim.com>)

За даље моделирање и симулацију најчешће се користе *Vensim* дијаграми тока.

9.1.2. Модели засновани на операционим истраживањима

Ова група модела користи различите технике из домена операционих истраживања, а посебно:

- смањење комплексности проблема и алгоритма,
- вишекритеријумска оптимизација,
- теорија *Fuzzy* скупова,
- генетски алгоритам,
- *АНР* и други.

Смањење комплексности проблема је све израженији захтев који се поставља код сложених динамичких модела. Сложеност проблема се смањује упрошћавањем алгоритма, смањењем броја ограничења и броја критеријума, на основу искуства. У супротном, оптимално решење проблема је везано за већу сложеност, а тиме често и проблеме у реализацији модела.

Према *Complexity Reduction* (Monden Y., 1995) комплексност модела се смањује и примена различитих приоритета, њихово рангирање и усмеравања ка изабраним приоритетима, утврђеним методама операционих истраживања.

Вишекритеријумска оптимизација (Rindt T., Billaut J., 2006) се најчешће користи код детерминистичких или динамичких система ниске динамике. Користе се:

- вишекритеријумско линеарно програмирање (*MLP - Multicriteria Linear Programming*),
- вишекритеријумско мешовито интеџер програмирање (*MMIP - Multicriteria Mixed Integer Programming*),
- циљно програмирање (*GP - Goal Programming*),
- остале технике програмирања.

Теоријом *Fuzzy* (расплинутих) скупова поставио је далеке 1980. године *Zimmerman H.J.* (2001) да би се описала непрецизност и неодређеност појава. Она се развијала у два правца:

1. постоје формално теорије увођења алгебре, теорије графова, топологије итд.

2. Постоје оријентисана ка примени (нпр. *Klir G., Folger T.*, 1988), као тзв. "*fuzzy tehnologija*".

9.1.3. Модели засновани на операционим истраживањима

Економетријски модели описују понашање економских субјеката (*Jovičić M.*, 1989) тако што се под емпиријским подацима тестирају хипотезе везане за модел понашања система. Дефинишу се променљиве величине (варијабле) и карактер њихове зависности. На нивоу једног система користе се:

- једноставни линеарни регресиони модели,
- вишеструки линеарни регресиони модели,
- динамички модели, и
- модели симултаних једначина.

Поред њих, за хијерархијски уређене системе користе се додатно:

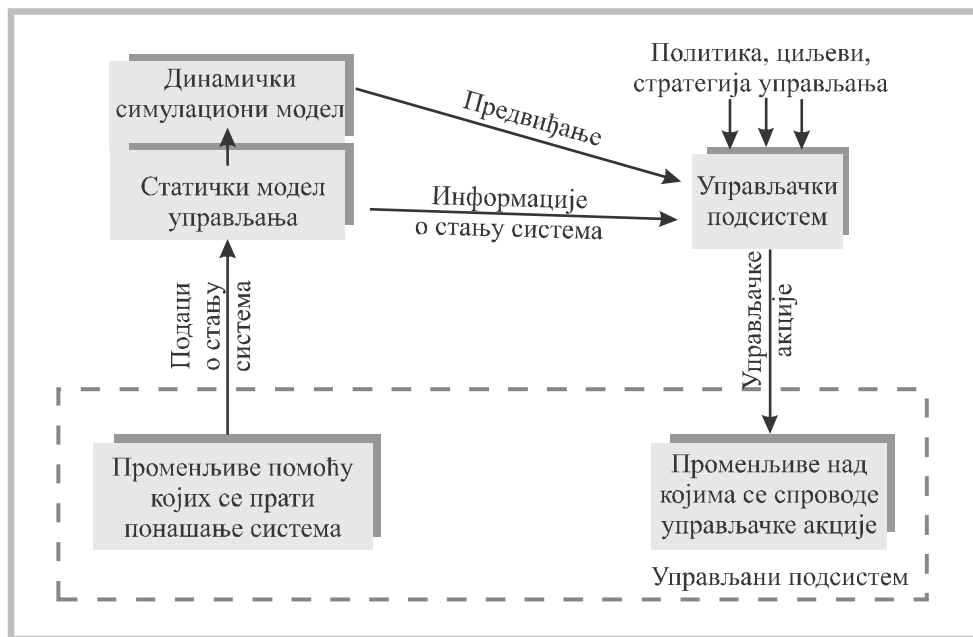
- *input/output* анализа,
- модели регионалног развоја (*Goetz S., Stimson R.*),
- модели одрживости, итд.

За потребе ове дисертације ови модели ће бити детаљно описани у наведеном поглављу.

У економетрији често се користи инпут/оупут анализа (*Miller R., Blair P.*, 2009) који је развио *Leontief* крајем 30-тих година 20-ог века. У овом концепту анализирају се произвођачи (у овом случају отпада) и потрошачи (у овом случају рециклажни центри и произвођачи делова од рециклираних материјала), карактеристике тражње за финалним производима (продаја, набавка) и додатна вредност за запослене, власнике капитала, државом итд. На основу тражње финалних производа и додатне вредности дефинише се бруто домаћи производ. Релације између ових ентитета се описују системом линеарних једначина, где су варијабле егзогене (из екстерних извора) и ендogene (унутрашње). Овај приступ посебно је погодан за опис мулти-регионалног развоја, утврђивање националног добитка преко нето вредности, избор модела промене различитих технологија израде производа у индустрији, одређивање енергетског баланса, динамичко моделирање декомпозиције структуре, мерење економске продуктивности, итд.

9.1.4. Модели засновани на симулационим техникама

Ови модели су засновани на кибернетској шеми управљања (слика 9.4).



Слика 9.4. Структура модела заснованих на симулационим техникама

Циљеви спровођења симулационог експеримента су:

- одређивање динамике искоришћења ресурса система,
- идентификовање "уских грла" протока материјала у систему,
- поређење перформанси алтернативних решења и
- развој оптималних стратегија управљања системом.

Разликују се континуални, дискретни и комбиновани типови симулације. Тако нпр. дискретне величине су ниво залиха отпада, капацитет депоније, итд., а континуалне потрошња енергије, камате и слично.

Основни елементи дискретне симулације су:

- ентитети,
- активности,
- догађаји,
- редови и чекање,
- атрибути,
- скупови, и
- стања.

Ентитети су компоненте система, као нпр. депоније, зграде, путеви, рециклажни центри, врсте отпада, итд. Активност су радње које изводе ентитети или које се изводе над ентитетима. У свакој активности учествују најмање два ентитета. Догађаји су тренутци када долази до промене стања система, односно промене стања одређених ентитета. Они могу бити интерни (ендогени) или екстерни (егзогени), јер су проузроковани дешавањима из окружења. Редови чекања су

пасивна стања ентитета, као нпр. рециклирани отпад који чека на уградњу после догађаја који означава почетак наредне активности.

Активности су карактеристике ентитета, као нпр. карактеристике отпада, карактеристике производа, технологије и машине. Скупови имају значење као у математици, а у предметној области односе се на скуп депонија, скуп општина, скуп произвођача отпада, скуп рециклера, итд. Стања ентитета се мењају током времена и тиме се описује понашање моделираног система.

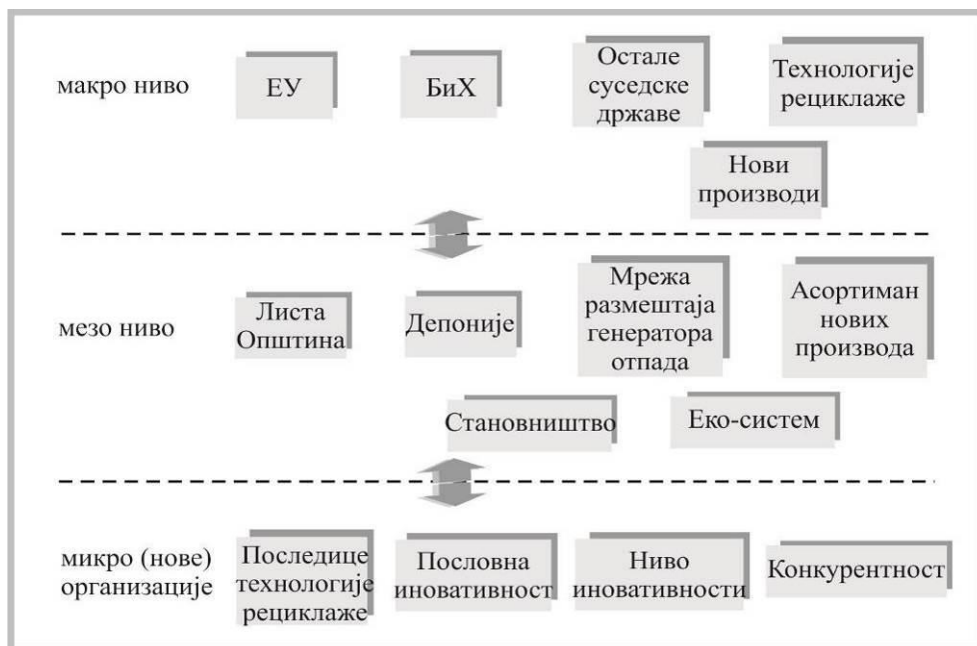
Дијаграм циклуса активности обухвата:

- дефинисање ентитета,
- израду циклуса активности за сваки ентитет,
- идентификовање атрибута за сваку врсту ентитета,
- дефинисање правила која важе за избор из различитих редова чекања,
- дефинисање трајања активности,
- дефинисање прорачуна који су везани за одређене вредности атрибута,
- дефинисање података који се региструју у току извршавања модела,
- дефинисање почетних услова моделираног система и
- дефинисање почетних вредности свих променљивих.

У предметној области користе се симулациони модели засновани на познавању релација између променљивих (преко електронских табела), као код (*Abbrigt, Zappre, Winston*), *Petrijevih mreža* и обојених *Petrijevih mreža*, *Monte Carlo* симулације итд.

9.2. Концептуални модел управљања отпадом као грађевинским ресурсом

Овај модел мора да обухвати ентитете на макро-, мезо- и микро нивоу (слика 9.5).



Слика 9.5. Структура модела заснованих на симулационим техникама

Сваки од наведених ентитета има своју структуру и везе са осталим ентитетима. Тако нпр. ЕУ, као композитни ентитет, чине суб-елементи: земље чланице, директиве, одрживост, конкурентност итд.

БиХ и остале суседске државе, као ентитети, састоје се из кантона, регија, политичко-економских ситуација, закона, ресурса, стратегија, инфраструктуре за управљање отпадом, итд. Технологије рециклаже су расположиве технологије на глобалном тржишту, са суб-ентитетима, технологијом рециклаже грађевинског отпада, комуналног отпада, индустријског отпада, итд. Асортиман нових производа обухвата различите врсте производа за грађевинарство, постојећих и нових, добијених рециклажом отпада. На сличан начин дефинишу се ентитети на мезо и микро нивоу.

У следећем кораку се сваки ентитет декомпонује на суб-ентитете, атрибуте и дефинишу релације са окружењем. За потребе израде предметног модела, на макро - нивоу утврђују се следећи елементи:

- циљеви на нивоу БиХ, кантона и регије,
- промена курса валуте,
- порези за обављање делатности рециклаже (приход ентитета),
- порези за обављање производње (приход ентитета),
- раст *GDP*-а,
- инфлација,
- трошкови инспекције,
- расположиве потенцијалне технологије рециклаже са одговарајућим карактеристикама за избор најпогодније,
- расположиви потенцијални грађевински производи добијени од рециклираних материјала,
- јавни интерес за рециклажу израђен различитим врстама подстицаја,
- тражња за грађевинским производима,
- цене ресурса, итд.

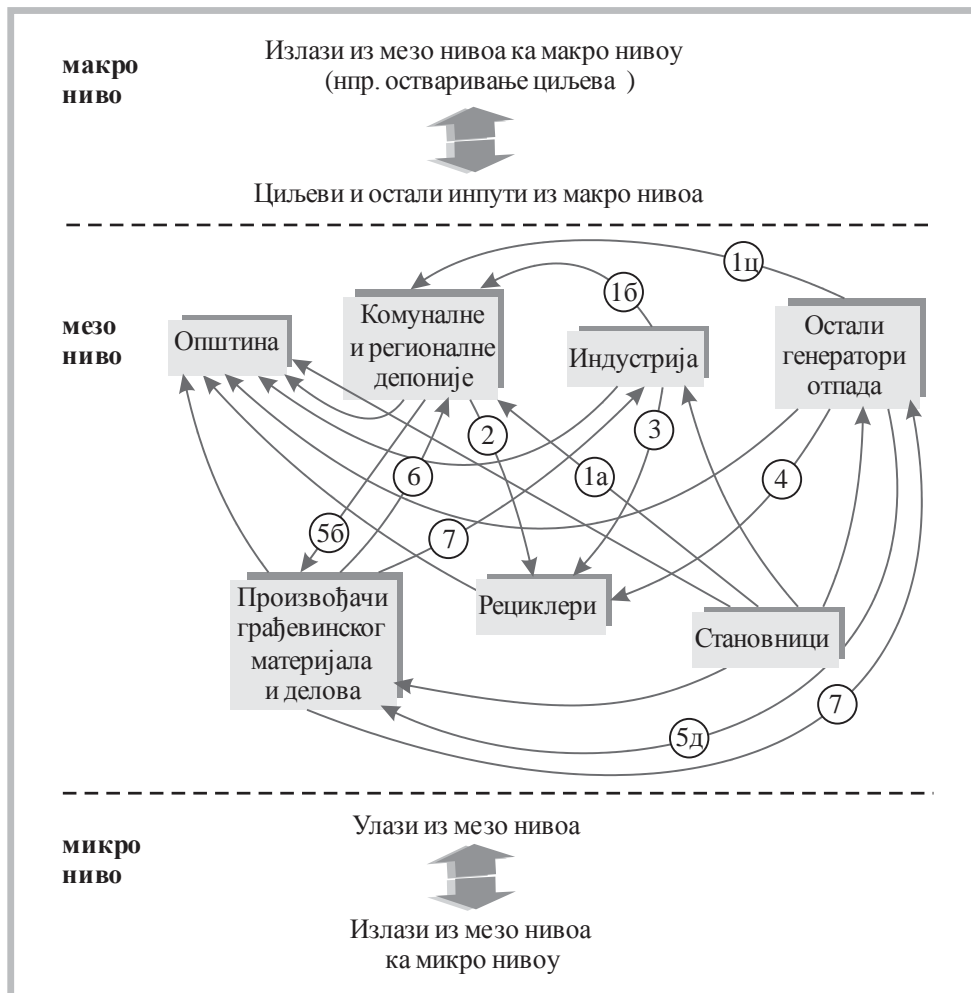
На мезо нивоу централно место имају општине у Региону, а за сваку од њих:

- карактеристике депонија (капацитет, трошкови одржавања, итд.),
- мрежа произвођача отпада (грађани, индустрија, грађевинарство, шумарство, итд.),
- мрежа рециклера (врсте рециклираних материјала, капацитети, постојеће технологије рециклаже, растојања и транспортни путеви, итд.),
- мрежа произвођача грађевинских производа, са укупним производним капацитетима, растојањима, транспортним путевима до рециклера и произвођача отпада,
- становништво као генератор отпада, са расположивим капацитетом, компетенцијама, мотивацијом, постојећим и жељеним валитетом живота,
- карактеристике еко-система (стање животне средине, дивље депоније, итд.),
- планови управљања отпадом,
- циљеви управљања отпадом, итд.

На нивоу организације (микро ниво) анализирају се:

- постојеће технологије рециклаже у организацији (врста, технолошки ниво, асортиман рециклата на излазу, трошкови рециклаже, карактеристике рециклираних производа или материјала, итд.),
- пословна политика (приход, трошкови, профит, лични доходак, запосленост, квалитет, безбедност производа, заштита животне средине, итд.),
- иновативност (увођење нових технологија рециклаже и израде производа, стопа иновативности, приход и добит од нових производа, итд.),
- конкурентност (већа уопсленост капацитета, смањење фиксних трошкова, конкурентност цена, појава субститута производа, итд.).

На основу претходних анализа формира се почетни концептуални модел (слика 9.6) у којем се симулација извршава доминантно на мезо-нивоу, на основу инпута из макро нивоа и делимично инпута из микро нивоа.



Слика 9.6. Инпут-оутпут анализа релација у концептуалном моделу

У овом моделу кључне су релације:

- P1: Генерисање отпада и одлагање истог на комуналним и регионалним депонијама од стране становника, индустријских капацитета и грађевинских активности,
- P2: Рециклажа отпада са комуналних и регионалних депонија у рециклажним центрима,
- P3: Рециклажа отпада из индустријског отпада,
- P4: Рециклажа отпада од *C&D* отпада, од зграда, путева, итд.,
- P5: Производња материјала и делова за потребе грађевинске индустрије, и то после рециклаже (5а), директно после селекције отпада са комуналних депонија (5б), индустријских капацитета (5ц) или грађевинских постројења (5д),
- P6: Одлагање отпада после производње материјала и делова за грађевинску индустрију,
- P7: Примена рециклираних материјала и делова у индустрији или грађевинарству.

У овој анализи нису истакнуте преостале релације. Свака од наведених релација се остварује преко одговарајућег суб-модела. Број суб-модела зависи од планиране (жељене) "дубине" и "ширине" модела. У овој дисертацији нагласак ће бити на оним релацијама и активностима које ће са довољном тачношћу описати постојеће и будуће стање система управљања отпадом, са утицајним варијаблама (ендогеним и егзогеним).

9.3. Модел управљања отпадом као грађевинским ресурсом у Региону

Модел управљања отпадом као грађевинским ресурсом, као макро модел, заснован је на концепту систем динамике, применом *Vensim* дијаграма тока. Укупан модел дели се на следеће суб-моделе:

- 1.модел одрживости региона,
- 2.модел генерисања отпада,
- 3.модел селекције и одлагања отпада,
- 4.модел накнадне селекције и транспорта комуналног отпада до рециклера отпада,
- 5.модел селекције и транспорта индустријског отпада до рециклера отпада,
- 6.модел селекције и транспорта отпада од грађевинских активности до рециклера отпада,
- 7.модел производње материјала и делова за потребе грађевинске индустрије.

Остале релације и субмодели нису предмет ове студије. Наведени субмодели су међусобно спрегнути.

9.3.1. Модел одрживости региона

Најчешће цитирана дефиниција одрживости „развој који задовољава садашње захтеве без компромитовања способности да се задовоље захтеви будућих генерација“.

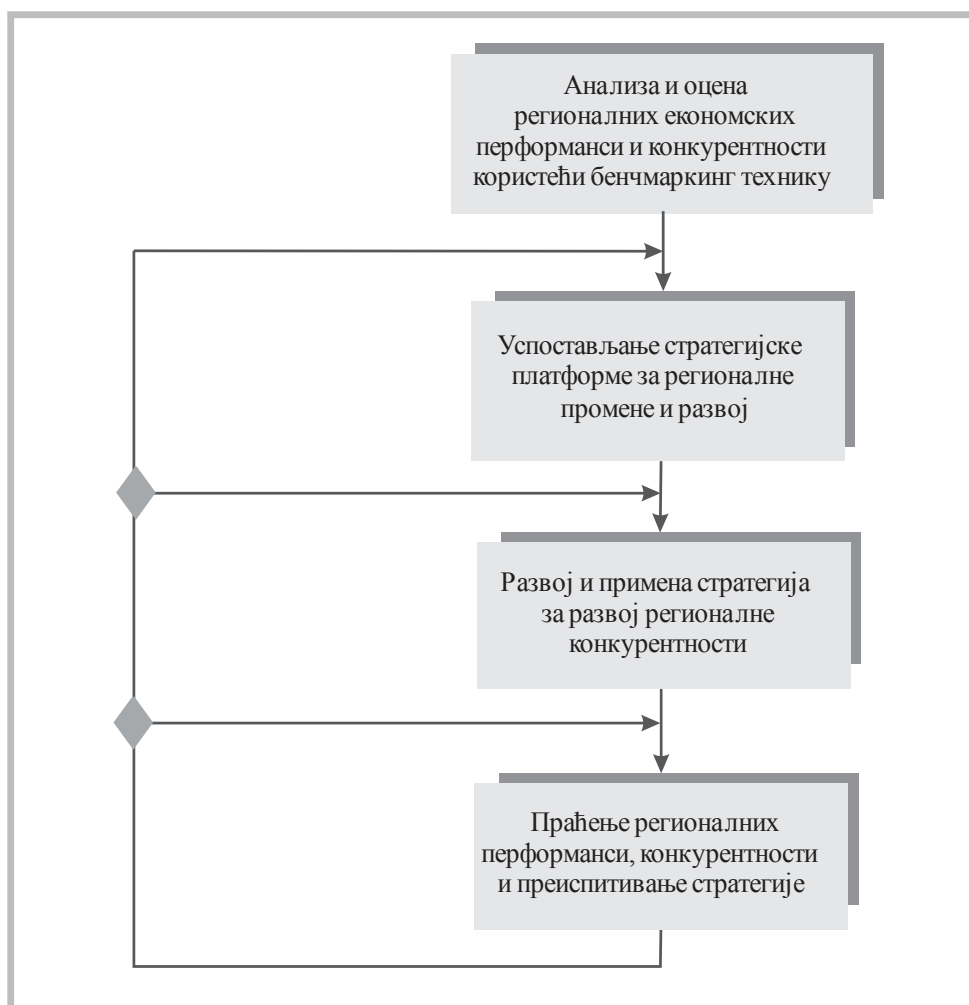
Она је наведена у Извештају Брутландове комисије (1987 год.). То није непромењиво стање хармоније, већ процес промена у којем се дешавају искоришћавање ресурса, усмеравају инвестиције, одваја технолошки развој и институционализују промене, конзистентне са садашњим и будућим потребама. Овакав приступ је условио промену традиционалних модела раста, базираних на следећим премисама:

- циљ је максималан профит,
- производња и потрошња су ресурсно интензивне,
- потрошња енергије из фосилних горива,
- централизовани велики производни системи,
- ограничења животне средине у погледу потрошње,
- максимизирање друштвених бенефита,

са парадигмом одрживог развоја, базираној на премисама:

- циљ је видљив, дугорочни раст,
- чување производних ресурса применом енергетски ефикасних технологија у мањим производним организацијама,
- померање фокуса ка алтернативним изворима енергије, рециклажи и одржавању ресурса,
- претпоставка да су човек и окружење међусобни зависни, што значи да су заменљиви.

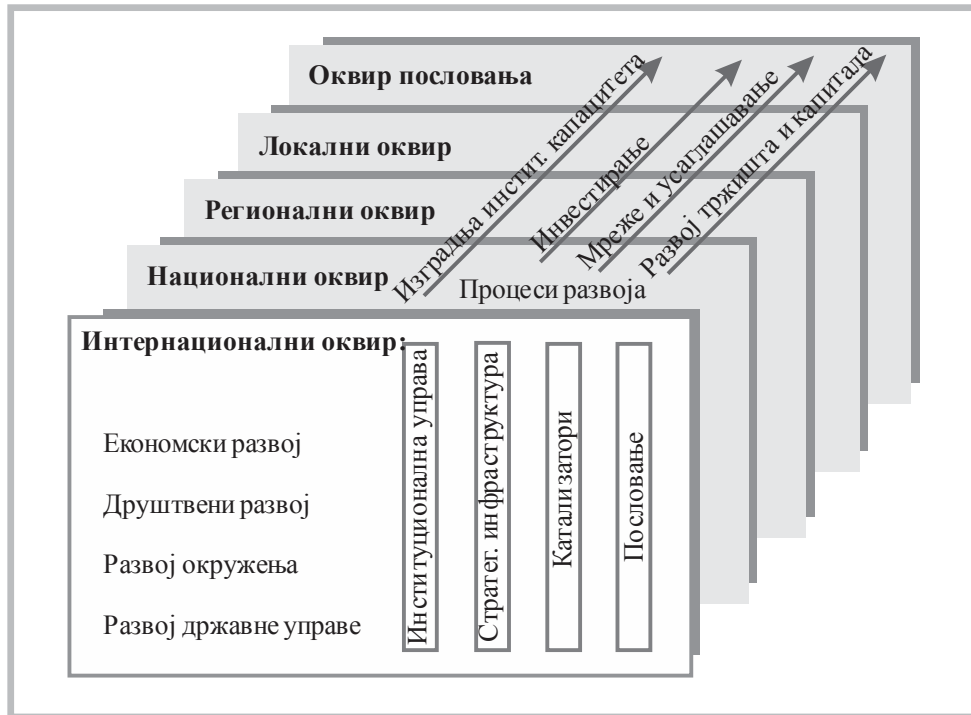
На овим основама је заснован савремен концепт регионалног економског развоја (слика 9.7).



Слика 9.7. *Савремени приступи регионалног економског развоја*

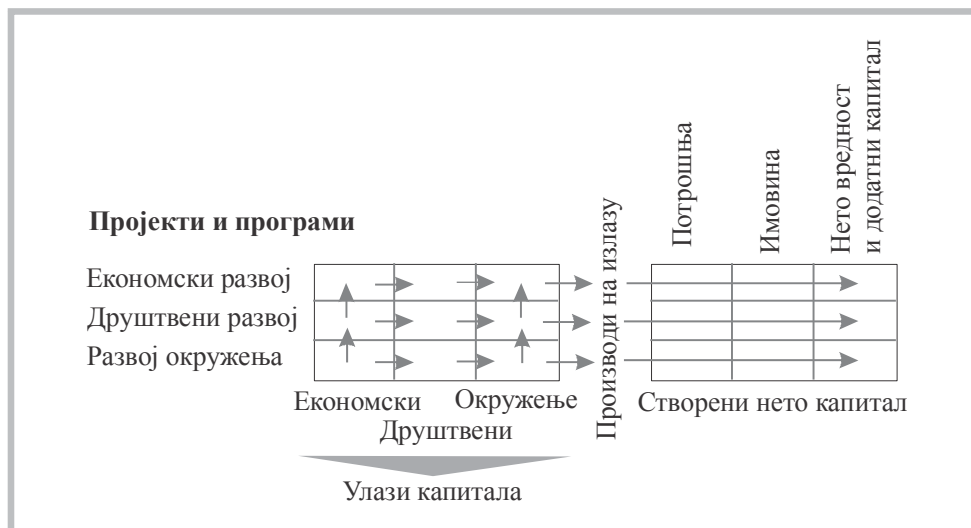
Према *Blakely E. J.* (1994) регионални/локални развој је функција следећих фактора (или променљивих): природни ресурси, радна снага, капитал, инвестиције, структура, индустрије, технологије, величина, извозно тржиште, међународна економска ситуација, капацитет локалних институција, штедња на локалном и државном нивоу, шеме подршке развоја. Компоненте новог приступа су: (1) запошљавање, (2) развој нових економских ентитета, (3) квалитет окружења и (4) знање као генератор развоја.

Према *Stimsons, Stough i Roberts* (2006) концепт регионалног развоја обухвата елементе приказане на *слици 9.8.*



Слика 9.8. Концепт регионалног развоја [Stimsons, Stough i Roberts (2006)]

Кроз пројекте и програме одрживог развоја у домену економског, друштвеног и развоја окружења преко матрице јачања управе у региону (слика 9.9), остварује се стварање нето капитала.



Слика 9.9. Стварање нето капитала региона [Stimsons, Stough i Roberts (2006)]

Основне економске теорије за оцену регионалног развоја су:

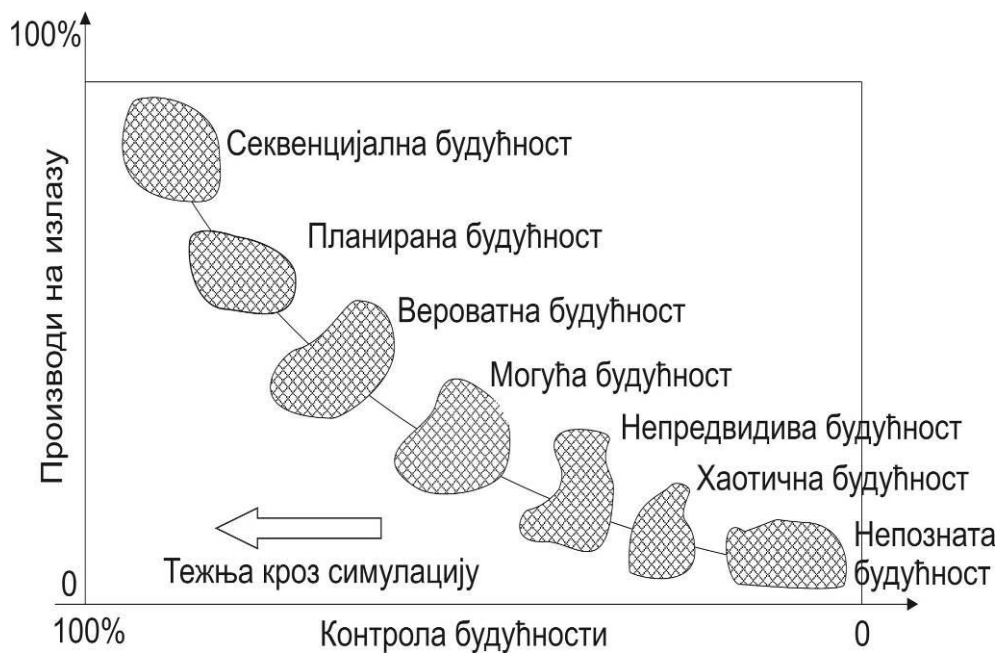
■ анализа индустријских циљева преко коефицијената локације, који узима у обзир:

- E_{ir} – запошљавање у сектору i у региону r ,
- E_r – укупно запошљавање у региону r ,
- E_{in} – запошљавање у сектору i на националном нивоу,
- E_n – укупно запошљавање на националном нивоу.

$$Lqir = (E_{ir} / E_r) / (E_{in} / E_n)$$

- анализа промене удела у фактору на:
 - националном плану,
 - везану на микс производа у индустрији или региону или
 - регионалне предности или конкурентности.
 - овај концепт је проширен коришћењем статичких метода предвиђања, као што су:
 - ✓ анализа варијансе *ANOVA (Analysis of Variance)*,
 - ✓ мултиплативни модел удела у променама,
 - ✓ ауторегресивне интегрисане покретне средње вредности (*ARIMA*),
 - ✓ линеарни модел анализе промене удела.
- приступ тоталног фактора продуктивности, са променом запослености (Л), капитала (К), који условљавају промену укупног микса индустрије.
- диференцирање релативне продуктивности и регионалне конкурентности, применом *DEA (Data Envelopment Analysis)* методе.
- Инпут-оутпут (*I-U*) анализе, са следећим категоријама:
 - запошљавање,
 - зараде,
 - доприноси на зараде,
 - порези за пословање,
 - државни порези на доходак.

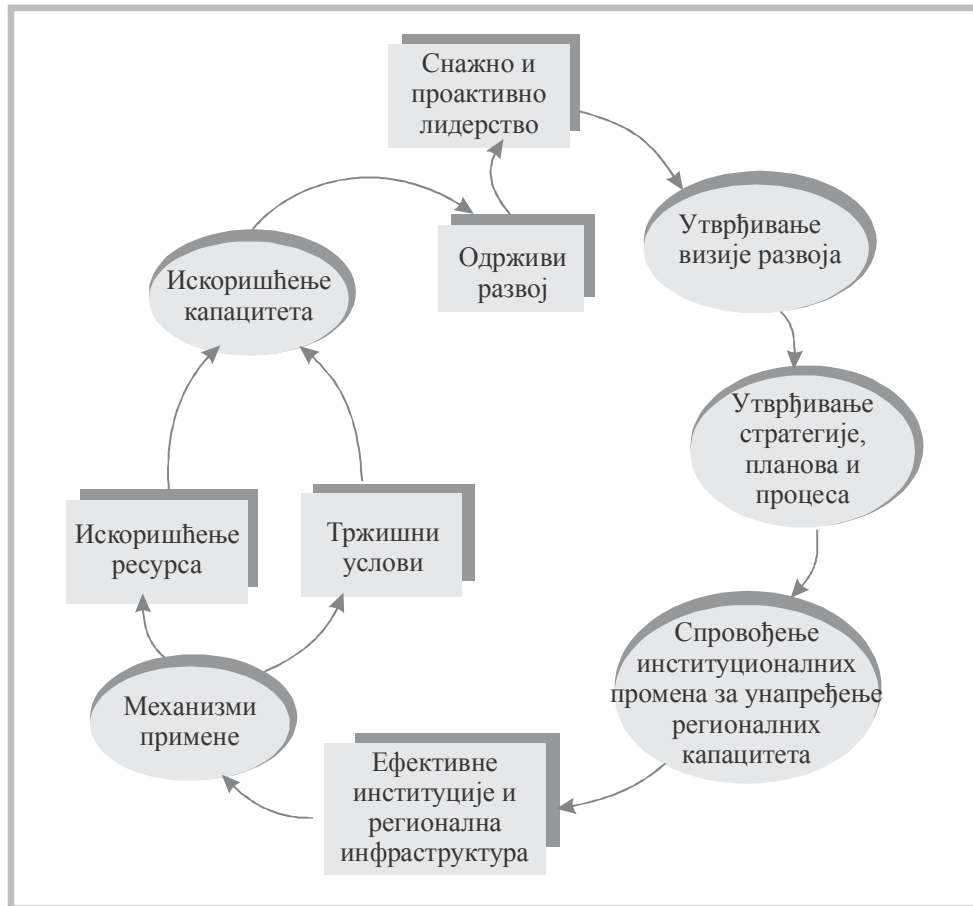
На основу претходног метода анализе и предвиђање могући су различити сценарији предвиђања будућности (слици 9.10).



Слика 9.10. Сценарији предвиђања будућности

- приступи оцени регионалне конкурентности и ризика, користећи:
 - мулти-секторску анализу (*MSA-Multi Sector Analysis*),
 - SWOT* анализу,
 - мулти-критеријску анализу (*MCA-Multi-Criterium Analysis*),
 - кључне компетенције,
 - стратегијску инфраструктуру и
 - оцену ризика и менаџмента ризика.

У концепту регионалног економског развоја (слика 9.11) велику улогу имају лидери и институције.



Слика 9.11. Лидерство у непрекидном кругу остваривања одрживог развоја

У концепту регионалног развоја и одрживог развоја користе се различити модели од којих се издвајају:

- Британски модел одрживог развоја са три главна аспекта (економског, друштвеног и еко аспекта), (*Izveštaj nevladinih organizacija o procesu izgradnje regionalnih sanitarnih deponija u BiH, 2006*).
- Швајцарски модел одрживог развоја (*Bruton G., White M., 2011*) са 135 индикатора,
- модел одрживог развоја Уједињених нација (слика 9.12).



Слика 9.12. Индикатори одрживог развоја Комисије Уједињених нација за животну средину (Ross S., 2006)

Имајући у виду предмет и циљ истраживања, модел одрживости региона мора да обухвати следеће елементе управљања отпадом, из:

- 1. групе: образовање, систем изградње и насељеност,
- 2. групе: земљиште,
- 3. групе: економску структуру, потрошњу и
- 4. групе: институционални оквир и капацитете за управљање отпадом као грађевинским ресурсом.

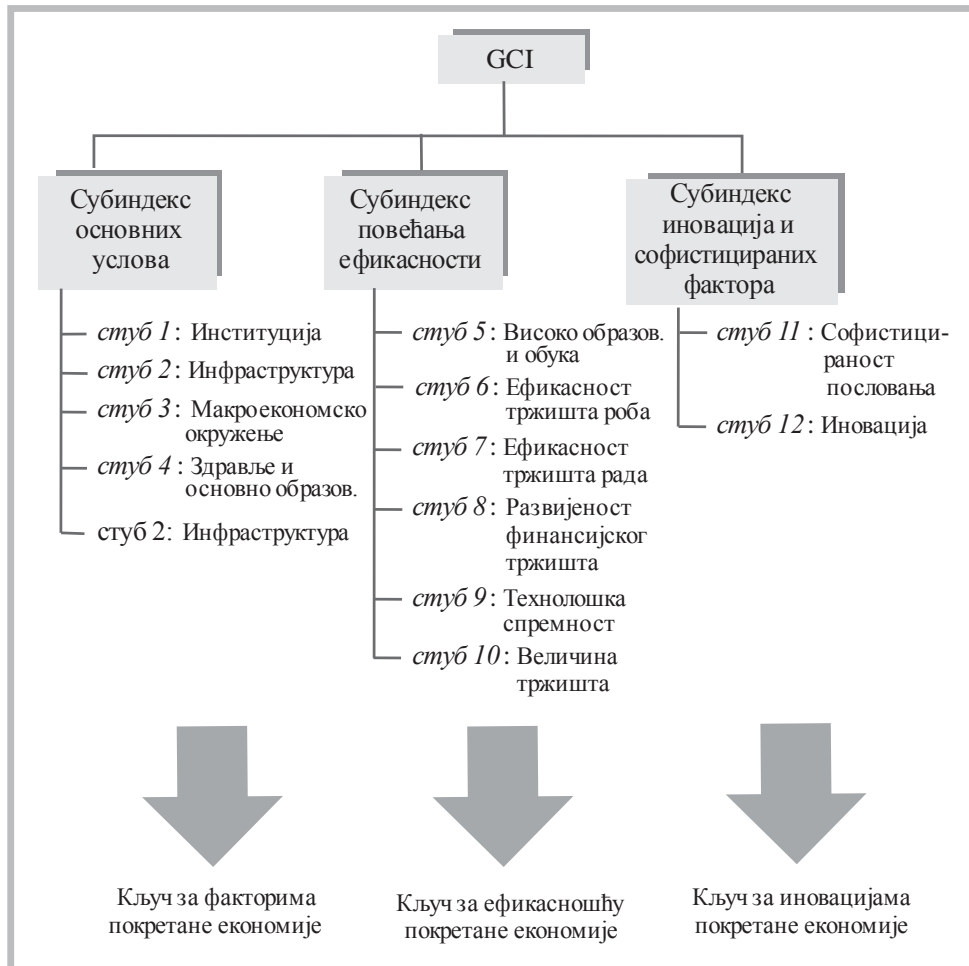
Укупан модел одрживости региона састоји се из следећих суб-модела (слика 9.13).



Слика 9.13. Модел одрживости региона

Сваки суб-модел ће се у студији реализовати преко одговарајућих метода, а пре свега *Fuzzy AHP*, циљног програмирања и симулације.

Полазећи од структуре *GCI (Global Competitiveness Index)*, који се дели на три субиндекса са укупно 12 стубова (слика 9.14). Са аспекта ове дисертације на вредност.



Слика 9.14. Оквир за глобални индекс конкурентности [The Europe 2020 Competitiveness Report]

GCI-а може се утицати унапређењем стубова у другом и трећем суб индексу. У европској стратегији до 2020 године снажан акценат се даје одрживом развоју који обухвата:

- промоцију ресурсно ефикаснијих, зелених и конкурентних економија и
- раздвајање економског раста од интензивног коришћења ресурса.

За поређење националних економија развијен је систем мерења са 7 стубова:

1. окружење предузећа,
2. дигитална агенда,
3. иновативна Европа,
4. образовање и обука,
5. тржиште рада и запошљавање,
6. социјална инклузија и
7. одрживост окружења.

Издавајају се циљне вредности индикатора до 2010 године:

- стопа запослености – 75% популације од 20-64 године
- удео истраживања и развоја у *GDP* – 3%,
- емисија гасова – смањење за 20% у односу на 1990. годину
- удео обновљиве енергије у потрошњи енергије – до 20%
- ефикасност примарне потрошње енергије у *Mtoe* – повећање за 20%.

Полазећи од претходних анализа, полазни регионални модел конкурентности и одрживости је представљена на слици 9.15, при чему су *GCI* субиндикатори подаље у две групе:



Слика 9.15. Модел регионалне одрживости

У овом моделу у овој дисертацији ће се анализирати утицај варијабли са 1. нивоа на други, на основу улаза из субмодела наведеним у наредном тексту.

9.3.2. Модели генерисања грађевинског и индустријског отпада

9.3.2.a. Модел генерисања грађевинског отпада

Грађевински отпад настаје као последица изградње, реконструкције и рушења грађевинских објеката (као што су зграде, путеви, мостови, улице, итд.), а који се може поново искористити у грађевинарству. Према (*Bosink B. & Browers H., 1996*) доминантне врсте грађевинског отпада су: (1) бетон, (2) малтер, (3) цигла, (4) дрво, (5) челик, (6) материјал за паковање, (7) покровни материјал, (8) подне облоге, (9) остало. Улаз у овај модел је из надређеног система и то:

- 1) стопа раста ГДП, која утиче на интензитет грађевинске индустрије и укупну површину грађевинских објеката по врстама,
- 2) јавни интерес за обнављање грађевина због унапређења квалитета живота, који се исказује преко инвестиција подстицаја за обнављање објеката.

Због непостојања егзактних података за потребе третирања овог модела и симулације коришћени су полазни подаци из тачке 4, 5 и 6, који се односе на почетне вредности променљивих и експертских оцена.

9.3.2.б. Модел генерисања индустријског отпада

Овај модел се такође заснива на претходном моделу, при чему је уместо изградње посматрана индустријска активност и припадајуће врсте отпада, које су зависне од заступљености индустрије у Региону.

Идентификоване су следеће врсте отпада:

1. пластика,
2. опека,
3. пепео,
4. метали (црни и обојени),
5. отпадна уља,
6. текстил и папир,
7. гума,
8. дрво и материјал за паковање,
9. керамика и
10. остало.

На основу идентификованих врста отпадних материјала формиран је модел генерисања индустријског отпада.

Треба нагласити да реконструкција и рушење индустријских објеката припада грађевинској делатности, па стога је у овај модел укључен само отпад који настаје као нуспроизвод индустријског процеса (производње, одржавања, сервисирања, отпреме, паковања, итд.).

9.3.2.ц. Модел генерисања комуналног отпада

За потребе грађевинске индустрије обухвата само неоргански отпад, који чине:

- материјали за паковање,
- пепео,
- пластика,
- гума,
- метали,
- текстил,
- папир,
- дрво,
- керамика и опека,
- остало.

У овом моделу, узимајући у обзир специфичности комуналног отпада, као варијабле, додатно су укључене:

- укупна потрошња по становнику, која утиче на издвајање појединца за животни стандард, односно потрошачку корпу,
- комунални отпад по становнику.

На основу расположивих података за БиХ и из референтне литературе, коришћење статистичког софтвера СПСС в.21, утврђена је количина комуналног отпада, која износи:

Комунални отпад [t] = $a_0 + a_1 * \text{комунални отпад/становнику} + a_2 * \text{величина корпе по становнику (потрошачка корпа)}$.

Остале релације између варијабли у суб-моделу су аналогне претходним суб-моделима.

9.3.2.д. Модел генерисања отпада од *ELV*

Генерисање отпада од *ELV* се врши на другачији начин у односу на претходне начине. *ELV* се прикупља:

- организовано у центрима за прикупљање (депоније возила и делова од возила) и рециклажним центрима,
- преко сервисера возила,
- преко индивидуалних власника возила који уступају/продају делове возила продавцима секундарних сировина.

На основу морфологије отпада од *ELV*, у принципу, све врсте отпада се могу генерисати за потребе грађевинске индустрије. Доминантне врсте отпада су:

- метали,
- пластика,
- гума,
- текстил,
- стакло,
- уља,

- флуиди,
- електрични и ел. отпад,
- батерије,
- остало.

У структури просечног *ELV* од цца 1.000 кг, просечне количине су, према (*TRL*, 2003):

	2002.	2015.
	<u>година</u>	<u>година</u>
▪ гвожђе [%],	680	650
▪ остали метали [%],	80	90
▪ пластика [%],	100	120
▪ гума [%],	20	20
▪ текстил [%],	10	10
▪ стакло [%].	30	30
▪ пнеуматици [%],	30	30
▪ флуиди [%],	17	17
▪ батерије [%],	13	13
▪ остало [%],	20	20

9.3.2.е. Модел генерисања отпада из термо-енергетских постројења

У термо-енергетским постројењима ствара се отпад као резултат сагоревања угља или гаса. Као резултат јављају се следеће врсте отпада:

1. летећи пепео,
2. пепео који остаје у ложишту,
3. чврсти остатак (шљака, земља, итд.),
4. смоле, уља и чађ.

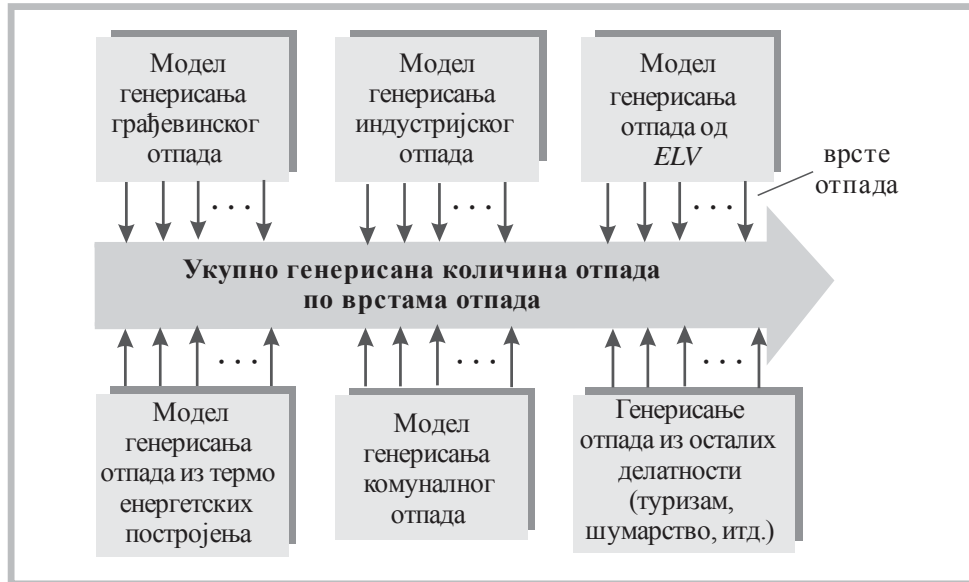
Треба напоменути да се, у зависности од енергената, могу појавити и друге врсте отпада, нпр. спаљивањем гуме јављају се различите врсте смоле, итд., али за потребе грађевинске индустрије најважније су претходно наведене четири врсте отпада.

Количина и структура отпада из термо-енергетских постројења зависи од примењене технологије сагоревања, карактеристика материјала за сагоревање, итд. С обзиром да су то унапред дефинисани услови сагоревања, количине отпада су дефинисане и није целисходно, у првом кораку истраживања, вршили симулацију.

На тај начин, овај симулациони модел се претвара у детерминистички модел у којем се величина ове врсте отпада множи фактором рециклабилности и добија укупан рециклован отпад из термо-енергетских постројења.

9.3.2.ф. Интеграција модела генерисања отпада за потребе грађевинске индустрије

Излази из претходних суб-модела генерисања отпада чине улаз у укупно генерисање отпада у Региону у току године (слика 9.16).



Слика 9.16. Укупна годишња количина генерисаног отпада у Региону по врстама отпада

Применом величина на улазу у сваки симулациони суб-модел могу се утврдити могућности стварања веће количине рециклабилног отпада, за потребе рециклаже и даље примене у грађевинској индустрији.

Резултати истраживања, приказани у овом поглављу представљају основну за развој модела одрживог управљања, чиме подржавају остваривање општег циља истраживања Ц0.

10. ОДРЖИВОСТ УПРАВЉАЊА ОТПАДОМ КАО ГРАЂЕВИНСКИМ РЕСУРСОМ У РЕГИОНУ СЕВЕРО-ИСТОЧНЕ БиХ

10.1. Основе модела одрживости управљања отпадом

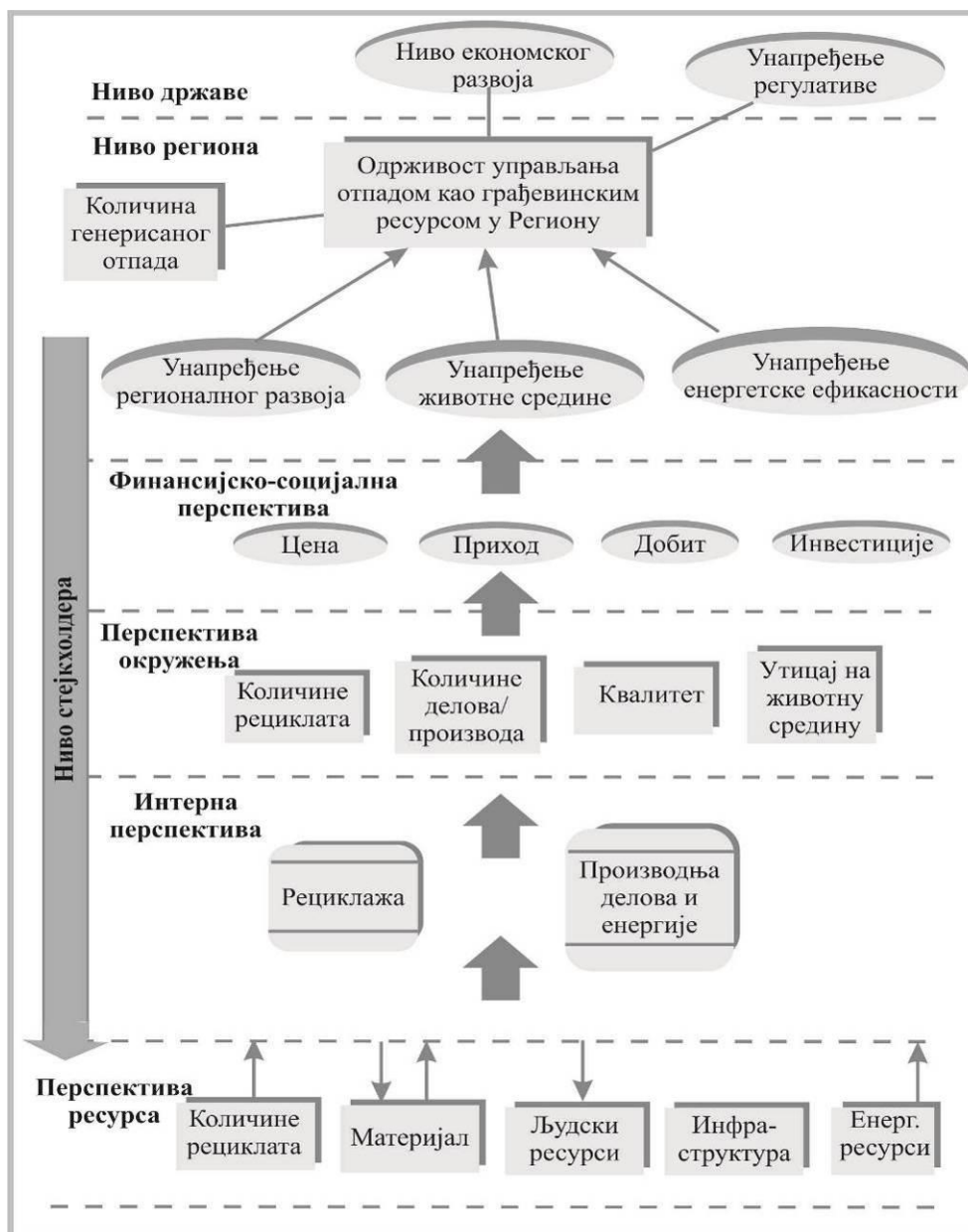
По дефиницији одрживости, на нивоу Региона посматрају се следећи индикатори:

- регионални развој,
- унапређење животне средине,
- унапређење енергетске ефикасности,
- унапређење регулативе.

На нижем нивоу се посматрају стејкхолдери (генератори отпада, рециклери, произвођачи, транспортери, државне институције, купци, итд.), као на *слици 10.1*. На дну се налази ниво ресурса, при чему су издвојени: земљиште, материјал за рециклажу (отпад) и изворни материјал, људски ресурси на нивоу стејкхолдера и Региона, инфраструктура (путеви, мрежа рециклажних центара и депонија, итд.), енергетски ресурси (струја, нафта, угаљ, итд.).

Карактеристике ресурса у посматраном Региону су описане у претходним поглављима. Улаз у модел је количина рециклата по врстама, који се добијају различитим технологијама рециклаже од укупно генерисаног отпада. Применом *АНР* методе и 8. поглављу утврђене су оптималне количине рециклата, на основу врста и количина генерисаног отпада у Региону. Рециклат, као и изворни материјал за грађевинску индустрију, налазе се перспективи ресурса. У интерној перспективи посматрају се пословни ентитети који врше рециклажу отпада и производњу за потребе грађевинарства. С обзиром да у овом тренутку ови пословни ентитети нису довољно развијени да се анализирају као појединачни ентитети и да се у наредној перспективи њихови излази сумирају, аутор је изабрао да се у интерној перспективи посматрају средње вредности варијабли просечног ентитета.

На нивоу стејкхолдера управљању отпадом као грађевинским ресурсом посматране перспективе окружења (тржишта/купца) и финансијско-социјална перспектива. Заснивајући се на претходном, модел се може засновати на индивидуалним пословним ентитетима или просеком за посматрани Регион. На нивоу Региона посматра се одрживост, са једне стране, и количина генерисаног отпада (веза са перспективом ресурса) и генератори отпада (комуналне делатности, индустрија и остале делатности). Ниво региона је повезан са нивоом државе.



Слика 10.1. Основни модел одрживости система рециклаже отпада као грађевинског ресурса

На нивоу интерне перспективе сваког стејхолдера посматрају се:

- рециклери са процесима рециклаже сваке фракције отпада,
- произвођачи делова од рециклата и произвођачи енергије. Произвођачи су истовремено и генератор отпада.
- потрошачи, као генератори отпада,
- остале делатности као генератори отпада.

На нивоу природног окружења и тржишта посматрају се:

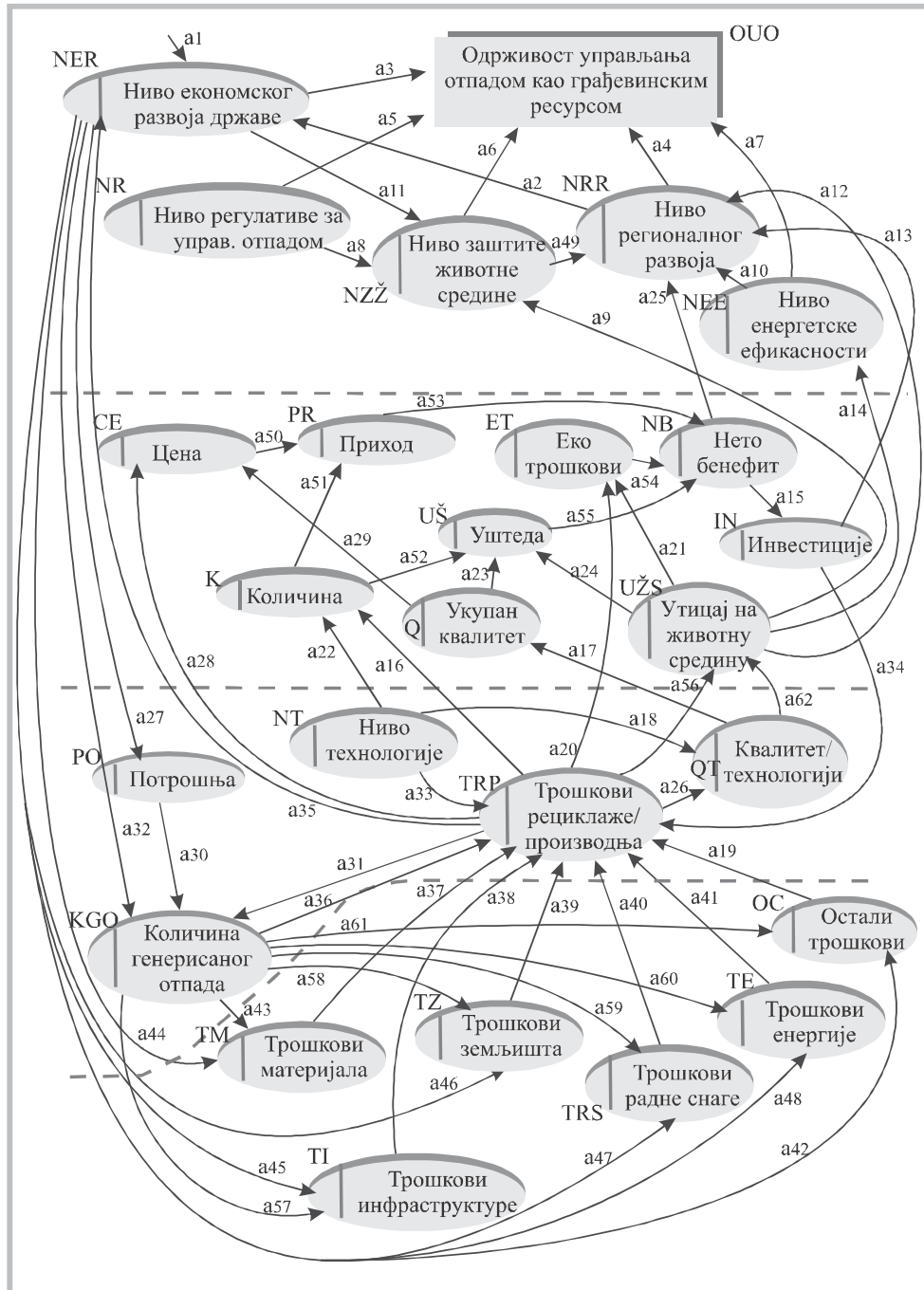
- количине рециклата,
- количине делова/производа,
- квалитет рециклата/производа,
- утицај на животну средину.

На нивоу социјално-финансијске перспективе посматрају се:

- цена рециклата/производа,
- приход,
- инвестиције и
- ново запошљавање.

10.2. Резултати моделирања и симулације

На основу претходног основног модела сачињен је динамички модел приказан на слици 10.2.



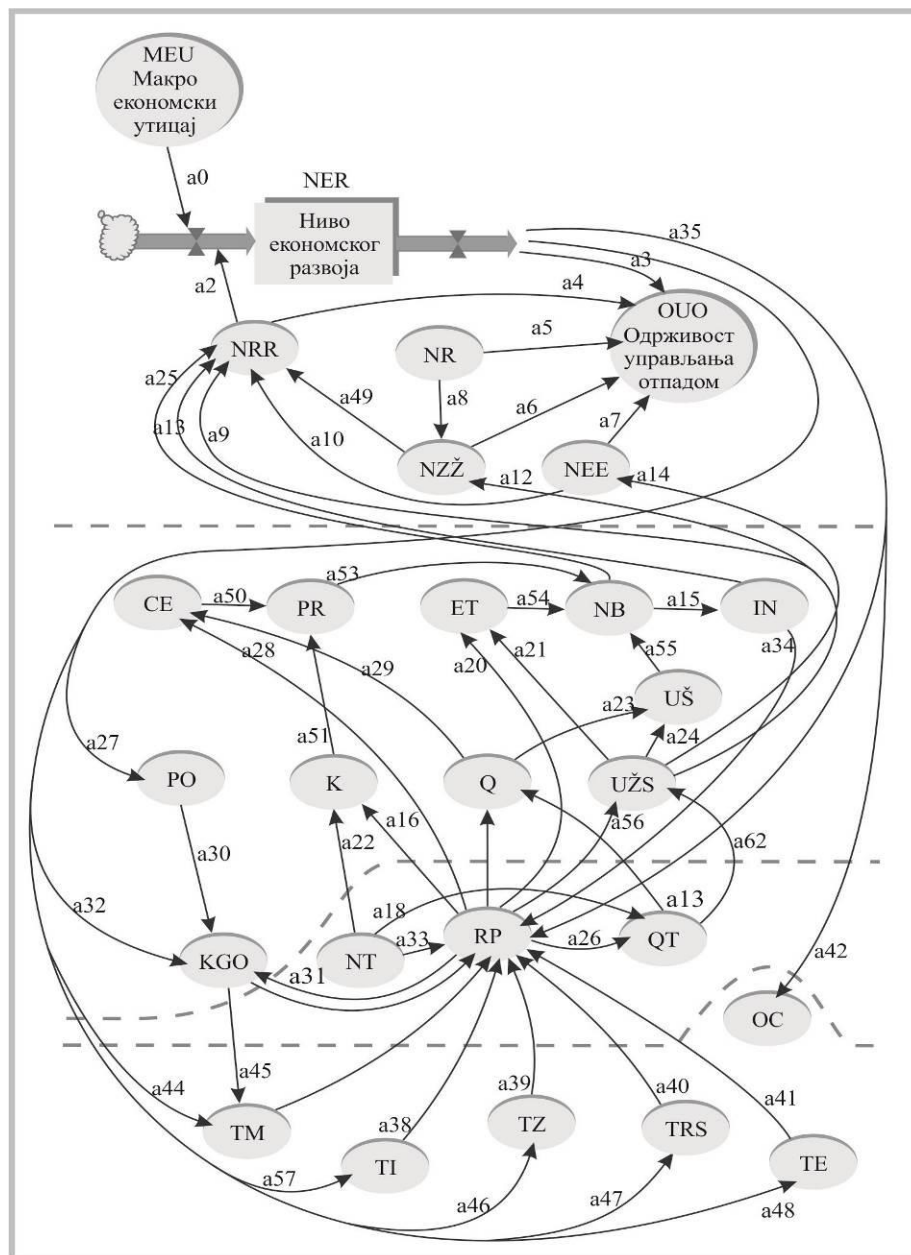
Слика 10.2. Динамички модел одрживости управљања отпадом као грађевинским ресурсом

Овај, релативно упрошћен, модел је основа за симулацију ефекта примене рециклаже за потребе грађевинске индустрије. У овом моделу је идентификовано укупно 62. релације.

На основу претходног, дефинисан је модел одрживости управљања отпадом као на *слици 10.3*. На основу претходних истраживања наведених у дисертацији, расположиве литературе и процене аутора, дефинисане су почетне вредности варијабли, релације и циљне вредности. Симулација је спроведена применом *MS office Excell* софтверског покрета. Симулација је спроведена за два сценарија:

- постојећи ниво управљања отпадом као грађевинским ресурсом у Региону,
- могући сценарио применом предложених резултата истраживања.

Релације између променљивих у моделу исказане су наредним једначинама.



Слика 10.3. Симулациони модел

$$NER = NER_0 (1 + a_1 \times MEU + a_2 \times NRR)$$

$$OUO = OUO_0 + p_3^* a_3 \times NER + p_4^* a_4 \times NRR + p_5^* a_5 \times NR + p_6^* a_6 \times NZ\check{Z} + p_7^* a_7 \times NEE$$

$$NZ\check{Z} = NZ\check{Z}_0 + p_8^* a_8 \times NR + p_9 \cdot a_9 \sum_i U\check{Z}S_i + p_{11} \cdot a_{11} \times NER$$

$$NRR = NRR_0 + a_{10} \times NEE + a_{12} \sum_i U\check{Z}\check{S} + a_{13} \times IN + a_{25} \times NB$$

$$NEE = NEE_0 + a_{14} \sum_i U\check{Z}S,$$

где индекс 0 означава почетну вредност (посматрани период), а сумирање се врши по пословним ентитетима (рециклерима/произвођачима), што је означено индексом i .

На нивоу тржишта/купца утврђене су релације, наведене у даљем тексту:

$$IN = a_{15} \times NB + IN_0$$

$$NB = NB_0 + PR - ET + U\check{S}$$

$$PR = PR_0 + CE \times K$$

$$ET = ET_0 + a_{20} \times TRP + a_{21} \times U\check{Z}S$$

$$K = K_0 + a_{22} \times NT$$

$$U\check{S} = U\check{S}_0 + a_{23} \times Q + a_{24} \times U\check{Z}S$$

$$Q = Q_0 + a_{16} \times TRP + a_{17} \times QT$$

$$QT = QT_0 + a_{18} \times NT + a_{26} \times TRP$$

$$PO = PO_0 + a_{27} \times NER$$

$$CE = CE_0 + a_{28} \times TRP + a_{29} \times Q$$

На нивоу пословних ентитета (рециклажних центара/произвођача) утврђене су следеће релације:

$$KGO = KGO_0 + a_{30} \times PO + a_{31} \times TRP + a_{32} \times NER$$

$$NT - \text{независна варијабла (1 - 10)}$$

$$TRP = RP_0 + a_{33} \times NT + a_{34} \times IN + a_{35} \times NER + a_{36} \times KGO + a_{37} \times TM + a_{38} \times TI + a_{39} \times TZ + a_{40} \times TRS + a_{41} \times TE + a_{19} \times OC$$

$$TM = TM_0 + a_{43} \times KGO + a_{44} \times NER$$

$$TI = TI_0 + a_{45} \times NER$$

$$TZ = TZ_0 + a_{46} \times NER$$

$$TRS = TRS_0 + a_{47} \times NER$$

$$TE = TE_0 + a_{48} \times NER$$

$$OC = OC_0 + a_{42} \times NER$$

Табела 10.1. *Процењене вредности константи у релацијама модела*

Ознака	Назив	Почетна вредност	Могућа вредност
a_1	Макроекономски утицај на NER	0.10	0.08
a_2	Утицај нивоа рег. развоја на NER	0.25	0.35
a_3	Утицај NER на OUO	0.05	0.06

a_4	Утицај NRR на OUO	0.07	0.10
a_5	Утицај NR на OUO	0.02	0.03
a_6	Утицај NZŽ на OUO	0.05	0.06
a_7	Утицај NEE на OUO	0.02	0.03
a_8	Утицај NR на NZŽ	0.2	0.20
a_9	Утицај UŽS на NZŽ	0.02	0.03
a_{10}	Утицај NEE на NRR	0.01	0.06
a_{11}	Утицај NER на NZŽ	0.1	0.15
a_{12}	Утицај UŽS на NRR	0	0.10
a_{13}	Утицај IN на NRR	0.02	0.10
a_{14}	Утицај UŽS на NEE	0.01	0.02
a_{15}	Утицај NB на IN	0.01	0.05
a_{16}	Утицај RP на Q	0.10	0.15
a_{17}	Утицај QT на NQ	0.20	0.25
a_{18}	Утицај NT на QT	0.20	0.25
a_{19}	Утицај OC на TRP	1.00	1.00
a_{20}	Утицај TRP на ET	0.10	0.10
a_{21}	Утицај UŽS на ET	0.10	0.15
a_{22}	Утицај NT на K	0.10	0.20
a_{23}	Утицај Q на UŠ	0.10	0.15
a_{24}	Утицај UŽS на UŠ	0.01	0.02
a_{25}	Утицај NB на NRR	0.20	0.20
a_{26}	Утицај TRP на QT	0.10	0.15
a_{27}	Утицај NER на PO	0.20	0.20
a_{28}	Утицај TRP на CE	0.20	0.22
a_{29}	Утицај Q на CE	-0.02	-0.02
a_{30}	Утицај PO на KGO	0.05	0.05
a_{31}	Утицај TRP на KGO	0.10	0.07
a_{32}	Утицај NER на KGO	0.03	0.03
a_{33}	Утицај NT на TRP	0.03	0.03
a_{34}	Утицај IN на TRP	0.02	0.05
a_{35}	Утицај NER на TRP	0.10	0.10
a_{36}	Утицај KGO на TRP	0.08	0.08
a_{37}	Утицај TM на TRP	1.00	1.00
a_{38}	Утицај TI на TRP	1.00	1.00
a_{39}	Утицај TZ на TRP	1.00	1.00

a_{40}	Утицај TRS на RP	1.00	1.00
a_{41}	Утицај TE на RP	1.00	1.00
a_{42}	Утицај NER на OC	-0.1	-0.1
a_{43}	Утицај KGO на TM	0.02	0.02
a_{44}	Утицај NER на TM	0.02	0.03
a_{45}	Утицај NER на TI	0.02	0.03
a_{46}	Утицај NER на TZ	0.02	0.03
a_{47}	Утицај NER на TRS	0.03	0.04
a_{48}	Утицај NER на TE	0.04	0.04
a_{49}	Утицај NZŽ на NRR	0.03	0.04
a_{50}	Утицај CE на PR	–	–
a_{51}	Утицај K на PR	–	–
a_{52}	Утицај K на UŠ	0.02	0.03
a_{53}	Утицај PR на NB	–	–
a_{54}	Утицај ET на NB	–	–
a_{55}	Утицај UŠ на NB	–	–
a_{56}	Утицај RP на UŽS	0.2	0.25
a_{57}	Утицај KGO на TI	0.1	0.12
a_{58}	Утицај KGO на TZ	0.15	0.15
a_{59}	Утицај KGO на TZ	0.02	0.03
a_{60}	Утицај KGO на TZ	0.2	0.2
a_{61}	Утицај KGO на TZ	0.2	0.2
a_{62}	Утицај QT на UŽS	-0.20	-0.25

Табела 10.2. Почетне вредности варијабли

Ред. бр.	Ознака	Назив	Почетна вредност
1	MEU	Макро економски утицај	0.1
2	NER	Ниво економског развоја (<i>GDP/capita</i>)	3.400
3	OOU	Одрживост управљања отпадом (1-10)	2
4	NRR	Ниво регионалног развоја (1-10)	3
5	NR	Ниво регулативе за управљање отпадом (1-10)	4
6	NZŽ	Ниво заштите животне средине (1-10)	3
7	NEE	Ниво енергетске ефикасности (1-10)	2
8	CE	Цена (1-10)	2
9	PR	Приход (1-10)	2
10	ET	Еко-трошкови (1-10)	2
11	NB	Нето бенефит (1-10)	1
12	IN	Инвестиције (1-10)	1

13	UŠ	Уштеде од рециклаже (1-10)	2
14	Q	Укупни квалитет (1-10)	2
15	K	Количина (продајна) (1-10)	2
16	PO	Потрошња (1-10)	3
17	UŽS	Утицај на животну средину (1-10)	3
18	KGO	Количина генерисаног отпада (1-10)	3
19	NT	Ниво технологије (1-10)	1
20	RP	Ниво рециклаже/производње (1-10)	2
21	QT	Квалитет/технологије (1-10)	2
22	TM	Трошкови материјала (1-10)	3
23	TI	Трошкови инфраструктуре (1-10)	3
24	TZ	Трошкови земљишта (1-10)	2
25	TRS	Трошкови радне снаге (1-10)	3
26	TE	Трошкови енергије (1-10)	3
27	OC	Остали трошкови (1-10)	3

За варијабле које се оцењују на скали 1-10, дефинисана је матрица приказана на табели 10.3.

Табела 10.3. Метрика променљивих на макро-нивоу

MEU експ. оцена	NER GDP/cop x 1.000	OUO експ. оцена	NRR експ. оцена	NR експ. оцена	NŽŽ експ. оцена	NEE експ. оцена	Оцена
1	< 1	1	1	1	1	1	1
2	1-2	2	2	2	2	2	2
3	2-3	3	3	3	3	3	3
4	3-4	4	4	4	4	4	4
5	4-5	5	5	5	5	5	5
6	5-7	6	6	6	6	6	6
7	7-10	7	7	7	7	7	7
8	10-20	8	8	8	8	8	8
9	20-30	9	9	9	9	9	9
10	>30	10	10	10	10	10	10

У табели 10.4 и 10.5 приказана је метрика променљивих на нивоу тржишта/купца и нивоу рециклаже/производње.

Утврђене су почетне вредности за прорачун OUO.

Табела 10.4. Метрика на нивоу тржишта/купца.

CE (EU/t)	PR	ET (EU/t)	NB (EU/t)	IN (EU/t)	UŠ (EU/t)	Q	K x 100.000 t	PO (EU/t)	UŽS	KGO (EU/t)	Оцена
< 20		< 10	< 10	< 10	< 10	1	< 1	< 100	1	< 1	1
20-50		10-20	10-20	10-20	10-20	2	1-2	100-150	2	1-2	2
50-100		20-40	20-40	20-40	20-40	3	2-3	150-200	3	2-3	3
100-200		40-70	40-70	40-70	40-70	4	3-4	200-300	4	3-4	4
200-300		70-100	70-100	70-100	70-100	5	4-5	300-500	5	4-5	5
300-400		100-200	100-200	100-200	100-200	6	5-6	500-700	6	5-6	6
400-500		200-300	200-300	200-300	200-300	7	6-7	700-1.000	7	6-7	7
500-600		300-400	300-400	300-400	300-400	8	7-8	1.000-1.500	8	7-8	8
600-700		400-500	400-500	400-500	400-500	9	8-9	1.500-2.000	9	8-9	9
>700		>500	>500	>500	>500	10	> 9	>2.000	10	> 9	10

Табела 10.5. Метрика на нивоу рециклаже/производње и ресурса

NT	NRP x 10 ⁶ €	QT	TM	TI	TZ	TRS	TE	OC	Оцена
1	< 1	1	< 1	< 0.5		< 1	< 0.5	< 1	1
2	1-2	2	1-5	0.5-1		1-5	0.5-1	1-5	2
3	2-3	3	5-10	1-2		5-10	1-2	5-10	3
4	3-4	4	10-15	2-3		10-15	2-3	10-15	4
5	4-5	5	15-20	3-5		15-20	3-5	15-20	5
6	5-6	6	20-25	5-7		20-25	5-7	20-25	6
7	6-7	7	25-30	7-10		25-30	7-10	25-30	7
8	7-8	8	30-50	10-15		30-50	10-15	30-50	8
9	8-9	9	50-80	15-20		50-80	15-20	50-80	9
10	>9	10	>80	>20		>80	>20	>80	10

На основу претходно описаног модела у EXCEL окружењу формирана је табела 10.5 (Почетне и могуће вредности коефицијената у моделу), а на основу формиране базе података о ентитетима, променљивама и релацијама. Најпре је извршена симулација ефеката предложеног система за управљање отпадом, укључивањем могућих вредности. Резултати ове симулације приказани су у

табели 10.7. Види се да ниво управљања отпадом (NUO) од почетне вредности 2, кроз прву и другу симулацију расте са 2.199 и 2.309, што значи да се може унапредити за око 15% у односу на почетни ниво. Такође, ниво регионалног развоја (NRR) од почетне вредности 3 може порастати на 4.455 и 5.070, што је повећање од око 48%, односно 69%. Знатно веће повећање је код нето користи (NB) које се повећава више од 7 пута. При том се повећава и количина генерисаног отпада (KGO) око 15%.

Затим је извршена анализа сензитивности варијабли NUO, NER, NRR, као и NB.

Табела 10.6. Почетне и могуће вредности коефицијената

ознака	почетна вредност	могућа вредност	ознака	почетна вредност	могућа вредност	ознак а	почетна вредност	могућа вредност
a1	0.1	0.08	a11	0.1	0.15	a21	0.1	0.15
a2	0.25	0.35	a12	0	0.1	a22	0.1	0.2
a3	0.05	0.06	a13	0.02	0.1	a23	0.1	0.15
a4	0.07	0.1	a14	0.01	0.02	a24	0.01	0.02
a5	0.02	0.03	a15	0.01	0.05	a25	0.2	0.2
a6	0.05	0.06	a16	0.1	0.15	a26	0.1	0.15
a7	0.02	0.03	a17	0.2	0.25	a27	0.2	0.2
a8	0.2	0.2	a18	0.2	0.25	a28	0.2	0.22
a9	0.02	0.03	a19	1	1	a29	-0.02	-0.02
a10	0.01	0.06	a20	0.1	0.1	a30	0.05	0.05
ознака	почетна вредност	могућа вредност	ознака	почетна вредност	могућа вредност	ознак а	почетна вредност	могућа вредност
a31	0.1	0.07	a42	-0.1	-0.1	a53	0.02	0.03
a32	0.03	0.03	a43	0.02	0.02	a54	0.02	0.03
a33	0.03	0.03	a44	0.02	0.03	a55	0.02	0.03
a34	0.02	0.05	a45	0.02	0.03	a56	0.2	0.25
a35	-0.1	-0.1	a46	0.02	0.03	a57	0.1	0.12
a36	0.08	0.08	a47	0.03	0.04	a58	0.15	0.15
a37	1	1	a48	0.04	0.04	a59	0.02	0.03
a38	1	1	a49	0.03	0.04	a60	0.2	0.2
a39	1	1	a50	0.03	0.04	a61	0.2	0.2
a40	1	1	a51	0.03	0.04	a62	-0.2	-0.25
a41	1	1	a52	0.02	0.03			

Табела 10.7. Вредности променљивих на основу почетних и могућих вредности релација

Ознака	Почетна вредност	Симулација 1 -1 корак	Симулација 2 – 1 корак	Ознака	Почетна вредност	Симулација 1 -1 корак	Симулација 2 – 1 корак
MEU	0.1	0.1	0.1	UŠ	2	2.27	2.705
NT	1	1	1	Q	2	2.4	2.5
UŽS	3	3	3	K	2.6	2.7	2.8
NR	4	4	4	PO	3	4.309504	4.719937
NER	3	6.547521	8.599684	KGO	3	3.411901	3.493987
OUO	2	2.206101	2.319657	TRP	2	19.28762	19.73138
NRR	3	4.690028	5.310175	QT	2	4.128762	5.209706
NZŽ	3	3.482901	3.747481	TM	3	3.199188	3.32787
NEE	2	2.03	2.06	TI	3	3.13095	3.257991
CE	2	1.952	1.95	TZ	2	2.13095	2.257991
PR	2	7.2704	7.46	TRS	3	3.196426	3.343987
ET	2	2.3	2.45	TE	3	3.261901	3.343987
NB	1	8.2404	8.715	OC	3	2.345248	2.140032
IN	1	1.082404	1.43575				

Како би била извршена анализа сензитивности и утврђен међусобни повратни утицај одређених променљивих прва симулација је извршена у две итерације. Табели 10.8а су дате вредности променљивих за те две итерације.

Табела 10.8.а Анализа сензитивности променљивих у моделу

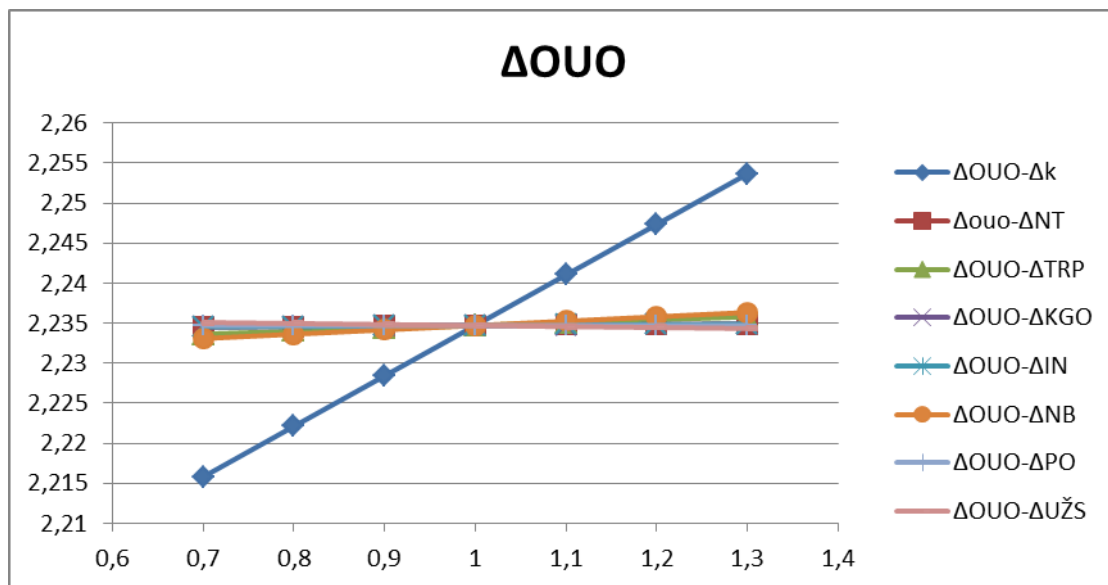
Ознака	Почетна вредност	Симулација 1 -1 корак	Симулација 1 – 2 корак	Ознака	Почетна вредност	Симулација 1 -1 корак	Симулација 1 – 2 корак
MEU	0.1	0.1	0.1	UŠ	2	2.27	2.544027
NT	1	1	1	Q	2	2.4	5.140266
UŽS	3	3	3	K	2.6	2.7	2.7
NR	4	4	4	PO	3	4.309504	4.572584
NER	3	6.547521	7.862922	KGO	3	3.411901	5.380124
OUO	2	2.206101	2.253631	TRP	2	19.28762	19.73138
NRR	3	4.690028	6.443896	QT	2	4.128762	6.057523
NZŽ	3	3.482901	3.535517	TM	3	3.199188	3.264861
NEE	2	2.03	2.03	TI	3	3.13095	3.157258
CE	2	1.952	5.809523	TZ	2	2.13095	2.157258
PR	2	7.2704	17.68571	TRS	3	3.196426	3.235888
ET	2	2.3	4.228762	TE	3	3.261901	3.314517
NB	1	8.2404	17.00098	OC	3	2.345248	2.213708
IN	1	1.082404	1.17001				

Табела 10.8.б *Анализа сензитивности променљивих у моделу*

Случај	ΔK	$\Delta O U O$	Вредност O U O	$\Delta N T$	$\Delta O U O$	Вредност O U O
-30%	-0.6	-0.01892	2.21579	-0.3	-0.00017	2.23454
-20%	-0.4	-0.01261	2.2221	-0.2	-0.00012	2.23459
-10%	-0.2	-0.00631	2.2284	-0.1	-6E-05	2.23465
0	0	0	2.23471	0	0	2.23471
10%	0.2	0.00631	2.24102	0.1	6E-05	2.23477
20%	0.4	0.01261	2.24732	0.2	0.00011	2.23482
30%	0.6	0.01892	2.25363	0.3	0.00017	2.23488
Случај	$\Delta T R P$	$\Delta O U O$	Вредност O U O	$\Delta K G O$	$\Delta O U O$	Вредност O U O
-30%	-0.6	-0.00109	2.23362	-0.9	-0.00016	2.23455
-20%	-0.4	-0.00073	2.23398	-0.6	-0.00011	2.2346
-10%	-0.2	-0.00036	2.23435	-0.3	-6E-05	2.23465
0	0	0	2.23471	0	0	2.23471
10%	0.2	0.00036	2.23507	0.3	5E-05	2.23476
20%	0.4	0.00072	2.23543	0.6	0.00011	2.23482
30%	0.6	0.00109	2.2358	0.9	0.00016	2.23487

Табела 10.8.ц *Анализа сензитивности променљивих у моделу*

Случај	$\Delta I N$	$\Delta O U O$	Вредност O U O	$\Delta N B$	$\Delta O U O$	Вредност O U O
-30%	-0.3	-0.00017	2.23454	-0.3	-0.00163	2.23308
-20%	-0.2	-0.00012	2.23459	-0.2	-0.00109	2.23362
-10%	-0.1	-6E-05	2.23465	-0.1	-0.00054	2.23417
0	0	0	2.23471	0	0	2.23471
10%	0.1	6E-05	2.23477	0.1	0.00054	2.23525
20%	0.2	0.00011	2.23482	0.2	0.00109	2.2358
30%	0.3	0.00017	2.23488	0.3	0.00163	2.23634
Случај	$\Delta P O$	$\Delta O U O$	Вредност O U O	$\Delta U \check{Z} S$	$\Delta O U O$	Вредност O U O
-30%	-0.9	-1E-05	2.2347	-0.9	0.00037	2.23508
-20%	-0.6	-1E-05	2.2347	-0.6	0.00025	2.23496
-10%	-0.3	0	2.23471	-0.3	0.00012	2.23483
0	0	0	2.23471	0	0	2.23471
10%	0.3	0	2.23471	0.3	-0.00013	2.23458
20%	0.6	0	2.23471	0.6	-0.00025	2.23446
30%	0.9	1E-05	2.23472	0.9	-0.00037	2.23434



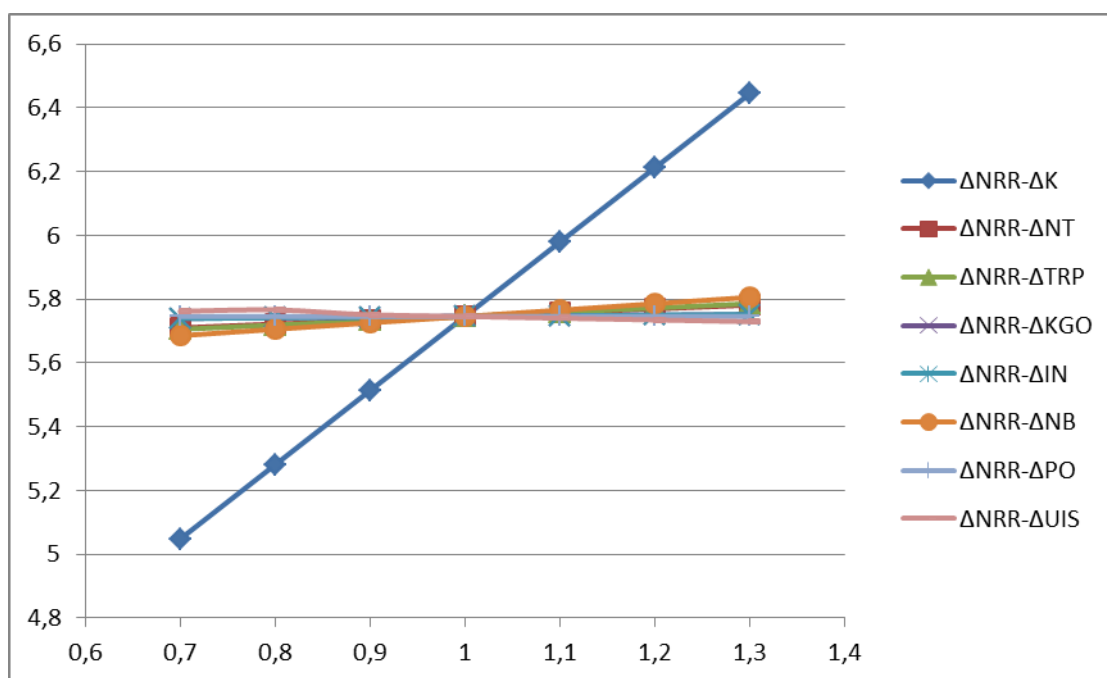
Слика 10.4 Сензитивност ОУО

Табела 10.9.а Прорачун осетљивости нивоа регионалног развоја при промени улазних варијабли развоја

Случај	ΔК	ΔNRR	Вредност NRR	ΔNT	ΔNRR	Вредност NRR
-30%	-0.6	-0.69795	5.047704	-0.3	-0.03574	5.70992
-20%	-0.4	-0.46533	5.280322	-0.2	-0.02383	5.72183
-10%	-0.2	-0.23268	5.512973	-0.1	-0.01191	5.733742
0	0	0	5.745656	0	0	5.745656
10%	0.2	0.232715	5.978371	0.1	0.011917	5.757573
20%	0.4	0.465461	6.211117	0.2	0.023836	5.769492
30%	0.6	0.69824	6.443896	0.3	0.035758	5.781414
Случај	ΔTRP	ΔNRR	Вредност NRR	ΔKGO	ΔNRR	Вредност NRR
-30%	-0.6	-0.04012	5.705536	-0.9	-0.00602	5.739638
-20%	-0.4	-0.02675	5.718909	-0.6	-0.00401	5.741644
-10%	-0.2	-0.01337	5.732283	-0.3	-0.00201	5.74365
0	0	0	5.745656	0	0	5.745656
10%	0.2	0.013373	5.759029	0.3	0.002006	5.747662
20%	0.4	0.026747	5.772403	0.6	0.004012	5.749668
30%	0.6	0.04012	5.785776	0.9	0.006018	5.751674
Случај	ΔIN	ΔNRR	Вредност NRR	ΔNB	ΔNRR	Вредност NRR
-30%	-0.3	-0.00641	5.739245	-0.3	-0.06016	5.685494
-20%	-0.2	-0.00427	5.741382	-0.2	-0.04011	5.705548
-10%	-0.1	-0.00214	5.743519	-0.1	-0.02005	5.725602
0	0	0	5.745656	0	0	5.745656
10%	0.1	0.002137	5.747793	0.1	0.020054	5.76571
20%	0.2	0.004274	5.74993	0.2	0.040108	5.785764
30%	0.3	0.006411	5.752067	0.3	0.060162	5.805818

Табела 10.9.6 Прорачун осетљивости нивоа регионалног развоја при промени улазних варијабли развоја

Случај	ΔPO	ΔNRR	Вредност NRR	$\Delta U\check{Z}S$	ΔNRR	Вредност NRR
-30%	-0.0003	5.745355	2.2347	-0.9	0.016154	5.76181
-20%	-0.0002	5.745455	2.2347	-0.6	0.020769	5.766425
-10%	-0.0001	5.745556	2.23471	-0.3	0.005385	5.751041
0	0	5.745656	2.23471	0	0	5.745656
10%	1E-04	5.745756	2.23471	0.3	-0.00539	5.740271
20%	0.000201	5.745857	2.23471	0.6	-0.01077	5.734887
30%	0.000301	5.745957	2.23472	0.9	-0.01615	5.729502



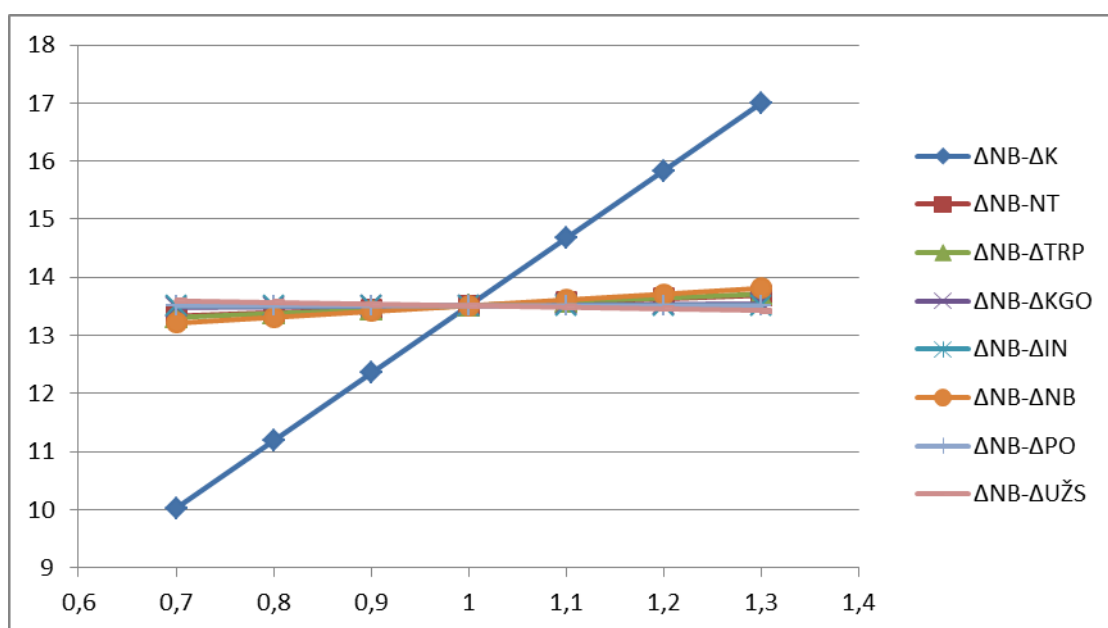
Слика 10.5 Сензитивност NRR при промени улазних варијабли

Табела 10.10.а Прорачун осетљивости нето користи при промени улазних варијабли развоја

Случај	ΔK	ΔNB	Вредност NB	ΔNT	ΔNB	Вредност NB
-30%	-0.6	-3.48628	10.02699	-0.3	-0.1785	13.33477
-20%	-0.4	-2.32427	11.189	-0.2	-0.11902	13.39425
-10%	-0.2	-1.16227	12.351	-0.1	-0.05952	13.45375
0	0	0	13.51327	0	0	13.51327
10%	0.2	1.16241	14.67568	0.1	0.05952	13.57279
20%	0.4	2.32498	15.83825	0.2	0.11906	13.63233
30%	0.6	3.48771	17.00098	0.3	0.17861	13.69188

Табела 10.10.6 Прорачун осетљивости нивоа регионалног развоја при промени улазних варијабли развоја

Случај	ΔTRP	ΔNB	Вредност NB	ΔKGO	ΔNB	Вредност NB
-30%	-0.2004	13.31287	5.705536	-0.9	-0.03006	13.48321
-20%	-0.1336	13.37967	5.718909	-0.6	-0.02004	13.49323
-10%	-0.0668	13.44647	5.732283	-0.3	-0.01002	13.50325
0	0	13.51327	5.745656	0	0	13.51327
10%	0.0668	13.58007	5.759029	0.3	0.01002	13.52329
20%	0.1336	13.64687	5.772403	0.6	0.02004	13.53331
30%	0.2004	13.71367	5.785776	0.9	0.03006	13.54333
Случај	ΔIN	ΔNB	Вредност NB	ΔNB	ΔNB	Вредност NB
-30%	-0.3	-0.00206	13.51121	-0.3	-0.30051	13.21276
-20%	-0.2	-0.00137	13.5119	-0.2	-0.20034	13.31293
-10%	-0.1	-0.00069	13.51258	-0.1	-0.10017	13.4131
0	0	0	13.51327	0	0	13.51327
10%	0.1	0.00068	13.51395	0.1	0.10017	13.61344
20%	0.2	0.00137	13.51464	0.2	0.20034	13.71361
30%	0.3	0.00205	13.51532	0.3	0.30051	13.81378
Случај	ΔPO	ΔNB	Вредност NB	$\Delta U\check{Z}S$	ΔNB	Вредност NB
-30%	-0.0003	-0.00151	13.51176	-0.9	0.08113	13.5944
-20%	-0.0002	-0.00101	13.51226	-0.6	0.05409	13.56736
-10%	-0.0001	-0.0005	13.51277	-0.3	0.02704	13.54031
0	0	0	13.51327	0	0	13.51327
10%	1E-04	0.0005	13.51377	0.3	-0.02705	13.48622
20%	0.000201	0.001	13.51427	0.6	-0.05409	13.45918
30%	0.000301	0.0015	13.51477	0.9	-0.08114	13.43213



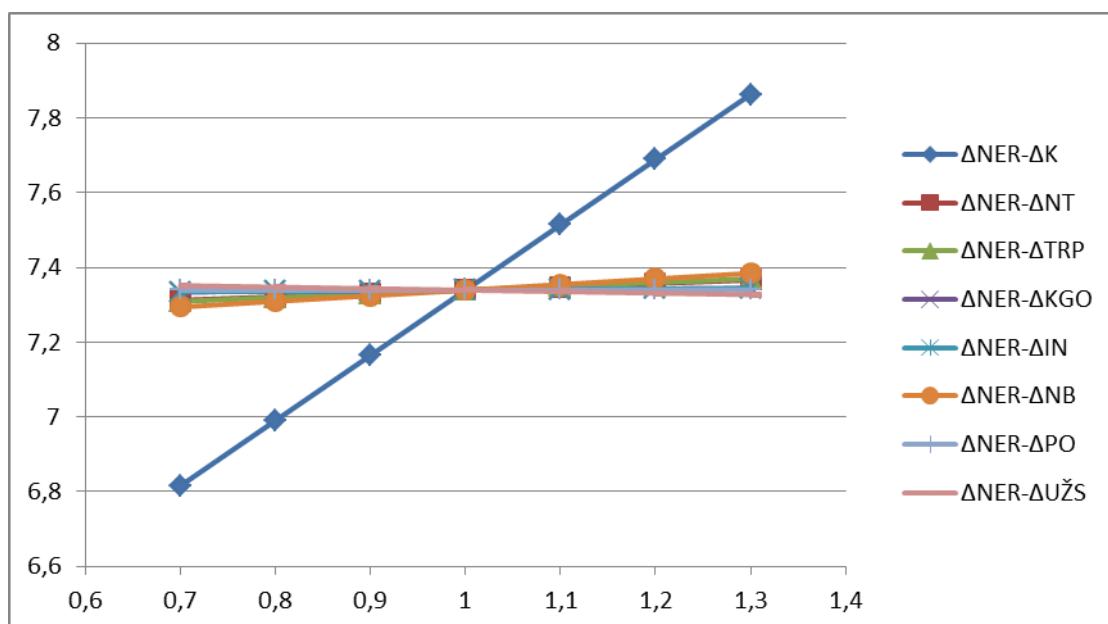
Слика 10.6 Сензитивност NB при промени улазних варијабли

Табела 10.11.а Прорачун осетљивости *NER* при промени улазних варијабли развоја

Случај	ΔK	ΔNER	Вредност <i>NER</i>	ΔNT	ΔNER	Вредност <i>NER</i>
-30%	-0.6	-0.5234	6.8158	-0.3	-0.0268	7.3124
-20%	-0.4	-0.349	6.9902	-0.2	-0.0178	7.3214
-10%	-0.2	-0.1745	7.1647	-0.1	-0.0089	7.3303
0	0	0	7.3392	0	0	7.3392
10%	0.2	0.1746	7.5138	0.1	0.009	7.3482
20%	0.4	0.3491	7.6883	0.2	0.0179	7.3571
30%	0.6	0.5237	7.8629	0.3	0.0269	7.3661
Случај	ΔTRP	ΔNER	Вредност <i>NER</i>	ΔKGO	ΔNER	Вредност <i>NER</i>
-30%	-0.6	-0.03	7.3092	-0.9	-0.0045	7.3347
-20%	-0.4	-0.02	7.3192	-0.6	-0.003	7.3362
-10%	-0.2	-0.01	7.3292	-0.3	-0.0015	7.3377
0	0	0	7.3392	0	0	7.3392
10%	0.2	0.0101	7.3493	0.3	0.0015	7.3407
20%	0.4	0.0201	7.3593	0.6	0.0031	7.3423
30%	0.6	0.0301	7.3693	0.9	0.0046	7.3438

Табела 10.11.б Прорачун осетљивости *NER* при промени улазних варијабли развоја

Случај	ΔIN	ΔNER	Вредност <i>NER</i>	ΔNB	ΔNER	Вредност <i>NER</i>
-30%	-0.3	-0.00477	7.334433	-0.3	-0.04508	7.29412
-20%	-0.2	-0.00316	7.336036	-0.2	-0.03004	7.309161
-10%	-0.1	-0.00156	7.337639	-0.1	-0.015	7.324201
0	0	0	7.3392	0	0	7.3392
10%	0.1	0.001645	7.340845	0.1	0.015083	7.354283
20%	0.2	0.003248	7.342448	0.2	0.030123	7.369323
30%	0.3	0.004851	7.344051	0.3	0.045164	7.384364
Случај	ΔPO	ΔNER	Вредност <i>NER</i>	$\Delta U\check{Z}S$	ΔNER	Вредност <i>NER</i>
-30%	-0.9	-0.00018	7.339016	-0.9	0.012157	7.351357
-20%	-0.6	-0.00011	7.339092	-0.6	0.008119	7.347319
-10%	-0.3	-3.3E-05	7.339167	-0.3	0.00408	7.34328
0	0	0	7.3392	0	0	7.3392
10%	0.3	0.000117	7.339317	0.3	-0.004	7.335204
20%	0.6	0.000192	7.339392	0.6	-0.00803	7.331165
30%	0.9	0.000268	7.339468	0.9	-0.01207	7.327127



Слика 10.6. Сензитивност *NER* при промени улазних варијабли

Резултати ове анализе приказани су у Таб. 10.8(а, б, и ц). На слици 10.4 приказана је сензитивност променљивих које утичу на ОУО. Види се да највећи утицај има К (количина отпада/рециклата).

У табели 10.9 (а и б) приказани су елементи просечне осетљивости нивоа регионално развоја. Са слике 10.5 види се да највећу осетљивост *NRR* има у погледу количине производа/рециклата.

Истим поступком симулирања је промена улазних варијабли на нето корист (*NB*). Резултати прорачуна приказани су у табели 10.10(а и б) и слици 10.6. и у овом случају највећа осетљивост је на промене количине производа/рециклата.

На крају је анализирана осетљивост нето економског развоја (*NER*) на промене улазних варијабли, што је приказано у табели 10.11(а и б) и на слици 10.7. Такође, највећа осетљивост је исказана при промени количине производа/рециклата.

Ако се у анализу укључи и *cost/benefit* анализа, то значи да унапређење система за управљање отпадаом треба тражити у области праћења прикупљеног и рециклираног отпада, при чему треба тежити решењима са најмањим трошковима.

Проблем се своди на повећање ефективности прикупљања и рециклаже отпада, уз смањење трошкова:

- транспорт (близина генератора отпада и рецикала, вид транспорта, транспортен маршруте, квалитет возила, итд.),
- рециклаже, применом економичних технологија рециклаже, итд.
- производње на бази рециклаже.

Свака од наведених области унапређења захтева реализацију бројних пројеката унапређења. Уз пројекте из ове четири области, морају се имплементирати пројекти који се односе на:

- унапређење знања, вештина и мотивацију из различитих области (технологије, производње и инфраструктуре),
- унапређење свести о значају управљања отпадом као грађевинским ресурсом,
- унапређење лидерских знања и вештина,
- унапређење знања и вештина из области економије и менаџмента
- унапређење знања из области ризика, регионалног развоја и изврности јавног сектора, итд.

Само оваквим холистичким приступом могу се остварити постављени циљеви развоја Региона.

На основу истраживања, чији су резултати приказани у овом поглављу, остварени су циљеви Ц5 (развој симулационог модела за управљање отпадом за потребе у грађевинарству), Ц6 (тестирање и верификација предложеног модела) и Ц7 (оцена ефикасности унапређења у систему за управљање отпадним материјалом, као грађевинским ресурсима у Региону Северо-источне БИХ). Такође, потврђена је и релација Р6 (успостављањем модела одрживог управљања отпадним материјалима обезбеђује се економска и еколошка одрживост посматраног региона).

11. ЗАКЉУЧЦИ

Управљање отпадом има више аспеката, као што су еколошки, економски, организациони, ресурсни, регионални итд. У овој дисертацији је кроз интердисциплинаран и мултидисциплинаран приступ извршена анализа ових аспеката за потребе рециклаже и производње делова намењених грађевинарству. То је захтевало да се дефинише објекат истраживања. Изабран је Регион Северо-источне БиХ која је недовољно развијена по многим критеријумима.

Додатној сложености проблема истраживања допринела је и сложеност политичког и државног устројства овог Региона, као и недовољно прецизне информације о стању у предметној области истраживања и недостајући званични и недовољно поуздани други подаци о управљању отпадом у Региону. Уз то, не постоји званична статистика о генерисању отпада из индустрије, рударства и осталих делатности. У овако лимитираним условима истраживања, аутор се определио да комбинује званичне статистичке податке, експертске оцене, бенчмаркинг студије и примени симулационе и друге методе да би потврдио постављену општу хипотезу X_0 и релације у предложеном моделу управљања отпадом као грађевинским ресурсом. Резултати истраживања описани су у укупно 11 поглавља, од чега су за остваривање циља истраживања посебно значајна поглавља 2-10.

У другом поглављу описан је предмет и циљ истраживања, дат осврт на значајније референце из области истраживања. На основу ових истраживања може се закључити да, сагласно референтној литератури, постоје основе за потврђивање издвојених релација $P1 \div P6$, које се могу третирати и као хипотезе $X1-X6$. Кроз истраживања, чији су резултати приказани у наредним поглављима, доказане су ове релације и тиме потврђено остваривање циљева $C1 \div C6$.

У трећем поглављу извршена је мултисекторска анализа генерисања отпада у Региону. Најпре су анализирани друштвено-економски показатељи, као што су старост становништва, ниво регионалног развоја, ниво запослености, степен стручног образовања, инвестиције, инфраструктура. Утврђено је да је посматрани Регион на нивоу Републике БиХ, али у односу на окружење припада недовољно развијеним регионима по свим карактеристикама. Затим је анализирана структура и количина отпада као грађевинског ресурса. У складу са европским каталогом отпада утврђено је морфологија и количина отпадља, на основу комуналне делатности, прераде дрвета, механичке прераде, грађевинских активности, *ELV*, техничких и осталих делатности. Затим је извршена рекапитулација морфологије и количине отпада у Региону. То је послужило као основа за остваривање циља истраживања $C1$ (утврђивање количине и морфолошког састава присутних материјала из комуналног и индустријског сектора). Респектујући неизвесност података, процењена је годишња количина од око 800.000 t, у којој доминирају пепео, бетон, гума, пластика, дрво и папир итд.

У четвртном поглављу истраживана је стратегија управљања отпадом у Региону. Најпре је извршена анализа постојећих модела управљања отпадом у кантонима ФБиХ, који су у саставу Региона, а затим у Републици Српској и БиХ у целини. Утврђено је да постоји значајна легислатива из области стратегија и планова управљања отпадом. Користећи приступ развоју стратегије, извршено је

формулисање стратегије у Региону са свим потребним елементима, а посебно моделирање других циљева управљања отпадом као грађевинским ресурсом и извршен избор оптималне стратегије преко *SPACE* матрице. На крају овог поглавља дата је оцена очекиваног унапређења конкурентности променом предложене ефективне стратегије управљања отпадом у Региону. На овај начин потврђена је хипотеза X_0 , као и релација P_5 (на основу сталних инпута, развијене стратегије и *cost/benefit* анализе постоји спремност и интерес производних субјеката за коришћење отпадног материјала у грађевинарству).

Кроз анализу расположивих ресурса за рециклажу и производњу делова за грађевинску индустрију извршена је анализа људских ресурса и расположивих технологија рециклаже за добијање материјала за грађевинску индустрију. Указано је да област примене различитих технолошких решења у функцији различитих врста отпада захтева одређени технолошки ниво опреме. За доминантно присутне врсте отпада указано је на доминантне рециклажне технологије за потребе грађевинске индустрије. Тако су за рециклажу гуме, технологије подељене на четири нивоа (механичко третирање, смањивање димензија ради сепарације, вишеструко третирање и накнадно третирање за надградњу материјала) и ниво улагања у зависности од технологије механичког третирања гуме и капацитета. Исти поступак је спроведен и за рециклажу пепела, бетона, керамике, пластике и осталих врста отпадних материјала. Указано је на карактеристике рециклираних производа у односу на производе од изворног материјала и економске разлоге за рециклажу. Такође, потврђена је релација P_2 (интензитет миграционих кретања позитивно утиче на количину отпадних материјала) у P_4 (количина и врста ресурса у Региону позитивно утиче на генерисање потребних инпута за грађевинарство).

У шестом поглављу презентирани су резултати анализе могућности производње засноване на рециклираном отпаду као грађевинском ресурсу. На основу претходно спроведених истраживања стратегија рециклаже, дефинисан је поступак развоја технолошке стратегије, примене нових рециклажних технологија и производње у концепту резервне логистике. У кључном делу овог поглавља указано је на карактеристике производње и примене делова на бази рециклиране гуме, пепела, бетона, органских производа, керамике, пластике и осталих рециклата. За један случај производње панела од рециклата папира, дрвета и текстила дати су основни технолошки елементи и цена постројења и цена производа (панела). За капацитет од око 500 kg/h и рад у две смене, инвестиција од око 120.00 € се може повратити за око 18 месеци. Период повраћаја инвестиција зависи од обима производње вредности инвестиција и трошкова, што указује да за сваку технологију израде производа треба одредити оптималну област примене. Кроз истраживања, чији су резултати презентовани у овом поглављу, остварен је циљ ЦЗ (утврђивање могућности примене истражених ресурса отпадних материјала у грађевинарству).

У седмом поглављу извршена је анализа утицаја процеса у систему управљања отпадом на животну средину. Коришћењем процесног приступа идентификовано је осам суб-процеса и њихове релације у управљању отпадом. Затим је извршена декомпозиција ових суб-процеса ради даље анализе њиховог утицаја на животну средину применом ЛЦА методе. Да би се ова анализа извршила, дефинисани су улазни подаци за ЛЦА у посматраном региону, као и подаци о утицају отпадног бетона, отпадне гуме, пепела, опеке, црепа, керамике, гипса, дрва, папира и

текстила, као и асфалта и битуменских мешавина на животну средину. Ова анализа је спроведена на основу претходно спроведених истраживања презентираних у поглављу 3, 4 и 5, као и података из референтне литературе. На основу претходног извршено је моделирање утицаја рециклаже и производње на животну средину, а на основу анализе утицаја сваког суб-процеса. Утврђено је да процеси рециклаже и спаљивања имају доминантно позитиван ефекат на животну средину, а остали процеси доминантно вегетиван. Са друге стране релативна економска корист је везана за све активности сем за одлагање, тако да еко-ефикасност у Региону зависи од примењене врсте отпада и технологије. Истраживањима, чији су резултати приказани у овом поглављу потврђена је општа хипотеза Х0 у погледу еколошке валоризације модела рециклаже за потребе грађевинарства у Региону.

У осмом поглављу приказани су резултати оптимизације управљања отпадом као грађевинским ресурсом. За потребе ове студије извршена је анализа једног сценарија система за управљање отпадом у Региону.

Састоји се од шест рециклажних центара који се налазе у заданом делу Босне и Херцеговине. Локације разматраних рециклажних центара унапред су одређене. По два рециклажна центра се налазе у околини Зворника и Тузле, један се налази у Брчком и један се налази у Бијељини.

Претпостављено је да на сваки рециклажни центар се допрема 14 различитих врста отпада који могу да се рециклирају применом различитих технологија. Листа критеријума према којима се оцењују технологије рециклаже за сваку врсту отпада су унапред дефинисани од стране стејкхолдера рециклажних центара. Оцена критеријума врши се у смислу више различитих критеријума који имају различите релативне вредности. Релативне вредности критеријума за сваки рециклажни центар су задате преко фази матрица парова упоређења. Релативна преферентност могућих алтернатива за сваку врсту отпада су задате преко фази матрица парова упоређења. Елементи ових матрица су лингвистички искази који су моделирани троугаоним фази бројевима. Укупан коефицијент преферентности технологија рециклаже респектујући и тежине критеријума, истовремено, добија се применом фази Аналитичког Хијерархијског Процеса. Применом (FANP). Применом FANP добија се ранг технологија за сваку врсту отпада. Треба нагласити да преферентност технологија за сваку врсту отпада је једнака за све рециклажне центре. Применом FANP могуће је одредити технологију коју треба применити за рециклирање сваке врсте отпада. У зависности од технолошког нивоа, могућност реализације инвестиционих пројеката, менаџмент тим сваког рециклажног центра доноси одлуку о могућности да се примени одређена технологија рециклаже.

Под претпоставком да се технологија рециклаже која је прва у рангу примењује за сваку врсту отпада за сваки рециклажни центар, у процесима рециклаже добијају се различити рециклати на сваком рециклажном центру.

Од рециклата применом различитих технологија могуће је да се произведу различити производи који се користе у грађевинској индустрији. Листа финалних производа која се разматра у овој студији је дефинисана на основу захтева потрошача који функционишу у грађевинској индустрији. У овој дисертацији је разматрано 16 финалних производа грађевинске индустрије. Технологија

производње сваког разматраног финалног производа је унапред позната. Респектујући ову претпоставку, структура сваког финалног производа је унапред позната на основу технолошке документације.

Оптимална количина производње финалних производа налази се на егзактан начин применом модела фази линеарног програмирања. При одређеним количинама остварује се добит која износи око милион евра. Најзначајнији производи, респектујући одређене оптималне количине финалних производа су одређени применом ABC методе. Ови производи су: бетон, асфалт, производи од метала, цигла, опека, комбиновани производи и производи од керамике. Ако се претпостави да је заступљена производња према захтевима купаца, може да се каже да је тражња за бетоном највећа и износи 10 тона на годишњем нивоу. Најмања тражња је за производима од папира.

Како је позната структура производа, применом једноставних математичких операција једноставно се израчунавају оптималне количине рециклата који се добијају у процесима рециклаже на свим разматраним рециклажним центрима. У овој дисертацији, одређено је да је потребно добити рециклажом 22.475 тоне песка и шљунка у разматраном временском периоду. Остали рециклати који имају највећи приоритет за рециклажне центре су: дрво, пепео, Fe отпад, обојени метали и гума.

Најважније врсте отпада о којима треба посебно да се води рачуна су: бетон и шут, песак и шљунак, малтер, дрво, амбалажни отпад, метални отпад, пепео и гума.

Прикупљање, сортирање и рециклирање следећих врста отпада: цигла, опека, и пластика има средњу важност за функционисање рециклажних центара.

Управљање осталим врстама отпада: керамички отпад, текстил и папир имају најмању важност са аспекта управљања рециклажних центара. Азбест као отпад, као што је речено не користи се за даљу употребу.

Поред поменутих предности, предложени модел има извесна ограничења. Може да се прошири у смислу бољег дефинисања могућих технологија рециклаже, промена броја критеријума према којима се врши оцена технологија рециклаже за сваки рециклажни центар, сепаратно, повећање броја рециклата која настаје у процесима рециклаже и повећање броја финалних производа грађевинске индустрије за којима постоји тражња на тржишту. Сва ова проширења могу лако и брзо да се инкорпорирају у предложени модел и не повећавају сложеност математичког рачунања. Кроз истраживања, чији су резултати приказани у овом поглављу, остварен је циљ Ц4 (утврђивање економске валидације отпадних материјала у регионалном грађевинском сектору) и циљ Ц5 (развој симулационог модела управљања отпадом за потребе у грађевинарству).

У деветом поглављу презентирани су резултати развоја модела управљања отпадом као грађевинским ресурсом. При томе је коришћен приступ систем динамике. Полазећи од циља истраживања овај модел је орјентисан ка утврђивању одрживости региона, тако да је укључио аспекте регионалног развоја, одрживог развоја у угловима све веће неизвесности у погледу будућности. Полазећи од структуре GCI дефинисан је модел регионалне одрживости, са индикаторима на: (1) нивоу предузећа (рециклата и произвођача за грађевинску

индустрију), (2) региона, (3) државе. Објашњени су суб-моделу генерисања грађевинског и индустријског отпада, којој су основе за симулацију ефеката новог управљања отпадом у циљу повећања конкурентности, регионалног развоја и одрживости.

С обзиром да за посматрани Регион нема довољно података за симулацију суб-модела, у овој дисертацији је коришћен симулациони приступ, па је укупно генерисана, као и рециклирана количина отпада, променљина и као таква улаз у симулациони модел одрживости управљања отпадом. У каснијим додатним истраживањима утврдиће се све релације, константе и варијабле у наведеним суб-моделима и интегрисати у укупан модел управљања отпадом као грађевинским ресурсом.

Кроз истраживања, чији су резултати приказани у овом поглављу, додатно је остварен циљ Ц5 (развој симулационог модела управљања отпадом за потребе грађевинарства).

На основу истраживања презентивних у 9. поглављу у десетом поглављу је приказан развијен динамичких симулациони модел управљања отпадом као грађевинским ресурсом. Дефинисана је одрживост управљања отпадом као хијерархијски највиши циљ, са циљем на нивоу државе/региона и варијаблама: (1) ниво регионалног развоја државе, (2) ниво регулативе за управљање отпадом, (3) ниво заштите животне средине, (4) ниво регионалног развоја и (5) ниво енергетске ефикасности. Ове варијабле су повезане са хијерархијски нижом перспективом тржишта/животне средине, а ови са нивоом рециклера/произвођача. На најнижем нивоу су ресурси. Укупно је идентификовано 27 променљивих и 62 релације између њих. На основу претходно извршене анализе стања управљања у Региону, препорука из литературе и процене аутора дефинисане су почетне вредности варијабли, као и вредности коефицијенатаје релацијама између променљивих. Резултати тестирања симулационог модела добијена су за два сценарија улазних варијабли. На основу истраживања, чији су резултати приказани у овом поглављу, остварени су циљеви Ц5 (развој симулационог модела за управљање отпадом за потребе у грађевинарству), Ц6 (тестирање и верификација предложеног модела) и Ц7 (оцена ефикасности унапређења у систему за управљање отпадним материјалом, као грађевинским ресурсима у Региону Северо-источне БИХ). Такође, потврђена је и релација Р6 (успостављањем модела одрживог управљања отпадним материјалима обезбеђује се економска и еколошка одрживост посматраног региона).

На основу претходних анализа може се извести генерални закључак да су ова спроведена истраживања потврдила нулту хипотезу X_0 да је могуће поставити одрживи управљајући модел економске и еколошке валоризације ресурсних параметара, који је тестиран према истраживањима спроведеним у Региону Северо-источне БиХ. Ова хипотеза је потврђена кроз потврђивање релација Р1 (ниво привредних активности позитивно утиче на количину отпадних материјала, поглавље 3), Р2 (интензитет миграционих кретања позитивно утиче на количина отпадних материјала, поглавље 3), Р3 (количина отпадних материјала позитивно утиче на одрживост управљања отпадним материјалима, поглавље 10), Р4 количина и врста ресурса (организациони, људски, технолошки) у региону позитивно утиче на генерисање потребних инпута за грађевинарство, поглавље 6 и 7), Р5 (на основу сталних инпута, развијене стратегије и *cost/benefit* анализе

постоји спремност и интерес привредних субјеката за коришћење отпадног материјала у грађевинарству, поглавље 8) и Р6 (успостављањем модела одрживог управљања отпадним материјалима обезбеђује се економска и еколошка одрживост посматраног региона, поглавље 7 и 8). При томе су остварени сви циљеви истраживања (Ц1 – Ц7) наведени у уводном поглављу.

Ограничења спроведих истраживања односила су се пре свега на недостатак релевантних података из посматраног региона, њихове поузданости и у неким случајевима застарелости. Други недостатак се односи на недовољно развијену инфраструктуру за управљање отпадом, што је наметнуло да предложена стратегија, да би била реална, мора да буде усаглашена са ограниченим ресурсима у Региону. Следећа ограничења се односе на ниску спремност рециклажних центара и произвођача за трансфер технологије, што је утицало на избор технологија рециклаже средњег и нижег технолошког нивоа. Додатно, ниска тражња за рециклираним производима условила је мање коришћење рециклажних и производних капацитета, што је утицало на смањење добити. И у тим условима, остварена је економска корист, што је потврђено анализом описаном у 8. поглављу.

Имајући у виду све горе наведено, резултати приказани у овој дисертацији, поред доказа истраживачких хипотеза, релација и циљева, омогућили су значајан продор у области управљања отпадом за потребе грађевинарства, у теоријском и емпиријском смислу. Посебно треба истаћи допринос описан у поглављима 8 и 9, јер тестирани и валидовани модели за ефективно управљање отпадом интегрису аспекте технологија рециклаже и производње, логистике, операционих истраживања, стратегије и регионалног развоја.

Без обзира на значај овог оригиналног модела, истраживања у овој области се могу наставити у следећим правцима: (1) комплетирање података о инфраструктури Региона, (2) примени других метода, као што су *Monte Carlo* симулација, статистичке методе, *DEA*, методе унапређење квалитета и безбедности производа, (3) инверзне логистике, (4) истраживање квалитета живота у региону, (5) креирање технолошке базе података за рециклажу и производњу на бази рециклата, (6) информациони систем за управљање отпадним материјалима као грађевинским ресурсом итд.

За сва наведена истраживања потребно је развити погодну климу и тимове, а њихов рад ускладити да би се остварио већи синергијски ефекат – одржив развој и конкурентност Региона Северо-источне БиХ.

СПИСАК ЛИТЕРАТУРЕ

- [1] Clark K., et al, (2013), Evaluation of Waste Concrete Road Materials for Use in Oyster Aquaculture, SHA State Highway, Maryland State Highway Administration
- [2] Bohne R., (2005), Eco-efficiency and performance strategies in construction and demolition waste recycling, Faculty of Engineering Science and Technology, Doctoral Thesis, Trondheim
- [3] Mou Ka- Yan, (2008), The roles of government and construction waste management: a case study of Hong Kong, Dissertation of Master of Sciences, Centre of Urban Planning of Hong Kong
- [4] Cochran K., (2006), Construction and demolition debris recycling: methods, markets, and policy, PhD Dissertation, University of Florida
- [5] Perez N., Gaedicke C., Shahbodaglou F., (2014), Using Countertop and Construction Waste for Green Concrete, 50th ASC Annual Conference Proceedings, Associated School of Construction
- [6] Aidonis D., et al, (2013), Decon CM: A web-based Tool for the Optimal Management of Waste from Construction Activities, 1st Logistic International Conference, Belgrade, Serbia, pp. 246-251
- [7] De Brito J., Robles R., (2010) Recycled aggregate concrete (RAC) methodology for estimating its long – term properties, Indian Journal of Engineering & Material Sciences, Vol. 17, pp. 449-462
- [8] Saez P., et al, (2014), Assessing the accumulation of construction waste generation durring residential building construction works, Resources, Conservation and Recycling 93' (2014)
- [9] Chao W., Leeftink R., Rotter V., (2010), Evaluation of the economic feasibility for the recycling of construction and demolition waste in China – The Case of Chongqing, Resources, Conservation and Recycling 54 (2010), pp. 377-389
- [10] Chong W., Hermreck C., (2010), Understanding transportation energy and technical metabolism of construction waste recycling, Conservation and Recycling 54 (2010), pp. 579-590
- [11] Duran X., Lenihan H., Regan B., (2006), A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling – The case of Ireland, Conservation and Recycling 46 (2006), pp. 302-320
- [12] Zhao W., Ren H., Rotter V., (2011), A system dynamics model for evaluation the alternative of type in construction and demolition waste recycling center – The case of Changqing, China, Conservation and Recycling 55 (2010), pp. 933-944
- [13] Yuan F., Shen L., Li Q., (2011), Emergy analysis of recycling options for construction and demolition waste, Waste Management 31 (2011) pp.2503-2511
- [14] Huang W., et al, (2002), Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process, Resources, Conservation and Recycling 37 (2002) pp.23-37

- [15] Tam V., Tam C., (2006), A review of the viable technology for construction waste recycling, *Resources, Conservation and Recycling* 47 (2006) pp.209-221
- [16] Liu J., Wang Y., (2013), Cost Analysis of Construction and Demolition Waste Management: Case Study of the Pearl River Delta of China, *The Open Construction and Building Technology Journal*, 2013, 7, pp.251-257
- [17] Kadir A., Mohajerani A., (2011), Bricks: An excellent building material for recycling wastes – A review, *Proceedings of the IASTED Int. Conf. Environmental Management and Engineering (EME 2011)*, Calgary, Canada, pp.108-115
- [18] Mohamad M., (2008), *Issues In Construction Industry*, University Technology of Malesia,
- [19] Nunes K., Mahler C., Valle R., Neves C., (2007), Evaluation of investments in recycling centres for construction and demolition wastes in Brazilian municipalities, *Waste Management* 27 (2007), pp.1531-1540
- [20] Sabai M., et al, (2013), Concrete block production from construction and demolition waste in Tanzania, *Resource, Conservation and Recycling* 72 (2013), pp.9-19
- [21] Marzouk M., Azab S., (2014), Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamic, *Resource, Conservation and Recycling* 82 (2014), pp.41-49
- [22] Ding T., Xiao J., (2014), Estimation of building – related construction and demolition waste in Shanghai, *Waste Management* (2014), pp. 2327-2334
- [23] Nasrullah M., et al, (2014), , Mass, energy and material balances of SRF production process. Part 2: SRF produced from construction and demolition waste, *Waste Management* 34, (2014), pp. 2163-2170
- [24] Jarman D., (1996), *Developing a Cost Effective Construction and Demolition Waste Management Plan*, Master Thesis, Virginia Polytechnic Institute, State University, Blacksburg, Virginia
- [25] Birgisdattir H., (2005), *Life cycle assessment model for road construction and use of residues from waste incineration*, Institute of Environment & Resources, PhD Thesis, Technical University of Denmark, DTU, Lyngby
- [26] Frankin M., Beachey J., (1998), *Carracterization of building – related construction and deucolition debris in the United States*, U.S. Environmental Protection Agency
- [27] Ochi T., Okubo S., Fukui K., (2007), Development of recycling PET fiber and its application as concrete – reinforcing fiber, *Cement & Concrete Composites* 29 (2007), pp. 448-455
- [28] Marzouk O. Y., Dheilily R. M., Queneudec M., (2007), Valorization of post – consumer waste plastic in cementitous concrete composites, *Waste Management* 27 (2007), pp. 310-318
- [29] Ismail Z., Al-Hashmi E., (2008), Use of waste plastic in concrete mixture as aggregate replacement, *Waste Management* 28 (2008) pp.2041-2047

- [30] Moyano P., Agudo A., Santiago M., (2011), Calculation Methodology to Quantify and Classify Construction Waste, *The Open Construction and Building Technology Journal*, 5, pp. 131-140
- [31] Juan A., et al, (2008), Re-use of ceramic wastes in construction, *Ceramic Materials*, www.intechopen.com
- [32] Bolden J., Abu-Lebdeh T., Fini E., (2013), Utilization of recycled and waste materials in various construction applications *American Journal of Environmental Science* 9 (1), pp. 14-24
- [33] Safiuddin M., et al, (2010), Utilization of solid wastes in construction materials, *Int. J. of the Physical Sciences* Vol. 5 (13), pp.1952-1963
- [34] Bossink B., Brouwers H., (1996), Construction waste: Quantification and Source evaluation, *Journal of construction engineering and management*, March, (1996), pp. 55-60
- [35] Serdar M., Baričević A., Lakušić S., Bjegović D., (2013), Special purpose concrete products from waste tyre recyclates, *Građevinar* 65 (2013) 9, pp. 793-801
- [36] Hınıslıoglu S., Agar E., (2014), Use of waste high density polyethylene as bitumen modifier in asphalt concrete mix, *Materials Letters* 58 (2004), pp. 267-271
- [37] De Mello D., Pezzin S., Amico S., (2009), The effect of post-consumer PET particles on the performance of flexible polyurethane foams, *Polimer Testing* 28 (2009), pp.702-708
- [38] Chai Y., et al., (2009), Characteristics of mortar and concrete containing fine aggregate manufactured from recycled waste polyethylene terephthalate bottles, *Construction and Buildings Materials* 23 (2009), pp.2829-2835
- [39] Choi Y., et al, (2005), Effects of waste PET bottles aggregate on the properties of concrete, *Cement and Concrete Research* 35 (2005), pp. 776-781
- [40] Akcaozoglu S., Atis C., Akcaozollu K., (2010), An investigation on the use of shredded waste PET bottles as aggregate in lightweight concrete, *Waste Management* 30 (2010), pp. 285-290
- [41] Atahan A., Sevim U., (2008), Testing and comparison of concrete barriers containing shredded waste tyre chips, *Materials Letters* 62 (2008), pp.3754-3757
- [42] Yesilata B., Isiker Y., Turgut P., (2009), Thermal insulation enhancement in concretes by adding waste PET and rubber pieces, *Construction and Building Materials*, 23 (2009), pp.1878-1882
- [43] Tam V., Tam C., Wang Y., (2007), Optimization on proportion for recycling aggregate in concrete using two-stage mixing approach, *Construction and Building Materials*, 21 (2007), pp.1928-1939
- [44] Siddique R., Khatib J., Kaur I., (2008), Use of recycling plastic in concrete: A review, *Waste Management* 28 (2008), pp.1835-1852
- [45] Cochran K., et al, (2007), Estimation of regional building-related C&D debris generation and composition: Case study for Florida, US, *Waste Management* 27, pp.921-931

- [46] Morselli L., Santini A., Passarini F., Vassura I., (2010), Automotive shredder residue (ASR) characterization for a valuable management, *Waste Management* 30 (2010), pp.2228-2234
- [47] Lin K., Chang W., Lin D., (2008), Pozzolanic characteristics of pulverised incinerator bottom ash slag, *Construction and Building Materials*, 22 (2008), pp.324-329
- [48] Lee H., Kim., Hwang E., (2010), Utilization of power plant bottom ash as aggregates in fiber reinforced cellular concrete, *Waste Management* 30 (2010), pp.274-284
- [49] Hall M., Livingston W., (2002), Fly ash quality, past, present and future, and the effect of ash on the development of novel products, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology* 77, pp. 234-239
- [50] Jevtić D., Zakić D., Savić A., (2012), Achieving sustainability of concrete by recycling of solid waste materials, *Mechanical Testing and Diagnosis*, Vol. 1, pp.22-39
- [51] Guide V.D., Wassenhove I. (2009), The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research, *Operation Research*, vol.57, No.1, pp. 10-18.
- [52] Kamala R., Rao K., Reuse of Solid Waste from Building Demolition for the Replacement of Natural Aggregates, *Int. Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, Vol. 2, pp.74-76
- [53] Trifunović P., et al, (2014), Examination of the possibilities of the application of waste materials (gypsum, fly ash and bottom ash) in construction, *Underground Mining Engineering* 24 (2014), pp.49-60
- [54] Xi Y., Li Y., Xie Z., Lee J., (2004), Utilization of solid wastes (waste glass and rubber particles) as aggregates in concrete, *International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology*
- [55] Australian Government, (2012), Construction and demolition waste guide-recycling and re-use across the supply chain, *Water, Population and Communities*, 2012
- [56] An J. et al, (2014), Evaluating the Use of Waste-to-Energy Bottom Ash as Road Construction Materials, *Office of Materials, State of Florida Department of Transportation*
- [57] Bressi G., Volpe G., Pavesi E., (2011), The production of recycling aggregates from inert waste, Emilia-Romagna Region, Environment, Soil and Coast Defence Department, Italy
- [58] Developing a strategic approach to construction waste: 20 year strategy draft for comment, (2006), www.bre.co.uk
- [59] Minnesota Construction, Demolition and Industrial Waste Study, (2007), *Solid Waste Management Coordinating Board* St. Paul, Foth Minnesota, USA
- [60] Dolan P., Lampo R., Dearborn J., (1999), Concepts for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste, *US Army Corps of Engineers, Technical Report 99/58*

- [61] Using Coal Ash in Highway Construction: A guide to Benefits and Impacts (2005), Federal Highway Administration, EPA United States Environmental Protection Agency
- [62] Conn R., Sellakumar K., Bland A., (1999), Utilization of CFB Fly Ash for Construction Applications, Proceedings of the 15th Int. Conf. On Fluidized Bed Combustion, Savannah, Georgia, USA, pp.1-18
- [63] Casteldelli V., et al, (2013), Use of Slag/Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA) Blends in the Production of Alkali-Activated Materials, *Materials* 6, pp.3108-3127
- [64] Service contract on management of construction and demolition waste-SR1, Final Report Task 2, (2011), European Commission (DG ENV), ARCADIS/Bio-intelligence Service, 2011
- [65] Jain M., (2012), Economic Aspects of Construction Waste Materials in terms of cost savings – A case of Indian construction Industry, *Int. J. of Scientific and Research Publications*, Vol. 2, Issue 2, www.ijsrp.org
- [66] Ramme B., Tharaniyil M., (2000), Coal Combustion Products Utilization Handbook, A We Energies Publication, USA
- [67] Wahlstrom M., et al., (2014), Environmentally Sustainable Construction Products and Materials – Assessment of release, *Nordic Innovation Report 2014:3*, March 2014, Nordic Innovation Publications, Norway
- [68] Sandler K., (2003), Analysing what's recyclable in C&D debris, *BioCycle*, November 2003, pp.51-54
- [69] Rathmann K., (1996), Recycling and Reuse of Building Materials, National Pollution Prevention Center for Higher Education, An Arbor, www.umich.edu/~uppcpub/
- [70] Aggregates from Construction and Demolition Waste in Europe, UEPG, 2006
- [71] Hannequart J. P., (2004), Practice guide on waste plastic recycling: A guide by and for local and regional authorities, ACRR, Brussels
- [72] Holubka M., Salaiova B., (2013), The use of crushed rubber in asphalt mixtures of road pavements, Lviv Polytechnic National University Institutional Repository, <http://ena.lp.edu.ua>
- [73] Bjegović D., et al, (2013), Construction materials roadmap for R&D, University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Zagreb
- [74] Hendriks C., Janssen G., (2011), Reuse of construction and demolition waste in the Netherlands for road constructions, *HERON*, Vol. 46, No. 2, pp.109-117
- [75] Moriconi G., (2006), Recyclable materials in concrete technology: sustainability and durability, <http://www.claisse.info/specialabstracts.htm>
- [76] Jeffrey C., (2011), Construction and Demolition Waste Recycling: A literature Review, Dalhousie University's Office of Sustainability, New Scotia, USA
- [77] Huang W., et al, (2002), Recycling of construction and demolition waste via mechanical Sorting process, *Resources, Conservation and Recycling* 37 (2007), pp.23-37

- [78] Ackerman F., (2011), Employment effect of coal ash regulation, Stockholm Environment Institute- U.S. Center, Tufts University
- [79] European Commission, (1999), Construction and demolition waste management practices, and their economic impacts, Report to DGXI, Symonds Group, February
- [80] Thompson A., Strickland A., (2003), Strategic Management, Mc Grow – Hill, Boston,
- [81] Burgelman R., Cristensen C., Wheelwright C., (2009), Strategic Management of Technology and Innovation, Mc Grow – Hill, Boston,
- [82] Robbins S., Coulter M., (2012), Management, Prentice Hall – Pearson, New York,
- [83] Kaplan R., Norton D., (2004), Strategy Maps, Harvard Business School Press, Boston,
- [84] Kaplan R., Norton D., (1996), The Balanced Scorecard, Harvard Business School Press, Boston
- [85] Kotter P., Lee N., (2009), Društveno odgovorno poslovanje, M.E.P. d.o.o. Zagreb
- [86] Harris J., (2006), Ekonomija životne sredine i prirodnih resursa, Datastatus, Beograd
- [87] Evans J., (2011), Quality Management, Organization and Strategy, South-Western CENGAGE Learning, New York
- [88] Summers D., (2009) Quality Management: Creating and Sustaining Organizational Effectiveness, Pearson/Prentice Hall, New Jersey
- [89] Monden Y., (1995) Cost Reduction Systems: Target Costing and Kaizen Costing, Productivity Press, Portland, Oregon
- [90] Juran J., (1997), Oblikovanjem do kvaliteta, Grmeč, Beograd
- [91] Bogetić Z., (2007), Menadžment kategorije proizvoda, Datastatus, Beograd
- [92] Arsovski S., (2014), Integrisani sistemi menadžmenta, Fakultet inženjerskih nauka, Kragujevac
- [93] Pavlović M., (2013) Integrisani menadžment sistemi, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički Fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin
- [94] Drucker P., (1996), Inovacije i preduzetništvo, Grmeč, Beograd
- [95] Swamidass P., (2000), Innovations in Competitive Manufacturing, AMACOM, New York
- [96] Lambić M., (1996), Inženjerstvo i inovacije, STYLOS, Novi Sad
- [97] Higley P., Nicolas M., (2006), Forecasting Innovations, Springer, Berlin
- [98] Bruton G., White M., (2011), Strategic Management of Technology and Innovation, South-Western, Second Edition
- [99] Atkinson G., Dietz S., Neumayer E., (2007), Handbook of Sustainable Development, Edward Elgar, Massachusetts

- [100] Stimson R., Stough R., Roberts B., (2006), *Regional Economic Development: Analysis and Planning Strategy*, Springer, Berlin
- [101] Parkin S., (2010), *The Positive Deviant Sustainability Leadership in a Perverse World*, Earthscan, London
- [102] Sterman J., (2000), *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*, Mc Grow Hill – Irwin, Boston
- [103] Ross S., (2006), *Simulation, Fourth Edition*, Elsevier, Academic Press, Amsterdam
- [104] Albright C., Zappe C., Winston W., (2011), *Data Analysis, Optimisation, and Simulation Modeling*, South – Western, Cengage Learning, Canada
- [105] Chung C., (2003), *Simulation Modeling Handbook: A Practical Approach*, CRC Press, London
- [106] Deming E., (1996), *Kako izaći iz krize*, Grmeč, Beograd
- [107] Peters T., (1996), *Uspešan u haosu*, Grmeč, Beograd
- [108] Kotler P., Caslione J., (2009), *Kaotika: Upravljanje i marketing u turbulentnim vremenima*, Mate, Zagreb
- [109] Khalil T., Lefebore L., Mason R., (2001), *Management of Technology: The Key to Prosperity in the Third Millenium*, Pergaman Press, Amsterdam
- [110] Plan upravljanja građevinskim otpadom u Kantonu Sarajevo, (2008), Kanton, Sarajevo
- [111] Plan upravljanja otpadu opštine Lukovce za period 2012-2018, (2012), MDP Inicijative, Centar za menadžment, razvoj i planiranje, Doboj
- [112] Rješenje problema komunalnog čvrstog otpada u opštinama sjeverno-istočne Bosne i Hercegovine, (2006), Evropski projekat, No. 205/113-549, Zvornik
- [113] Hadžiefendić A., (2010), *Intervencije za poboljšanje aktuelnog sistema upravljanja otpadom*, Tuzla
- [114] Hrasnica M., et al, (2009), *Smernice za zbrinjavanje građevinskog otpada*, Federalno ministarstvo prostornog uređenja, Sarajevo
- [115] Plan upravljanja otpadom opštine Čelić za period 2011-2016, (2011), Čelić
- [116] www.populari.org, *Izveštaj o smeću: pravo lice borbe za vlast u Bosni i Hercegovini*, Policy Brief, (2012)
- [117] Studija o uticaju na životnu sredinu projekta sanitarne deponije za opštinu Zvornik na lokaciji, „Crni Vrh – Sjever“, (2008), Institut za građevinarstvo „IG“, Banja Luka
- [118] Pregled stanja okoliša: Bosna i Hercegovina, (2011), Ujedinjeni neredi, Njujork i Ženeva, Ekonomska Komisija UN za Evropu
- [119] Akcioni plan energetske održivosti razvoja oštine Tuzla (SEAP), (2011), Tuzla
- [120] Sjevernoistična Bosna: Socio – ekonomski pokazatelji, (2004), Tuzla
- [121] Socioekonomski pregled i SWOT analiza ekonomske regije „Sjevernoistična BiH“, (2004), NERDA – North East Regional Development Association, 1. Deo

- [122] Lokalni plan upravljanja otpadom opštine Bijeljina 2011-2016, (2011), Službeni glasnik Opštine Bijeljina 25/2011
- [123] Federalni plan upravljanja otpadom 2012-2017, (2011), Federalno ministarstvo okoliša i turizma, Sarajevo
- [124] Izveštaj nevladinih organizacija o procesu izgradnje regionalnih sanitarnih deponija u BiH, (2006), ICVA – Inicijativa i civilna akcija, Sarajevo
- [125] Zelenić-Vasiljević T., (2011), Primena GIS-a analitičko hijerarhijskog procesa i fazi logike pri izboru lokacija regionalnih deponija i transfer stanica, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [126] Borrer C., (2008), The Certified Quality Engineer Handbook, Third Edition, ASQ Quality Press, Milwaukee, Wisconsin
- [127] Rendell E., Mc Ginty K., (2004), Environmental Management Systems: A Guidebook for Improving Energy and Environmental Performance in Local Government, Five Winds International, Pennsylvania, USA
- [128] Stapenhurst T., (2009), The Benchmarking Book, Elsevier and Butterworth – Hinemann, Amsterdam
- [129] deBrujin H., et al., (2002), Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards, Kluwer Academic Publishers, New York
- [130] Barringer H., Weber D., (1996), Life Cycle Cost Tutorial Fifth Int. Cont. On Process Plant Reliability, pp.3-58
- [131] Emblemavag J., (2003), Life-Cycle Costing: Using Activity-Based Costing and Monte Carlo Methods to Manage Future Costs and Risks, John Wiley & Sons, New York
- [132] BS ISO 15686-5 Buildings & constructed assets – Service Life Planning – Part 5: Life cycle costing, (2008), BSI
- [133] Jun H., Lee D., Kritsis D., (2012), Heuristic Algorithm for minimising total recovery cost of end-of-life products under quality constraints, Int. Journal of Production Research, Vol. 50, No. 19, pp. 5330-5347
- [134] Boesch M., et al., (2014), An LCA model for waste incineration enhanced with new technologies for metal recovery and application to the case of Switzerland, Waste Management 34, pp. 378-389
- [135] Nixon J., et al., (2013), A comparative assessment of waste incinerators in the UK, Waste Management 33, pp. 2234-2244
- [136] Ganiror T., (2013), Analysis of Fly Ash Cement Concrete for Road Construction, Int. J. of Advanced Science and Technology, Vol. 60, pp. 33-44
- [137] Keoleian G., Blanchard S., Reppe P., (2001), Life – Cycle Energy, Costs, and Strategies for Improving a Single – Family House, Journal of Industrial Ecology, pp. 135-156
- [138] Bai Y., Darcy F., Basheer P., (2005), Strength and drying shrinkage properties of concrete containing furnace bottom ash as fine aggregate, Construction and Building Materials 19, pp. 691-697
- [139] Klir J. G., and Folger A. T., (1988), Fuzzy sets, uncertainty and information, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA

- [140] Kahraman C., (2008), *Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making: Theory and Applications with Recent Developments*, Springer, Berlin, Germany
- [141] Ruan D., Hardeman F., and van der Meer K., (2008), *Intelligent Decision and Policy Making Support Systems*, Springer, Berlin, Germany
- [142] Zelenović-Vasiljević T., (2011), *Primena GIS-a, analitičko hijerarhijskog procesa i fazi logike pri izboru lokacija regionalnih deponija i transfer stanica*, Doktorska disertacija Univerziteta u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad
- [143] Banks J., Carson J., Nelson B., Nikol D., (2001), *Discrete-Event Simulation*, Prentice Hall, 3rd Edition
- [144] Pavlović M., Arsovski S., Arsovski Z., Mirović Z., Lazić M., (2011), *Design Methodology for Discrete Event Simulation Solutions in Manufacturing Environment*, *Strojarstvo* 53 (2), pp.113-126
- [145] Đorđević M., Pavlović A., Arsovski S., Pavlović M., Jevtić D., (2011), *Material Flow Within an End-of-Life Vehicle Recycling system – A Periodical Analysis of Generated Quantities*, *Strojarstvo* 53 (6), pp. 469-475
- [146] Pavlović A., Tadić D., Arsovski S., Kokić A., Jevtić D., (2011), *Network Design for Dismantling Centers of the End-of-Life Vehicles Under Uncertainties: A case Study*, *Strojarstvo* 53 (5), pp.373-382
- [147] David F. (2011). *Strategic Management: Concepts and Cases*, Prentice Hall, Boston.
- [148] Mintzberg H., Ahlstrand B., Lampel J. (2000). *Strategy Safari*, Prentice Hall Boston
- [149] Arsovski S. (2006). *Menadžment procesima*, Univerzitet u Kragujevcu, mašinski fakultet u Kragujevcu, centar za kvalitet, Kragujevac.
- [150] Porter M. (2008). *The Five Competitive Forces That Shape Strategy*, Harvard Business Review, Massachusetts, pp.78.
- [151] Porter M. (1980). *O konkurenciji*, IEFPA, Beograd.
- [152] Kaplan, R., Norton, D. (2008). *The Execution Premium: Linking Strategy to Operation for Competitive Advantage*, Harvard Business Press.
- [153] Schwab K. (2009). *The Global Competitiveness Report 2009-2010*, World Economic Forum, Geneva.
- [154] Aleksić, A., Stefanović, M., S. Arsovski, and D. Tadić. (2013). *An assessment of organizational resilience potential in SMEs of the process industry, a fuzzy approach*, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 26, 1238-1245.
- [155] Chang, D., Y., (1996). *Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP*. *European J. of Operational Research*, 95 649-655.
- [156] Chan, S.T.F., Kumar, N. (2007). *Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP based approach*, *Int. J. of Production Research*, 46, 417-431.
- [157] Галовић, Д. (1999). *Више-критеријумска оптимизација избора стратегије снабдевања у сложеном вишенивојском производно-дистрибутивном*

систему. Докторска дисертација, Машински факултет, Универзитет у Београду.

- [158] Heimsoth, Jörg (2000). Die Optimierung der Entsorgungslogistik von Industrieunternehmen, Štuttgart, Univerzitet Štuttgart.
- [159] Kaluza, B., (1998). Kreislaufwirtschaft und Umweltmanagement, Hamburg, Steuer- und Wirtschaftsverlag.
- [160] Kaya, T., Kahraman, C. (2011). Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology, Expert Systems with Applications, 38, 6577-6585.
- [161] Kelemenis, A, Askounis, D., (2010). A new TOPSIS-based multi-criteria approach to personal selection. Expert System with Applications, 7 (37), 4999-5008.
- [162] Klir, G.J., Folger, T., Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ., USA, 1988.
- [163] Rogers, Dale S. , Tibben-Lembke, Ronald (2001). An Examination of Reverse Logistics Practices, Journal of Business Logistics, 22 (2), 129-148.
- [164] Satty, T., L. (1980). The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York.
- [165] Sadi-Nezhad, S., Damghani, K., (2010). Application of a fuzzy TOPSIS method based on modified preference ratio and fuzzy distance measurement in assessment of traffic police centers performance, Applied Soft Computing, 10 (4), 1028-1040.
- [166] Seçme, Y.N., Bayrakdaroğu, Kahraman, C. (2009). Fuzzy performance evaluation in Turkish Banking Sector using Analytic Hierarchy 11709.Process and TOPSIS, Expert Systems with Applications, 36, 11699-11709.
- [167] Tadić, D., Gumus, T.A., Arsovski, S., Aleksić, A., Stefanović, M. (2013). An evaluation of quality goals by using fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methodology. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 25, 547-556.
- [168] Torfi, F., Farahani, Z., R., Rezapour, S. (2010). Fuzzy AHP to determine the relative weights of evaluation criteria and Fuzzy TOPSIS to rank the alternatives, Applied Soft Computing, 10, 520-528.
- [169] Zimmermann, H.J. (2001), Fuzzy set Theory and its applications. Kluwer Nijhoff Publishing: Boston.
- [170] Dyson B., Chang N. (2005). Forecasting municipal solid waete generation in fast-growing urban region with system dynamic modeling, waste management, 2005, 25, 669-679.
- [171] Forester J. (1971). World dynamics, Cambridge, The MIT Press,1971.
- [172] Ulli-Ber S. (2003). Dynamic interaction between citizen policy imtatives-a system dynamic modell of recycling dynamics in a typical Swiss locality, Proceeding of the 2003 Int. Cent. Of the System Dynamics Society.
- [173] Zhao W. et al (2011), A system dynamics model for evaluation the alternative of type in construction and demolition waste recycling center – The case of Changging, China, Conservation and Recycling 55 (2010), pp. 933-944

- [174] Deaton M., Winebrake I. (2000). Dynamic modeling of environmental systems, Springer Verlag, New York.
- [175] Kartam N. et al (2004). Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait, *Waste Management*, 2004, 24, 149-158.
- [176] Wang J. et al (2004). A system analysis tool for construction and demolition wastes management, *Waste Management*, 2004, 24,989-997.
- [177] Rindt T., Billaut J. (2006). *Multicriteria Scheduling: Theory, Models and Algorithms*, Springer, Berlin.
- [178] Jovičić M. (1989). *Ekonometrijski modeli*, Ekonomski fakultet, Beograd.
- [179] Miller R., Blair P. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*, Cambridge University Press.
- [180] Đorđević M. et al (2011). Material Flows Within on End – of – Life Vehicle Recycling System – A periodical Analysis of Generated Quantities, *Strojarstvo* 53(6) 469-475.
- [181] Brutlandland Commission (1987), *Our common future*, World Commission on Environment and Development, New York
- [182] Blakely E. J. (1994), *Planing local economic development: theory and practice*, 2nd edn. Sage Pablications, Thonsand Oaks, CA
- [183] *Sustainable Development in Switzerland: Factors for an indicator systems: A pilot study based on the methodology of the United Nations Commissions on Sustainable Development (CSD)*, Neuchatel, 2000,
- [184] *Criteria for sustainable development – Indicators for a strategy for instainable development for the United Kingdom*, A national statistic publication, 2004,
- [185] *The Global Competitiveness Report, 2012*, World Economic Forum, Geneva, Switzerland, 2012
- [186] *The Europe 2020 Competitivenes Report*, World Economic Forum, 2014
- [187] Wongthatanekorn W. (2009). A Goal Programming Approach for Plastic Recycling System in Thailand, *World Academy of Sciences, Engeneering and Technology* 49, pp. 513-518.
- [188] Scott Shane (2009) *Technology Strategy for Managers and Enterpreneuers*, Pearson/Prentice hall, New York.
- [189] Chounard M., D' Amours S., Ait-Kadi D. (2006) *Design of Reverse Logistic Networks for Multi-product, Multi-states, and Multi-processing altenatives*, CENTOR, Universite Laval, Quebec, Kanada.
- [190] HR Wallingford (2005), *Sustainable Re-use of Tyres in Port, Coastal and River Engineering*, Project SCHO4BITI-E-E
- [191] Abdul-Kader W., Haque M. (2011) *Sustainoble type remanufacturing: an agent-based simulation modelling approach*, *International Journal of Susstainoble Engineering*, Vol.4, No.4, pp. 330-347.
- [192] Goodship V., (2010), *Management, recycling and reuse of waste components*, CRC Press, WP
- [193] Martens H., (2011), *Recyclingtechnik*, Spektrum, Heidelberg

- [194] Choinard M., D' Amours S., Ait.Kadi D., Design of Reverse Logistic Networks for Multi-products Multi-States, and Multi-processing Alternatives, Universite Laval, Quebec, Canada
- [195] Ministry of Housing (2000) Eco-indicator 99: A damage orientid method for Life Cycle Impact Assessment, Manual for Designers, Spatial Planning and the Environment Communications Directorate, Hague.