



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА У
НОВОМ САДУ



Сунчица Вјештица

**МОДЕЛ УПРАВЉАЊА УТИЦАЈИМА
ПРОЦЕСА ПРОИЗВОДЊЕ ПОДНИХ
ОБЛОГА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ
ПРИМЕНОМ МЕТОДЕ ОЦЕЊИВАЊА
ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА (LCA)**

ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА

Нови Сад, 2014.



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ ● ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
21000 НОВИ САД, Трг Доситеја Обрадовића 6

КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈСКА ИНФОРМАЦИЈА

Редни број, РБР:	
Идентификациони број, ИБР:	
Тип документације, ТД:	Монографска публикација
Тип записа, ТЗ:	Текстуални штампани материјал
Врста рада, ВР:	Докторска дисертација
Аутор, АУ:	Мр Сунчица Вјештица
Ментор, МН:	Проф. др Јанко Ходолич
Наслов рада, НР:	Модел управљања утицајима процеса производње подних облога на животну средину применом методе оцењивања животног циклуса (LCA)
Језик публикације, ЈП:	Српски
Језик извода, ЈИ:	Српски
Земља публиковања, ЗП:	Република Србија
Уже географско подручје, УГП:	АП Војводина
Година, ГО:	2014.
Издавач, ИЗ:	Ауторски репринт
Место и адреса, МА:	Факултет техничких наука, Трг Доситеја Обрадовића 6, Нови Сад
Физички опис рада, ФО: (поглавља/страна/ цитата/табела/слика/графика/прилога)	7/101/87/21/49/0/0
Научна област, НО:	Инжењерство заштите животне средине
Научна дисциплина, НД:	Инжењерство заштите животне средине
Предметна одредница/Кључне речи, ПО:	Модел, управљање заштитом животне средине, оцењивање животног циклуса, LCA, подне облоге.
УДК	
Чува се, ЧУ:	Библиотека Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, Нови Сад
Важна напомена, ВН:	
Извод, ИЗ:	У дисертацији је предложен општи модел за управљање утицајима на животну средину у оквиру производних процеса производње подних облога, заснован на методи оцењивања животног циклуса производа и процеса. Модел је систематично представљен кроз опис основних делова - модела инвентара животног циклуса и модела за оцењивање утицаја животног циклуса. Дисертација садржи и детаљан опис подлога на којима је модел развијен. Верификација развијеног модела је спроведена кроз три студије случаја.
Датум прихватања теме, ДП:	
Датум одбране, ДО:	
Чланови комисије, КО:	Председник: Проф. др Радо Максимовић
	Члан: Проф. др Славко Арсовски
	Члан: Проф. др Властимир Радоњанин
	Члан: Ван. проф. др Горан Вујић
	Члан: Доц. др Игор Будак
Члан, ментор:	Проф. др Јанко Ходолич
	Потпис ментора



KEY WORDS DOCUMENTATION

Accession number, ANO :	
Identification number, INO :	
Document type, DT :	Monographic publication
Type of record, TR :	Textual printed document
Contents code, CC :	Doctoral dissertation
Author, AU :	MSc Sunčica Vještica
Mentor, MN :	Prof. dr Janko Hodolič
Title, TI :	Model for management of environmental impacts from flooring's production processes by the application of life cycle assessment (LCA)
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 :	2014
Publisher, PB :	Author's reprint
Publication place, PP :	Faculty of Technical Sciences, Trg Dositeja Obradovica 6, Novi Sad
Physical description, PD : <small>(chapters/pages/ref./tables/pictures/graphs/appendixes)</small>	7/101/87/21/49/0/0
Scientific field, SF :	Environmental engineering
Scientific discipline, SD :	Environmental engineering
Subject/Key words, S/KW :	Model, environmental management, life cycle assessment, LCA, floorings.
UC	
Holding data, HD :	Library of Faculty of Tehnical Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad
Note, N :	
Abstract, AB :	The dissertation proposes a general model for managing environmental impacts within the manufacturing process of flooring coverings, based on the method of life cycle assessment of products and processes. The model is systematically presented by describing the main parts - the life cycle inventory model and a model for the life cycle impact assessment. Dissertation contains a detailed description of the background bases on which the model is developed. Verification of the model is carried out through three case studies.
Accepted by the Scientific Board on, ASB :	
Defended on, DE :	
Defended Board, DB :	President: Prof. dr Rado Maksimović
	Member: Prof. dr Slavko Arsovski
	Member: Prof. dr Vlastimir Radonjanin
	Member: Assoc. Prof. dr Goran Vujić
	Member: Assist. Prof. dr Igor Budak
	Member, Mentor: Prof. dr Janko Hodolič
	Mentor's sign

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1 Obrazloženje o potrebama istraživanja	2
1.2 Analiza dosadašnjih istraživanja u oblasti	3
1.3 Ciljevi istraživanja	5
1.4 Sadržaj doktorske disertacije.....	5
2. METODA OCENJIVANJA ŽIVOTNOG CIKLUSA - TEORETSKE OSNOVE ISTRAŽIVANJA	7
2.1 Definisane cilja i predmeta i područja primene	9
2.2 Analiza inventara životnog ciklusa (LCI)	11
2.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa – LCIA	14
2.4 Interpretacija (tumačenje) životnog ciklusa	17
2.5 Izveštavanje i kritičko preispitivanje	18
2.6 Osvrt na ključne aspekte LCA metode.....	19
3. PODLOGE ZA PRIMENU METODE OCENJIVANJA ŽIVOTNOG CIKLUSA U OBLASTI PROIZVODNJE PODNIH OBLOGA.....	20
3.1 Faze životnog ciklusa kod podnih obloga.....	20
3.2 Inventar životnog ciklusa kod podnih obloga	21
3.3 Izbor metodologije za analizu uticaja životnog ciklusa podnih obloga	22
3.3.1 CML 92.....	23
3.3.2 Eko indikator 95 i 99	25
3.3.3 EDIP 97 & 2003	28
3.3.4 EPS 2000d.....	30
3.3.5 IMPACT 2002+	32
3.3.6 TRACI	34
3.3.7 LIME.....	36
3.3.8 ReCiPe	38
3.3.9 Swiss Ecological Scarcity (UBP Metoda)	40
3.3.10 USEtox.....	42

4. MODELIRANJE PROCESA PROIZVODNJE PODNIH OBLOGA ZA POTREBE UPRAVLJANJA ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE PRIMENOM OCENJIVANJA ŽIVOTNOG CIKLUSA	45
4.1 Opšti model (sistema proizvoda) za upravljanje zaštitom životne sredine kod proizvodnje podnih obloga na bazi ocenjivanja životnog ciklusa	45
4.2 Model inventara životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga - LCI model	46
4.2.1 LCI podmodel proizvodne faze	47
4.2.2 LCI podmodel instalacione faze	49
4.2.3 LCI podmodel faze primene	51
4.2.4 LCI podmodel faze kraja životnog veka.....	52
4.3 Model za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa proizvodnje podnih obloga	54
5. VERIFIKACIJA RAZVIJENOG MODELA	55
5.1 Studija slučaja 1: Upravljanje uticajima proizvodnje PVC podnih obloga na životnu sredinu primenom razvijenog modela.....	55
5.1.1 Definisane cilja i predmeta	55
5.1.2 Analiza inventara životnog ciklusa.....	57
5.1.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa (LCIA)	62
5.1.4 Interpretacija i diskusija rezultata	66
5.2 Studija slučaja 2: Upravljanje uticajima proizvodnje laminatnog parketa na životnu sredinu primenom razvijenog modela.....	68
5.2.1 Definisane cilja i predmeta	68
5.2.2 Analiza inventara životnog ciklusa.....	69
5.2.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa (LCIA)	74
5.2.4 Interpretacija i diskusija rezultata	80
5.3 Studija slučaja 3: Upravljanje uticajima energetskih ulaza na životnu sredinu u proizvodnji podnih obloga primenom razvijenog modela	81
5.3.1 Definisane cilja i predmeta	81
5.3.2 Analiza inventara životnog ciklusa.....	83
5.3.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa (LCIA)	89
5.3.4 Interpretacija i diskusija rezultata	92
6. ZAKLJUČAK.....	93
7. LITERATURA	95

LISTA SLIKA

Slika 2.1 Osnovne faze LCA prema ISO 14040

Slika 2.2 Iterativni karakter LCA

Slika 2.3 Tok LCI prema ISO 14044

Slika 2.4 Primer liste za prikupljanje podataka za LCI

Slika 2.5 Iterativnost procesa prikupljanja podataka

Slika 2.6 Osnovni elementi LCIA

Slika 2.7: Osnovni elementi faze interpretacije i odnosi između elemenata i sa ostalim fazama LCA

Slika 3.1 Životni ciklus podnih obloga - karakteristične faze

Slika 3.2 Osnovni elementi koji trebaju biti obuhvaćeni kod razvoja dokumenata za inventar životnog ciklusa podnih obloga

Slika 3.3 Eko-indikator proces modelovanja

Slika 3.4 Eko indikator 99 - struktura kategorija uticaja

Slika 3.5 Impact 2002+ - struktura kategorija uticaja

Slika 3.6 Kategorije uticaja i mehanizam TRACI metode

Slika 3.7 Kategorije uticaja i mehanizam ReCiPe metode

Slika 3.8 Kategorije uticaja i mehanizam USEtox metode

Slika 4.1 Proizvodna faza životnog ciklusa podnih obloga

Slika 4.2 Opšti model za upravljanje zaštitom životne sredine kod procesa proizvodnje podnih obloga na bazi ocenjivanja životnog ciklusa

Slika 4.3 Struktura modela inventara životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga

Slika 4.4 Model za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa proizvodnje podnih obloga

Slika 5.1 Model sistema proizvoda sa definisanim granicama

Slika 5.2 Model sistema proizvoda sa obuhvaćenim jediničnim procesima

Slika 5.3 Rezultati karakterizacije sa iskazanim udelima podprocesa po središnjim uticajnim kategorijama

Slika 5.4 Rezultati opterećenja životne sredine prema scenariju 1 po podprocesima u okviru proizvodnje PVC podnih obloga prema krajnjim uticajnim kategorijama

Slika 5.5 Rezultati opterećenja životne sredine prema scenariju 2 po podprocesima u okviru proizvodnje PVC podnih obloga prema krajnjim uticajnim kategorijama

Slika 5.6 Upporedni prikaz rezultata opterećenja životne sredine prema scenarijima S1 i S2 po podprocesima u okviru proizvodnje PVC podnih obloga prema krajnjim uticajnim kategorijama

Slika 5.7 Upporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Slika 5.8 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Slika 5.9 Model sistema proizvoda sa definisanim granicama

Slika 5.10 Model sistema proizvoda sa obuhvaćenim jediničnim procesima

Slika 5.11 Rezultati karakterizacije i udeo u relativnim vrednostima podprocesa po uticajnim kategorijama središnjeg nivoa

Slika 5.12 Rezultati normalizacije podprocesa proizvodnje parketa na nivou kategorija uticaja središnjeg nivoa

Slika 5.13 Rezultati opterećenja životne sredine za Scenario 1 po podprocesima u okviru proizvodnje parketa po uticajnim kategorijama krajnjeg nivoa

Slika 5.14 Rezultati opterećenja životne sredine za Scenario 2 po podprocesima u okviru proizvodnje parketa po krajnjim uticajnim kategorijama

Slika 5.15 Uporedni prikaz rezultata ocenjivanja Scenarija 1 (S1) i Scenarija 2 (S2)

Slika 5.16 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Slika 5.17 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Slika 5.18 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine za scenario 2 (S2) i scenario 3 (S3) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Slika 5.19 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata za scenario 2 (S2) i scenario 3 (S3) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Slika 5.20 Model sistema proizvoda sa definisanim granicama

Slika 5.21 Insineratorsko postrojenje MAWERA FR 7000 TH

Slika 5.22 Silosi za skladištenje piljevine

Slika 5.23 Kotlovsko postrojenje

Slika 5.24 Udeli energenata u ukupnoj potrošnji energije na godišnjem nivou u analiziranom proizvodnom sistemu

Slika 5.25 Pregled potrošnje energije po vrstama energenata na mesečnom nivou tokom godine

Slika 5.26 Pregled proizvedenih količina laminiranog parketa na mesečnom nivou tokom godine

Slika 5.27 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine preko kategorija uticaja središnjeg nivoa

Slika 5.28 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata preko kategorija uticaja središnjeg nivoa

Slika 5.29 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Slika 5.30 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

LISTA TABELA

Tabela 2.1 Uređenost oblasti LCA standardima ISO

Tabela 2.2 Vrste LCA studija u zavisnosti od granica sistema

Tabela 3.1: LCIA metodologije obuhvaćene analizom

Tabela 4.1 Inventar sirovina (sa transportom) - primer za proizvodnju PVC podnih obloga

Tabela 4.2 Inventar proizvodnog procesa - primer za proizvodnju PVC podnih obloga

Tabela 4.3 Inventar transporta (od proizvodnog pogona do destinacije prodaje)

Tabela 4.4 Inventar lepila/adheziva

Tabela 4.5 Inventar generisanog otpada

Tabela 4.6 Inventar opasnih materija

Tabela 4.7 LCI podmodel faze primene - inventar održavanja/čišćenja

Tabela 4.8 LCI podmodel faze primene - inventar emisija

Tabela 4.9 LCI podmodel faze kraja životnog veka - inventar otpada

Tabela 4.10 LCI podmodel faze kraja životnog veka - inventara scenarija za tretman otpada

Tabela 4.11 LCI podmodel faze kraja životnog veka - inventar reciklaže

Tabela 5.1 Inventar sirovinskih ulaza kod proizvodnje 1 m² PVC podnih obloga

Tabela 5.2 Inventar energetske ulaza i ambalaže kod proizvodnje 1 m² PVC podnih obloga

Tabela 5.3 Inventar izlaza kod proizvodnje 1 m² PVC podnih obloga

Tabela 5.4 Inventar sirovinskih ulaza kod proizvodnje 1 m² laminatnog parketa

Tabela 5.5 Inventar energetske ulaza i ambalaže kod proizvodnje 1 m² laminatnog parketa

Tabela 5.6 Inventar izlaza kod proizvodnje 1 m² laminatnog parketa

Tabela 5.7 Tehnički podaci za kotlovska postrojenja "MAWERA" FR7000th

LISTA KORIŠĆENIH SKRAĆENICA

<i>DALY</i>	<i>Disability Adjusted Life Years</i>
<i>EMS</i>	<i>Environmental Management System</i>
<i>EPA</i>	<i>Environmental Protection Agency</i>
<i>EU</i>	<i>Evropska unija</i>
<i>ILCD</i>	<i>International Reference Life Cycle Data System</i>
<i>ISO</i>	<i>International Organisation for Standardisation</i>
<i>LCA</i>	<i>Life Cycle Assessment</i>
<i>LCC</i>	<i>Life Cycle Costing</i>
<i>LCI</i>	<i>Life Cycle Inventory</i>
<i>LCIA</i>	<i>Life Cycle Impact Assessment</i>
<i>LCT</i>	<i>Life Cycle Thinking</i>
<i>PDF</i>	<i>Potentially Disappeared Fraction of plant species</i>
<i>PE</i>	<i>polietilen</i>
<i>PP</i>	<i>polipropilen</i>
<i>PVC</i>	<i>polivinilhlorid</i>
<i>SAD</i>	<i>Sjedinjene Američke Države</i>
<i>SETAC</i>	<i>Society of Environmental Toxicology and Chemistry</i>
<i>SRPS</i>	<i>Srpski standard</i>
<i>SWOT</i>	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats</i>
<i>UNEP</i>	<i>United Nations Environment Programme</i>
<i>UV</i>	<i>Ultraviolet</i>
<i>VOC</i>	<i>Volatile organic compound</i>

1. UVOD

Očuvanje i zaštita životne sredine predstavljaju jedan od najvećih izazova koje je naučna zajednica postavila za narednu deceniju. Posledica ovoga je sve veći broj organizacija za zaštitu životne sredine, ekoloških standarda, zakonskih regulativa i ograničenja, koja primoravaju kompanije na proizvodnju koja utiče na okolinu što je moguće manje. Osim toga, korisnici su sve više ekološki svesni i odlučuju se na kupovinu proizvoda čija osnovna sirovina, proizvodnja, upotreba i odlaganje predstavljaju manji uticaj na životnu sredinu [1].

Industrija tradicionalno, usled zasnovanosti na tehnološkim procesima koji imaju brojne štetne uticaje na životnu sredinu - emisije (emisije gasova u atmosferu, ulja i emulzije u vodu i zemljište i sl.), generisanju otpadnih materijala različitih vrsta, trošenju neobnovljivih prirodnih resursa i tehnološkim sistemima koji proizvode buku, vibracije i elektromagnetno zračenje itd., predstavlja jednu od problematičnijih oblasti sa aspekta životne sredine. Razvoj svesti čoveka o uticaju tehnoloških procesa na životnu sredinu i zdravlje čoveka, uslovio je da se industrija, od inicijatora problema, transformiše u jedan od važnijih činilaca zaštite životne sredine.

U početnim naporima za smanjenje negativnih uticaja na prirodnu sredinu, zaštita životne sredine svodila se na primenu dodatnih, krajnjih tehnologija („end of pipe“), odnosno sistema za prečišćavanje (sanacija negativnih uticaja). Ubrzo je uočeno da ovaj pristup ne daje zadovoljavajuće rezultate, a pri tom iziskuje velika ulaganja, što je rezultiralo prelaskom na preventivni pristup, kojim bi se tehnološkim i organizacionim merama preduhitriло zagađenje životne sredine. Preventivni pristup u zaštiti životne sredine, podrazumeva prilagođavanje razvojnih strategija preduzeća sa principima trajno održivog razvoja (manja potrošnja primarnih sirovina i energije, reciklaža i ponovno korišćenje otpada, korišćenje sekundarnih sirovina u proizvodnji, optimizacija transporta, uslove rada itd.).

Značajan alat za realizaciju efikasnog i efektivnog sistema upravljanja zaštitom životne sredine, jeste metoda ocenjivanja životnog ciklusa poznatija po akronimu LCA, u čijoj osnovi je ocenjivanje aspekata životne sredine procesa i/ili proizvoda i njihovih mogućih uticaja na životnu sredinu, u svim fazama životnog ciklusa - od stvaranja sirovina, kroz proizvodnju, distribuciju, primenu, do brige o proizvodu na kraju životnog veka (nove upotrebe, reciklaže ili likvidacije). LCA predstavlja naučno zasnovanu metodologiju uređenu međunarodnim standardima ISO 14040 i 14044, koja podrazumeva prikupljanje i

vrednovanje podataka o ulazima, izlazima i mogućim uticajima procesa i/ili proizvoda na životnu sredinu tokom njegovog celokupnog životnog ciklusa. U tom smislu, kao ključna odlika njene primene, može se istaći prevencija mogućnosti da rešenje jednog problema u vezi sa životnom sredinom prouzrokuje (generiše) druge (nove) probleme.

Povećana svest o značaju zaštite životne sredine, kao i o mogućim negativnim uticajima u vezi sa proizvodima, kako proizvedenih tako i konzumiranih, povećala je interes za razvoj metoda za bolje razumevanje i rešavanje ovih uticaja. Jedna od tehnika koja se razvija u tu svrhu je i ocenjivanje životnog ciklusa, tj. LCA [2].

LCA izražava aspekte životne sredine i potencijalne uticaje na životnu sredinu (npr. upotreba resursa i environmentalne posledice emisija) tokom životnog ciklusa proizvoda, od nabavke sirovine preko proizvodnje, upotrebe, tretmana na kraju životnog veka, reciklaže i konačnog odlaganja (tj. od klevke pa do groba) [3]. Analiza celokupnog životnog ciklusa uključuje "holistički" pristup, dovodeći time uticaje na životnu sredinu u jedan konzistentan okvir, nezavisno od toga kada i gde su se ovi uticaji desili ili će se desiti. Jedan od osnovnih razloga za izbor takvog pristupa, odnosi se na činjenicu da krajnja potrošnja proizvoda predstavlja pokretačku snagu privrede i industrije. Shodno tome, ova krajnja potrošnja nudi osnovne mogućnosti za indirektno upravljanje zaštitom životne sredine, duž celog lanca, ili mreže jediničnih procesa koji su u vezi sa proizvodom [4].

Principijelno, LCA je korisna metoda za objektivno ocenjivanje trenutne politike zaštite životne sredine, i njeno poboljšanje za dobrobit ljudi i životne sredine. LCA pruža podatke kako proizvođačima i potrošačima, tako i donosiocima odluka i strategija. Drugim rečima, LCA funkcioniše kao sredstvo zaštite životne sredine za testiranje proizvoda i procesa, i za obezbeđivanje smernica za buduće strategije društva i vlade.

LCA se sve više koristi u industriji i javnom sektoru kako bi se smanjilo ukupno opterećenje životne sredine tokom celokupnog životnog ciklusa, sa ciljem da doprinese razvoju održivog ciklusa proizvoda. LCA je, stoga, jedna moćna metoda i od vitalnog je značaja za podršku u procesu odlučivanja i dopunjuje se sa drugim metodama, koje su podjednako neophodne u identifikovanju oblasti za potencijalna unapređenja, koja bi efektivno i efikasno učinila potrošnju i proizvodnju održivom [5].

1.1 Obrazloženje o potrebama istraživanja

Proizvodnja i potrošnja/primena proizvoda su danas primarni faktori koji uzrokuju štetne efekte na životnu sredinu. Istovremeno, savremeni proizvodni procesi vrlo su kompleksni, u smislu njihove zavisnosti od velikog broja parametara koji su najčešće veoma raznorodni i čiji je pojedinačni uticaj u konačnom efektu na životnu sredinu veoma različit [1,4,5,6].

Imajući u vidu prethodno, jasno je da upravljanje uticajima procesa na aspekte životne sredine predstavlja veliki izazov.

Jedan od osnovnih preduslova za kvalitetno i efikasno upravljanje uticajima procesa na životnu sredinu jeste fokusiranje na određenu kategoriju procesa. Proizvodnja podnih obloga predstavlja značajan segment savremene industrijske proizvodnje koji se intenzivno razvija, kako u smislu tehnoloških sistema tako i u smislu primenjenih sirovina. Takođe, proizvodnja podnih obloga je, sa aspekta uticaja na životnu sredinu, vrlo kompleksan proces zbog velikog broja uticajnih parametara - različitih hemijskih emisija, neminovnosti otpada, većeg broja uticajnih fizičkih veličina (buka, vibracije, prašina, zračenje itd.), potrošnja energije, reciklabilnost itd.

Metode za ocenjivanje uticaja procesa na životnu sredinu predstavljaju vrlo aktuelan segment upravljanja zaštitom životne sredine. Ova vrsta metoda, razvija se već više decenija tokom kojih je koncipiran veći broj prilaza, između kojih se metoda za ocenjivanje životnog ciklusa (poznatija kao LCA metoda) pokazala kao najsveobuhvatnija i najkredibilnija, i kao takva prihvaćena kao standard u ovoj oblasti. U prilog prethodnoj tvrdnji govore i sledeće činjenice: LCA metoda i njena primena se konstantno uređuju razvojem međunarodnih standarda (ISO 14040 i 14044) [2,3]; Evropska komisija je, preko svog Instituta za životnu sredinu i održivost (Institute for environment and sustainability), LCA metodu proglasila za jedan od kamena temeljaca svoje politike održivog razvoja [5]; evidentan je porast interesovanja za primenu LCA metode poslednjih godina, u velikom broju analiza opterećenja životne sredine od strane različitih proizvoda/procesa u industrijski razvijenijim državama, o čemu svedoči veliki broj objavljenih naučnih i stručnih publikacija [7-11]. Detaljnija analiza naučno-istraživačkih rezultata u oblasti, data je u okviru potpoglavlja 3.1.

Uzimajući u obzir navedeno, zatim razvoj legislative zakonskih propisa u oblasti životne sredine, kao i rastuću primenu manje formalnih alata za upravljanje zaštitom životne sredine koje se u velikoj meri oslanjaju na LCA metodu (označavanja u procesu zaštite životne sredine i eko-dizajna), sa velikom sigurnošću se može tvrditi da će uspešnost na (pre svega međunarodnom) tržištu u velikoj meri zavistiti od primene LCA metode.

Na osnovu prethodno iznetog, analiza mogućnosti za upravljanje uticajima procesa na životnu sredinu i definisanje modela za kvalitetno i efikasno upravljanje tim uticajima, mogu označiti kao vrlo značajni u užem kontekstu za podizanje konkurentnosti naše privrede, odnosno u širem - u postizanju održivog razvoja u našem društvu.

1.2 Analiza dosadašnjih istraživanja u oblasti

Interesovanje za primenu LCA u oblasti proizvodnje podnih obloga traje već skoro dve decenije i postaje sve intenzivnije. Tokom tog perioda, evidentirani su različiti prilazi i pokušaji realizacije LCA u ovoj širokoj oblasti. Potting i Blok [12] posmatraju četiri tipa podnih obloga (linoleum, vinil i dve vrste tepiha), predstavljajući njihov uticaj na životnu sredinu u svim fazama životnog ciklusa, pri čemu nisu iskazali nameru da porede analizom obuhvaćene podne obloge. Günther i Langowski [13] sprovode sličnu studiju, poredeći PVC, podloženi (cushion) PVC, olefinske podne obloge i linoleum, i zaključuju da ne postoji materijal koji se može izdvojiti kao "najbolji" ili "najgori" u pogledu uticaja na životnu sredinu. Werner i Richter [14], kao i Nebel i drugi [15], u svojim studijama vrše sveobuhvatno i detaljno poređenje drvenih podnih obloga u cilju dobijanja osnovnih podataka koji treba da obezbede dalje poređenja drvenih sa ostalim podnim oblogama. Jönsson i drugi [16], daju detaljnu i široku studiju kroz koju ocenjuju uticaj linoleuma, vinila i drvenih podnih obloga na životnu sredinu pomoću tri različite metode. Rezultati su pokazali da je drvo najbolja opcija sa aspekta zaštite životne sredine, dok se linoleum pokazao boljim u odnosu na vinil, iako, ne toliko evidentno kao u poređenju sa drvetom. Jones [17] u svojoj studiji daje poređenje različitih vrsta elastičnih podnih obloga kao što su vinil, linoleum i podne obloge od plute. Althaus i Richter [18], sa druge strane, sprovode studiju gde porede analizu životnog ciklusa različitih podnih obloga od plute, koja pokazuje da podovi od pluta sa PVC premazom impliciraju veće opterećenje životne sredine od lakiranih podova od plute, uprkos činjenici da im nije potrebno renoviranje. Gorree i ostali [19], sproveli su detaljnu LCA studiju linoleuma, u okviru koje daju uporedni pregled mogućih opcija za poboljšanje u okviru svih faza životnog ciklusa i ocenjuje osetljivost dobijenih rezultata u odnosu na metodološki izbor. Petersen i Solberg [20] upoređuju dve alternativne podne obloge, drvo i prirodni kamen za novi aerodrom u Oslu, i samo razmatraju energetske aspekte i umanjeni potencijal gasova sa efektom staklene bašte, dok kasnije u [21] upoređuju promene ekoloških i ekonomskih uticaja u slučaju zamene drveta drugim, alternativnim materijalima. Bowyer i drugi [22], u svom izveštaju razmatraju i ispituju dostupne podatke o ocenjivanju životnog ciklusa za veliki broj podnih obloga, i pri tome sumiraju istraživačke nalaze i procene podataka iz celog sveta. Podaci su uzeti iz BEES programa koji vodi Institut za standardizaciju i tehnologiju, i koji predstavlja najsveobuhvatniju, danas dostupnu, bazu podataka.

Vlasnici domaćinstva i poslovnih zgrada, arhitekta i građevinski inženjeri imaju na raspolaganju veliki broj različitih podnih obloga koje mogu izabrati, ali su pri tome i razlike u uticajima na životnu sredinu između ovih opcija takođe velike [22-24]. Za buduće korišćenje ekoloških vrednosti podnih obloga, u okviru održivog razvoja, generalna percepcija korisnosti upotrebe "zelenih" podnih obloga mora da se poveća na raznim

nivoima donošenja odluka. Ključni zahtevi za postizanje ovog cilja, jesu pouzdani tehnički kvalitet, ekonomska konkurentnost i superiorne ekološke performanse [24-26].

Rezultati dosadašnjih istraživanja u ovoj oblasti, ne mogu se direktno porediti zbog velikih metodoloških razlika u realizovanim LCA studijama, na primer u definisanju funkcionalne jedinice, u obuhvaćenim procesima, postavljenim granicama tj. uključenim ili isključenim fazama životnog ciklusa, procedurama u okviru alokacije za više-izlazne procese, pretpostavljenim procesima odlaganja, upotrebljenog različitog izvora električne energije, posmatranim uticajnim kategorijama u okviru ocenjivanja uticaja životnog ciklusa itd. U tom smislu bi razvoj opšteg modela zasnovanog na LCA, prilagodljivog procesima proizvodnje različitih podnih obloga, predstavljao značajan doprinos u oblasti upravljanja zaštitom životne sredine u industriji proizvodnje podnih obloga.

1.3 Ciljevi istraživanja

Osnovni cilj istraživanja predstavlja razvoj modela za efikasno i fleksibilno upravljanje uticajima procesa proizvodnje podnih obloga na aspekte životne sredine.

Postizanje osnovnog cilja istraživanja obuhvatilo je realizaciju sledećih specifičnih ciljeva istraživanja:

- Analizu svih uticajnih parametara na aspekte životne sredine procesa proizvodnje podnih obloga;
- Razvoj opšteg modela procesa proizvodnje podnih obloga sa identifikovanim ulazima, pod-procesima i izlazima;
- Analizu značajnosti uticaja parametara na aspekte životne sredine procesa proizvodnje podnih obloga u svim fazama životnog ciklusa primenom LCA metode;
- Razvoj modela za upravljanje uticajem procesa proizvodnje podnih obloga na životnu sredinu.

1.4 Sadržaj doktorske disertacije

Doktorska disertacija obuhvata sedam poglavlja:

- U okviru uvodnog poglavlja, predstavljen je problem istraživanja, obrazložena je potreba za istraživanjima, definisani su ciljevi istraživanja i dat je kratak sadržaj disertacije.
- Drugo poglavlje - Osnovni aspekti metode ocenjivanja životnog ciklusa, obuhvata retrospektivu razvoja ocenjivanja životnog ciklusa i analizu aktuelnog

metodološkog okvira ocenjivanja životnog ciklusa, sa akcentom na elemente od značaja za cilj ovih istraživanja.

- U trećem poglavlju, sadržan je detaljan opis podloga za razvoj modela na bazi ocenjivanja životnog ciklusa u oblasti proizvodnje podnih obloga. U prvom delu ovog poglavlja, realizovana je detaljnija analiza stanja u oblasti istraživanja, a zatim, u drugom delu, definisane su faze životnog ciklusa karakteristične za podne obloge i postavljene osnove za razvoj modela inventara životnog ciklusa, odnosno modela ocenjivanja uticaja životnog ciklusa podnih obloga.
- Četvrto poglavlje, obuhvata razvoj opšteg modela procesa proizvodnje podnih obloga za potrebe upravljanja zaštitom životne sredine primenom ocenjivanja životnog ciklusa, kao i njegovih sastavnih delova, pre svega modela inventara životnog ciklusa i modela ocenjivanja uticaja životnog ciklusa. Konceptija modela inventara životnog ciklusa, koji predstavlja središnji deo ukupnog modela, omogućava analizu značajnosti uticaja parametara procesa proizvodnje podnih obloga na aspekte životne sredine.
- Verifikacija razvijenog modela predstavljena je u petom poglavlju. Realizovane su tri studije slučaja, kroz koje je proverena efikasnost razvijenog opšteg modela i njegovih sastavnih delova, kao i mogućnosti njihove praktične primene. U okviru svake od tri sprovedene studije slučaja data je detaljna diskusija dobijenih rezultata.
- Šesto poglavlje sadrži zaključna razmatranja - analizu postignutih rezultata, sa naglaskom na ispunjenje postavljenih naučnih ciljeva istraživanja, praktične koristi, kao i pravce budućih istraživanja.
- Poslednje sedmo poglavlje, sadrži listu korišćenih literaturnih izvora.

2. METODA OCENJIVANJA ŽIVOTNOG CIKLUSA - TEORETSKE OSNOVE ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju, sadržana su objašnjenja u vezi sa metodom ocenjivanja životnog ciklusa, odnosno LCA metodom na kojoj su bazirana istraživanja ove doktorske disertacije. LCA je predstavljena u skladu sa zahtevima ISO standarda koji uređuju njenu primenu, uz respektovanje savremenih naučnih saznanja u istraživanoj oblasti.

Primena sistema za upravljanje zaštitom životne sredine (EMS), u okvirima savremene civilizacije, predstavlja nezaobilazni prilaz koji treba da doprinese ostvarenju koncepta održivog razvoja u globalnim okvirima [6]. Jedan od najznačajnijih alata EMS-a, čija se osnovna uloga ogleda u kvantifikaciji uticaja na životnu sredinu, jeste LCA metoda [5-7].

Nakon prvih objavljenih naučnih radova iz ranih 90-tih godina prošlog veka [8,9], naglo je poraslo interesovanje za metodu ocenjivanja životnog ciklusa proizvoda i procesa sa aspekta zaštite životne sredine [10-27]. U to vreme, u LCA metodu ulagana su velika očekivanja, ali su dobijeni rezultati LCA studija često bili predmet kritika. Zahvaljujući tim raspravama i kritikama LCA metoda se konstantno razvijala, a vrhunac harmonizacije dostigla je kroz definisanje i implementaciju u međunarodne standarde iz serije ISO 14040 (tabela 2.1) [2,3,28], na bazi čega je iznedren veći broj knjiga i priručnika [5,29-34] u vezi sa implementacijom LCA metodologije. Istovremeno, LCA metoda je nastavila da se konstantno razvija pokušavajući da opravda svoju metodološku zrelost i kompleksnost. U prilog tome govori i činjenica da je prvobitna grupa standarda 2006. godine zamenjena novim verzijama standarda. Objavljivanje prevoda prethodno pomenutih standarda u našoj zemlji, sa prefiksom SRPS i godinom prevoda, predstavlja dobru osnova za širu primenu LCA u Republici Srbiji.

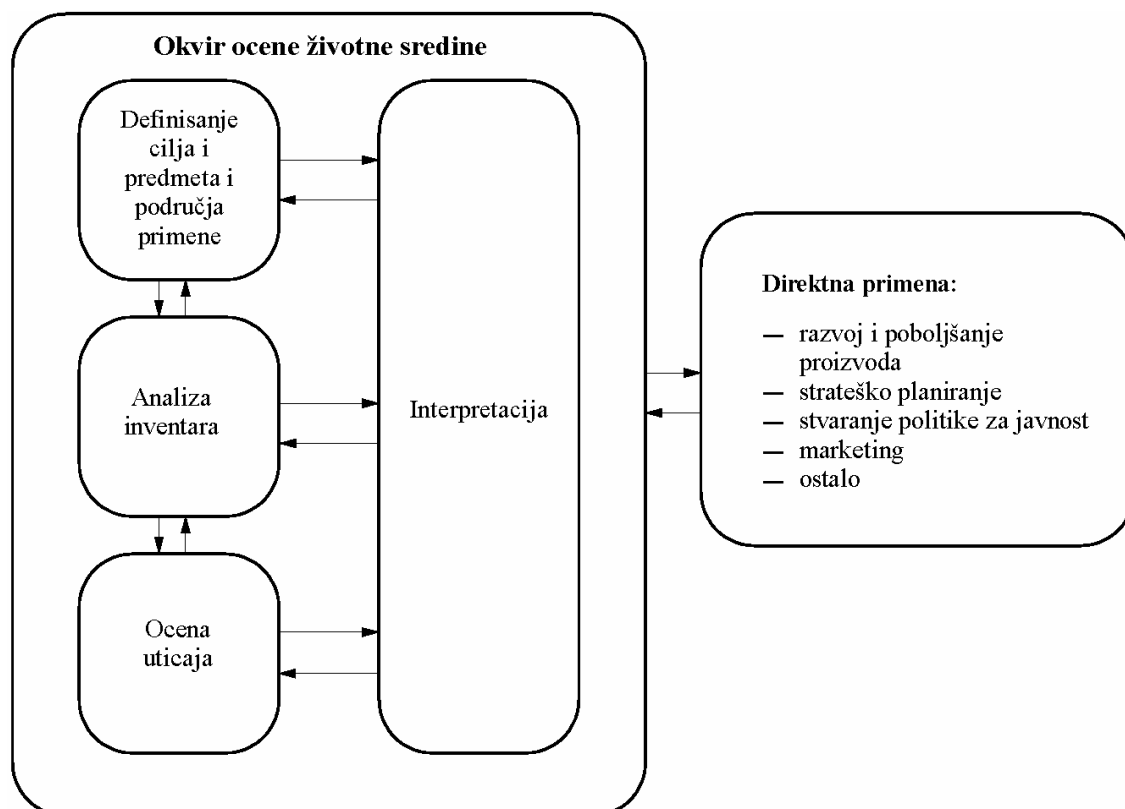
Šire prihvatanje LCA metode, uticalo je na pojavu više međunarodnih inicijativa pokrenutih kao podrška LCA metodi, između kojih treba spomenuti Internacionalni LCA sistem podataka (ILCD), Inicijativu životnog ciklusa UNEP-a i SETAC-a [34], kao i Evropsku platformu za LCA postavljenu od strane Evropske komisije [35]. U okvirima EU, LCA metoda je - budući da ocenjuje sveobuhvatni uticaj tehnološkog, odnosno proizvodnog sistema kroz socijalnu, ekonomsku i ekološku dimenziju [2,3] - identifikovana kao jedan od temelja održivog razvoja i kao takva integrisana je u nekoliko EU direktiva [36-38].

Jedan od važnih aspekata standardizacije primene LCA metode jeste identifikacija četiri osnovne faze LCA [2,3] (slika 2.1):

- 1) Definisanje cilja i predmeta,
- 2) Analiza inventara (LCI),
- 3) Ocenjivanje uticaja (LCIA) i
- 4) Interpretacija.

Tabela 2.1 Uređenost oblasti LCA standardima ISO [28]

Međunarodna oznaka	Oznaka u R. Srbiji	Naziv	Status
ISO 14040:1997	SRPS ISO 14040:2000	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Principi i okvir</i>	Povučen
ISO 14041:1998	SRPS ISO 14041:2002	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Definisanje cilja i predmeta i analiza inventara</i>	Povučen
ISO 14042:2000	SRPS ISO 14042:2005	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa</i>	Povučen
ISO 14042:2000	SRPS ISO 14043:2005	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Interpretacija životnog ciklusa</i>	Povučen
ISO/TR 14047:2003	/	Environmental management -- Life cycle impact assessment -- <i>Examples of application of ISO 14042</i>	Aktivan
ISO/TR 14048:2002	SRPS ISO/TS 14048:2006	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Dokumentacioni format podataka</i>	Aktivan
ISO/TR 14049:2005	SRPS ISO/TR 14049:2005	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Primeri primene ISO 14041 u definisanju cilja i predmeta i analize inventara životnog ciklusa</i>	Aktivan
ISO 14040:2006	SRPS ISO 14040:2008	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Principi i okvir</i>	Aktivan
ISO 14044:2006	SRPS ISO 14044:2009	Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - <i>Zahtevi i uputstva za primenu</i>	Aktivan



Slika 2.1 Osnovne faze LCA prema ISO 14040 [2]

Navedene četiri osnovne faze LCA hronološki se nadovezuju uz istovremenu dvosmernu razmenu informacija. Realizacija LCA studija ima interaktivni karakter - ukoliko nije moguće osigurati konzistentnost trenutno realizovane faze sa nekom od prethodnih faza, potrebno je revidirati prethodnu i sve ostale koje se nadovezuju na istu [39].

2.1 Definisane cilja i predmeta i područja primene

Cilj treba da definiše nameravanu primenu, razloge za sprovođenje studije, ciljni auditorijum (kome treba saopštiti rezultate studije), kao i da li je namera da se rezultati koriste za uporedne tvrdnje u cilju predočavanja javnosti. Predmet treba da je dovoljno jasno definisan, kako bi osigurao da širina, dubina i detaljnost studije budu kompatibilne i dovoljne da odgovore navedenom cilju. Definisane predmeta uključuje definisanje sistema proizvoda koji se posmatra, kao i pripadajuće(ih) funkcije(a), određivanje funkcionalne jedinice, granica sistema, postupke alociranja, izbor kategorija uticaja, kao i metodologije ocenjivanja uticaja. Pored toga, u ovoj fazi, važno je definisati zahteve koji se odnose na podatke i njihov kvalitet, navesti sve pretpostavke i ograničenja, kao i definisati vrste i formate izveštaja koji se zahtevaju studijom. Opisi kvaliteta podataka su važni, da bi se razumela pouzdanost rezultata studije i da se tačno interpretira izlaz iz studije [3,5,28].

U opštem slučaju, sistem proizvoda može imati više funkcija, pri čemu se obuhvataju one koje se tiču cilja i predmeta konkretne LCA studije. Kvantifikovanje identifikovanih funkcija, vrši se na bazi funkcionalne jedinice čija je osnovna svrha obezbeđivanje veza sa ulazima i izlazima, a u cilju obezbeđenja uporedivosti rezultata LCA studije. Pored toga, potrebno je utvrditi referentne tokove neophodne za realizaciju nameravane funkcije sistema proizvoda.

Sistem proizvoda kod LCA predstavlja model koji opisuje ključne elemente fizičkih sistema, pri čemu se granicama sistema definišu jedinični procesi koje treba uključiti u sistem. Ovde treba naglasiti da je poželjno da se resursi ne troše na kvantifikaciju onih ulaza i izlaza koji neće značajno izmeniti sveukupne zaključke studije.

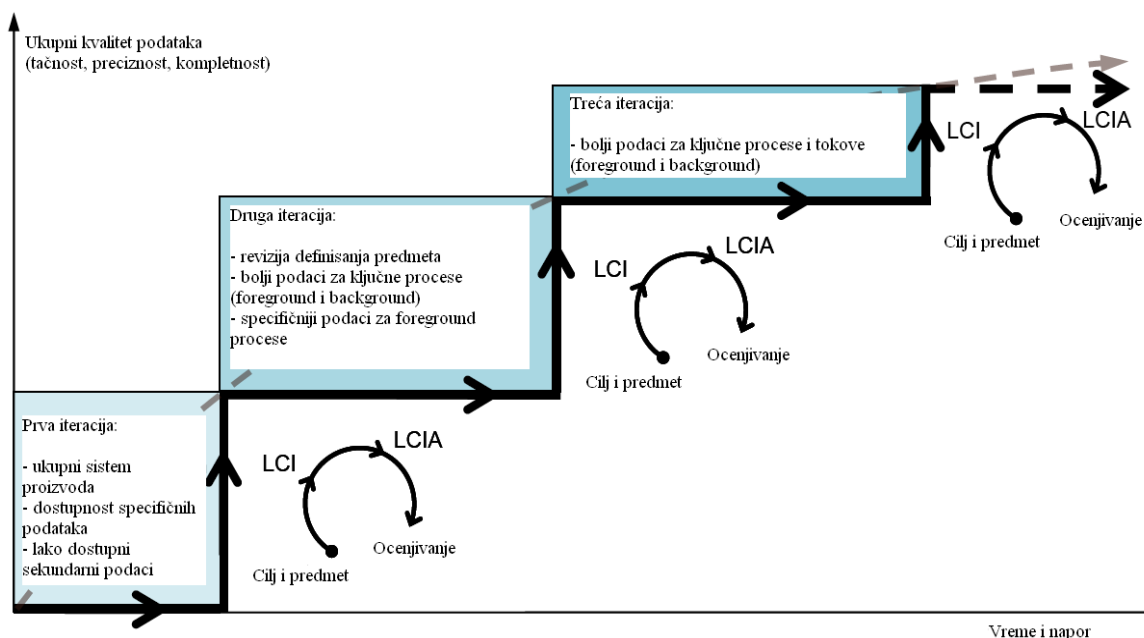
Izbor elemenata fizičkog sistema koji će se modelirati, zavisi od definisanog cilja i predmeta i područja primene studije, nameravane upotrebe i auditorijuma, pretpostavki koje su postavljene, podataka i ograničenja troškova, kao i kriterijuma isključenja. Kod donošenja odluke o tome koji ulazi treba da budu isključeni iz ocenjivanja, u LCA praksi se koriste masa, energija i značaj za životnu sredinu kao kriterijumi isključenja.

Kriterijumi koji se koriste u postavljanju granica sistema veoma su važni za stepen poverenja u rezultate studije i mogućnost postizanja cilja. Prilikom postavljanja granica sistema treba uzeti u obzir nekoliko faza životnog ciklusa, jedinične procese i tokove, a čest je slučaj da je početno definisanu granicu sistema neophodno redefinisati. U tabeli 2.2 navedene su vrste LCA studija u zavisnosti od granica sistema [5,28].

Tabela 2.2 Vrste LCA studija u zavisnosti od granica sistema

"Od koevke do groba" (eng. cradle-to-grave)	Obuhvata celokupan životni ciklus, počev od ekstrakcije sirovina (koevka), preko transporta, obrade sirovina i proizvodnje, zatim distribucije do potrošača, upotrebe i na kraju odlaganja (grob).
"Od koevke do kapije" (eng. cradle-to-gate)	Obuhvata deo životnog ciklusa od ekstrakcije sirovina (koevka) do kapije proizvođača, odnosno do izlaza iz proizvodnje, a pre distribucije do potrošača.
"Od kapije do kapije" (eng. gate-to-gate)	Obuhvata deo životnog ciklusa - samo jedan proces (npr. ukupna proizvodnja ili samo jedan jedinični proces u proizvodnji), koji se kasnije može povezati sa ostalim procesima u životnom ciklusu i tako po potrebi proširivati.
"Od koevke do koevke" (eng. cradle-to-cradle)	Predstavlja specifičnu vrstu sveobuhvatne LCA (od koevke do groba) gde se poslednja faza, tj. faza kraja životnog ciklusa ili odlaganja (end of life), vezuje za proces reciklaže i vraća na početak (do koevke).

Realizaciju LCA studija karakteriše izrazita iterativnost, pa tako, tokom prikupljanja podataka, različiti aspekti predmeta mogu zahtevati modifikacije radi zadovoljavanja originalnog cilja studije (slika 2.2).



Slika 2.2 Iterativni karakter LCA [5]

2.2 Analiza inventara životnog ciklusa (LCI)

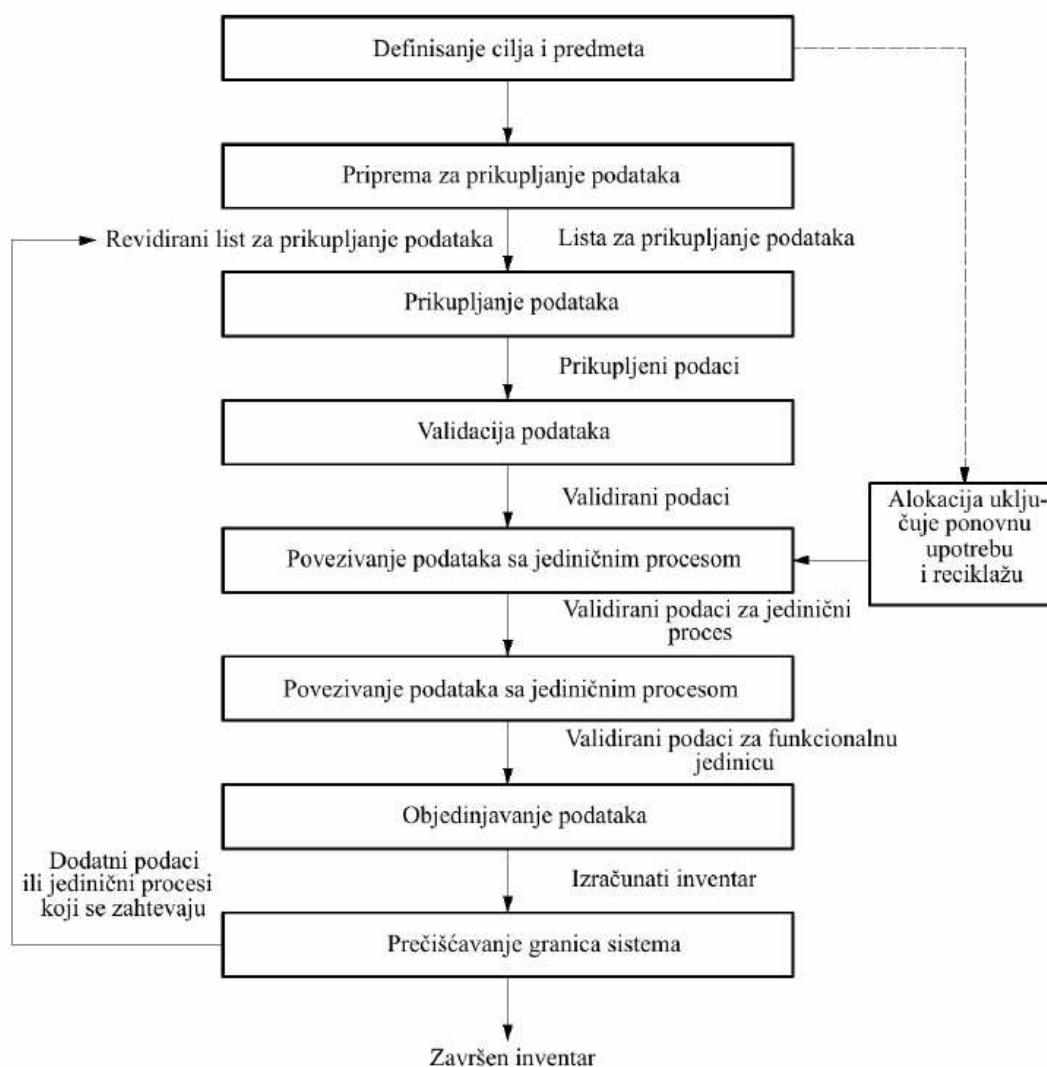
LCI faza obuhvata prikupljanje podataka, kao i procedure za proračunavanje u cilju kvantifikovanja relevantnih ulaza i izlaza sistema proizvoda. Tok LCI faze, prema ISO 14044, prikazan je na slici 2.3.

Kod prikupljanja podataka za svaki jedinični proces u okviru granica sistema podaci se mogu klasifikovati u:

- ulaze energije, ulaze sirovina, pomoćne ulaze i druge fizičke ulaze;
- proizvode, koproizvode i otpad;
- emisije u vazduh, ispuštanja u vodu i zemljište, i
- druge aspekte životne sredine.

Prikupljanje podataka je najčešće intenzivan resursni proces, tokom kojeg se za svaki jedinični proces u okviru granica sistema moraju prikupiti kvalitativni i kvantitativni podaci za uključanje u inventar. Ova kompleksna aktivnost zahteva adekvatnu pripremu, u okviru koje veliki značaj ima kreiranje lista za prikupljanje podataka (slika 2.4). Prikupljeni podaci, bez obzira da li su dobijeni merenjem, izračunavanjem ili su procenjeni, koriste se da kvantifikuju ulaze i izlaze jediničnih procesa. Praktična ograničenja u

prikupljanju podataka treba analizirati u predmetu i području primene, a važno ih je dokumentovati u izveštaju studije.



Slika 2.3 Tok LCI prema ISO 14044 [3]

Nakon prikupljanja podataka u cilju dobijanja rezultata inventara definisanog sistema za svaki jedinični proces, i za definisanu funkcionalnu jedinicu sistema proizvoda koji će se modelirati, potrebno je sprovesti izračunavanje podataka, tj. obradu podataka koja uključuje:

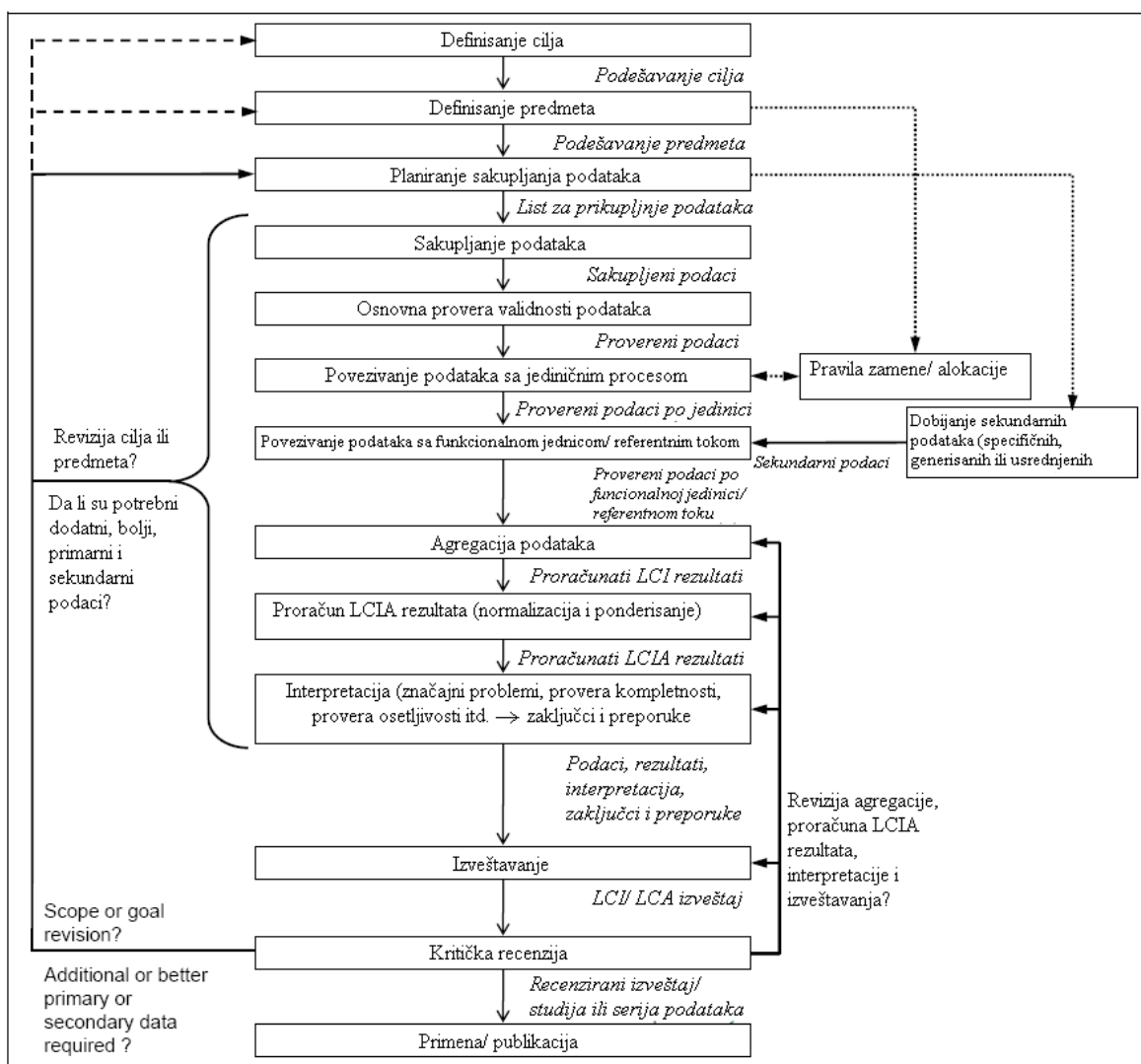
- validaciju prikupljenih podataka,
- povezivanje podataka sa jediničnim procesima i
- povezivanje podataka sa referentnim tokovima funkcionalne jedinice.

Gotovo da ne postoji industrijski proces koji daje samo jedan izlaz, odnosno da je zasnovan na linearnoj zavisnosti ulaza i izlaza sirovina. Naprotiv, u praksi većina industrijskih procesa daje više od jednog proizvoda i reciklira međuproizvode, ili škart kao sirovine, i kod takvih sistema (tokom sprovođenja LCA) neophodno je izvršiti alokaciju tokova i emisija. Drugim rečima, ulazi i izlazi se moraju alocirati na različite proizvode u skladu sa jasno utvrđenim postupcima, koji moraju biti dokumentovani i obrazloženi u okviru postupka alokacije. Pri tome, zbir alociranih ulaza i izlaza jediničnih procesa mora biti jednak ulazima i izlazima jediničnih procesa pre alokacije.

Identifikacija jediničnog procesa:			Mesto izveštavanja:
Emisije u vazduh^{a)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Emisije u vodu^{b)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Emisije u zemlju^{c)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Ostala ispuštanja^{d)}	Jedinice	Količine	Opis procesa uzorkovanja (dodati listove, ako je neophodno)
Opisati svaki jedinstven proračun, prikupljanje podataka, uzorkovanje ili odstupanje od opisa funkcija jediničnog procesa (priključiti dodatne listove, ako je neophodno).			
a) Na primer, neorganske: Cl ₂ , CO, CO ₂ , prašina/čestice, F ₂ , H ₂ S, H ₂ SO ₄ , HCl, HF, N ₂ O, NH ₃ , NO _x , SO _x ; i organske: ugljovodonici, PCB, dioksini, fenoli; metali Hg, Pb, Cr, Fe, Zn, Ni.			
b) Na primer: BPK, HPK, kiseline, Cl ₂ , CN ₂ ⁻ , deterdženti/ulja, rastvorene organske materije, F ⁻ , Fe joni, Hg joni, ugljovodonici, Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , organohloridi, ostali metali, ostala azotna jedinjenja, fenoli, fosfati, SO ₄ ²⁻ , suspendovane čvrste materije.			
c) Na primer: mineralni otpad, mešani industrijski otpad, komunalni čvrsti otpad, otrovni otpadi (molimo navedite jedinjenja uključena u ovu kategoriju podataka).			
d) Na primer: buka, radijacija, vibracija, miris, toplota od spaljivanja otpada.			

Slika 2.4 Primer liste za prikupljanje podataka za LCI [3]

Proces sprovođenja analize inventara je iterativan, jer kako se podaci prikupljaju i rastu saznanja o sistemu, novi zahtevi za podacima ili ograničenja koja zahtevaju izmenu u procedurama prikupljanja podataka mogu se identifikovati tako da se ostvare ciljevi studije. Ponekad se mogu identifikovati pitanja koja zahtevaju revizije cilja ili predmeta i područja primene studije, kao što je to šematski prikazano na slici 2.5.



Slika 2.5 Iterativnost procesa prikupljanja podataka [5]

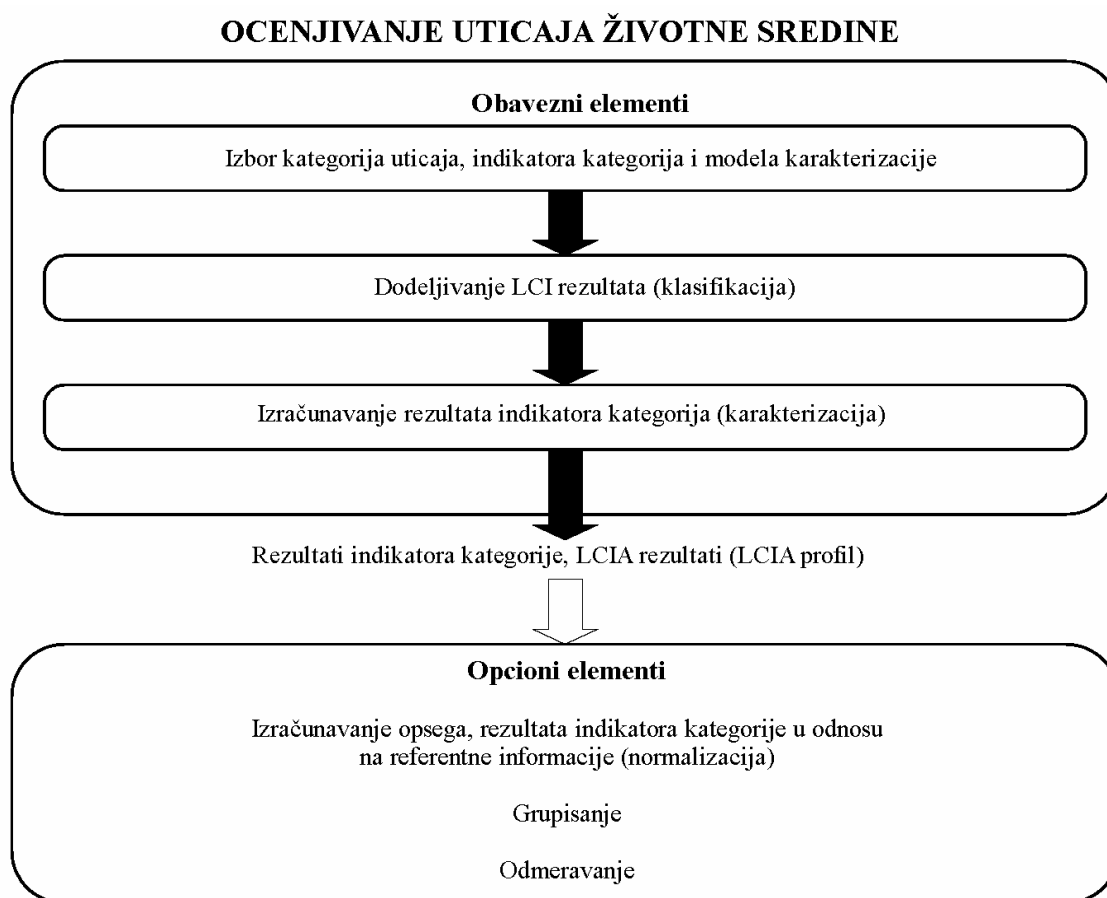
2.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa - LCIA

LCIA faza je usmerena ka (pr)oceni značaja mogućih uticaja na životnu sredinu, na bazi rezultata LCI faze. Ovaj proces, obuhvata podatke inventara povezane sa specifičnim kategorijama uticaja na životnu sredinu i indikatorima kategorije. Faza LCIA, sastoji se iz obaveznih i opcionih elemenata, tj. podfaza (slika 2.6), a ovakvo strukturiranje faze LCIA značajno je i neophodno iz više razloga:

- svaki element LCIA jeste jasan i može se tačno definisati;
- u fazi definisanja cilja i predmeta i područja primene LCA studije, može da se razmotri svaki LCIA element posebno;
- ocenjivanje kvaliteta LCIA metoda, pretpostavke i druge odluke, mogu se sprovesti za svaki LCIA element;

- LCIA procedure, pretpostavke i druge operacije u okviru svakog elementa, mogu postati transparentne za kritička preispitivanja i izveštavanja;
- upotreba vrednosti i subjektivnost u okviru svakog elementa, mogu postati transparentne za kritička preispitivanja i izveštavanja.

Nivo detalja, izbor uticaja koji su ocenjeni i metodologije koje su korišćene, zavise od cilja i predmeta i područja primene studije.



Slika 2.6 Osnovni elementi LCIA [2]

LCIA faza razmatra samo ona pitanja zaštite životne sredine koja su identifikovana u okviru cilja i predmeta i područja primene, pa tako ne predstavlja kompletno ocenjivanje svih pitanja zaštite životne sredine proučavanog sistema proizvoda. Međutim, ocenjivanje uticaja može obuhvatiti iterativni proces preispitivanja cilja i predmeta LCA studije, da bi se utvrdilo da li su ciljevi studije ostvareni, odnosno da bi se modifikovali u slučaju da se ocenjivanjem dokaže da se ne mogu ostvariti, kao što je to već sugerisano na slici 2.5.

LCIA ne može uvek da pokaže značajne razlike između kategorija uticaja i rezultata indikatora alternativnih sistema proizvoda koji su sa njima povezani, a razloge za to treba tražiti u:

- ograničenom razvoju modela karakterizacije, analize osetljivosti i analize nepouzdanosti LCIA faze;
- ograničenjima LCI faze, kao što je postavljanje granica sistema koje ne obuhvataju sve moguće jedinične procese u okviru sistema proizvoda, ili ne uključuju sve ulaze i izlaze za sve jedinične procese, s obzirom na to da postoje isključivanja i praznine u podacima;
- ograničenjima LCI faze, kao što su neadekvatnost kvaliteta podataka LCI, što može biti uzrokovano npr. nepouzdanosću ili razlikama u procedurama alokacije (dodeljivanja) i objedinjavanja;
- ograničenjima u prikupljanju inventara podataka koji su odgovarajući i reprezentativni za svaku kategoriju uticaja.

Pored toga, nedostatak prostorne i vremenske dimenzije u rezultatima LCI uvodi nepouzdanost u rezultate LCIA, koja varira u zavisnosti od prostornih i vremenskih karakteristika svake kategorije uticaja. Nažalost, danas još ne postoje opšteprihvaćene metodologije za konzistentno i precizno pridružene podatke inventara sa mogućim specifičnim uticajima na životnu sredinu.

Modeli za kategorije uticaja nalaze se u različitim stadijumima razvoja. Kod većine LCA studija, biraju se postojeće kategorije uticaja, indikatora kategorija ili modeli karakterizacije. Međutim, u nekim slučajevima postojeće kategorije uticaja, indikatori kategorija i modeli karakterizacije nisu dovoljni da ispune definisani cilj, predmet i područje primene LCA, pa se moraju definisati novi. Izbor, modeliranje i procena kategorija uticaja mogu imati izražen subjektivni karakter, i zbog toga je transparentnost procesa od presudne važnosti za ocenjivanje uticaja na životnu sredinu, a sve u cilju jasnog opisivanja pretpostavki.

Modeli karakterizacije odražavaju mehanizam zaštite životne sredine opisivanjem veza između rezultata LCI, indikatora kategorija i, u nekim slučajevima, završet(a)ka kategorija. Mehanizam zaštite životne sredine, jeste ukupan broj procesa u životnoj sredini povezan sa karakterizacijom uticaja.

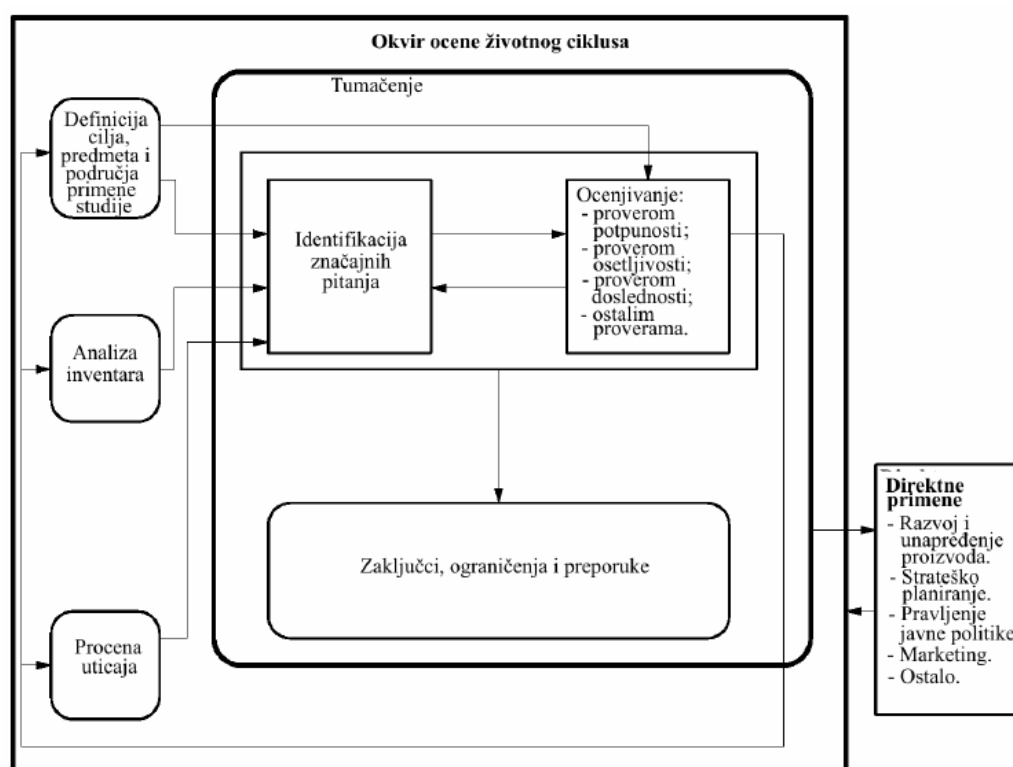
Do sada je razvijen veći broj LCIA metodologija, između kojih treba pomenuti CML, Eco-indicator 95 i 99, IMPACT 2002+, ReCiPe [40-43]. U okviru 3. poglavlja, data je detaljna analiza globalno najčešće primenjenih LCIA metodologija.

2.4 Interpretacija (tumačenje) životnog ciklusa

Interpretacija je faza LCA, u kojoj se rezultati iz LCI i LCIA faza razmatraju zajedno. Faza interpretacije treba da obezbedi rezultate konzistentne sa definisanim ciljem, predmetom i područjem primene i koji osiguravaju zaključke, objašnjavaju ograničenja i obezbeđuju preporuke. U skladu sa tim, kao osnovni elementi faze interpretacije, odnosno tumačenja životnog ciklusa, mogu se navesti (slika 2.7):

- identifikacija značajnih pitanja na osnovu rezultata LCI i LCIA faza,
- ocenjivanje putem provere potpunosti, osetljivosti i doslednosti i
- generisanje zaključaka, ograničenja i preporuka.

Na slici 8, predstavljene su veze faze tumačenja i ostalih faza LCA.



Slika 2.7: Osnovni elementi faze interpretacije i odnosi između elemenata i sa ostalim fazama LCA [2]

Faza interpretacije životnog ciklusa zajedno sa fazom definicije cilja, predmeta i područja primene, uokviruju studiju, odnosno čine njen suštinski deo, dok faze LCI i LCIA pružaju informaciju o sistemu proizvoda. Interpretacija treba da reflektuje činjenicu da su LCIA rezultati zasnovani na relativnom pristupu i da ukazuju na moguće efekte zaštite životne

sredine. Rezultati interpretacije mogu da budu u obliku zaključaka i preporuka donosiocima odluka, u skladu sa ciljem i predmetom i područjem primene studije. Interpretacija životnog ciklusa, takođe treba da obezbedi razumljivo, kompletno i konzistentno predstavljanje rezultata LCA, u skladu sa definisanim ciljem i predmetom i područjem primene studije.

Kao i u slučajevima prethodne dve faze, interpretacija može da obuhvati iterativni proces preispitivanja i revidiranja predmeta LCA, kao i prirode i kvaliteta podataka prikupljenih na način koji je konzistentan sa definisanim ciljem (slika 2.5).

2.5 Izveštavanje i kritičko preispitivanje

Strategija izveštavanja je integralni deo LCA. Izveštaj o rezultatima i zaključcima o LCA, treba da se na adekvatan način predstavi odgovarajućem auditorijumu ukazivanjem na podatke, metode i pretpostavke primenjene u studiji i ograničenja koja postoje. U opštem slučaju izveštaj treba da sadrži:

- povezanost sa rezultatima LCI,
- opis kvaliteta podataka,
- krajnje tačke kategorija koje treba zaštititi,
- izbor kategorija uticaja,
- faktore i mehanizme zaštite životne sredine i
- profil rezultata indikatora.

U izveštaju treba navesti relativnu prirodu rezultata LCIA, i njihovu neadekvatnost da se predvide uticaji na krajnje tačke kategorija. Treba uključiti reference i opis izbora vrednosti koji su korišćeni u LCIA fazi studije u odnosu na model karakterizacije, normalizacije, odmeravanja, itd. Kad god postoji namera da se rezultati studije koriste za uporedne tvrdnje u cilju obelodanjivanja pred javnošću - treba uključiti i ostale zahteve iz ISO 14044. Kod izveštavanja o fazi interpretacije, ISO 14044 zahteva punu transparentnost u vezi sa izborom vrednosti, načelima i procenama eksperata [44].

Kritičko preispitivanje, predstavlja proces kojim se verifikuje da li je LCA ostvarila zahteve koji se odnose na metodologiju, podatke, interpretaciju i izveštavanje, kao i da li je konzistentna sa principima. Sa druge strane, kritičko preispitivanje ne može da verifikuje niti da validira ciljeve koji su izabrani za LCA od strane zastupnika studije, niti načine na koji se rezultati LCA koriste. Kritičko preispitivanje pomaže razumevanju i povećava poverenje u LCA, kroz na primer uključivanje zainteresovanih strana.

Kritičko preispitivanje može biti sprovedeno:

- 1) od strane sopstvenog/eksternog stručnjaka ili
- 2) preko panela zainteresovanih strana.

U prvom slučaju, izabere se sopstveni ili spoljni stručnjak koji treba da je upoznat sa zahtevima LCA i treba da ima odgovarajuće naučno i stručno iskustvo. U drugom slučaju, spoljnog nezavisnog stručnjaka treba da izabere zastupnik originalne studije, da bi predsedavao panelom za preispitivanje od najmanje tri člana. U zavisnosti od cilja, predmeta i područja primene i finansijskih sredstava odobrenih za preispitivanje, predsedavajući treba da odabere druge nezavisne kvalifikovane preispitivače. Ovaj panel takođe može da obuhvati druge zainteresovane strane na koje utiču zaključci izvučeni iz LCA, kao što su vladine agencije, nevladine grupe, konkurenti i industrije na koje se utiče.

2.6 Osvrt na ključne aspekte LCA metode

LCA metoda ima globalni karakter, kako u pogledu same primene, tako i u pogledu njenog razvoja. Ipak, najznačajniji aspekt globalnog karaktera LCA je, da njena kredibilnost i primenljivost rastu sa širenjem u geografskom smislu.

Cilj LCA je kvantifikacija svih tokova između sistema proizvoda, sa jedne strane, i životne sredine, sa druge strane, i na bazi toga dodeljivanje uticaja. Ovakva koncepcija je čini izuzetno kompleksnom, zbog čega su i pravila, odnosno preporuke u standardima koji uređuju njenu primenu, pre svega ISO 14040 i ISO 14044, data u uopštenijem obliku.

Uzimajući u obzir pomenutu kompleksnost, primena LCA danas je nezamisliva bez specijalizovanih softverskih alata/sistema, baza podataka sa modelovanim procesima/tokovima i LCIA metoda.

3. PODLOGE ZA PRIMENU METODE OCENJIVANJA ŽIVOTNOG CIKLUSA U OBLASTI PROIZVODNJE PODNIH OBLOGA

Uporedo sa razvojem LCA metode, raste i njena praktična primena. Rezultati primene LCA studija u privrednom sektoru, predstavljeni su u velikom broju naučno-stručnih radova, publikovanih u vodećim međunarodnim naučno-stručnim časopisima. Pri tome, gotovo da nema privredne oblasti u kojoj LCA metoda nije našla primenu. U tom smislu nisu zaobiđeni ni proizvodnja i upotreba podnih obloga. Sa aspekta proizvodnje podnih obloga, izuzetan značaj imaju podaci o opterećenju životne sredine, dok sa aspekta upotrebe podnih obloga, koje su instalisane u domaćinstvima i privrednoj i poslovnoj infrastrukturi, najvažnije je znati direktan ili indirektan uticaj na ljudsko zdravlje [12-26].

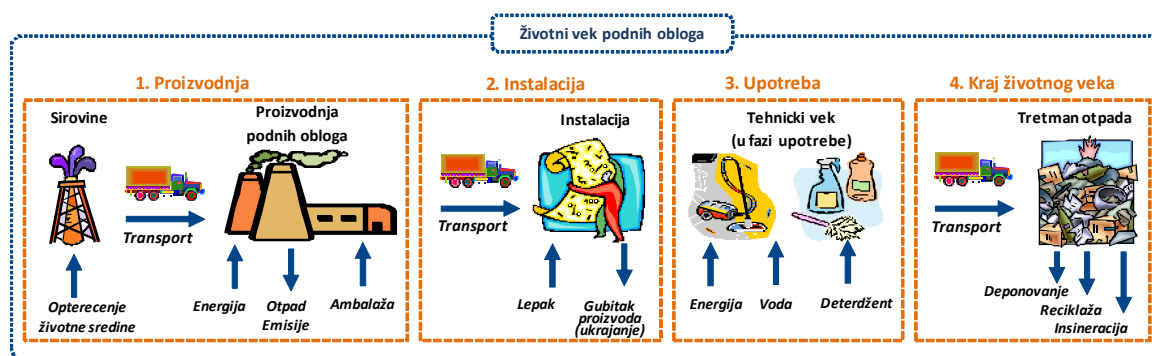
Primena LCA metode u okviru industrije beleži sve veći porast. Mnogobrojni primeri urađenih LCA studija u okviru različitih grana industrije nam govore o podizanju svesti o zaštiti životne sredine među proizvođačima, kao i o širokoj primenljivosti dobijenih rezultata LCA studije, i veoma značajnim koristima koje kompanije imaju u okviru svojih poslovanja. Jedna od industrijih grana, na koju je primenjena LCA metoda, jeste i proizvodnja podnih obloga, odnosno njeni proizvodi kao što su vinil (PVC) podne obloge i parket, između ostalih, za koje se može reći da imaju široku primenu, naročito u okviru domaćinstava (parket) ali i u javnim (linoleum) i komercijalnim ustanovama (vinil). Različite podne obloge imaju isto tako i različite uticaje na životnu sredinu, i stoga su urađene mnoge LCA studije koje opisuju opterećenje nastalo tokom njihovog životnog ciklusa.

3.1 Faze životnog ciklusa kod podnih obloga

Podne obloge predstavljaju kompleksnu proizvodnu kategoriju, koja obuhvata veći broj različitih vrsta - od keramičkih pločica, preko parketa i laminata, do PVC linoleuma i tepiha. Ipak, i pored nespornih razlika koje karakterišu njihov sastav i proizvodnju, životni ciklus ove proizvodne kategorije je specifičan i karakterističan, a na slici 3.1, predstavljen je i kroz četiri osnovne faze životnog ciklusa:

1. **Proizvodna faza:** obuhvata proizvodnju sirovina, njihov transport do proizvodnih pogona, proizvodnju podnih obloga i pakovanje;

2. **Instalaciona faza:** uključuje transport finalnog proizvoda i proces instalacije;
3. **Faza primene:** uključuje scenarije procesa čišćenja;
4. **Faza kraja životnog veka:** obuhvata scenarije za odlaganje/insineraciju/reciklažu i transport do deponija, odnosno postrojenja za insineraciju ili reciklažu.

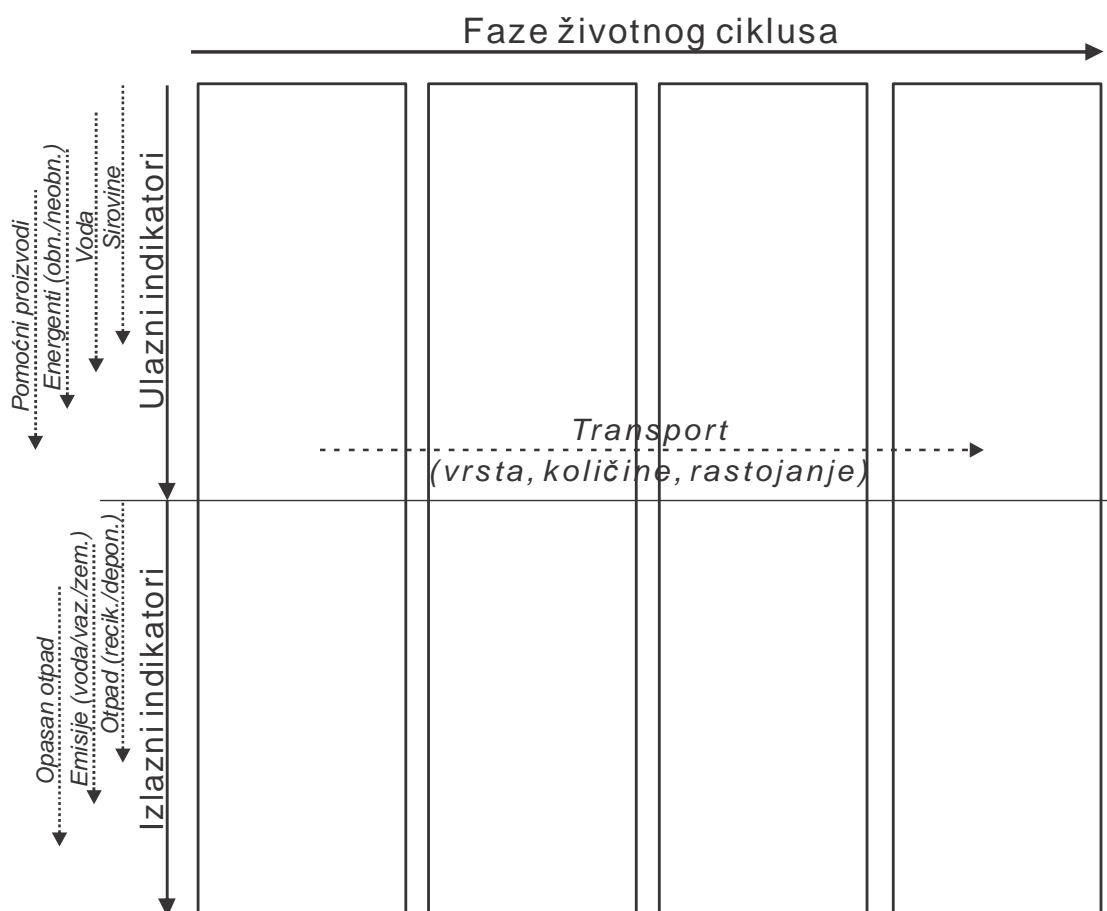


Slika 3.1 Životni ciklus podnih obloga - karakteristične faze

3.2 Inventar životnog ciklusa kod podnih obloga

Ključni uslov za kvalitetnu analizu uticaja jeste kredibilan inventar, odnosno kvalitetni i ažurirani podaci o ulazima/izlazima, u vezi sa procesima zastupljenim u okviru životnog ciklusa. U tom smislu, jedna od veoma važnih aktivnosti jeste priprema odgovarajućih dokumenata za prikupljanje podataka. Pri tome se, kao dva važna zahteva, nameću identifikacija (popisivanje) svih ulaza/izlaza, a zatim i njihova kvantifikacija.

Polazeći od prethodno definisanih faza životnog ciklusa podnih obloga (slika 3.1), a respektujući preporuke standarda SRPS ISO 14044 u vezi sa listama za prikupljanje podataka (slika 2.4), na slici 3.2, prikazani su osnovni elementi koji treba da budu obuhvaćeni inventarom životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga. Važno je napomenuti na ovom mestu, da značajne razlike u sirovinskoj recepturi i procesima proizvodnje različitih podnih obloga (linoleum, PVC, parket, laminat, keramičke pločice itd.), mogu implicirati specifične razlike u pripadajućim dokumentima za prikupljanje podataka, a sve u cilju efikasnije realizacije inventara životnog ciklusa.



Slika 3.2 Osnovni elementi koji trebaju biti obuhvaćeni kod razvoja dokumenata za inventar životnog ciklusa podnih obloga

3.3 Izbor metodologije za analizu uticaja životnog ciklusa podnih obloga

Suštinsku osnovu faze LCIA (analiza uticaja), inače ključne u ocenjivanju i razumevanju suštinskih uticaja posmatranog sistema na životnu sredinu, predstavlja metoda na kojoj je zasnovana. Do sada, razvijen je veći broj metoda za ocenjivanje uticaja na životnu sredinu, prilagođenih ocenjivanju uticaja u različitim oblastima primene. U nastavku ovog poglavlja data je analiza LCIA metodologija aktuelnih i priznatih na međunarodnom nivou.

Obuhvaćeno je ukupno deset metodologija (tabela 3.1) za koje je dat kraći opis, imenovani modeli, okvirna SWOT analiza, kao i primenjeni indikatori i šematski prikaz metodologije (ukoliko su objavljene).

Tabela 3.1: LCIA metodologije obuhvaćene analizom

<i>LCIA metodologija</i>	<i>Objavljena (god.)</i>	<i>Razvijena od strane organizacije*/države</i>	<i>Indikatorska osnova**</i>
CML	1992. i 2002.	A (Holandija)	S
Eco-indicator	1995. i 1999.	K (Holandija)	S/K
EDIP	1997. i 2003.	A (Danska)	S
EPS	2000.	D+P (Švedska)	S/K
IMPACT 2002+	2002.	A (Švajcarska)	S/K
TRACI	2002.	D (SAD)	S
LIME	2004.	- (Japan)	S/K
ReCiPe	2005.	A+K+D (Holandija)	S/K
Swiss Ecological Scarcity (UBP Metoda)	2006.	D (Švajcarska)	S
USEtox	2008.	A (SAD)	S/K

* A-Akademski institucija; K-Konsultantska organizacija; D-Državna (vladina) organizacija; P-Privatna kompanija;

** S-Kategorija srednjeg nivoa uticaja; K- Kategorija krajnjeg nivoa uticaja.

3.3.1 CML 92

CML 1992 predstavlja metodu za ocenjivanje uticaja, koja ograničava kvantitativno modelovanje na relativno rane faze uzročno-posledičnog lanca, radi smanjivanja nesigurnosti dobijenih rezultata. LCI rezultati, grupišu se u okviru kategorija uticaja srednjeg nivoa (problemski orijentisan pristup) prema odgovarajućim tematskim celinama. Tematske celine predstavljaju opšte mehanizme (npr. klimatske promene) ili opšte prihvaćene grupe (npr. ekotoksičnost), pokrivajući sledeće glavne kategorije uticaja [44-47]:

1. Obavezne kategorije uticaja (indikator i kategorija uticaja životne sredine upotrebljavani u većini LCA studija);
2. Dodatne kategorije uticaja (operacioni indikator uticaja, postojeći, ali koji se ne uključuju često u LCA studije);
3. Druge kategorije uticaja (za koje nisu dostupni operacioni indikator, zbog čega ih nije moguće kvantitativno uključiti u LCA).

CML 2002, uveo je set kategorija uticaja i karakterizacionih metoda (modela) za fazu ocenjivanja uticaja. CML 2002 predstavlja problemski orijentisan pristup ocenjivanja životne sredine, za razliku od npr. Eco - indicator 99 i EPS metoda, koje su zasnovane na pristupu (analize) oštećenja, kod kojeg se ocenjuje šteta naneta životnoj sredini. Pri tome, napominje se, da su "problemski orijentisan pristup" i "pristup (analize) oštećenja" dva

različita modela. CML 2002 metod, razvijen je od strane grupe naučnika i istraživača Centra za nauke o životnoj sredini (Centar for Environmental Science) u Lajdenu, Holandija.

U nastavku, dati su rezultati SWOT analize, a zatim i pregled indikatora pokrivenih ovom metodom.

SWOT analiza [44-47]:

Prednosti:

- Obezbeđuje najbolju praktičnu vrednost indikatora kategorija uticaja koji su usaglašeni sa ISO standardom i podržani od strane naučne zajednice.
- Većina kategorija uticaja opisana je u preglednim naučnim radovima.

Nedostaci (ograničenja):

- Obezbeđuje indikatore uticaja srednjeg nivoa. Veza između indikatora srednjeg i krajnjeg nivoa je diskutovana, ali nije izmodelovana i kvantifikovana.
- Dokazane su neizvesnosti podataka ali nisu kvantifikovane.
- Ne obezbeđuje osnovni metod za odmeravanje.

Mogućnosti:

- Pokriva oko 800 supstanci sa karakterizacionim faktorima za više od 1 kategorije uticaja.
- Prisutan je u većini LCA softvera (GaBi, SimaPro itd.).
- Koristi se u ERFMI studijama.
- Opisuje indikatore koji se zahtevaju u protokolima EPD tip III.

Pretnje:

- Nisu identifikovane pretnje.

Pokriveni indikatori [44-47]:

Osnovne kategorije uticaja (sve studije):

- Uticaji upotrebe zemljišta (deplementacija ozonskog omotača, toksičnost po ljude, promena klime, korišćenje zemljišta).
- Ekotoksičnost (sveža voda i sedimenti, toksičnost zemljišta, acidifikacija, eutrofikacija, kreiranje foto oksidanata).

Dodatne kategorije uticaja:

- Uticaji upotrebe zemljišta (gubitak životnih funkcija, gubitak biodiverziteta).
- Ekotoksičnost (sveža voda i ekotoksičnost sedimenata).
- Uticaji jonizujućeg zračenja.
- Neprijatni mirisi (zagađen vazduh, buka otpadna toplota, desikacija, iscrpljivanje biotičkih resursa).

3.3.2 Eko indikator 95 i 99

Eko-indikator metoda predstavlja jednu od najrazvijenijih metoda za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa na životnu sredinu. Model je razvijen radi povezivanja LCI rezultata sa procedurama određivanja težinskih koeficijenata, a sa ciljem da se predstave LCA rezultati na svim nivoima. Ovo je obuhvatilo i procese karakterizacije, normalizacije i „odmeravanja“ (dodeljivanja težina ili značajnosti), a u cilju pojednostavljenja interpretacije i odmeravanja rezultata. Ove metode su uvele nekoliko novih principa, kao što je primena pristupa nastale štete, i primena tri perspektive krajnjih kategorija uticaja kako bi se prevazišao subjektivni izbor. Na najvišem hijerarhijskom nivou, rezultati se mogu predstaviti kao jedan, objedinjeni, kvantifikovani rezultat – *eko-indikator*, koji može olakšati posao projektantima i menadžerima u proizvodnji u procesu donošenja odluka u vezi sa štetnošću proizvoda na životnu sredinu [48-57].

Eko-indikator 95 metoda je razvijena u okviru zajedničkog projekta holandskog NOH programa u kom su učestvovali: PRé consultants, Philips Consumer Electronics, NedCar (Volvo i Mitshubishi), Oce Kopirke, Schuurink, CML Leiden, TU-Delft, IVAM-ER Amsterdam i CE Delft. Naučne radove o Eko-indikator metodi u najvećoj meri objavio je Institut za nauke o životnoj sredini na Leiden Univerzitetu u Holandiji [51].

Kod metode Eko-indikator 95 proces karakterizacije odgovora CML 92 metodu, a jedina razlika je u tome što su rezultati toksičnosti specificirani u sledeće kategorije [48-51]:

- teški metali,
- kancerogene supstance,
- pesticidi i
- zimski smog.

Eko-indikator 95 RF metoda, delom nazvana po svom autoru Rolfu Frišknehtu, pored prethodnih navedenih uključuje i kategoriju uticaja [50-52]:

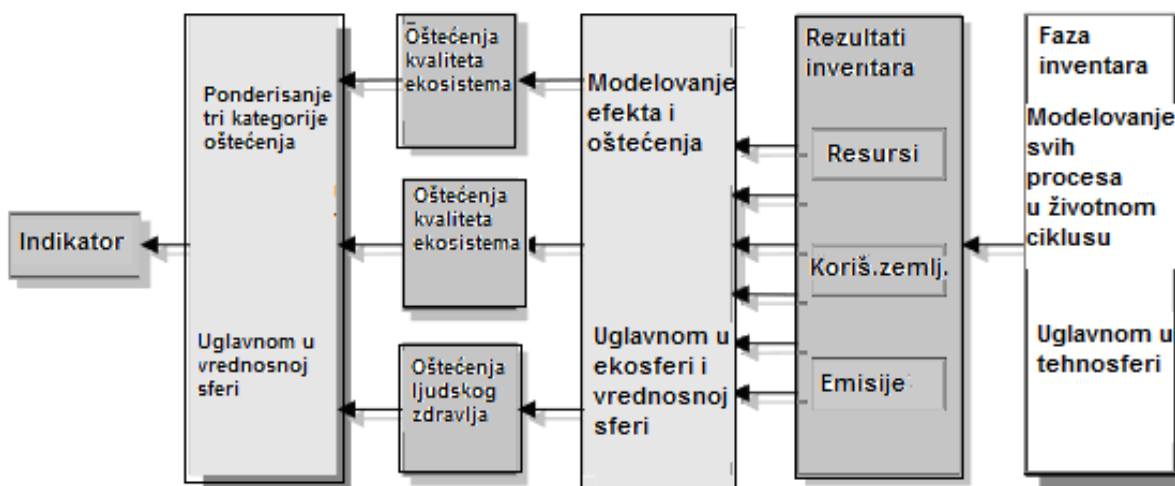
- jonizujuće zračenje.

Unapređena verzija ove metode, Eko indikator 99, uvodi tri krajnje kategorije uticaja (slika 3.3), odnosno kategorije štetnosti, kako se još nazivaju [41,53,54]:

- 1) *Ljudsko zdravlje*, jedinica = DALY (eng. Disability Adjusted Life Years), podrazumeva nastale invalidnosti prouzrokovane bolestima u toku života.
- 2) *Kvalitet ekosistema*, jedinica = PDF*m²yr (PDF - eng. Potentially Disappeared Fraction of plant species - potencijalni nestanak frakcija biljnih vrsta).
- 3) *Resursi*, jedinica = MJ energetske rezervi (eng. surplus energy), potrebnih u budućnosti za ekstrakciju mineralnih i fosilnih resursa nižeg kvaliteta.

Ocenjivanje štetnosti je korak u okviru kojeg su vrednosti indikatora kategorija uticaja uključeni u proces karakterizacije, sa ciljem formiranja kategorija štetnosti. U tom smislu, Eko-indikator 99 metoda predstavljala je početnu tačku za razvoj LIME i IMPACT 2002+ metoda [55-57].

U nastavku su dati rezultati SWOT analize, a iza toga i pregled indikatora obuhvaćenih ovom metodom.



Slika 3.3 Eko-indikator proces modelovanja [48,49]

SWOT analiza [48-57]:

Prednosti:

- Obezbeđuje samo tri indikatora kategorije uticaja koji zahtevaju harmonizaciju modela.
- Koristi metod krajnjih uticajnih kategorija koje se mogu koristiti u bilo kojoj LCA, sa posebnim osvrtom na funkciju „odmeravanja“ rezultata.
- Koriste se tri perspektive navedene verzije EI 99 (Hijerajhijska, Individualistička, Egalitarijanska).
- Obezbeđuje globalnu i regionalnu validnost za kategorije uticaja klimatske promene, oštećenje ozonskog omotača i potrošnju resursa.

Slabosti:

- Uticajne kategorije acidifikacija i eutrofikacija za područje Evrope, bazirane su na modelu koji se odnosi na teritoriju Holandije, a kategorija uticaja upotreba zemljišta zasnovana je na modelu koji se koristi za područje Švajcarske.
- Koristi podrazumevane vrednosti za funkciju „odmeravanja“ težinskih koeficijenata.

Mogućnosti:

- Pokriva 391 supstancu.
- Primena u najpoznatijim LCA softverima (GaBi, SimaPro, itd.).
- Kvantitativno su opisani uticaji na ljudsko zdravlje i ekotoksičnost, dok su ostale kategorije uticaja opisane kvalitativno.
- Otvorene mogućnosti daljeg razvoja LCIA metodologija kao što su LIME, IMPACT 2002+, a zatim i razvoja ReCipe metode uz integraciju sa CML 92 metodom.

Pretnje:

Nisu identifikovane pretnje.

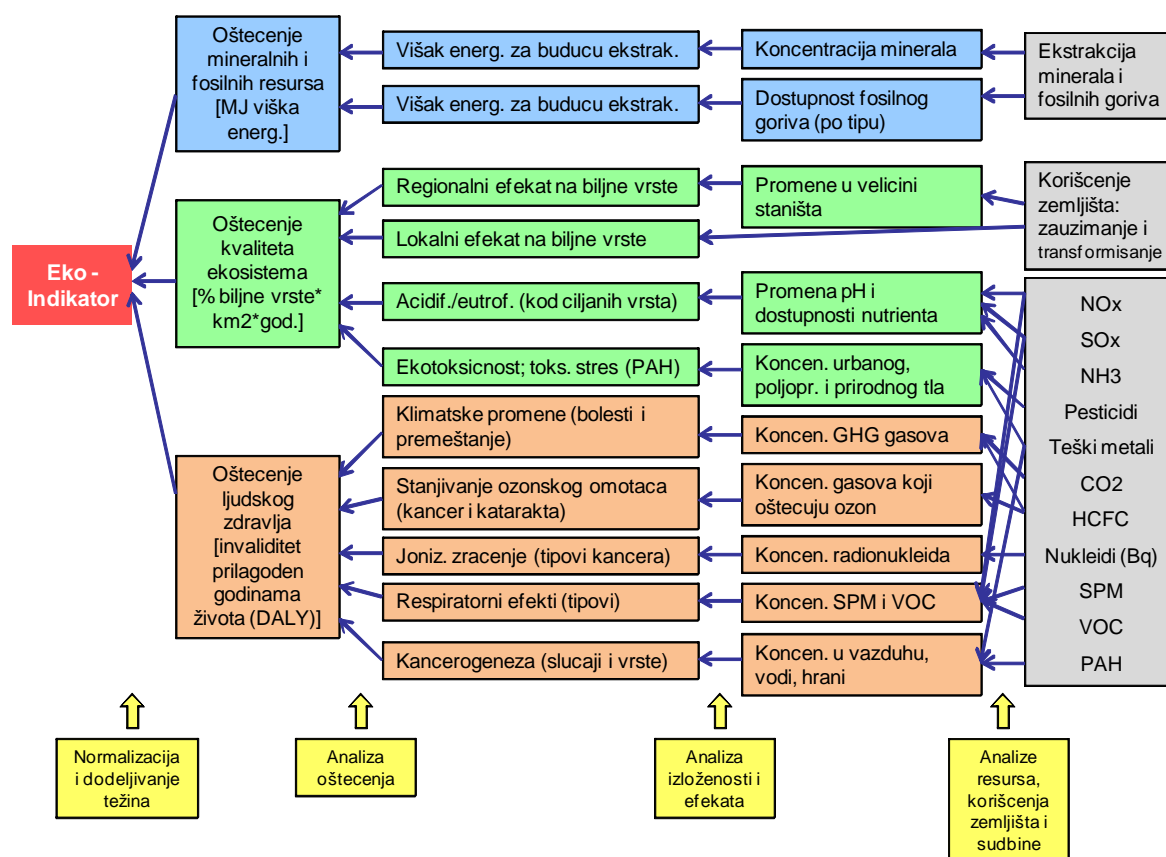
Pokriveni indikatori [48-57]:

Kategorije uticaja srednjeg nivoa (slika 3.3):

- Promena klime (38);
- Oštećenje ozonskog omotača (24);
- Acidifikacija/Eutrofikacija (3);
- Kancerogeni (61);
- Respiratorne organske materije (11);
- Respiratorne neorganske (121);
- Jonizujuće zračenje (48);
- Ekotoksičnost (52);
- Upotreba zemljišta (12);
- Mineralni resursi (12) i
- Fosilni resursi (9).

Kategorije uticaja krajnjeg nivoa (slika 3.4):

- Ljudsko zdravlje;
- Kvalitet ekosistema i
- Potrošnje resursa.



Slika 3.4 Eko indikator 99 - struktura kategorija uticaja [41]

3.3.3 EDIP 97 & 2003

Metoda EDIP 97 (eng. Environmental Development of Industrial Products), razvijena na Institutu za razvoj proizvoda Tehničkog Univerziteta u Danskoj pod rukovodstvom profesora Mihaela Haušilda, jeste potpuno dokumentovana metoda koja pokriva uticaje središnjeg nivoa. Kroz to je obuhvaćena većina emisija, upotreba resursa i uticaji koji se javljaju u radnoj sredini. Normalizacija je zasnovana na personalnim ekvivalentima (uticaj na životnu sredinu izražen uticajem prosečnog građanina EU u periodu od jedne godine), a dodeljivanje značajnosti (težine) na politikom definisanih ciljeva za redukovanje u vezi sa uticajima u životnoj i radnoj sredini, kao i mogućnostima snabdevanja u vezi sa resursima. Kategorije uticaja ekotoksičnost i toksičnost po ljude su modelovane pristupom ključnog svojstva [58-60].

Unapređena verzija ove metode EDIP 2003 podržava prostorno diferencirano karakterizaciono modeliranje, koje pokriva veći deo mehanizma životne sredine u odnosu na EDIP 97 i približava se pristupu ocenjivanja oštećenja životne sredine (preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa). Ovaj deo opšteg razvoja metode obuhvata i ispitivanja mogućnosti za uključivanje u LCIA i ne-globalnih uticajnih kategorija, kao što su: formiranje fotohemijskog ozona, acidifikaciju, obogaćivanje hranljivim materijama, ekotoksičnost, toksičnost po ljude i buka [61,62].

U nastavku, predstavljeni su rezultati SWOT analize verzije EDIP 2003, a nakon toga i pregled obuhvaćenih indikatora uticaja.

SWOT analiza [61,62]:

Prednosti:

- Obezbeđuje nekoliko kategorija uticaja koje su opisane u recenziranim radovima;
- Podržava LCA industrijskih proizvoda, u smislu sprovođenja ekološke analize i sinteze u fazi razvoja proizvoda;
- Obuhvata tri ključne oblasti: uticaje na životnu sredinu, uticaje na radnu sredinu (uključujući buku) i potrošnju resursa.

Slabosti:

- Obezbeđuje indikatore na isključivo središnjem nivou uticaja;
- Obezbeđuje karakterizacione faktore lokalnog karaktera za (samo) 40 evropskih regiona;
- Nije razvijen model za specifično dodeljivanje značajnosti indikatora.

Mogućnosti:

- Pokriveno je oko 500 supstanci;
- Dostupna je u najpoznatijim LCA softverima (GaBi, SimaPro i dr.).

Pretnje:

Nisu identifikovane pretnje.

Pokriveni indikatori [61,62]:

- Globalno zagrevanje,
- Oštećenje ozonskog omotača,
- Acidifikacija,
- Eutrofikacija,
- Formiranje fotohemijskog ozona,
- Toksičnost po ljude,
- Ekotoksičnost i
- Buka.

3.3.4 EPS 2000d

EPS metoda (eng. Environmental Priority Strategies) predstavlja interni razvojni alat namenjen kompanijama, a ciljna grupa su projektanti proizvoda tj. odeljenja za razvoj proizvoda. Koristi se kada je neophodno doneti odluku između dva proizvodna koncepta. Razvoj sistema EPS, iniciran je 1989. godine od strane kompanije Volvo, a u razvoju su učestvovali i Švedski istraživački institut za životnu sredinu (IVL) i Švedska industrijska federacija. Od tada je nekoliko puta modifikovan u toku projekata, u koji su uključene i druge firme [63,64].

Razvoj od-vrha-na-dole (eng. top-down) EPS sistema, doveo je do otvorene hijerarhizacije unutar pripadajućih principa i pravila. Opšti principi razvoja ove metode su [63,64]:

- Od-vrha-na-dole princip (najviši prioritet se dodeljuje za korisnost sistema);
- Indeksni princip (gotovi indeksi predstavljaju težinski i ukupno vrednovane uticaje);
- Podrazumevani princip (podrazumeva se potreba za operativnom metodom);
- Princip nepouzdanosti (nepouzdanost ulaznih podataka mora biti procenjena).

EPS 2000d je standardna, tj. podrazumevana metoda za ocenjivanje uticaja u okviru EPS sistema. Metodu odlikuje i središnja i krajnja struktura ocenjivanja uticaja slično kao kod LIME metode. Indikatori kategorije uticaja, izabrani su tako da predstavljaju stvarne uticaje na životnu sredinu, jednog ili više između pet zaštitnih faktora: ljudsko zdravlje, ekosistem - proizvodni kapacitet, biodiverzitet, abiotički resursi i rekreativne i kulturne vrednosti [63,64].

Karakterizacioni faktor predstavlja sumu broja specifičnih karakterizacionih faktora koji opisuju prosečnu promenu u kategoriji uticaja po jedinici emisije - npr. smanjenje ribljeg priraštaja po kilogramu emitovane emisije SO₂. Procena je napravljena na osnovu standardne devijacije karakterizacionih faktora, zbog realne varijacije u zavisnosti od lokaliteta emisije i nepouzdanosti modela. To znači da su karakterizacioni faktori poznati samo za slučajeve čiji su efekti već određeni. Karakterizacioni faktori su dati za emisije definisane svojom lokacijom, količinom i periodičnošću pojavljivanja. Većina faktora data je za globalne uslove iz 1990. godine i predstavlja prosečne stope emisija. To praktično znači da veći broj toksičnih supstanci, koje su uglavnom prisutne u tragovima, ima nizak prosečan uticaj. Težinski faktori u okviru kategorija uticaja određeni su na bazi volje ljudi da plate sprečavanje promene pet zaštitnih faktora, koju bi izazvala jedinična vrednost kategorije uticaja [63,64].

Rezultati SWOT analize, kao i pregled obuhvaćenih indikatora uticaja, dati su u nastavku.

SWOT analiza [63,64]:*Prednosti:*

- Pomaže projektantima i konstruktorima prilikom procesa odlučivanja;
- Obezbeđuje indikatore uticaja na središnjem i krajnjem nivou;
- Indikatori završetka kategorije uticaja uključuju Monte Karlo analizu kako bi se smanjile neizvesnosti rezultata;
- Ovo je prvi metod koji je uveo uticajne kategorije krajnjeg nivoa;
- Obezbeđuje globalno priznate rezultate (izuzetak je kategorija uticaja biodiverzitet, jer su korišćeni vedski modeli).

Slabosti:

- Svi indikatori kategorija izraženi su u monetarnim jedinicama, odnosno, bazirani na spremnosti potrošača da plate da se spreče negativne promene izražene indikatorima.

Mogućnosti:

- Pokriveno je oko 200 supstanci.
- Primena u najpoznatijim LCA softverima (GaBi, SimaPro i dr.).

Pretnje:

- Nisu identifikovane.

Pokrivene kategorije uticaja [63,64]:

- Indikatori srednjeg nivoa:
 - Ljudsko zdravlje:
 - Očekivano trajanje života;
 - Teška stopa smrtnosti i patnji;
 - Stopa smrtnosti;
 - Teške smetnje;
 - Smetnje.
 - Prirodna sredina:
 - Proizvodni kapaciteti useva/drva/ribe i mesa;
 - Osnovni katjonski kapacitet;
 - Proizvodni kapaciteti vode;
 - Udeo u izumiranju vrsta.
 - Prirodni resursi:
 - Smanjenje rezervi elemenata;
 - Smanjenje fosilnih rezervi (Gas/Ugalj/Nafta);
 - Smanjenje mineralnih rezervi (ruda).

- Indikatori krajnjeg nivoa:
 - Ljudsko zdravlje,
 - Ekosistem,
 - Biodiverzitet i
 - Abiotički resursi.

3.3.5 IMPACT 2002+

IMPACT 2002+ LCIA metoda, predstavlja izvodljivi nivo implementacije pristupa koji kombinuje prilaze središnjeg i krajnjeg nivoa uticaja. Kroz ovaj kombinovani pristup svi LCI rezultati i osnovni tokovi povezuju se sa 14 kategorija uticaja središnjeg nivoa, i sumiraju u 4 kategorije uticaja krajnjeg nivoa tj. kategorije oštećenja. Metoda IMPACT 2002+ je razvijena od strane tima dr Olivier Jolliet, profesora na Univerzitetu u Mičigenu u SAD, a ranije na Politehničkom univerzitetu u Lozani u Švajcarskoj [65, 66].

IMPACT 2002+ metoda uključuje i nove koncepte i metode za komparativno ocenjivanje toksičnosti po ljude i eko-toksičnosti. Faktori uticaja na ljudsko zdravlje proračunati su za kancerogene i ne-kancerogene materije, uzimajući u obzir frakcije koje se unose, najbolje procene faktora odnosa doza/reakcija i ozbiljnost. Transfer zagađujućih materija u hrani, više se ne zasniva na analizama potrošnje, već na proračunima nivoa poljoprivredne i stočarske proizvodnje. Unutrašnje i spoljašnje emisije u vazduh se mogu porediti, a uzet je u obzir isprekidani (povremeni) karakter padavina. Ostale uticajne kategorije središnjeg nivoa, preuzete su iz postojećih metodologija Eco-Indicator 99 i CML 92 i po potrebi adaptirane. Svi rezultati središnjeg nivoa iskazuju se u jedinicama referentnih supstanci za koje su uspostavljene relacije sa 4 kategorije oštećenja [65-67].

U nastavku su dati rezultati SWOT analize, a zatim i pregled obuhvaćenih indikatora uticaja sa odgovarajućim šematskim prikazom (slika 3.5).

SWOT analiza [65-67]:

Prednosti:

- Obezbeđuje kombinovani pristup preko srednjeg nivoa uticaja i kategorija oštećenja, povezujući sve tipove LCI rezultata preko 14 kategorija uticaja središnjeg nivoa do 4 krajnje kategorije uticaja.
- Omogućava komparativno ocenjivanje.
- Obezbeđuje multi-kontinentalnu regionalnu validnost.

Slabosti:

- Ne predlaže specifično dodeljivanje težina tj. značajnosti.

Mogućnosti:

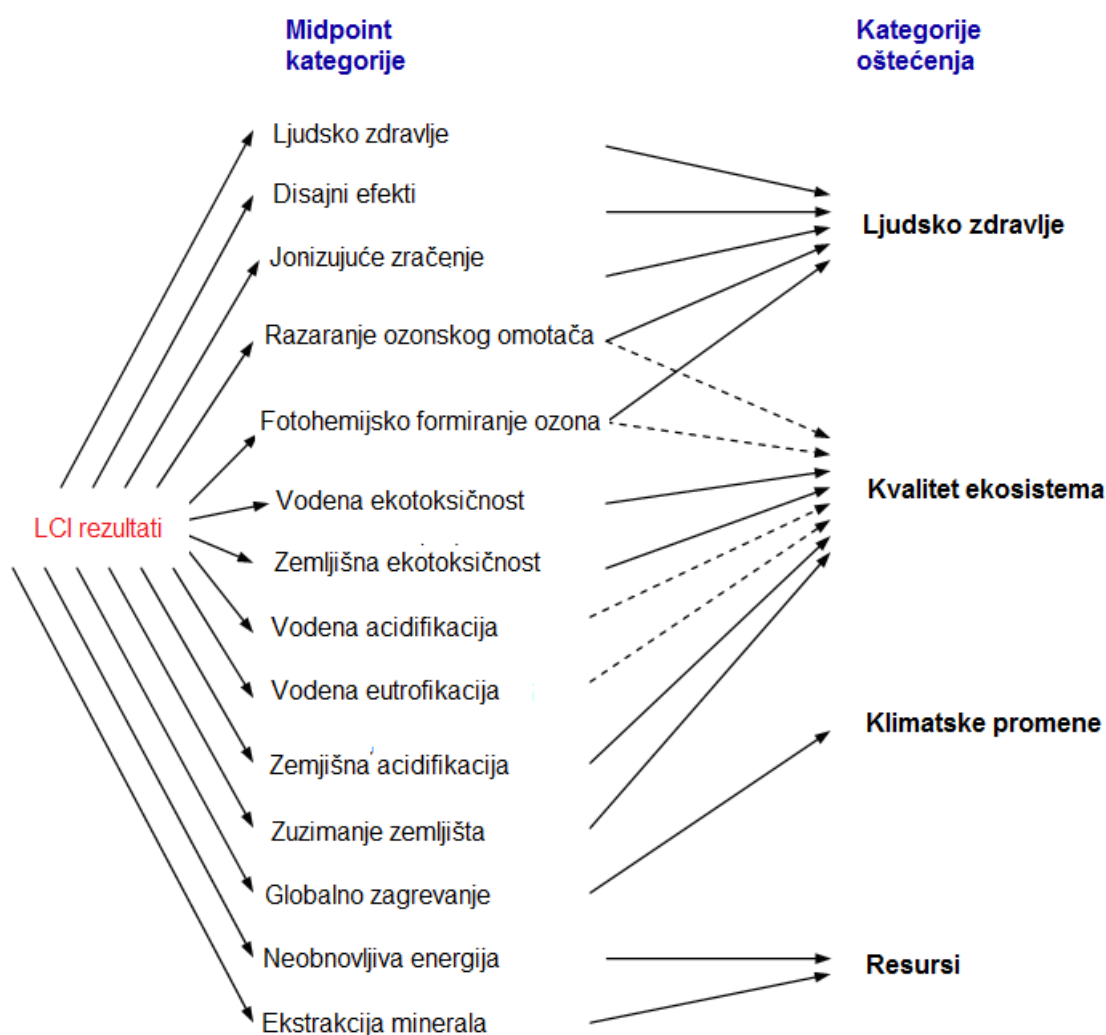
- Pokriva oko 1500 supstanci.
- Prisutan u vodećim softverima (GaBi, SimaPro i dr.).

Pretnje:

- Nema identifikovanih pretnji.

Pokrivena kategorije uticaja [65-67]:

- Kategorije uticaja središnjeg nivoa:
 - Toksičnost po ljude;
 - Respiratorni efekti;
 - Jonizujuće zračenje;
 - Smanjenje ozonskog omotača;
 - Stvaranje fotohemijskih oksidanata;
 - Akvatična/zemljišna ekotoksičnost;
 - Akvatična/zemljišna eutrofikacija i acidifikacija;
 - Zauzimanje zemljišta;
 - Globalno zagrevanje;
 - Neobnovljiva energija;
 - Ekstrakcija minerala.
- Kategorije uticaja krajnjeg nivoa:
 - Ljudsko zdravlje;
 - Resursi;
 - Kvalitet ekosistema;
 - Promena klime.



Slika 3.5 Impact 2002+ - struktura kategorija uticaja [65]

3.3.6 TRACI

TRACI metoda, čiji naziv predstavlja akronim od naziva na engleskom jeziku “Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and other environmental Impacts” (srb. Alat za smanjenje i ocenu hemijskih i drugih uticaja na životnu sredinu), razvijena je sa ciljem da pomogne u sprovođenju procene uticaja za potrebe održivog razvoja, ocenjivanja životnog ciklusa - LCA, industrijske ekologije, procesa projektovanja i prevencije zagađenja. U okviru TRACI metode, kategorije uticaja su karakterizovane na središnjem nivou, takođe uključujući i viši nivo društvenog dogovora u vezi sa izvesnošću modelovanja na ovom nivou uzročno-posledičnog lanca. Ova LCIA metoda je razvijena od strane Agencije za zaštitu životne sredine SAD (eng. Environmental Protection Agency - EPA) [68].

Istraživanja u okviru kategorije uticaja pod imenom acidifikacija, formacija smoga, globalno zagrevanje, eutrofikacija, ljudsko zdravlje - kancerogeni, ljudsko zdravlje -

nekancerogeni, oštećenje ozonskog omotača, eko-toksičnost, potrošnja fosilnog goriva, zauzimanje zemljišta i potrošnja vode, bila su razvijana specijalno za uslove SAD pomoću ulaznih podataka odgovarajućih za lokacije u SAD. TRACI metodologija odražava trenutno stanje razvoja, konzistentnost sa propisima EPA, kao i najbolje dostupne prakse za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa u SAD [68].

U nastavku su predstavljeni rezultati SWOT analize, a nakon toga i pregled obuhvaćenih indikatora uticaja. Slika 3.6 prikazuje mehanizam TRACI metode u šematskom obliku.

SWOT analiza [68]:

Prednosti:

- Predlaže pristup preko središnjeg nivoa uticaja u skladu sa propisima EPA.
- Pominje pristup krajnjih kategorija uticaja preko Ljudskog zdravlja, Ekosistema, Resursa i Antropogene sredine, ali bez kvantifikacije.

Slabosti:

- Pokriva samo region SAD-a.
- Ne predlaže normalizaciju i odmeravanje.
- Nije prisutna u vodećim softverima (GaBi, SimaPro i dr.).

Mogućnosti:

- Pokriva oko 3000 supstanci.

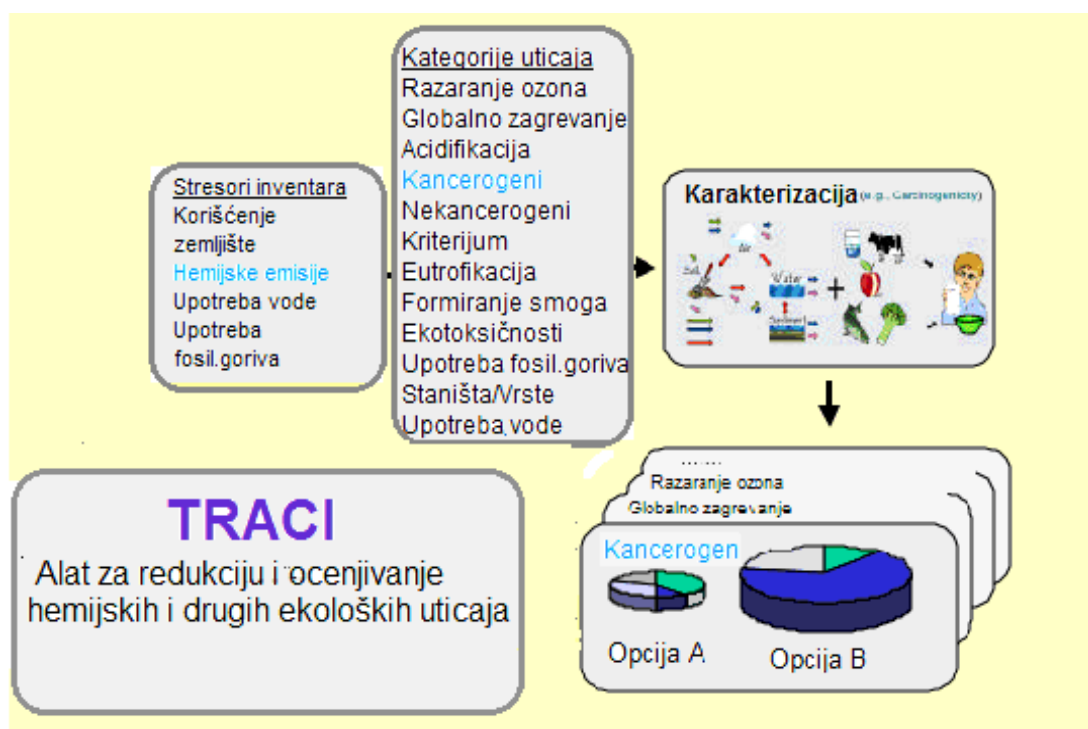
Pretnje:

- Upotreba ove metode, regionalno ograničene na SAD, na korporativnim nivoima kompanija koje posluju na više kontinenta (npr. Tarkett).

Pokriveni indikatori kategorija [68]:

- Uticaji središnjeg nivoa
 - Smanjivanje ozonskog omotača;
 - Globalno zagrevanje;
 - Formiranje smoga;
 - Acidifikacija;
 - Eutrofikacija;
 - Ljudsko zdravlje (ne)kancerogeni;
 - Eko-toksičnost;
 - Potrošnja fosilnih goriva.

- Završeci kategorije (nisu kvantifikovani):
 - Ljudsko zdravlje;
 - Ekosistemi;
 - Resursi;
 - Veštačka sredina.



Slika 3.6 Kategorije uticaja i mehanizam TRACI metode [68]

3.3.7 LIME

LIME metoda se zasniva na modelovanju krajnjih kategorija uticaja, odakle i potiče njen naziv (akronim od "Life-cycle Impact assessment Method for Endpoint"). Razvijena je u okviru studije LCA Nacionalnog projekta Japana, sa ciljem razvoja japanske verzije metode za ocenjivanje uticaja štete na životnu sredinu. LIME se koristi za procenu oštećenja preko krajnjih kategorija, kao što su ljudsko zdravlje i ekološki rizik, kao posledice 11 kategorija uticaja, uključujući globalno zagrevanje, toksičnost po ljude i potrošnju resursa. Potencijalna šteta socio-ekonomskog uticaja izazvana korišćenjem abiotičkih resursa i povećanje rizika od izumiranja i gubitka primarne proizvodnje izazvane eksploatacijom resursa, izmerene su kao glavna oštećenja kod potrošnje resursa. Modelovanje društveno-ekonomskog uticaja zasnovano je na konceptu korisničkih troškova, što doprinosi jednakosti budućih generacija. Postupak za merenje štete na ekosistem zasniva se na studijama procene rizika od izumiranja pojedinih vrsta u oblasti biološke konzervacije. Liste faktora oštećenja mineralnih resursa, fosilnih goriva i

biotičkih resursa, kao što su drveni materijal, već su pripremljene i objavljene. Razvoj ovih faktora omogućava nam upoređivanje i integraciju sa štetama proisteklim iz drugih kategorija uticaja, poput globalnog zagrevanja i acidifikacije bez vrednosnog suda običnih ljudi [69].

LIME integriše prirodne nauke - epidemiologiju, klimatologiju, biologiju konzervacije, zdravstvenu statistiku i socijalne nauke - ekonomiju zaštite životne sredine, sociologiju, psihologiju i druge. U tom smislu, LIME metoda je na visokom nivou interdisciplinarnog istraživanja u oblasti životne sredine i već je dala značajne doprinose širom sveta [69].

Rezultati SWOT analize, kao i pregled uticajnih kategorija, dat je u nastavku [69].

SWOT analiza [69]:

Prednosti:

- Razvoj sistematskog modelovanja indikatora središnjeg-krajnjeg nivoa.
- Uključivanje oštećenja povezanih sa antropogenim okruženjem.

Slabosti:

- Ograničava indikatore i značajnost na uslove životne sredine Japana.
- Predlaže monetizaciju (u Yenn-ima) za procenu i odmeravanje.

Mogućnosti:

- Pokriva oko 1000 supstanci.

Pretnje:

- Upotreba ove metode, regionalno ograničene na Japan, na korporativnim nivoima kompanija koje posluju na više kontinenta.

Pokriveni indikatori kategorija [69]:

- Središnje uticajne kategorije:
 - Zagađenje vazduha u urbanim sredinama; Globalno zagrevanje; Smanjenje ozonskog omotača.
 - Toksičnost po ljude; Eko-toksičnost; Zagađenje vazduha u zatvorenom prostoru.
 - Acidifikacija; Eutrofikacija; Formiranje fotohemijskih oksidanata; Zauzimanje zemljišta.
 - Potrošnja mineral/energije/biotičkih resursa.
 - Buka; Otpad.

- Krajnje uticajne kategorije – u relaciji sa četiri “bezbednosne teme” (Ljudsko zdravlje; Socijalna zaštita; Biodiverzitet; Primarna proizvodnja):
 - Malarija; Infektivne bolesti, glad, prirodne katastrofe.
 - Toplotni stres; Katarakta, rak kože i drugih organa; Respiratorne mane.
 - Biodiverzitet (zemljani/vodeni); Biljke; Bentos, Ribarstvo; Usevi.
 - Materijali; Mineralni resursi; Energetski resursi.

3.3.8 ReCiPe

ReCiPe metoda predstavlja nastavak razvoja metoda Eco-indicator 99 i CML 2002. Ima za cilj integraciju i usklađivanje pristupa središnje-krajnje uticajne kategorije u konzistentnom okviru, pružajući ograničen broj rezultujućih indikatora preko kojih se izražava relativna ozbiljnost (opasnost) na uticajnu kategoriju životne sredine. U ReCiPe metodi indikatori su određeni preko dva nivoa - osamnaest indikatora središnjeg nivoa i tri krajnje kategorije uticaja. ReCiPe metoda koristi mehanizam zaštite životne sredine kao osnovu za modelovanje. Mehanizam zaštite životne sredine može se posmatrati kao niz efekata koji zajedno mogu da izazovu određeni stepen oštećenja, na primer, na ljudsko zdravlje ili ekosistem. U razvoju ReCiPe metode učestvovala su institucije i kompanije RIVM, CML, Pre Consultants, Radboud Universiteit Nijmegen i CE Delft iz Holandije, od čijih početnih slova je i kreiran akronim - naziv ove metode [70-74].

Mehanizam metode predstavljen je slikom 3.7, a u nastavku dati su i rezultati sprovedene SWOT analize, kao i lista obuhvaćenih kategorija uticaja središnjeg i krajnjeg nivoa.

SWOT analiza [70-74]:

Prednosti:

- Predlaže konzistentnu primenu središnjeg-krajnjeg indikatora u istom mehanizmu životne sredine.
- Većina kategorija uticaja opisana je u recenziranim naučno-stručnim radovima.

Slabosti:

- Predstavlja neizvesnosti, ali iste nisu uvek kvantifikovane.
- Pokriva samo region Evrope.

Mogućnosti:

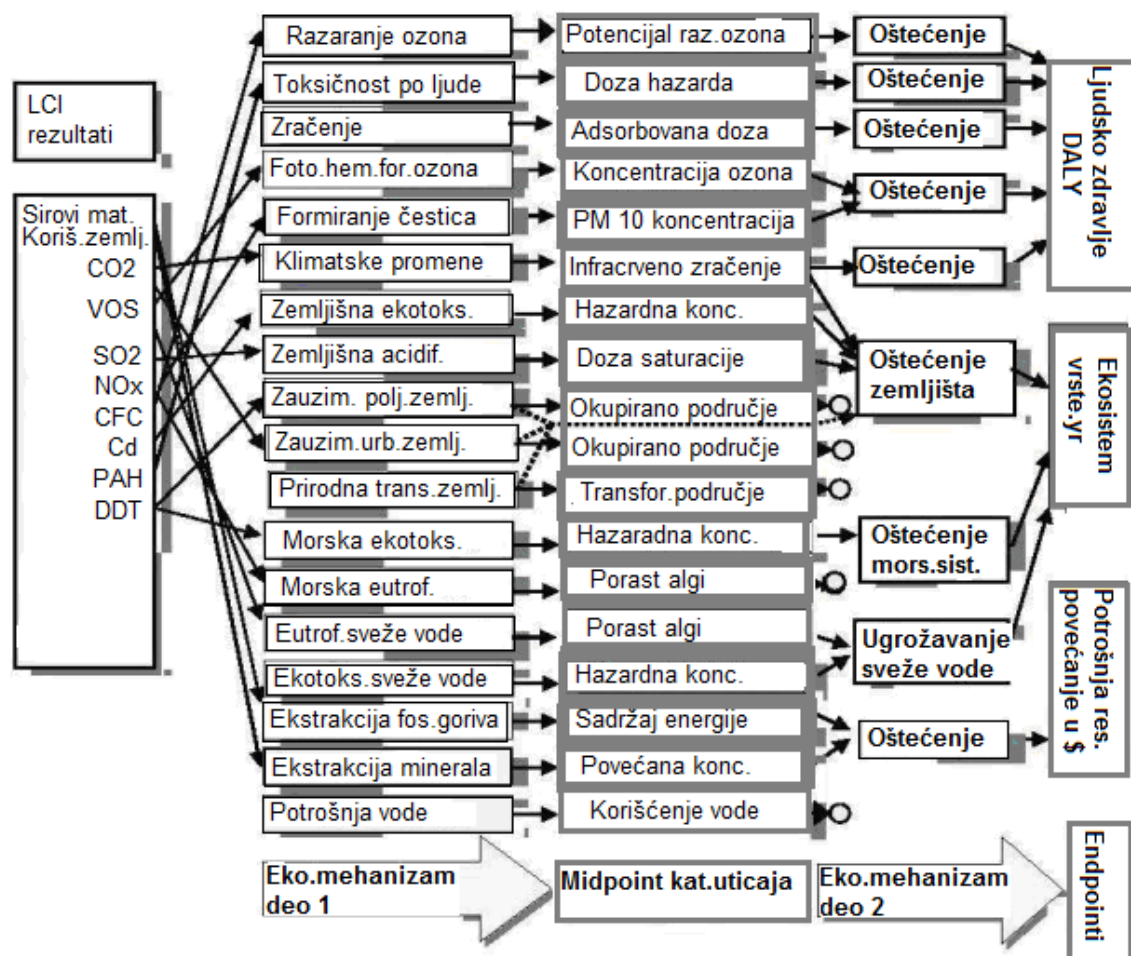
- Pokriva oko 3000 supstanci.
- Prisutna u vodećim softverima (GaBi, SimaPro i dr.).

Pretnje:

- Upotreba ove metode, regionalno ograničene na Evropu, na korporativnim nivoima kompanija koje posluju na više kontinenta.

Pokriveni indikatori kategorija uticaja [70-74]:

- Uticajne kategorije središnjeg nivoa:
 - Toksičnost po ljude
 - Promena klime;
 - Stanjenje (trošenje) ozonskog omotača;
 - Stvaranje fotohemijskih oksidanata;
 - Slatkovodna eutrofikacija;
 - Morska eutrofikacija;
 - Acidifikacija zemljišta;
 - Stvaranje praškastih materija;
 - Zemljišna ekotoksičnost;
 - Slatkovodna ekotoksičnost;
 - Morska ekotoksičnost;
 - Jonizujuće zračenje;
 - Zauzimanje poljoprivrednog zemljišta;
 - Zauzimanje urbanog zemljišta;
 - Transformacija prirodnog zemljišta;
 - Potrošnja fosilnih goriva;
 - Potrošnja mineralnih resursa;
 - Potrošnja slatkovodnih resursa.
- Uticajne kategorije krajnjeg nivoa:
 - Ljudsko zdravlje;
 - Kvalitet ekosistema;
 - Resursi.



Slika 3.7 Kategorije uticaja i mehanizam ReCiPe metode [70]

3.3.9 Swiss Ecological Scarcity (UBP Metoda)

UBP metoda prvi put je objavljena u Švajcarskoj 1990. godine. Prva revizija izvršena je 1997. godine, a sledeća 2004. godine. Metoda je namenjena za standardno ocenjivanje životne sredine, npr., sa specifičnim proizvodima ili procesima. Pored toga, često se koristi i kao element sistema upravljanja životnom sredinom (EMS) u okviru kompanija, gde je ocena aspekata životne sredine kompanije (ISO 14001) podržana takvom metodom odmeravanja [75,76].

UBP metoda - ponekad nazivana i Švajcarska Ekopoint metoda – omogućava komparativno dodeljivanje značajnosti i agregaciju različitih ekoloških intervencija primenom eko-faktora. Drugim rečima, metoda sadrži težinske faktore za različite emisije u vazduh, vodu i zemljište, kao i za upotrebu energetske resursa. Eko-faktori zasnovani su na godišnjim realnim tokovima (sadašnji tokovi) i na godišnjem protoku, koji se smatra kritičnim (kritični tokovi) u određenom području (zemlja ili region). Eko-faktori su

prvobitno razvijeni za područje Švajcarske, a zatim i za neke druge zemlje, kao što su Belgija i Japan [75-77].

Metod je razvijen u potpunosti od-vrha-na-dole, i izgrađen je na pretpostavci da se dobro utemeljen okvir politike zaštite životne sredine (uključujući međunarodne ugovore) može iskoristiti kao referentni okvir za optimizaciju i unapređenje pojedinačnih proizvoda i procesa. Različite štete po ljudsko zdravlje i kvalitet ekosistema, razmatraju se u okviru ciljno postavljenog procesa opšte politike zaštite životne sredine. Ova opšta politika zaštite životne sredine povratno je onda osnova za definisanje kritičnih tokova. Implicitno odmeravanje odvija se preko prihvatanja različitih ciljeva politike zaštite životne sredine. Ekopoint metoda sadrži zajedničke karakterizacije/klasifikacione pristupe (za klimatske promene, oštećenje ozonskog omotača, acidifikaciju). Ostale intervencije se procenjuju pojedinačno (npr. različiti teški metali) ili kao grupa (npr. NM-VOC ili pesticidi) [75-77].

Rezultati SWOT analize, kao i pregled uključenih uticajnih kategorija, predstavljeni su u nastavku.

SWOT analiza [75-77]:

Prednosti:

- Obezbeđuje pristup središnjeg nivoa uticaja na životnu sredinu, i donekle pristup krajnjih kategorija (opisan više kao razlika do dostizanja cilja nego pristup ocene štete životne sredine, gde su krajnje kategorije uticaja definisane preko ciljeva politike životne sredine).
- Obezbeđuje faktore za značajnost tj. težinu različitih emisija i ekstrakcija baziranih na ciljevima javne politike životne sredine.
- Obezbeđuje dobro definisane procese normalizacije i dodeljivanja težina.

Slabosti:

- Donekle ograničena na pristup središnjeg nivoa uticaja.
- Nije prisutna u GaBi softveru.
- Ograničena samo na određene regione (zemlje kao što su Švajcarska, Japan, Belgija).

Mogućnosti:

- Pokriva oko 400 supstanci.

Pretnje:

- Upotreba ove metode, regionalno ograničene na Evropu, problematična je na korporativnim nivoima kompanija koje posluju na više kontinenta.

Pokriveni indikatori kategorija [75-77]:

- Uticaji središnjeg nivoa:
 - Promena klime; Smanjenje ozonskog omotača; Stvaranje fotohemijskih oksidanata: NMVOC.
 - Respiratorni efekti: PM10, PM2.5, crni ugljenik.
 - Emisije u vazduh: COD (DOC, TOC, BOD5), Fosfor, N-total, teški metali (As, Hg, Cd, Pb, Cr, Cu, Zn, Ni), policiklični aromatični ugljovodonici (PAH), benzo(a)piren, adsorbovana halogenizovana jedinjenja (AOX), hlороform, radioaktivne emisije i endokrini poremećaji.
 - Karcinom izazvan radionuklidima emitovanim u more.
 - Emisije u podzemne vode: NO₃⁻, emisije u zemljište: teški metali (Cd, Pb, Cu, Zn), pesticidi.
 - Otpad: deponijski komunalni (reaktivni) otpad, opasan otpad (skladišten pod zemljom), radioaktivni otpad.
 - Voda, potrošnja šljunka.
 - Primarni energetske resursi.
 - Endokrini poremećaji.
 - Gubitak biodiverziteta zbog zauzimanja zemljišta.
- Krajnje kategorije uticaja:
 - Nisu konkretizovane već definisane preko ciljeva politike životne sredine.

3.3.10 USEtox

USEtox je sveobuhvatan naučni konsenzusni model, ali još uvek oskudno razvijen i sadrži samo najuticajnije elemente modela bazirane na trenutnoj praksi u kontekstu LCA. Ovaj model toksičnosti, fokusiran je na relativno precizne karakterizacione faktore (CFs) za toksičnost po ljude i slatkovodnu ekotoksičnost. Zasniva se na dobro referenciranoj bazi podataka koja je korišćena za izračunavanje karakterizacionih faktora za nekoliko hiljada supstanci, i predstavlja osnovu za preporuke iz UNEP-SETAC inicijative životnog ciklusa (UNEP-SETAC's Life Cycle Initiative) u delu karakterizacije toksičnih uticaja kod ocenjivanja životnog ciklusa. USEtox je razvijen uz podršku UNEP-SETAC inicijative životnog ciklusa, a razvoj je uključio i autore drugih modela koji se najčešće koriste u dosadašnjoj praksi u kontekstu LCA [78].

U nastavku, predstavljeni su rezultati SWOT analize kao i pregled obuhvaćenih uticajnih kategorija, a grafička interpretacija mehanizma USEtox metode prikazana je na slici 3.8.

SWOT analiza [78]:*Prednosti:*

- Obezbeđuje karakterizacione faktore za toksičnost po ljude i slatkovodnu ekotoksičnost.

Slabosti:

- Još uvek nije prisutan u GaBi softveru.
- Nema specifičan pristup za normalizaciju i značajnost indikatora.

Mogućnosti:

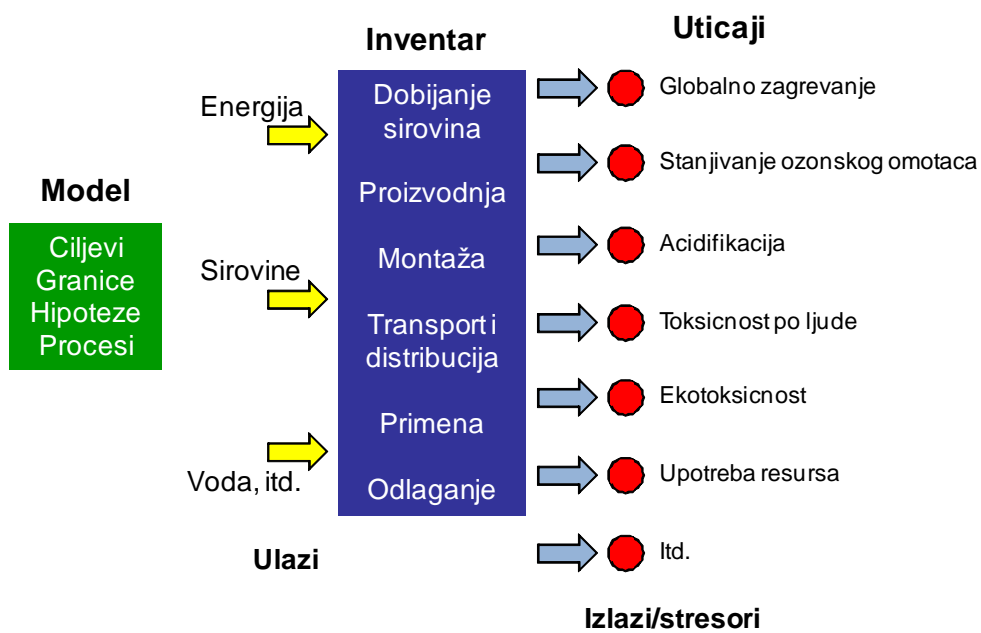
- Pokriva oko 3000 supstanci koje se tiču emisija u vazduh u urbanim sredinama, u slatkovodne tokove, poljoprivredno zemljište i prirodno zemljište.

Pretnje:

- Nema identifikovanih pretnji.

Pokrivene kategorije uticaja [78]:

- Kategorije uticaja središnjeg nivoa:
 - Toksičnost po ljude.
 - Ekotoksičnost.
 - Potencijalna kompatibilnost sa respiratornim efektima i emisijama u zatvorenom prostoru.
- Krajnje kategorije uticaja (nisu kvantifikovane):
 - Ljudsko zdravlje.
 - Kvalitet ekosistema.



Slika 3.8 Kategorije uticaja i mehanizam USEtox metode [78]

4. MODELIRANJE PROCESA PROIZVODNJE PODNIH OBLOGA ZA POTREBE UPRAVLJANJA ZAŠTITOM ŽIVOTNE SREDINE PRIMENOM OCENJIVANJA ŽIVOTNOG CIKLUSA

Modeliranje procesa proizvodnje podnih obloga za potrebe upravljanja zaštitom životne sredine obuhvatilo je razvoj sledećih elemenata:

- Opšti model (sistema proizvoda) za upravljanje zaštitom životne sredine kod proizvodnje podnih obloga na bazi ocenjivanja životnog ciklusa;
- Model inventara životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga;
- Model za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga.

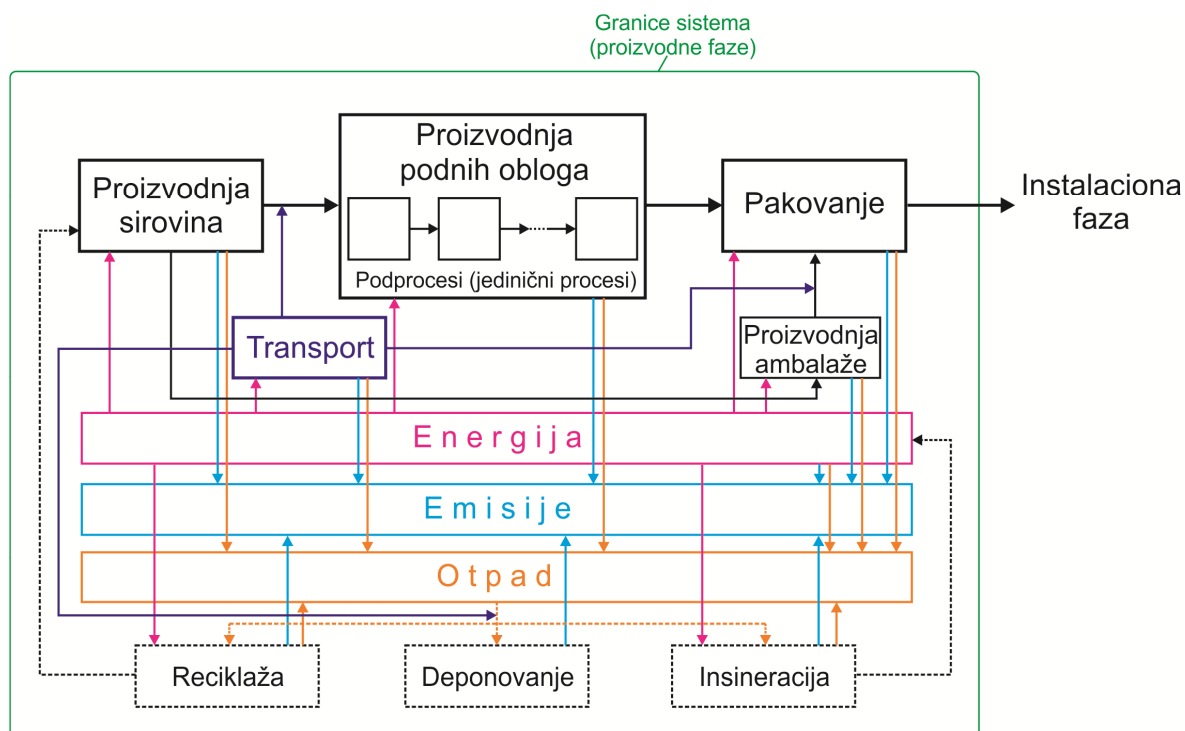
U nastavku ovog poglavlja detaljnije su predstavljeni navedeni elementi.

4.1 Opšti model (sistema proizvoda) za upravljanje zaštitom životne sredine kod proizvodnje podnih obloga na bazi ocenjivanja životnog ciklusa

Polazeći od proizvodne faze životnog ciklusa podnih obloga (slika 4.1) detaljno predstavljenog u okviru prethodnog poglavlja, a respektujući uputstva i preporuke iz standarda SRPS ISO 14040 i 14044, razvijen je originalan opšti model za upravljanje zaštitom životne sredine procesa proizvodnje podnih obloga na bazi metode ocenjivanja životnog ciklusa (slika 4.2).



Slika 4.1 Proizvodna faza životnog ciklusa podnih obloga



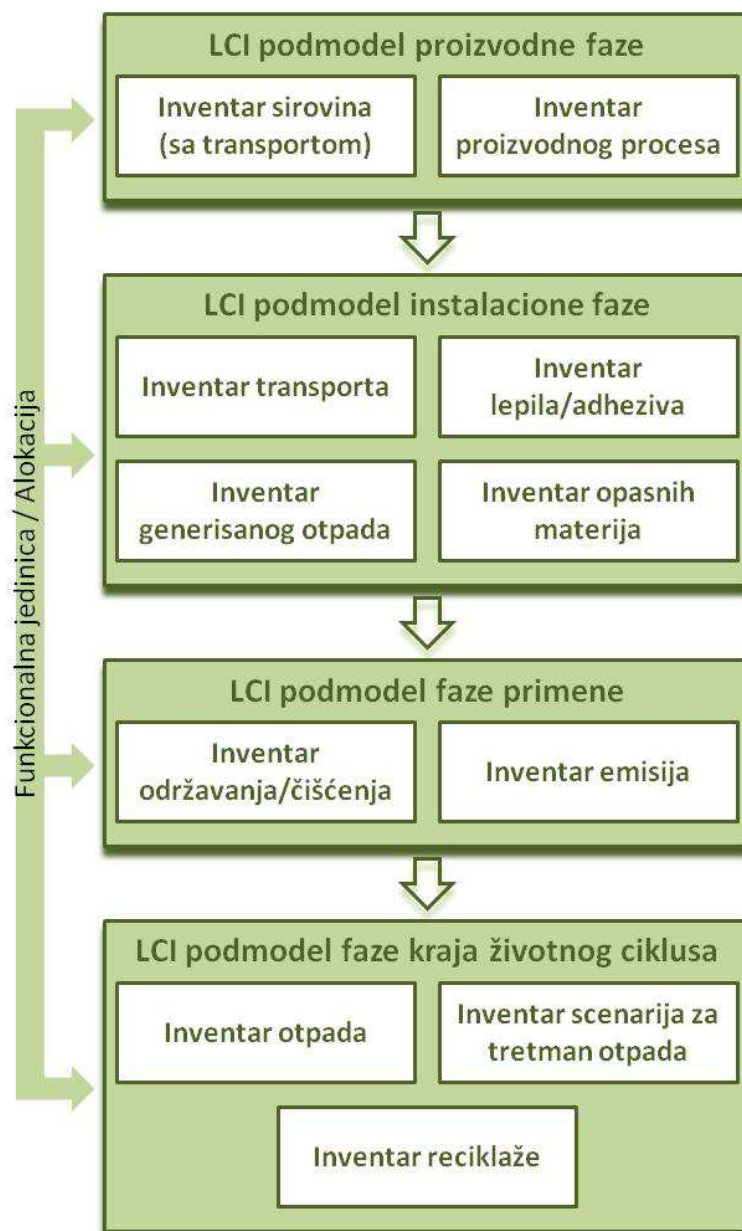
Slika 4.2 Opšti model za upravljanje zaštitom životne sredine kod procesa proizvodnje podnih obloga na bazi ocenjivanja životnog ciklusa

Opšti model karakteriše, pre svega, opštost koja omogućava LCA modeliranje veoma različitih sistema proizvoda u oblasti proizvodnje podnih obloga. Tome se nadovezuje fleksibilnost modela, koja se reflektuje kroz mogućnost modeliranja sistema proizvoda na različitim nivoima kompleksnosti proizvodnog procesa, u smislu obuhvatanja podprocesa nižeg hijerarhijskog nivoa. Kad je reč o fleksibilnosti, naglašava se prilagodljivost i primenljivost modela u proizvodnim procesima, koji uključuju i "waste-to-energy" (energija iz otpada) postrojenja, što je i demonstrirano u okviru verifikacije. Model je modularno koncipiran i otvoren je za nadogradnju, prevashodno u smeru obuhvatanja ostalih faza životnog ciklusa.

4.2 Model inventara životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga - LCI model

Model inventara životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga, obuhvata 4 LCI podmodela u vezi sa fazama životnog ciklusa podnih obloga (slika 4.3):

- 1) LCI podmodel proizvodne faze,
- 2) LCI podmodel instalacione faze,
- 3) LCI podmodel faze primene i
- 4) LCI podmodel faze kraja životnog ciklusa.



Slika 4.3 Struktura modela inventara životnog ciklusa kod proizvodnje podnih obloga

4.2.1 LCI podmodel proizvodne faze

Razvijeni LCI podmodel proizvodne faze uključuje:

- 1) inventar sirovina (sa transportom) i
- 2) inventar proizvodnog procesa.

Svrha razvijenog inventara sirovina predstavljenog Tabelom 4.1, jeste definisanje ulaza za "tipičan proizvod" u okviru određene familije proizvoda, uključujući vrstu transporta koja se primenjuje za dostavljanje sirovina do proizvodnog pogona i udaljenost.

Inventar proizvodnog procesa predstavljen Tabelom 4.2, omogućava prikupljanje relevantnih podataka u vezi sa ulazima i izlazima u/iz procesa proizvodnje podnih obloga, osim podataka obuhvaćenih inventarom sirovina.

Tabela 4.1 Inventar sirovina (sa transportom) - primer za proizvodnju PVC podnih obloga¹

Sirovina	Komponenta	Sadržaj (% mas)	Količina (kg/m ²)	Transport do odredišta	
				Tip	Udaljenost (km)
Polimer	PVC Suspenzioni	3,26	0,0814	drumski	790
	PVC Mikrosuspenzioni	13,96	0,3490	drumski	1 467
	PVC Mikrosuspenzioni	3,05	0,0761	drumski	2 113
	PVC Mikrosuspenzioni	8,42	0,2105	drumski	1 331
	PVC Emulzioni	15,43	0,3859	drumski	790
Reciklirani sadržaj	Reciklirani materijal	0,00	0,0000	-	-
Plastifikator	DINP	10,55	0,2637	drumski	1 467
	Monobenzoat	2,87	0,0716	drumski	1 467
	Dibenzoat	0,45	0,0112	drumski	1 432
	Estri viših masnih kiselina	4,47	0,1117	drumski	1 484
Stabilizator	Kalcijum/Cink	0,53	0,0134	drumski	1 262
	Epoksidovano sojino ulje	0,20	0,0050	drumski	1 242
	Biocidi	0,00	0,0000	-	-
	Fungicidi	0,00	0,0000	-	-
Punioc	Kalcijum karbonat	34,57	0,8643	drumski	209
Pigment	TiO ₂	0,07	0,0017	drumski	1 319
	Pigmentne preparacije	0,26	0,0064	drumski	1 655
Ostale komponentne	Poliuretanski premaz	0,27	0,0068	drumski	1 408
	Nosač od staklenog filca	1,40	0,0350	drumski	1 628
	ZnO	0,11	0,0028	drumski	1 510
	Azodikarbonamid	0,14	0,0035	drumski	951
Gotov proizvod		100,00	2,5000		

¹ Podaci dati u tabelama 4.1, 4.2, 4.3, 4.5 i 4.8 preuzeti su iz studije slučaja 1 iz poglavlja 5, a ovde su iskorišćeni radi bolje prezentacije LCI modela.

Tabela 4.2 Inventar proizvodnog procesa - primer za proizvodnju PVC podnih obloga

Ulaz			Izlaz		
Sirovine	2,75	[kg/m ²]	Proizvodi	2,500	[kg/m ²]
Energija			Valorizovan otpad		
Električna	0,73	[kWh/m ²]	Interno recikliran materijal	25,45	[g/m ²]
Lož ulje	0,01	[kWh/m ²]	Eksterno recikliran materijal	52,24	[g/m ²]
Prirodni gas	0,07	[kWh/m ²]			
Bio gorivo	1,16	[kWh/m ²]	Ne-valorizovan otpad		
Drugo	-	[kWh/m ²]	Deponovani otpad	5,46	[g/m ²]
			Opasan otpad	4,42	[g/m ²]
Potrošnja vode	0,25	[l/m ²]			
			Emisije u vazduh		[g/m ²]
Ambalaža	0,55	[kg/m ²]	VOCs	0,26	[g/m ²]
Drvo	0,25	[kg/m ²]	CO ₂	0,38	[kg/m ²]
PE film	0,05	[kg/m ²]	NO _x	0,36	[kg/m ²]
Karton	0,1	[kg/m ²]	SO _x	-	[kg/m ²]
Papir	0,15	[kg/m ²]			
Ostalo (specificirati u slučaju potrebe)	-	[kg/m ²]	Ostalo (specificirati u slučaju potrebe)	-	[kg/m ²]

Kvantifikovani podaci treba da predstavljaju prosečne vrednosti na godišnjem nivou za definisanu funkcionalnu jedinicu.

Napomene i komentari:

4.2.2 LCI podmodel instalacione faze

LCI podmodel instalacione faze, strukturiran je kroz četiri osnovne komponente karakteristične za ovu fazu životnog ciklusa ove vrste proizvoda:

- 1) inventar transporta (od proizvodnog pogona do destinacije prodaje),
- 2) inventar lepila/adheziva (opciono u slučaju instalacije primenom lepila/adheziva),
- 3) inventar generisanog otpada (tokom instalacije) i
- 4) inventar opasnih materija (opciono u slučaju prisustva).

Navedene komponente predstavljene su tabelama 4.3 do 4.6, respektivno.

Tabela 4.3 Inventar transporta (od proizvodnog pogona do destinacije prodaje)

Destinacija (kontinent/država/grad)	Količina (m ²)	Prosečna udaljenost (km)	Vrsta transporta
Rusija	10.815.000	5000	drumski
Ukrajina	7.930.000	3000	drumski
Kazahstan	950.000	6000	drumski
Balkan	2.651.000	700	drumski
Centralna Evropa	1.142.000	1500	drumski
Belorusija	1.900.000	3500	drumski

Tabela 4.4 Inventar lepila/adheziva

Instalacija primenom lepila/adheziva?		
DA <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/>		
Sastav lepila	Količina	Jedinica mere
Navesti osnovu lepka/adheziva (voda, rastvarač, itd.)		kg/m ²
Sadržaj čvrstih materija		kg/m ²
Rastvarač (navesti vrstu i naziv ukoliko je sadržan)		kg/m ²
Drugi važni sastojci/materije (navesti ih ukoliko su prisutni)		kg/m ²
Suma sastojaka/komponenta		kg/m ²

Tabela 4.5 Inventar generisanog otpada

Instalacija	Količina (kg)	Jedinica mere
Otpad od proizvoda generisan tokom instalacije (5%)	0,1250	kg/m ²
Deponovanje (5%)	0,1250	kg/m ²
Insineracija	0,0000	0,00%
Reciklaža	0,0000	0,00%
Drugo	-	-

Tabela 4.6 Inventar opasnih materija

Prisustvo opasnih materija?DA NE

Naziv	Količina	Jedinica mere
		kg/m ²
		kg/m ²
		kg/m ²
		kg/m ²

4.2.3 LCI podmodel faze primene

LCI podmodel faze primene sastoji se iz dve osnovne komponente koje se mogu smatrati tipičnim za ovu fazu životnog ciklusa u slučaju podnih obloga:

- 1) inventar održavanja/čišćenja i
- 2) inventar emisija.

Kad je reč o inventaru održavanja/čišćenja (Tabela 4.7), podrazumevaju se postupak i režim preporučeni, odnosno propisani od strane proizvođača. Takođe, kalkulacije se sprovode na bazi *Tehničkog perioda primene* koji predstavlja period primene procenjen od strane proizvođača.

Tabela 4.7 LCI podmodel faze primene - inventar održavanja/čišćenja

Tehnički period primene:			15	Godina	
Frekvencija čišćenja	Potrošnja energije kWh/m ²	Potrošnja vode (l/m ²)	Potrošnja deterdženta (l/m ²)	Sredstvo za poliranje (l/m ²)	Drugo (navesti vrstu i jed. mere)
4 puta nedeljno					
Nedeljno					
Godišnje					

Inventar emisija predstavljen Tabelom 4.8, predviđa prikupljanje podataka o nivou emisija nakon 3 dana, 28 dana i 6 meseci, što je tipično za ovu vrstu proizvoda u smislu zahteva koje propisuju standardi u ovoj oblasti (npr. EN15052, AgBB itd.), na osnovu čega se takvi podaci zahtevaju i od strane programa za označavanje o zaštiti životne sredine (npr. Nemački program Plavi anđeo). U kontekstu prethodnog, ovim je inventarom predviđeno navođenje relevantnih standarda, programa za označavanje o zaštiti životne sredine i

drugih dokumenata, koji u nekom smislu regulišu oblast emisija u toku primene podnih obloga.

Tabela 4.8 LCI podmodel faze primene - inventar emisija

Emisija	Period (3/28 dana, 6 meseci)	Količina	Jedinica mere
TVOC	3 dana	279	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
TVOC	28 dana	76	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
TVOC	6 meseci	-	$\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{h}$
Podaci o graničnim vrednostima			
Dokument (standard/pravilnik/...)	Period	Količina	Jedinica mere
AgBB	28 dana	< 1000	$\mu\text{g}/\text{m}^2$
EN15052	28 dana	< 1000	$\mu\text{g}/\text{m}^2$
Plavi anđeo - eko oznaka	28 dana	< 360	$\mu\text{g}/\text{m}^2$

4.2.4 LCI podmodel faze kraja životnog veka

LCI podmodel faze kraja životnog veka sastoji se iz tri dela:

- 1) inventar otpada,
- 2) inventar scenarija za tretman otpada i
- 3) inventar reciklaže (opciono u slučaju da se deo otpada sistemski reciklira).

Inventar otpada predstavljen Tabelom 4.9, pored specificiranja količina otpada po vrstama, zahteva podatak o potrošenoj električnoj energiji tokom procesa demontaže podnih obloga.

Drugi deo LCI podmodela faze kraja životnog veka tiče se scenarija koji se primenjuju za tretman otpada specificiranih inventarom otpada (Tabela 4.10). U slučaju da pojedini scenariji uključuju reciklažu određene vrste otpada, za iste je potrebno sprovesti inventar reciklaže (Tabela 4.11).

Tabela 4.9 LCI podmodel faze kraja životnog veka - inventar otpada

Potrošnja energije kod demontaže:		kWh/m ²
Vrsta otpada	Količina	Jedinica mere
Otpadne podne obloge		kg/m ²
Cement (tipično za lepljene podne obloge)		kg/m ²
Drvene lajsne		kg/m ²
Drugo		

Tabela 4.10 LCI podmodel faze kraja životnog veka - inventara scenarija za tretman otpada

Vrsta otpada	Scenariji za tretman otpada (u %)		
	Insineracija	Deponovanje	Reciklaža

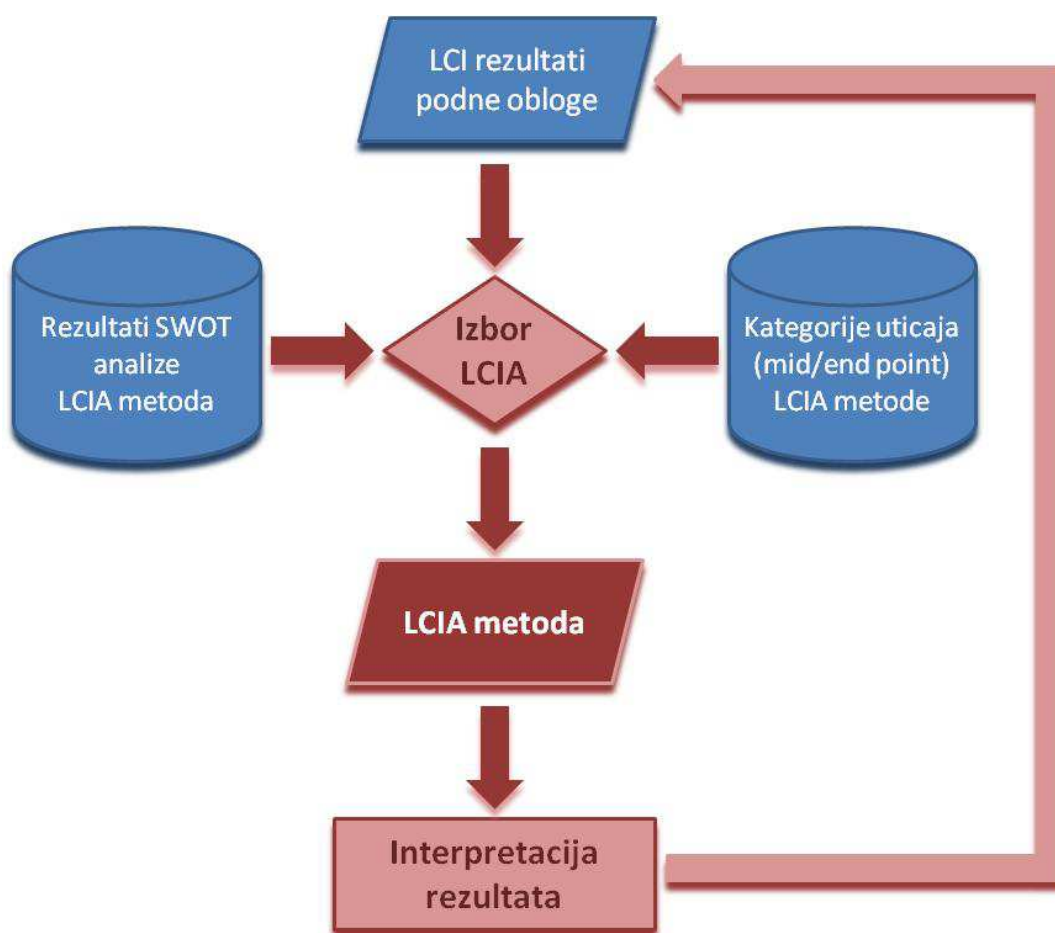
Tabela 4.11 LCI podmodel faze kraja životnog veka - inventar reciklaže

Proces (tehnologija) reciklaže	Potrošnja energije	Jedinica mere
Grubo šredovanje (seckanje)		kWh/kg izlaza
Mokra protočna separacija		kWh/kg izlaza
Ukupna potrošena energija:		kWh/kg
Ostatak za deponovanje:		Kg
Reciklat (sekundarna sirovina):		Kg

4.3 Model za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa proizvodnje podnih obloga

Model za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa proizvodnje podnih obloga, zasnovan je na rezultatima SWOT analize LCIA metodologija iz prethodnog poglavlja. Model omogućava izbor adekvatne metodologije u zavisnosti od, sa jedne strane potreba konkretne analize, odnosno, sa druge strane karakteristika LCIA metodologije. Kada je reč o potrebama konkretne analize, one se tiču, pre svega, povezanosti krajnjih i posebno srednjih kategorija uticaja (sadržanih u LCIA metodologijama) sa karakterističnim parametrima proizvodnje podnih obloga.

Na slici 4.3, predstavljen je model na bazi kog se realizuje selekcija adekvatne LCIA metodologije. Model sadrži i povratnu spregu, u skladu sa iterativnom osnovom LCA, koja se pokreće na osnovu rezultata interpretacije.



Slika 4.4 Model za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa proizvodnje podnih obloga

5. VERIFIKACIJA RAZVIJENOG MODELA

Verifikacija razvijenog LCA modela za upravljanje uticajem procesa proizvodnje podnih obloga na životnu sredinu, sprovedena je kroz tri studije slučaja:

- 1) Upravljanje uticajima proizvodnje PVC podnih obloga na životnu sredinu,
- 2) Upravljanje uticajima proizvodnje laminatnog parketa na životnu sredinu i
- 3) Upravljanje uticajima energetske ulaza na životnu sredinu u proizvodnji podnih obloga.

5.1 Studija slučaja 1: Upravljanje uticajima proizvodnje PVC podnih obloga na životnu sredinu primenom razvijenog modela

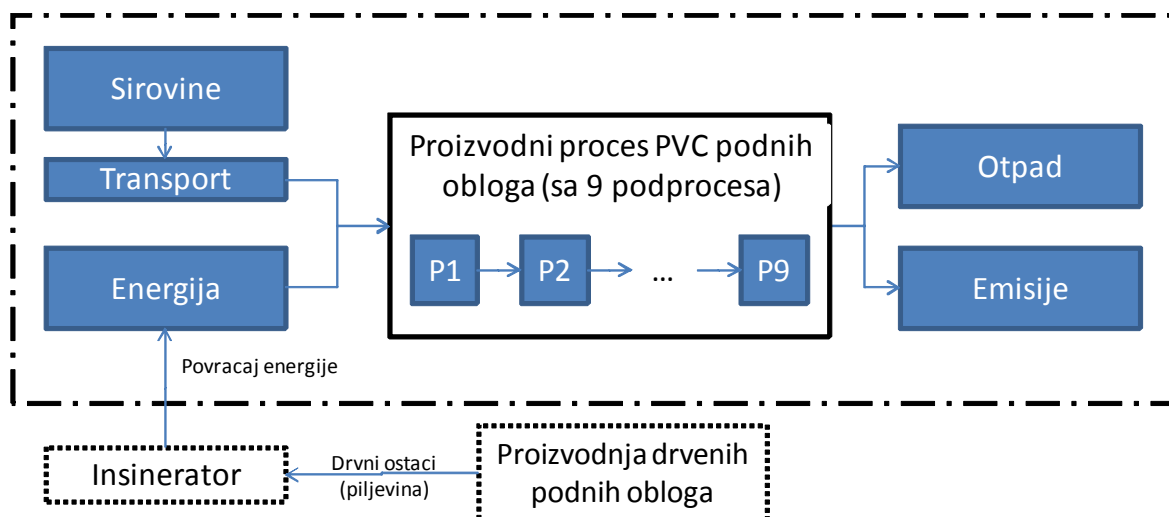
5.1.1 Definisane cilja i predmeta

Cilj ove studije slučaja, jeste analiza ukupnog opterećenja životne sredine nastalog prilikom proizvodnje PVC podnih obloga i na osnovu toga identifikovanje kritičnih mesta za unapređenje zaštite životne sredine. S obzirom na fokusiranost istraživanja na proizvodnu fazu životnog ciklusa, studijom je obuhvaćen segment životnog ciklusa (tzv. "od klevke do kapije"). Iz istog razloga, studija je obuhvatila detaljniju analizu procesa proizvodnje PVC podnih obloga, odnosno modeliranje proizvodnog procesa uključilo je pojedinačne pod-procese (jedinične procese), kao i kasniju analizu njihovog uticaja na životnu sredinu. Ovakav pristup kod modeliranja proizvodnog procesa, nudi kvalitetniji i veći broj mogućnosti za unapređenje proizvodnog sistema [79], odnosno i samog proizvoda, posebno sa aspekta korišćenih sirovina, potrošnje energije i uticaja na životnu sredinu i zdravlje zaposlenih i krajnjih korisnika.

Predmet studije, kao što je već napomenuto, pokriva analizu uticaja na životnu sredinu od strane proizvodnje PVC podnih obloga, tj. "od klevke do kapije", i prati tokove (ulaze) od ekstrakcije sirovina, preko njihove obrade i transporta do mesta proizvodnje finalnog proizvoda (background procese) u tzv. "upstream" delu lanca, ali i tokove (izlaze) nakon same proizvodnje finalnog proizvoda, kao i potrošnju energije, nastale emisije, otpad itd. (foreground procese).

Postavljanje granica sistema delom zavisi i od pitanja na koje se želi dati odgovor, odnosno cilja studije koja se sprovodi, ali i od mogućnosti nalaženja i pribavljanja podataka koji će se koristiti za ocenjivanje. Granice postavljene između sistema životne sredine (prirode) i posmatranog proizvodnog sistema (tehnosfere), uključuju ekstrakciju sirovina i njihovu obradu, odnosno proizvodnju ulaznih materijala i njihov transport, proizvodnju energetskih ulaza, potom proizvodnju posmatranog finalnog proizvoda sa svim svojim jediničnim procesima, ali i nastale emisije i otpad prilikom te proizvodnje. Ovako postavljene granice sistema, može se konstatovati, imaju prividno dva nivoa u hijerarhijskoj strukturi složenosti. Prethodno opisan i postavljen sistem čini jedan „viši nivo“, dok „niži nivo“ analize uključuje sve jedinične procese (pod-procese) u okviru posmatranog sistema [80]. Posebno se to odnosi na proizvodnju, ali i na procese koji joj prethode. Ovo daje jednu detaljnu sliku opterećenja životne sredine svakog jediničnog procesa, smanjuje nesigurnost usled zanemarenih tokova ili procesa, daje bolji uvid i identifikaciju mogućih poboljšanja proizvoda i proizvodnog sistema u celini i smanjenja negativnog opterećenja na životnu sredinu.

Na osnovu razvijenog osnovnog modela, uz respektovanje prethodno opisanih specifičnosti studije slučaja, razvijen je procesni model koji je i prikazan na slici 5.1. Sam proces proizvodnje PVC podnih obloga podeljen je na ukupno devet jediničnih procesa koji su posmatrani, a o kojima će više reči biti u nastavku u okviru analiza inventara.



Slika 5.1 Model sistema proizvodnje sa definisanim granicama

Funkcionalna jedinica definisana je kao 1 m^2 proizvedene PVC podne obloge.

Alokacija: U „idealnom“ proizvodnom procesu, jedna sirovina ulazi u postrojenje i jedan proizvod izlazi iz njega, i u tom slučaju ukupan negativan uticaj "pripada" samo tom proizvodu. Realnost je, najčešće, mnogo kompleksnija, budući da više sirovina ulazi u

proizvodni proces u okviru kojeg se proizvodi više različitih proizvoda. U ovim slučajevima ukupan negativni uticaj se mora alocirati, odnosno raspodeliti između svih proizvoda. Jedan od podesnih načina, koji je i ovde primenjen, jeste alokacija na osnovu mase proizvoda [44].

U okviru ove studije slučaja, iako postrojenje za proizvodnju PVC podnih obloga proizvodi više izlaznih proizvoda, zahvaljujući njihovoj sličnosti u strukturi, masi i recepturi, isti su objedinjeni jednim izlaznim proizvodom. Na taj način izbegnuta je alokacija u odnosu na različite izlazne proizvode. Sa druge strane, imajući u vidu procesni model, bilo je neophodno uvesti alokaciju u odnosu na potrošnju sirovina, energije i nastalih emisija između devet podprocesa i to, kao što je ranije i napomenuto, na osnovu mase proizvoda.

Ograničenja: U okviru ove studije slučaja, kao ograničenja, mogu se navesti neobuhvatanje faza instalacije, upotrebe i kraja životnog ciklusa. Takođe, nedostatak podataka vezanih za ulazne sirovine, odnosi se na neke od hemijskih aditiva i pigmenta koji se koriste u proizvodnji, za šta je jedan od ključnih uzroka zaštita recepture na bazi akta o tajnosti i vlasništvu podataka svojih proizvoda. Nedostajući podaci su nadomešćeni najpribližnijim zamenama iz EcoInvent baze podataka.

5.1.2 Analiza inventara životnog ciklusa

Izvori podataka

Za detaljniju analizu neophodno je skupiti što relevantnije i potpunije podatke, u cilju dobijanja što realnije slike stvarnog stanja posmatranog sistema. Podaci o sistemu proizvodnje PVC podnih obloga, u najvećoj meri potiču iz analiziranog proizvodnog postrojenja i to su tzv. "foreground" podaci. Pored toga, korišćeni su i drugi veoma značajni izvori podataka, pre svega EcoInvent v2.2 baza podataka, potom stručna literatura, objavljeni naučni članci, kao i prethodno urađene studije iz oblasti podnih obloga. Ovim putem dobijeni su tzv. "background" podaci.

Modelovanje

Polivinil hlorid (PVC) predstavlja glavnu komponentu u recepturi PVC podnih obloga. Dobija se od hlora u gasnom obliku (Cl_2), koji nastaje preradom natrijum hlorida (NaCl) i etilena, koji se prethodno dobija preradom sirove nafte. Potom se hlor meša sa etilenom da bi se dobio vinilhlor monomer (VCM), od koga polimerizacijom nastaje polivinilhlorid (PVC). Ostale komponente koje ulaze u sastav PVC podnih obloga su tzv. fileri, kao što je npr. kalcijum karbonat koji se dobija ekstakcijom i preradom rude krečnjaka ili krede; potom plastifikatori (ftalati) koji su najčešće estri polikarboksilnih kiselina; zatim pigmenti (npr. TiO_2 , carbon black, cobalt, etc.), UV lakovi, stabilizatori, agensi za penu, lubrikanti i

razni drugi hemijski aditivi. Kombinacijom i mešanjem ovih ulaznih hemijskih jedinjenja dobijaju se odgovarajuće paste koje se nanose u više slojeva na nosač, najčešće stakleni flis.

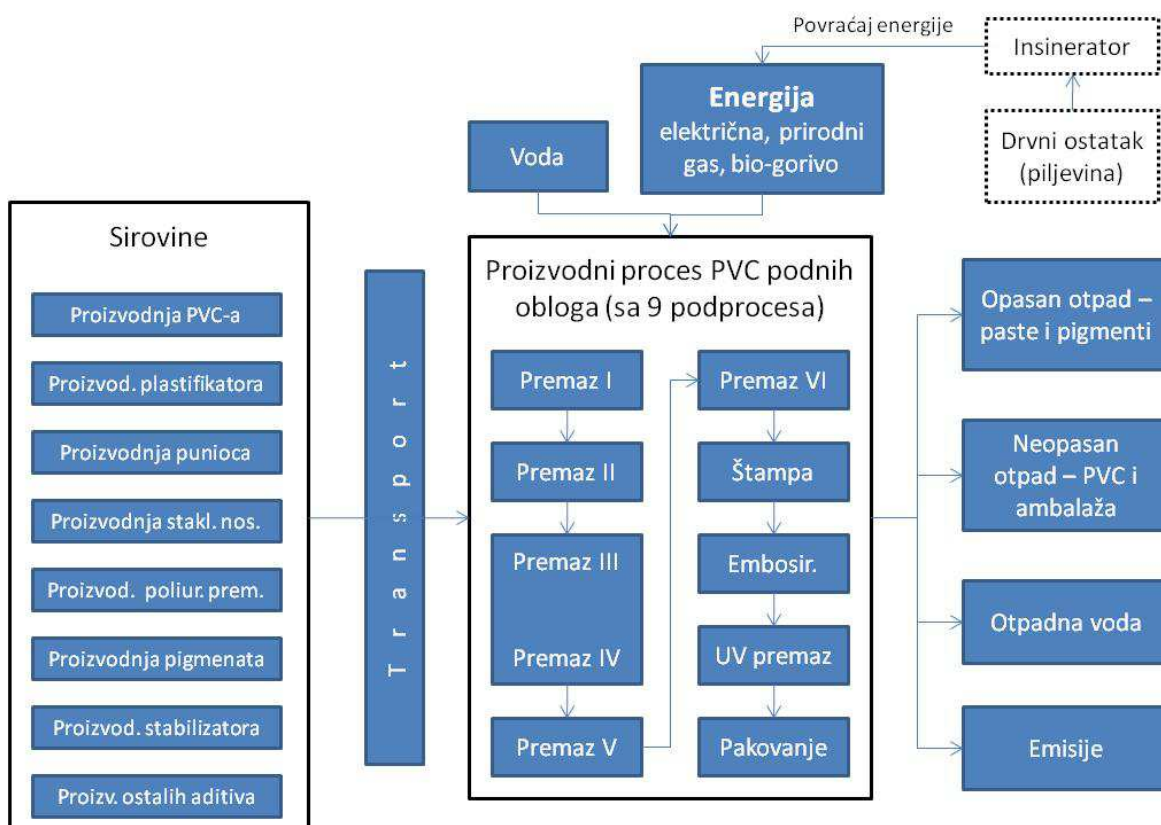
U ovom posmatranom slučaju, nanosi pomenutih pasti podeljeni su u šest procesa koji su odvojeno analizirani i nazvani: *Premazivanje I*, *Premazivanje II*,..., *Premazivanje VI*, respektivno (slika 5.2). Svaki od pomenutih procesa karakteriše odgovarajuća smesa paste, koja se donekle razlikuje po sastavu. Nakon svakog nanosa sloja paste na nosač, proces prolazi kroz fazu zagrevanja da bi se nova pasta što bolje sjedinila sa prethodnim slojem paste, a potom i hladi radi stvrdnjavanja i dodatne stabilizacije i pripreme za sledeći nanos paste. Procesom koji je nazvan *Štampa*, nanose se i pigmenti odnosno boje radi dobijanja željenog dizajna šara. Tu se može još izdvojiti i jedinični proces pod nazivom *Mehaničko pregovanje* koji od stavki važnih za analizu ima samo potrošnju energije. Na kraju, u procesu nazvanom *UV premazivanje*, finalni proizvod se, kao što i naziv sugeriše, premazuje zaštitnim slojem UV laka, koji se pod uticajem UV lampi stvrdnjava dajući dugotrajni zaštitni sloj podnim oblogama. Nakon toga finalni proizvod ulazi u fazu pripreme i pakovanja, koji je i opisan istoimenim jediničnim procesom *Pakovanje*, u okviru koga su uključeni ulazi PE (polietilen) folija, PP (polipropilen), papir i kartonske cevi.

U okviru realizovane analize, sakupljeni su detaljni podaci o svakoj komponenti, odnosno svakoj ulaznoj sirovini koja ulazi u recept proizvodnje, koja je omogućila pristup ovakvom raščlanjivanju procesa proizvodnje na manje jedinične procese, pri čemu nije zanemarena nijedna ulazna ili izlazna komponenta. Takođe, osim obuhvaćenih ulaznih sirovina, modelovali su se i potrošnja energije, potrošnja vode, kao i nastanak otpada i emisija za svaki jedinični proces posebno. Energija koja se koristi može se podeliti na električnu energiju, prirodni gas, tečno gorivo (dizel) i bio-gorivo (piljevina). Električna energija i prirodni gas dobijaju se direktno iz nacionalne distributivne mreže. Prirodni gas spaljuje se u kotlu radi dobijanja korisne toplote potrebne za procese proizvodnje. Piljevina, koja nastaje kao otpad iz proizvodnje druge vrste podnih obloga (parketa koji je obuhvaćen drugom studijom slučaja), spaljuje se u okviru instalisanog insineratora i dobija se određena količina povratne energije. Ovo je veoma bitno za modelovanje i PVC podnih obloga, budući da utiče na smanjenje opterećenja životne sredine kao i na smanjenje troškova, jer dolazi do uštede u potrošnji prirodnog gasa kao osnovnog izvora energije. Ovde treba napomenuti da je potrošnja energije podeljena između jediničnih procesa na osnovu mase ulaznih sirovina.

Emisije koje su posmatrane i merene prilikom proizvodnje su CO₂, CO, SO_x, NO_x, praškaste materije i VOC. Otpad koji nastaje prilikom proizvodnje vinil podnih obloga, može se podeliti na opasan i neopasan. Opasan otpad predstavljaju ostaci paste za premazivanje i ostaci raznih boja, koji se moraju odvojiti od otpadne vode koja nastaje njihovim pranjem i naknadno tretirati. U neopasan otpad spada komunalni otpad, kao i otpad koji nastaje prilikom završne obrade (trimovanja proizvoda) i pakovanja proizvoda.

Od bitnijih stavki koje treba još napomenuti, a koja je modelovana, jeste transport, i to kako interni u okviru samog postrojenja, tako i eksterni, kojim se dopremaju ulazne sirovine od ostalih proizvođača.

Na slici 5.2 su i detaljno prikazani svi prethodno pomenuti procesi uključeni u proizvodnju PVC podnih obloga.



Slika 5.2 Model sistema proizvodnje sa obuhvaćenim jediničnim procesima

Inventar

U tabelama 5.1 i 5.2, dat je pregled sirovina koje ulaze u recepturu proizvodnje PVC podnih obloga, odnosno podaci o energetske ulazima iz različitih izvora i ambalaži za pakovanje proizvoda, respektivno. U tabeli 5.3, date su vrednosti nastalih emisija kao i nastalog otpada kod proizvodnje 1m^2 PVC podne obloge.

Tabela 5.1 Inventar sirovinskih ulaza kod proizvodnje 1 m² PVC podnih obloga

Sirovina	Komponenta	Sadržaj (% mas)	Količina (kg/m ²)	Transport do odredišta	
				Tip	Udaljenost (km)
Polimer	PVC Suspenzioni	3,26	0,0814	drumski	790
	PVC Mikrosuspenzioni	13,96	0,3490	drumski	1 467
	PVC Mikrosuspenzioni	3,05	0,0761	drumski	2 113
	PVC Mikrosuspenzioni	8,42	0,2105	drumski	1 331
	PVC Emulzioni	15,43	0,3859	drumski	790
Reciklirani sadržaj	Reciklirani materijal	0,00	0,0000	-	-
Plastifikator	DINP	10,55	0,2637	drumski	1 467
	Monobenzoat	2,87	0,0716	drumski	1 467
	Dibenzoat	0,45	0,0112	drumski	1 432
	Estri viših masnih kiselina	4,47	0,1117	drumski	1 484
Stabilizator	Kalcijum/Cink	0,53	0,0134	drumski	1 262
	Epoksidovano sojino ulje	0,20	0,0050	drumski	1 242
	Biocidi	0,00	0,0000	-	-
	Fungicidi	0,00	0,0000	-	-
Punioc	Kalcijum karbonat	34,57	0,8643	drumski	209
Pigment	TiO ₂	0,07	0,0017	drumski	1 319
	Pigmentne preparacije	0,26	0,0064	drumski	1 655
Ostale komponentne	Poliuretanski premaz	0,27	0,0068	drumski	1 408
	Nosač od staklenog filca	1,40	0,0350	drumski	1 628
	ZnO	0,15	0,0028	drumski	1 510
	Azodikarbonamid	0,14	0,0035	drumski	951
Gotov proizvod		100,00	2,5000		

Tabela 5.2 Inventar energetske ulaza i ambalaže kod proizvodnje 1 m² PVC podnih obloga

Ulaz			Izvor podataka
Sirovine	2,75	[kg/m ²]	
Energija			
Električna	0,7	[kWh/m ²]	electricity, medium voltage, production CS, at grid/kWh/CS
Lož ulje	0,01	[kWh/m ²]	diesel, at regional storage/kg/CH
Prirodni gas	0,7	[kWh/m ²]	heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/MJ/RER
Bio gorivo	0,8	[kWh/m ²]	heat, mixed chips from industry, at furnace 1000kW/MJ/CH
Potrošnja vode	0,25	[l/m ²]	Water, river
Ambalaža	0,55	[kg/m ²]	
Drvo	0,25	[kg/m ²]	
PE film	0,05	[kg/m ²]	
Karton	0,1	[kg/m ²]	
Papir	0,15	[kg/m ²]	

Tabela 5.3 Inventar izlaza kod proizvodnje 1 m² PVC podnih obloga

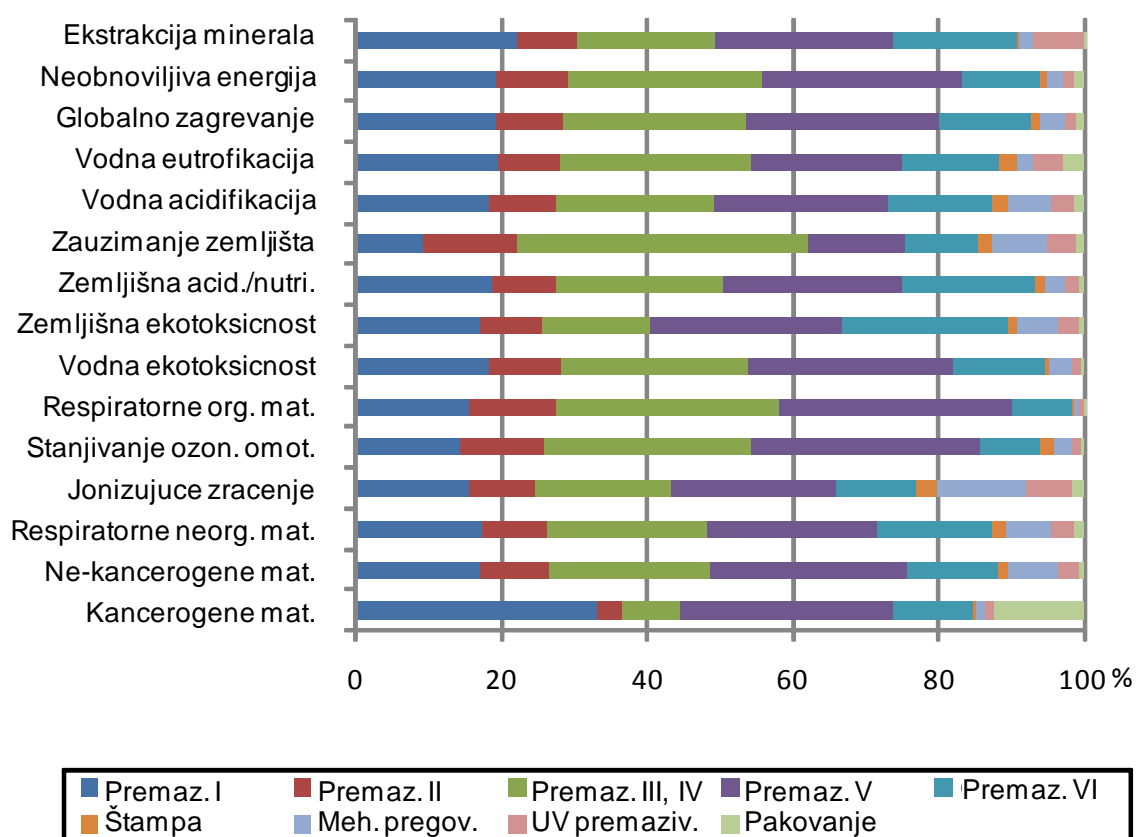
Izlaz			Izvor podataka
Proizvodi	2,500	[kg/m ²]	
Valorizovan otpad			
Interno recikliran materijal	0,00	[g/m ²]	
Eksterno recikliran materijal	49,00	[g/m ²]	Recycling of PVC
Ne-valorizovan otpad			
Deponovani otpad	28,00	[g/m ²]	disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill
Opasan otpad	10,00	[g/m ²]	disposal, hazardous waste, 0% water, to underground deposit/kg/DE
Emisije u vazduh		[g/m ²]	
VOCs	677,0	[g/m ²]	volatile organic compounds
CO ₂	503,0	[g/m ²]	Carbon dioxide
NO _x	2,5	[g/m ²]	Nitrogen oxides
CO	5,0	[g/m ²]	Carbon monoxide
Praškaste materije	4,5	[g/m ²]	Particulates, unspecified

5.1.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa (LCIA)

Na osnovu analize inventara i prikupljenih podataka o modelovanim procesima, realizovano je ocenjivanje životnog ciklusa proizvodnje PVC podnih obloga. Modelovanje je sprovedeno u specijalizovanom softveru *SimaPro 7*.

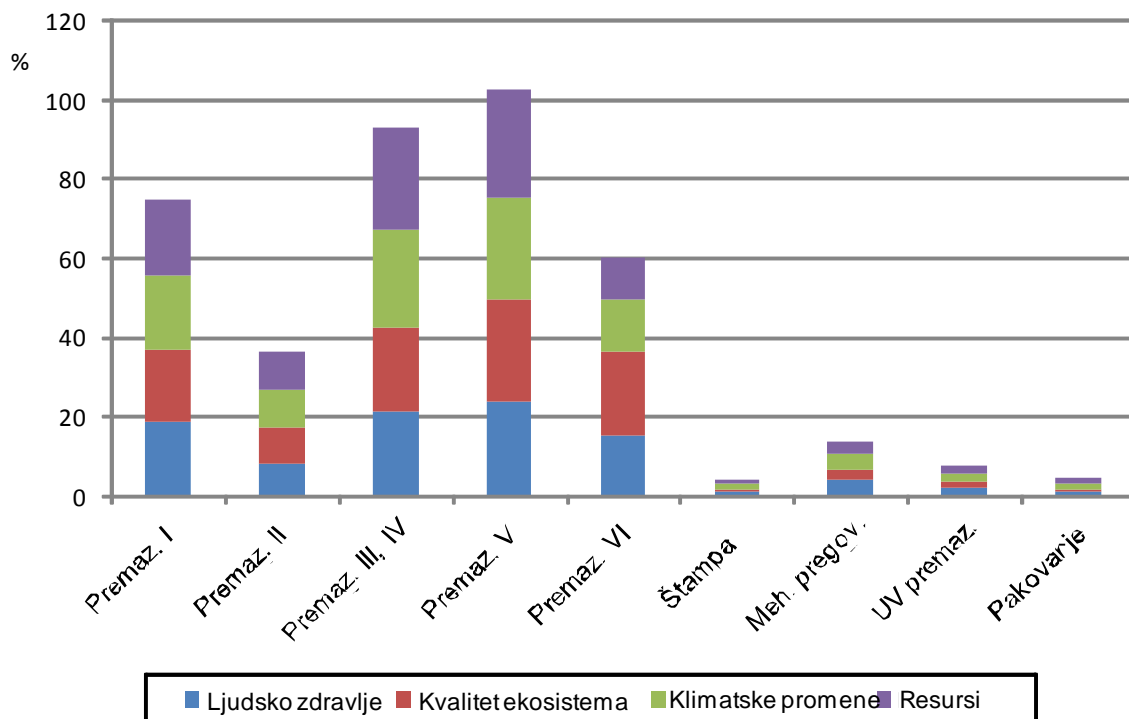
Na osnovu analize predstavljene modelom za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa proizvodnje podnih obloga sa slike 4.3, izabrana je metoda za ocenjivanje životnog ciklusa IMPACT 2002+. Pored regionalne neograničenosti i detaljne opisanosti naučnih zavisnosti ove LCIA metode, kao jedan od osnovnih razloga za njen izbor, ovde treba spomenuti i mogućnost povezivanja i implementacije kombinovanog pristupa središnje/krajnje kategorije uticaja pristupa. U skladu s tim su dalje i povezani svi tipovi rezultata inventara životnog ciklusa, elementarni tokovi i drugi uticaji, preko petnaest srednjih uticajnih kategorija koje su sumirane u okviru četiri krajnje kategorije uticaja.

Na slici 5.3, prikazani su rezultati karakterizacije i % udeo u relativnim vrednostima svakog podprocesa (definisano i prethodno opisano u okviru procesnog modela proizvodnje PVC podnih obloga) po svim srednjim uticajnim kategorijama. Drugim rečima, ukupan iznos (100%) svake od kategorija uticaja raspodeljen je na proizvodne podprocese od kojih vodi poreklo.



Slika 5.3 Rezultati karakterizacije sa iskazanim udelima podprocesa po središnjim uticajnim kategorijama

Realniji uvid u problem daje prikaz rezultata po krajnjim uticajnim kategorijama (eng. damage assessment) koje su detaljnije predstavljene u delu 3.3 (slika 5.4). Iz rezultata sa slike 5.4 je očigledno koji od podprocesa imaju značajan uticaj, odnosno gde su najveće mogućnosti za smanjenje uticaja na životnu sredinu.



Slika 5.4 Rezultati opterećenja životne sredine prema scenariju 1 po podprocesima u okviru proizvodnje PVC podnih obloga prema krajnjim uticajnim kategorijama

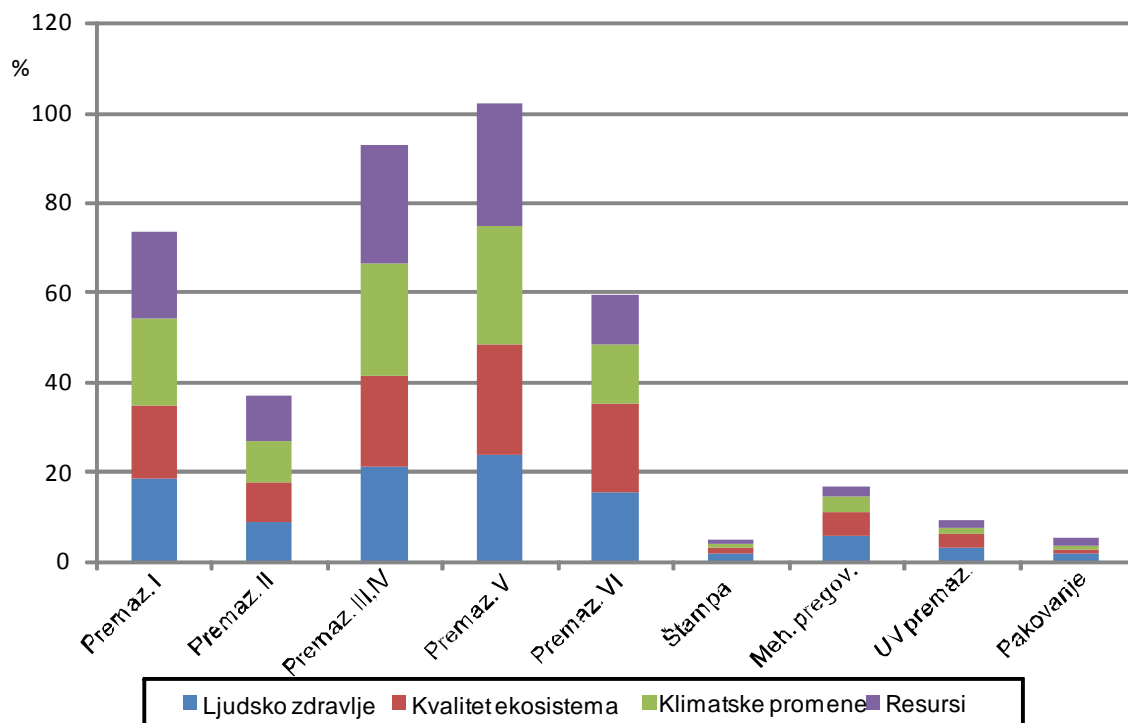
Analiza scenarija

U cilju verifikacije efikasnosti primene razvijenog modela u upravljanju zaštitom životne sredine, u okviru ove studije slučaja, predstavljena su i upoređena dva scenarija:

- „Scenario 1“ predstavlja situaciju bez insineratora, odnosno bez korišćenja bio-energije, odnosno proizvodnju baziranu samo na prirodnom gasu kao osnovnom energetsom ulazu.
- „Scenario 2“ predstavlja scenario sa insineratorom, tj. proizvodnju PVC podnih obloga u koju je uključena bio-energija dobijena spaljivanjem otpadne piljevine (iz drugog procesa proizvodnje drvenih podnih obloga). Rezultati za ovaj scenario predstavljeni su na slikama 5.3 i 5.4.

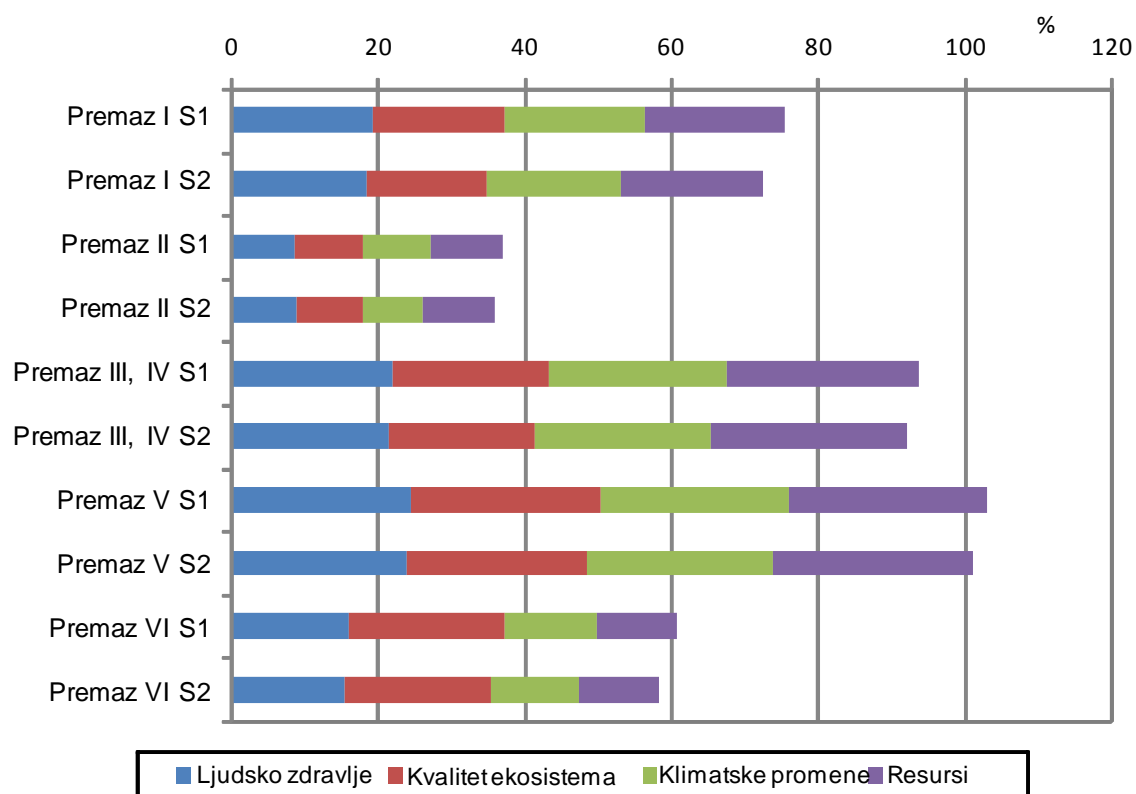
Na ovaj način je moguće analizirati, u ovom slučaju, benefite uključenja insineratora u okviru postrojenja posebno za svaki proizvodni podproces.

Slika 5.5 prikazuje rezultate urađene analize i ocenjivanja opterećenja životne sredine prethodno opisanog scenarija 1.



Slika 5.5 Rezultati opterećenja životne sredine prema scenariju 2 po podprocesima u okviru proizvodnje PVC podnih obloga prema krajnjim uticajnim kategorijama

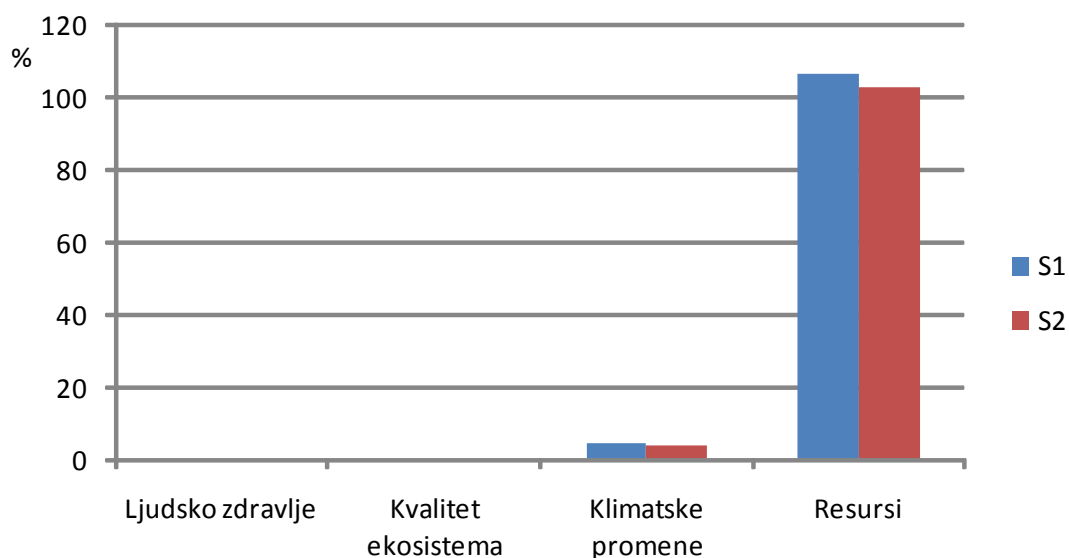
Na slici 5.6, dat je uporedni prikaz rezultata ocenjivanja dva scenarija, a u cilju boljeg i jasnijeg uočavanja razlika, odnosno poboljšanja i smanjenja negativnog opterećenja životne sredine nastalog uvođenjem insineratora u proizvodni sistem. Iz uporedne analize izostavljeni su neki od podprocesa kod kojih su razlike minimalne zbog manje potrošnje energije, tako da je fokus stavljen samo na one podprocese koji imaju najveći udeo u ukupnom opterećenju, a to su kao što se može videti podprocesi *premazivanje I* do *premazivanje VI*.



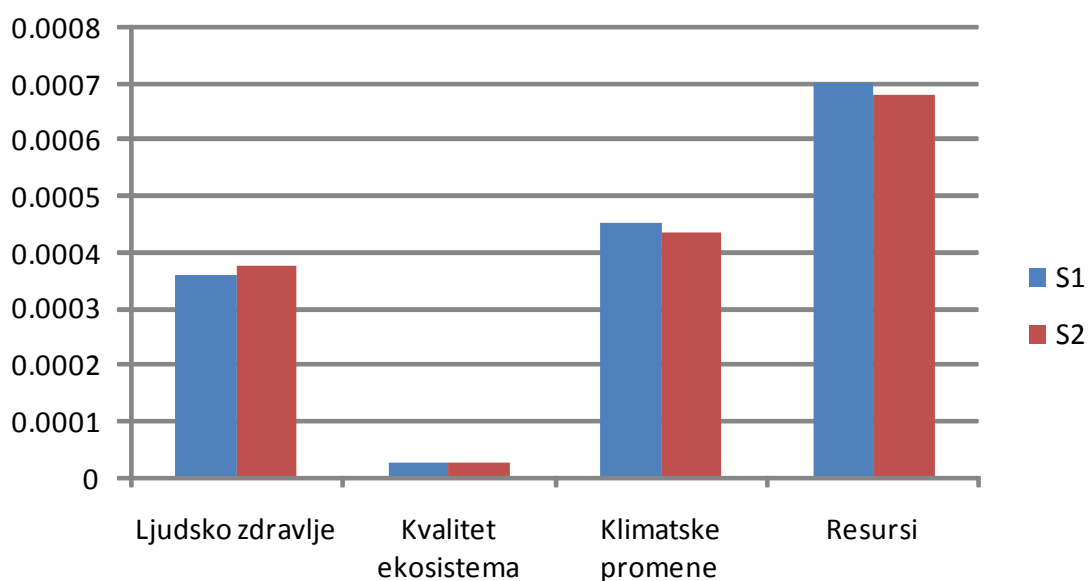
Slika 5.6 Uporedni prikaz rezultata opterećenja životne sredine prema scenarijima S1 i S2 po podprocesima, u okviru proizvodnje PVC podnih obloga prema krajnjim uticajnim kategorijama

U nastavku su dati uporedni prikazi rezultata ocene oštećenja životne sredine (slika 5.7) i rezultata normalizacije (slika 5.8) celokupnog proizvodnog procesa za scenarije 1 i 2 preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa, a sve u cilju što jasnijeg predstavljanja razlika. Svrha normalizacije rezultata, jeste analiza odgovarajućeg udela svakog od uticaja na ukupno oštećenje u okviru razmatrane kategorije uticaja. To olakšava tumačenje rezultata kroz upoređivanje različitih kategorija na istom grafiku u istim jedinicama. Normalizacija se vrši deljenjem uticaja (u kategoriji oštećenja) odgovarajućim normalizacionim faktorom. Kod Impact 2002+ metode, normalizacioni faktor predstavlja ukupan uticaj specifične kategorije podeljen sa ukupnim brojem stanovnika Evrope [65].

Kao što se može videti, rezultati normalizacije drastično su drugačiji u odnosu na rezultate ocene oštećenja koji ukazuju na zanemarljive uticaje oba scenarija na *ljudsko zdravlje* i *kvalitet ekosistema*, koji zbog veoma malih vrednosti ($2,55 \cdot 10^{-6} \%$ i $2,68 \cdot 10^{-6} \%$) nisu ni prikazani na slici 5.7. Sa druge strane, normalizovane vrednosti pokazuju respektabilan negativan efekat na kategoriju *ljudsko zdravlje* koji se implementacijom insineratora dodatno pogoršava.



Slika 5.7 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa



Slika 5.8 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

5.1.4 Interpretacija i diskusija rezultata

Dobijeni rezultati ukazuju na to, da najveće opterećenje potiče od podprocesa Premazivanje V, a zatim slede Premazivanje III i Premazivanje IV, a iza njih Premazivanje I, Premazivanje II i Premazivanje VI. U odnosu na ove podprocese, opterećenje od ostalih podprocesa je zanemarljivo zbog čega nije obuhvaćeno diskusijom u nastavku. Posmatrajući rezultate na nivou srednjih kategorija uticaja, najveće opterećenje zabeleženo

je u okviru uticajnih kategorija *respiratorne neorganske materije*, *globalno zagrevanje* i *neobnovljiva energija*. Veće opterećenje nastalo u okviru uticajne kategorije *respiratorne neorganske materije*, može se dovesti u vezu sa prisustvom emisija azotnih oksida, praškastih materija i sumpornih oksida u procesu proizvodnje. Što se tiče opterećenja na uticajnu kategoriju *globalno zagrevanje*, ono u najvećoj meri potiče od emisije CO₂ prilikom spaljivanja fosilnih goriva koja se primenjuju kao energetska ulaz. Kada govorimo o uticajnoj kategoriji *neobnovljiva energija*, nastalo opterećenje može se objasniti potrošnjom pre svega osnovne proizvodne sirovine, odnosno PVC-a, za čiju proizvodnju se koristi nafta, a može se izdvojiti i sagorevanje prirodnog gasa kao proces koji posle toga utiče najviše.

Posmatrajući nastala opterećenja koja se mogu pripisati potrošnji ulaznih sirovina za proizvodnju najviše PVC-a kao osnovne sirovine, ali i potrošnji energenata i to pre svega prirodnog gasa, može se doći i do potencijalnih poboljšanja u okviru ovih problema. To pokazuje i data uporedna analiza dva scenarija, sa i bez bio energije od spaljivanja piljevine. Ovim rešenjem se, kroz delimičnu zamenu osnovnog izvora energije (prirodnog gasa), dolazi do smanjenja ukupnog opterećenja nastalog prilikom proizvodnje PVC podnih obloga u okviru svih podprocessa, posmatrajući sumarno sve uticajne kategorije, što se može i videti na slici 5.6. Ipak, ova analiza pokazuje i da je pomenuto poboljšanje bazirano, u najvećem delu, na smanjenju nivoa kategorije uticaja *klimatske promene* i donekle kategorije uticaja *kvalitet ekosistema*. Kod preostale dve krajnje uticajne kategorije nije identifikovano značajnije poboljšanje, a u nekim slučajevima primećeno je i neznatno pogoršanje – nivo kategorije uticaja *ljudsko zdravlje* kod podprocessa *premazivanje II*. Razloge ovakvih rezultata treba tražiti u povećanoj emisiji praškastih materija kod spaljivanja drvnih ostataka. Na taj način kroz ovu uporednu analizu, identifikovan je i prateći negativan efekat insineratorskog postrojenja.

Najveće smanjenje ukupnog opterećenja u okviru krajnje uticajne kategorije *klimatske promene*, odnosno središnje kategorije uticaja *globalno zagrevanje*, može se objasniti smanjenom potrošnjom prirodnog gasa koji se zamenjuje biogorivom (piljevinom), a čijim spaljivanjem se emituje CO₂ koji utiče na globalno zagrevanje. Takođe, smanjena potrošnja prirodnog gasa kao neobnovljivog izvora energije, dovodi do smanjenja opterećenja u okviru uticajne kategorije *neobnovljivi izvori energije*. Sledeći pozitivni efekat od uvođenja sistema za spaljivanje piljevine je i rešavanje problema zbrinjavanja dela otpada u okviru proizvodnje. Negativni efekti po životnu sredinu, od uvođenja ovakvog sistema za povraćaj energije, koji su u vezi sa povećanjem emisije praškastih materija kod procesa spaljivanja piljevine, moguće je otkloniti instalacijom filtera u sistemu za odvod gasova iz insineratora.

5.2 Studija slučaja 2: Upravljanje uticajima proizvodnje laminatnog parketa na životnu sredinu primenom razvijenog modela

5.2.1 Definisanje cilja i predmeta

Cilj ove studije slučaja jeste da, na bazi razvijenog opšteg modela, pruži detaljan uvid u opterećenje životne sredine koje je u vezi sa procesom proizvodnje parketa, odnosno sa osnovnim podprocesima. Na taj način će se dobiti kvalitetna osnova za upravljanje zaštitom životne sredine u okviru pomenutog proizvodnog procesa.

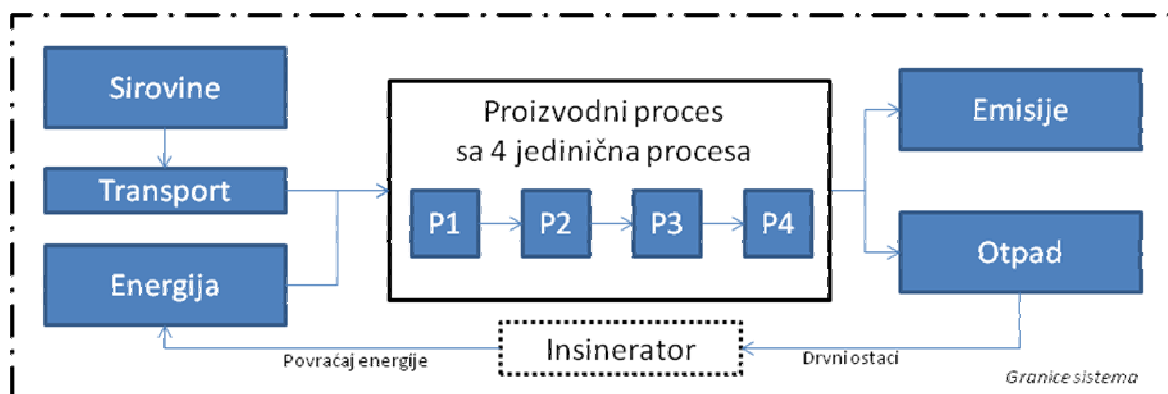
Neophodno je i važno napomenuti, da je u okviru ove studije modelovanje proizvodnog procesa realizovano na bazi detaljne analize i evaluacije uključenih procesa i tokova, što je rezultiralo detaljnijim modelom u smislu nezavisnog modelovanja pojedinačnih podprocesa (odnosno jediničnih procesa). Upravljanje zaštitom životne sredine, u okvirima proizvodnog procesa, time postaje značajno efikasnije, a proširuju se mogućnosti za unapređenje zaštite životne sredine, kako samih proizvoda i proizvodnog sistema u celini, tako i svakog od jediničnih procesa pojedinačno.

Predmet studije pokriva, kao što je već napomenuto, analizu uticaja na životnu sredinu od strane proizvodnje parketa i prati tokove (ulaze) od ekstrakcije sirovina, preko njihove obrade i transporta do mesta proizvodnje finalnog proizvoda (background procese), u tzv. "upstream" delu lanca, ali i tokove (izlaze) nakon same proizvodnje finalnog proizvoda, kao i potrošnju energije, nastale emisije, otpad itd. (foreground procese).

Granice sistema su, kao i u prvoj studiji slučaja, postavljene između sistema životne sredine (prirode) i posmatranog proizvodnog sistema (tehnosfere). Time je definisan pristup "od kolenke do kapije", odnosno obuhvaćena je prva, ali i najkompleksnija faza životnog ciklusa – proizvodnja koja uključuje ekstrakciju sirovina, njihovu obradu tj. proizvodnju ulaznih materijala, njihov transport, proizvodnju energetske ulaza, i konačno proizvodnju posmatranog finalnog proizvoda sa svim svojim jediničnim procesima i u njima generisane emisije i otpad. Ovako postavljene granice sistema impliciraju, sa aspekta hijerarhijske strukture, dva nivoa složenosti. Prethodno opisan sistem čini „viši hijerarhijski nivo“, dok „niži nivo“ analize uključuje sve jedinične procese (podprocese) u okviru posmatranog sistema. Posebno se to odnosi na proizvodnju, ali i na procese koji joj prethode. Na taj način dobija se detaljnija slika opterećenja životne sredine svakog jediničnog procesa, smanjuje nesigurnost usled zanemarenih tokova ili procesa, i dobija bolji uvid i identifikacija mogućih poboljšanja proizvoda i proizvodnog sistema u celini i smanjenja negativnog opterećenja na životnu sredinu.

Prethodno opisan postupak modelovanja predstavljen je slikom 5.9, gde su u opštem obliku prikazane granice sistema sa sirovinskim i energetske ulazima, kao i izlazi u obliku otpada i emisija. Sam proces proizvodnje parketa podeljen je na ukupno četiri jedinična

procesa koji su posmatrani, a o kojima će više biti reči u nastavku u odeljku 5.2.2 Analiza inventara.



Slika 5.9 Model sistema proizvoda sa definisanim granicama

Funkcionalna jedinica definisana je kao 1 m² proizvedenog parketa.

Alokacija: Primenjena je alokacija na osnovu mase proizvoda, i iako se proizvodi više izlaznih proizvoda, zahvaljujući njihovoj sličnosti u strukturi, masi i recepturi, isti su objedinjeni jednim izlaznim proizvodom čime je izbegnuta alokacija u odnosu na različite izlazne proizvode. Sa druge strane, imajući u vidu procesni model, bilo je neophodno uvesti alokaciju u odnosu na potrošnju sirovina, energije i nastalih emisija između podprocesa i to, kao što je ranije i napomenuto, na osnovu mase proizvoda.

Ograničenja identifikovana u okviru sprovedene studije, odnose se uglavnom na nedostatak podataka u vezi sa fazom upotrebe, odnosno za održavanje, negu i čišćenje podnih obloga, potom za fazu odlaganja otpada na kraju životnog ciklusa, ali i za otpad nastao prilikom postavljanja podnih obloga. Nedostatak podataka vezanih za ulazne sirovine odnosi se na neke od hemijskih aditiva i pigmenata korišćenih prilikom proizvodnje. Jedan od ključnih uzroka ovog nedostatka predstavlja potreba kompanije, čiji su proizvodni sistemi analizirani, da zaštiti svoju recepturu pomoću akta o tajnosti i vlasništvu podataka svojih proizvoda. Zbog toga je i prethodno pomenuto isključeno tj. zanemareno prilikom ocenjivanja negativnog uticaja posmatranog proizvoda.

5.2.2 Analiza inventara životnog ciklusa

Izvori podataka

Podaci o sistemu proizvodnje parketa, dobijeni su od strane relevantnih predstavnika kompanije čiji je proizvodni sistem analiziran, kao i putem dokumenata iz LCI modela. Pored toga korišćeni su i drugi značajni izvori podataka, pre svega EcoInvent v2.2 baza podataka, stručna literatura, objavljeni naučni članci, kao i prethodno urađene studije iz oblasti podnih obloga.

Modelovanje

Drvo predstavlja glavnu komponentu u recepturi parketa. Dobija se i uzgaja u šumi, gde se i seče, a potom se posečena stabla u obliku debala transportuju do pilane. U pilani stabla se obrađuju tako što im se prvo skida kora, a nakon toga se prerađuju u daske određenih dimenzija. Iz pilane, prerađeno drvo se transportuje do mesta proizvodnje parketa. Tamo se drvo suši, najpre prirodnim putem, a potom i u specijalizovanim sušarama sve dok se ne postigne željena količina vlage. Drvo se dalje obrađuje (seče) na daske manjih dimenzija radi pripreme za proizvodnju. Nakon obrade, daske koje će biti upotrebljene za proizvodnju se klasiraju.

Za potrebe proizvodnje parketa u okviru ove studije slučaja, čije su osnovne karakteristike tro-slojnost i laminiranost, koristi se više vrsta drveta za izradu pomenuta tri sloja. Za gornji sloj koristi se tvrdo, plemenitije drvo, najčešće hrast ili bukva. Drugi sloj se izrađuje od mekog drveta uglavnom smreke, dok se za treći poledinski sloj koristi furnir i šperploča.

Nakon obrade drveta potrebnog za dobijanje ova tri sloja, sledi proces presovanja gde se oni sjedinjuju uz pomoć lepka i očvršćivača. Iza toga sledi fina obrada, nakon koje se drvo premazuje lakom koji se izlaže UV lampama radi povećanja dugotrajnosti i poboljšanja zaštite drveta od mehaničkih oštećenja i spoljašnjih uticaja. Gotov proizvod se zatim pakuje, pri čemu se u procesu pakovanja koristi tanka providna folija od PE (polietilena), tanki ukrasni karton i PVC trake.

Polazeći od prethodno opisanog, identifikovana su četiri osnovna podprocesa u ukupnom procesu proizvodnje, a koji su posmatrani odvojeno radi postizanja kvalitetnije analize i dobijanja detaljnijih podataka o opterećenju životne sredine. Ti podprocesi su:

- 1) proizvodnja gornjeg sloja,
- 2) sjedinjavanje gornjeg sloja putem presovanja sa središnjim i poledinskim slojem,
- 3) zaštitno lakiranje i
- 4) pakovanje.

U okviru urađene analize prikupljeni su detaljni podaci o svakoj komponenti, odnosno svakoj ulaznoj sirovini koja ulazi u recept proizvodnje, a koja je omogućila pristup ovakvom raščlanjivanju procesa proizvodnje na manje jedinične procese gde se nije zanemarivala nijedna ulazna ili izlazna komponenta. Takođe, osim obuhvaćenih ulaznih sirovina, modelovali su se i potrošnja energije, potrošnja vode, kao i nastanak otpada i emisija za svaki jedinični proces posebno.

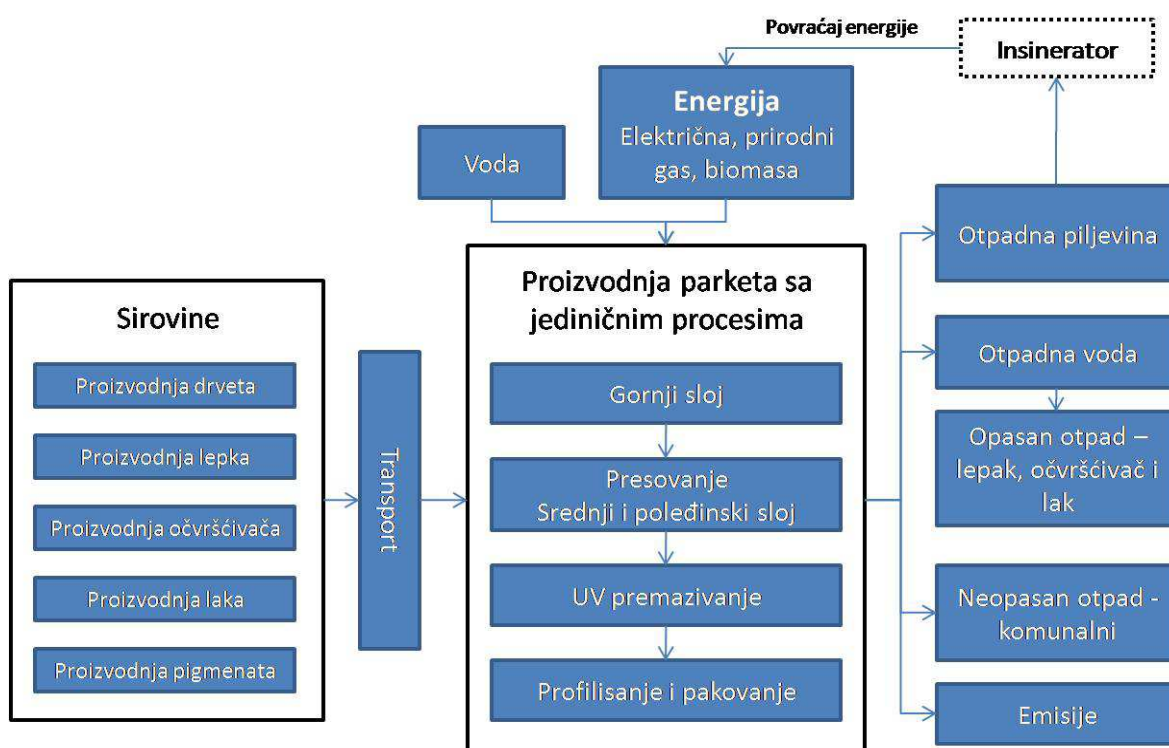
Energija koja se koristi može se podeliti na električnu energiju, prirodni gas, tečno gorivo (dizel) i bio-gorivo (piljevina). Električna energija i prirodni gas, dobijaju se direktno sa nacionalne distributivne mreže. Piljevina, koja nastaje kao otpad iz proizvodnje, koristi se kao energent u okviru instalisanog insineratorskog prostrojenja iz kojeg se dobija određena

količina (povratne) bio-energije. Važno je napomenuti da piljevina koja je predstavljala otpad, nakon izgradnje insineratora, postaje bitan energetski ulaz. Ovo je veoma bitno za modelovanje, budući da utiče na smanjenje opterećenja životne sredine kao i na smanjenje troškova, jer dolazi do uštede u potrošnji prirodnog gasa kao jednog od osnovnih izvora energije. Ovde se posebno naglašava da je potrošnja energije raspodeljena tj. alocirana između obuhvaćenih podprocesa na osnovu mase ulaznih sirovina.

Emisije koje su obuhvaćene analizom i merene prilikom proizvodnje jesu CO₂, CO, SO_x, NO_x, praškaste materije i VOC. Otpad koji nastaje prilikom proizvodnje parketa je klasifikovan na opasan i neopasan. Opasan otpad predstavljaju ostaci lepka i očvršćivača koji se koriste u procesu presovanja, kao i ostaci laka u procesu lakiranja. Oni se moraju odvojiti od otpadne vode koja nastaje njihovim pranjem i naknadno tretirati. U neopasan otpad spada komunalni otpad, kao i otpad koji nastaje prilikom obrade slojeva parketa, kao i završne obrade (trimovanja proizvoda) i pakovanja proizvoda.

Od bitnijih modelovanih jediničnih procesa koje treba još napomenuti jeste transport, kako interni u okviru samog postrojenja, tako i eksterni, kojim se dopremaju ulazne sirovine od ostalih proizvođača.

Opisani podprocesi i tokovi, uključeni u proizvodnju parketa, detaljno su prikazani na slici 5.10.



Slika 5.10 Model sistema proizvodnje sa obuhvaćenim jediničnim procesima

Inventar

U tabelama 5.4 i 5.5 date su vrednosti sirovina koje ulaze u recept proizvodnje laminatnog parketa, kao i bilans potrošnje energije iz različitih izvora, respektivno. U tabeli 5.6 dati su podaci u vezi sa emisijama, kao i otpadom generisanim tokom proizvodnje 1m² laminatnog parketa.

Tabela 5.4 Inventar sirovinskih ulaza kod proizvodnje 1 m² laminatnog parketa

Sirovina	Komponenta	Sadržaj (% mas)	Količina (kg/m ²)	Transport do odredišta		Izvor podataka
				Tip	Udaljenost (km)	
Drvo	Tvrdo drvo	37,3		drumski	790	Sawn timber, hardwood, planed, air dried, at plant
	Mekano drvo	42,1		drumski	1 467	Sawn timber, softwood, planed, air dried, at plant
Iverica		12,6		drumski	1 467	Plywood, indoor use, at plant
Lepak		4,7		drumski	1 262	Urea formaldehyde resin, at plant Methanol
Očvršćivač		0,3		drumski	209	Ethylenediamine, at plant
UV lak		2,1		drumski	1 319	Butyl acrylate, at plant Acrylic filler, at plant
Pigment	Vodorastv.	< 0,001		drumski	951	N-methyl-2-pyrrolidone, at plant
Gotov proizvod		100,00	9,75			

Tabela 5.5 Inventar energetskih ulaza i ambalaže kod proizvodnje 1 m² laminatnog parketa

Ulaz			Datasets source used
Energija	16,47	[kWh/m ²]	
Električna	8,4	[kWh/m ²]	electricity, medium voltage, production CS, at grid/kWh/CS
Lož ulje	0,07	[kWh/m ²]	diesel, at regional storage/kg/CH
Prirodni gas	2,6	[kWh/m ²]	heat, natural gas, at industrial furnace >100kW/MJ/RER
Bio gorivo	5,4	[kWh/m ²]	heat, mixed chips from industry, at furnace 1000kW/MJ/CH
Ambalaža			
Karton	0.25	[kg/m ²]	Core board, at plant
PE film	0.05	[kg/m ²]	PE film, at regional storage
Papir	0.1	[kg/m ²]	Kraft paper, bleached, at plant
PVC	0.15	[kg/m ²]	PVC, at regional storage

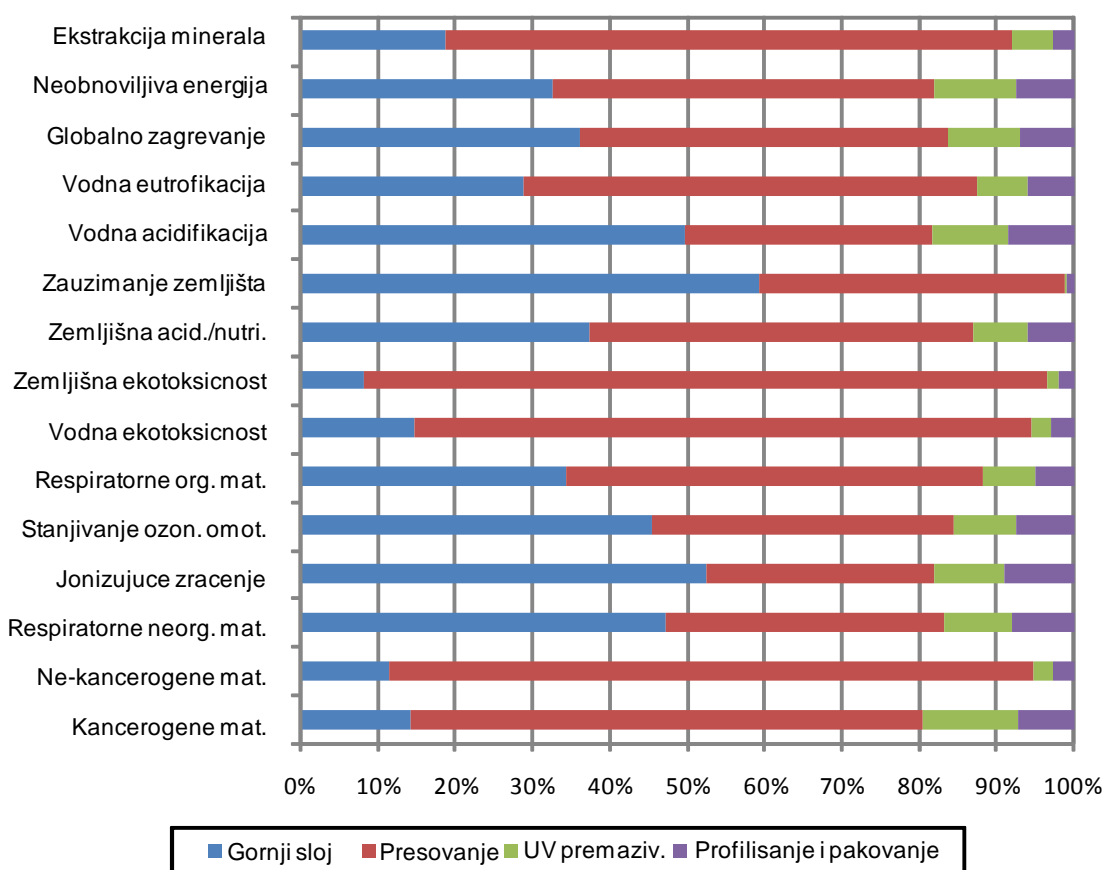
Tabela 5.6 Inventar izlaza kod proizvodnje 1 m² laminatnog parketa

Izlaz			Datasets source used
Proizvodi	9,75	[kg/m ²]	
Valorizovan otpad			
Interno recikliran materijal	0,00	[g/m ²]	
Eksterno recikliran materijal	49,00	[g/m ²]	
Ne-valorizovan otpad			
Deponovani otpad	67,00	[g/m ²]	disposal, municipal solid waste, 22.9% water, to sanitary landfill
Opasan otpad	41,00	[g/m ²]	disposal, hazardous waste, 0% water, to underground deposit/kg/DE
Emisije u vazduh			
VOCs	2,3	[g/m ³]	volatile organic compounds
CO ₂	2906,0	[g/m ³]	Carbon dioxide
NO _x	4,1	[g/m ³]	Nitrogen oxides
CO	5,1	[g/m ³]	Carbon monoxide
Praškaste materije	4,5	[g/m ³]	Particulates, unspecified

5.2.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa (LCIA)

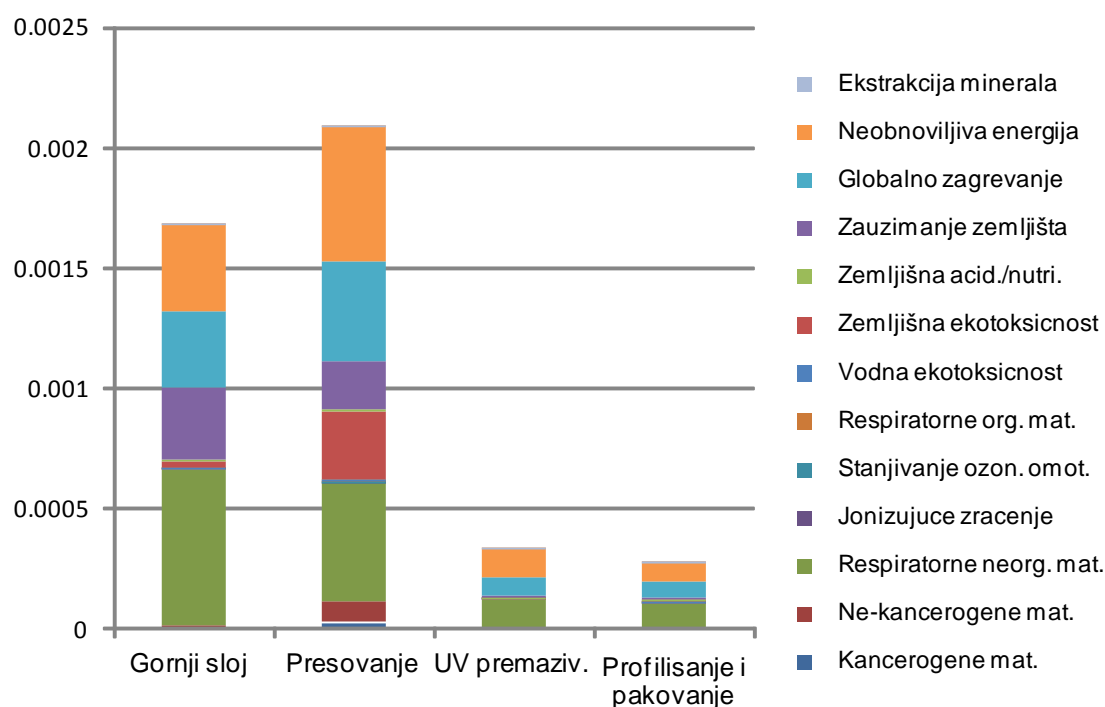
Na osnovu analize inventara i sakupljenih podataka o modelovanim procesima, realizovano je ocenjivanje životnog ciklusa proizvodnje parketa. Modelovanje je izvršeno u softveru SimaPro 7. Za metodologiju ocenjivanja životnog ciklusa izabrana je, kao i u prethodnoj verifikacionoj studiji slučaja, IMPACT 2002+ koju karakterišu mogućnosti povezivanja i implementacije kombinovanog midpoint/damage (misli se na kategorije uticaja) pristupa. Ovo dalje povezuje sve tipove rezultata inventara životnog ciklusa, elementarne tokove i druge uticaje, preko četrnaest uticajnih kategorija srednjeg nivoa (midpoint) koje su sumirane u okviru četiri krajnje (damage) kategorije uticaja.

Na slici 5.11, prikazani su rezultati karakterizacije i udeo u relativnim vrednostima svakog od četiri jedinična procesa definisanih u okviru modela sistema proizvoda (slika 5.7) po svim uticajnim kategorijama središnjeg nivoa. Odnosno, kao što je već opisano u prethodnoj studiji slučaja, ukupan iznos (100%) svake od kategorija uticaja jeste raspodeljen na proizvodne podprocese od kojih vodi poreklo.



Slika 5.11 Rezultati karakterizacije i udeo u relativnim vrednostima podprocesa po uticajnim kategorijama središnjeg nivoa

Na slici 5.12, prikazani su normalizovani rezultati po kategorijama uticaja središnjeg nivoa koji daju realniju sliku. Uticajne kategorije, koje su najviše opterećene, jesu *respiratorne neorganske materije*, *globalno zagrevanje*, *zauzetost zemljišta* i *neobnovljiva energija*. Detaljnija analiza razloga nastanka ovog opterećenja data je u diskusiji rezultata u delu 5.2.4.



Slika 5.12 Rezultati normalizacije podprocesa proizvodnje parketa na nivou kategorija uticaja središnjeg nivoa

Analiza scenarija

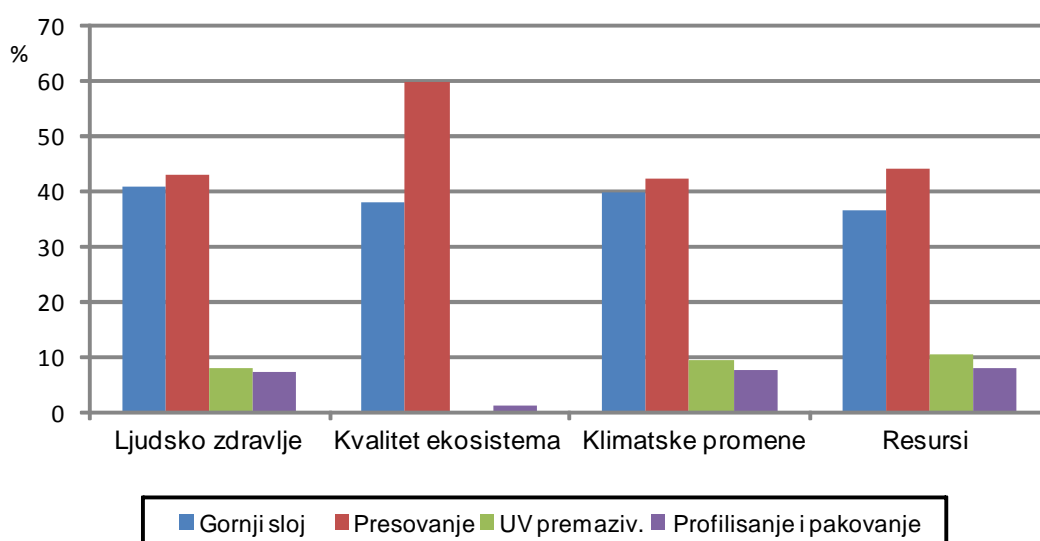
U cilju demonstracije primene razvijenog modela u upravljanju zaštitom životne sredine u okviru ove studije slučaja, predstavljena su i upoređena tri scenarija:

- „Scenario 1“ predstavlja situaciju bez insineratora, odnosno bez spaljivanja piljevine i bez korišćenja bio energije, odnosno samo sa prirodnim gasom kao osnovnim energetske ulazom.
- „Scenario 2“ predstavlja osnovni scenario i trenutnu situaciju proizvodnje parketa u koju je uključena piljevina dobijena u okviru procesa proizvodnje troslojnog laminatnog parketa, a koja služi kao energetske ulaz u instalirano insineratorsko postrojenje.
- „Scenario 3“ predstavlja modifikovani "Scenario 2" za slučaj proizvodnje jednoslojnog parketa.

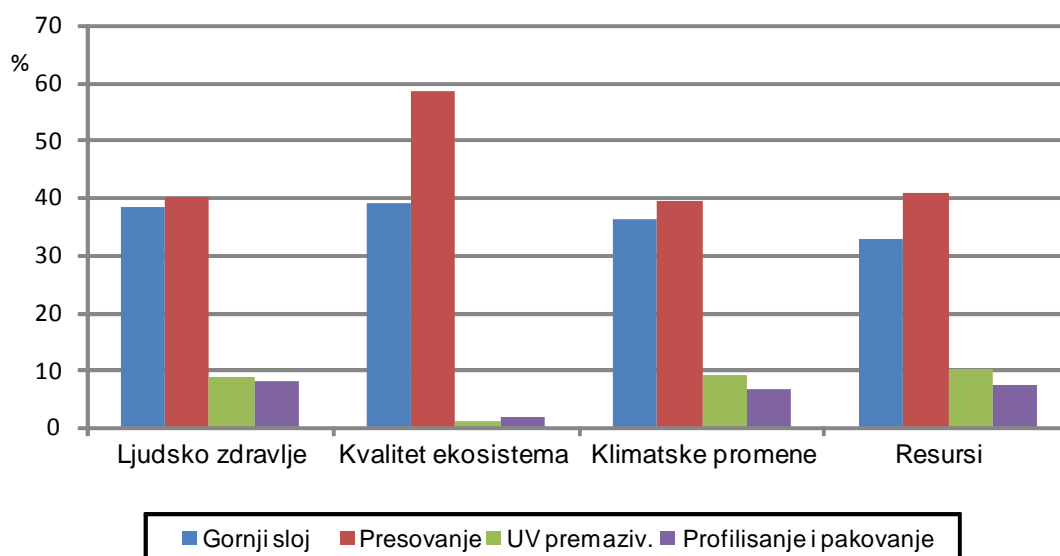
Komparativna analiza Scenarija 1 i Scenarija 2 omogućava, da se kao kod komparativne analize u prvoj studiji slučaja proveriti da li značajne energetske uštede koje se postižu

supstituisanjem prirodnog gasa spaljivanjem otpadne piljevine, doprinose smanjenju ukupnog negativnog opterećenja na životnu sredinu. Drugim rečima, na ovaj način će se potvrditi da je moguće analizirati benefite uključena insineratora u okviru postrojenja, kako sa tehno-ekonomskog tako i sa ekološkog stanovišta. Sa druge strane, komparativna analiza Scenarija 2 i Scenarija 3 omogućava detaljan pregled dobrih i loših strana ova dva scenarija, odnosno proizvodnje višeslojnog nasuprot jednoslojnom parketu.

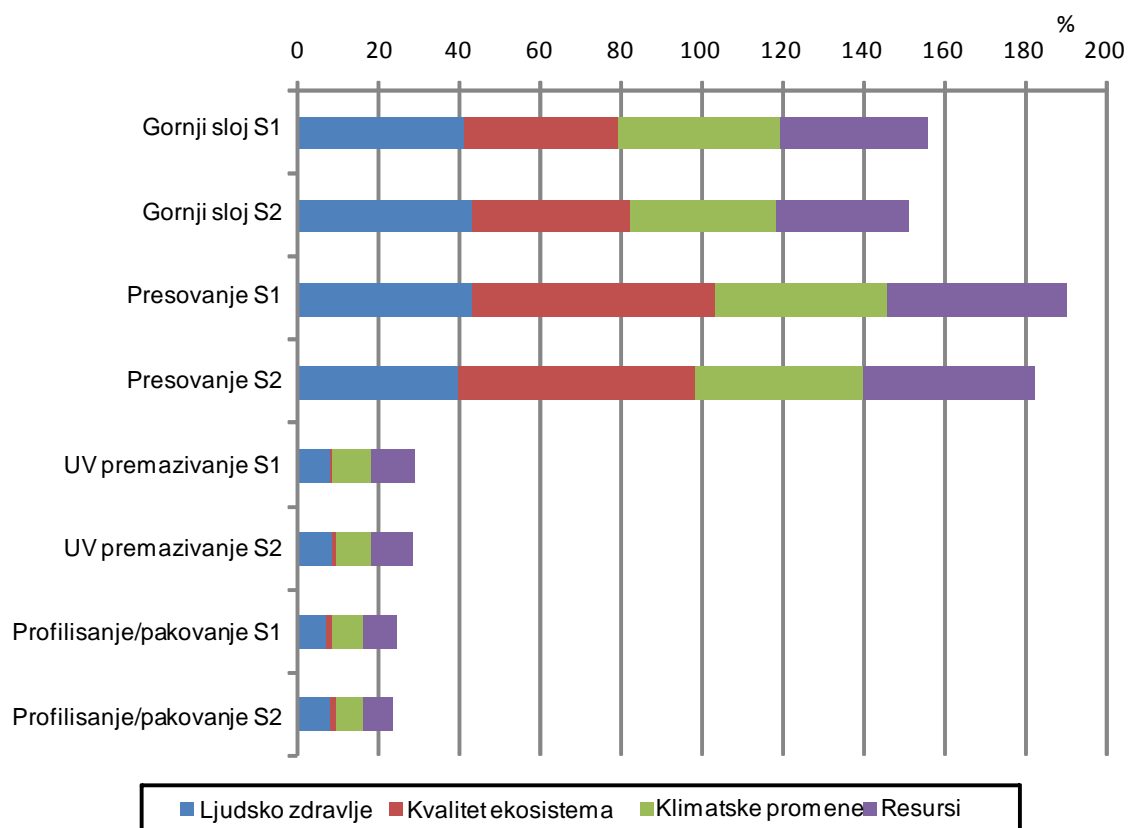
Slike 5.13 i 5.14 prikazuju rezultate ocene oštećenja životne sredine (eng. damage assessment) po krajnjim kategorijama uticaja za svaki od četiri proizvodna podprocesa za scenarije 1 i 2, respektivno. Na slici 5.15 dat je uporedni prikaz ovih dijagrama gde se uočava prednost scenarija 2.



Slika 5.13 Rezultati opterećenja životne sredine za Scenario 1 po podprocesima u okviru proizvodnje parketa po uticajnim kategorijama krajnjeg nivoa



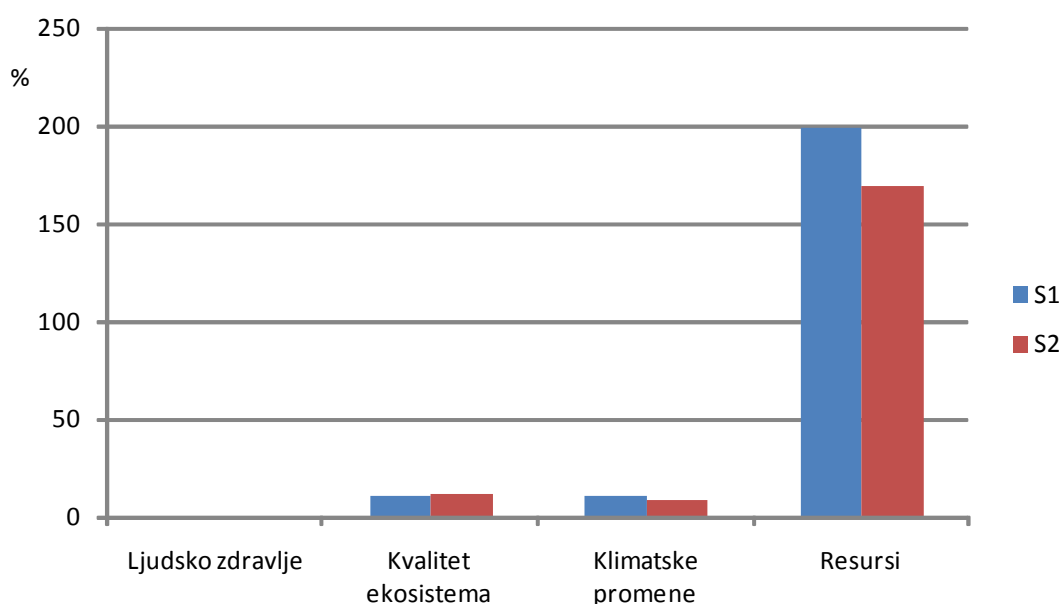
Slika 5.14 Rezultati opterećenja životne sredine za Scenario 2 po podprocesima u okviru proizvodnje parketa po krajnjim uticajnim kategorijama



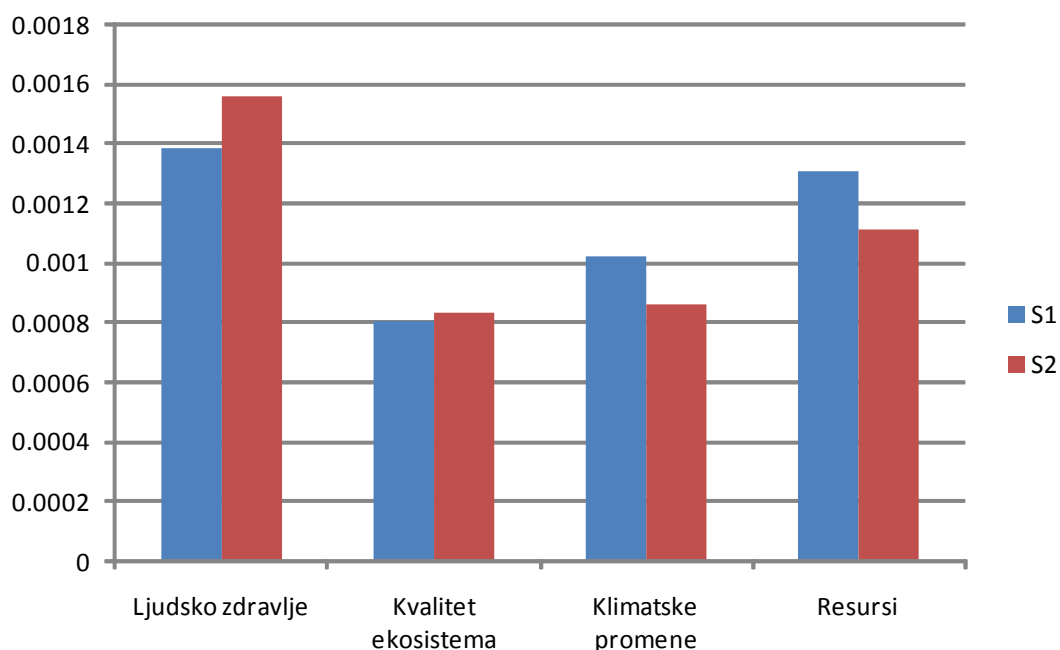
Slika 5.15 Uporedni prikaz rezultata ocenjivanja Scenarija 1 (S1) i Scenarija 2 (S2)

I u ovoj studiji slučaja dati su uporedni prikazi rezultata ocene oštećenja životne sredine (slika 5.16) i rezultata normalizacije (slika 5.17) celokupnog proizvodnog procesa za scenarije 1 i 2, preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa, u cilju što boljeg i jasnijeg uočavanja razlika. Primenjen je isti normalizacioni faktor kao i u prethodnoj studiji slučaja.

Rezultati normalizacije, i u ovom slučaju, drastično odstupaju od rezultata ocene oštećenja koji ukazuju na zanemarljive uticaje oba scenarija na *ljudsko zdravlje*, koji zbog veoma malih vrednosti ($9,86 \cdot 10^{-6} \%$ i $1,11 \cdot 10^{-5} \%$) nisu ni prikazani na slici 5.16. Sa druge strane, normalizovane vrednosti pokazuju respektabilan negativan efekat na kategoriju *ljudsko zdravlje* koji se implementacijom insineratora dodatno pogoršava, a pored toga ukazuju i na značajniji uticaj kategorija *kvalitet ekosistema* i *klimatske promene*.



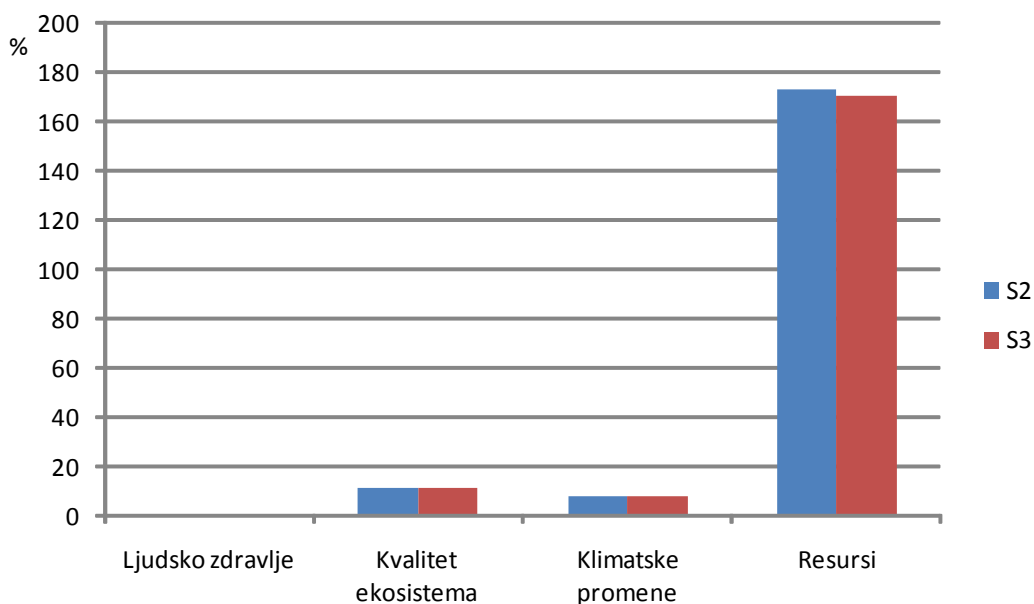
Slika 5.16 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa



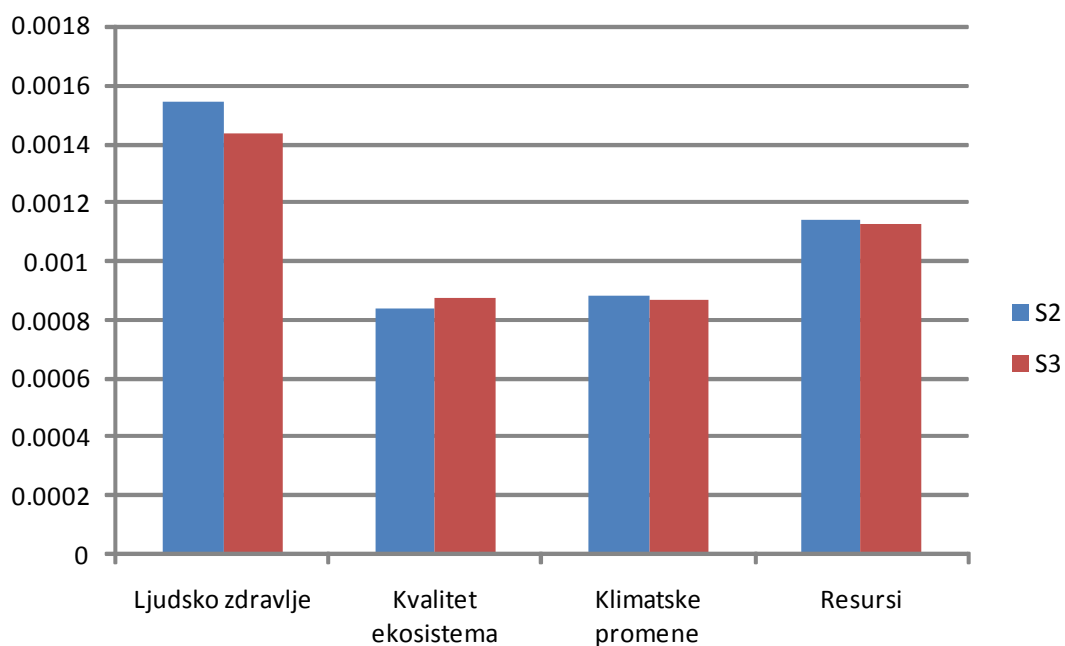
Slika 5.17 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata za scenario 1 (S1) i scenario 2 (S2) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

Rezultati uporedne analize scenarija 2 i 3 prikazani su na slikama 5.18 i 5.19. U ovom slučaju su, kao i u prethodnoj analizi, dati rezultati ocene oštećenja životne sredine (slika 5.18) i rezultata normalizacije (slika 5.19) celokupnog proizvodnog procesa, preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa. Slično kao u slučaju prethodne analize, drastična je razlika u rezultatima ocene oštećenja i normalizacije. Ona se opet, pre svega, ispoljava kod

kategorije *ljudsko zdravlje*, koja u ovoj studiji slučaja predstavlja ključnu razliku u korist scenarija 3, jer su razlike u preostale tri kategorije uticaja veoma male i kod ocene oštećenja i kod normalizovanih vrednosti.



Slika 5.18 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine za scenario 2 (S2) i scenario 3 (S3) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa



Slika 5.19 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata za scenario 2 (S2) i scenario 3 (S3) preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

5.2.4 Interpretacija i diskusija rezultata

Na osnovu predstavljenih rezultata analize procesa proizvodnje laminatnog parketa sa instalisanim insineratorom, može se izvući zaključak da je najveće opterećenje zabeleženo u okviru podprocesa *površinski sloj i presovanje*. U odnosu na ove podprocese, opterećenje nastalo u okviru ostalih je zanemarljivo tako da će biti isključeno iz dalje diskusije. Posmatrajući rezultate na središnjem nivou, najveće opterećenje zabeleženo je u okviru četiri uticajne kategorije: *respiratorne neorganske materije, globalno zagrevanje, zauzetost zemljišta i neobnovljiva energija*. Razlog većeg opterećenja nastalog u okviru uticajne kategorije *respiratorne neorganske materije*, objašnjava se pojavom emisija azotnih oksida, praškastih materija i sumpornih oksida u procesu proizvodnje. Što se tiče opterećenja na uticajnu kategoriju *globalno zagrevanje* ono nastaje, kao što je i logično, od emisije CO₂ prilikom spaljivanja kako fosilnih goriva (prirodnog gasa) tako i piljevine kao dva osnovna izvora energije. Opterećenje nastalo u okviru uticajne kategorije *zauzetost zemljišta*, povezano je sa osnovnom sirovinom koja se koristi u proizvodnji, tj. drvetom. Kada govorimo o uticajnoj kategoriji *neobnovljiva energija*, nastalo opterećenje može se objasniti potrošnjom prirodnog gasa.

Posmatrajući nastala opterećenja koja se mogu u najvećoj meri pripisati potrošnji energetske ulaza najviše prirodnog gasa i piljevine, može se doći i do potencijalnih poboljšanja u okviru ovih problema. U tom smislu je i realizovana uporedna analiza dva scenarija, sa i bez spaljivanja piljevine, radi povraćaja energije i zamene osnovnog izvora energije (prirodnog gasa). Ovim rešenjem, dolazi se do smanjenja ukupnog opterećenja nastalog prilikom proizvodnje parketa u okviru svih podprocesa. Najveće smanjenje ukupnog opterećenja može se zapaziti u okviru krajnjih uticajnih kategorija *klimatske promene i resursi*. Ovo se objašnjava smanjenom potrošnjom prirodnog gasa koji se zamenjuje biogorivom (piljevinom), a čijim spaljivanjem se emituje CO₂ koji utiče na globalno zagrevanje. Takođe, smanjena potrošnja prirodnog gasa kao neobnovljivog izvora energije, logično dovodi do smanjenja opterećenja u okviru uticajne kategorije *resursi*. Osim toga, druga pozitivna stvar nastala uvođenjem sistema za spaljivanje piljevine jeste i rešavanje problema nastanka otpada u okviru kompanije. Uvođenje ovakvog sistema povraćaja energije proizvelo je ipak i negativan efekat u krajnjoj kategoriji uticaja *ljudsko zdravlje*, usled povećanja emisije praškastih materija i pepela u procesu sagorevanja.

Uporedna analiza scenarija 2 i 3 pokazala je da jednoslojni parket od tvrdog drveta ima blagu prednost u odnosu na troslojni. Prednost je izražena prevashodno u okviru kategorije *ljudsko zdravlje*, dok je u preostale tri krajnje kategorije uticaja nivo vrlo približan. Razloge za ovakve rezultate treba tražiti u procesima i supstancama koji se primenjuju za pripremu i spajanje slojeva kod višeslojnog laminatnog parketa.

5.3 Studija slučaja 3: Upravljanje uticajima energetske ulaza na životnu sredinu u proizvodnji podnih obloga primenom razvijenog modela

5.3.1 Definisane cilja i predmeta

Cilj treće studije slučaja jeste, da na bazi razvijenog opšteg modela analizira uticaj vrste energenta u procesu proizvodnje podnih obloga na opterećenje životne sredine, i kroz to potvrdi kvalitetna osnova modela za upravljanje zaštitom životne sredine u okviru ove, sa energetskeg stanovišta zahtevne i kompleksne vrste proizvodnih procesa.

I u ovoj studiji slučaja modelovanje proizvodnog procesa realizovano je na bazi detaljne analize i evaluacije uključenih procesa i tokova, što je rezultiralo detaljnijim modelom u smislu uključenih podprocesu. Time su mogućnosti za upravljanje zaštitom životne sredine u okviru proizvodnog procesa značajno efikasnije, a proširuju se mogućnosti za unapređenje zaštite životne sredine, kako proizvodnog sistema u celini, tako i svakog od podprocesu pojedinačno.

Predmet studije nadovezuje se na predmet iz prethodne studije slučaja. Obuhvata analizu uticaja na životnu sredinu u okviru procesa proizvodnje laminiranog parketa i prati tokove (ulaze) od ekstrakcije sirovina, preko njihove obrade i transporta do mesta proizvodnje finalnog proizvoda (background procese) u tzv. "upstream" delu lanca, ali i tokove (izlaze) nakon same proizvodnje finalnog proizvoda, kao i potrošnju energije, nastale emisije, otpad itd. (foreground procese).

Za razliku od prethodne studije slučaja ovde je fokus na analizi energetske tokova, a posebna pažnja posvećena je insineratorskom postrojenju za spaljivanje biomase generisane u okviru osnovne proizvodnje. U današnjem svetu energija jeste ključno pitanje u diskusijama o održivom razvoju. Fokus je na održivim obnovljivim izvorima energije sa malim uticajem na životnu sredinu. Goriva na bazi otpada i biomase uglavnom se smatraju održivim izvorima energije, konvertabilnim do korisnih oblika energije (npr. biohidrogen, biogas, bioalkohol, itd.) primenom "otpad-u-energiju" (eng. waste-to-energy) tehnologija. Imajući na umu smanjenje rezervi fosilnih goriva uslovljeno povećanom potražnjom, kao i povećanje nivoa otpada uslovljenog rastom svetske populacije, "otpad-u-energiju" koncept postaje sve zanimljiviji i to sa dvostrukog aspekta - životne sredine i energije [81,82].

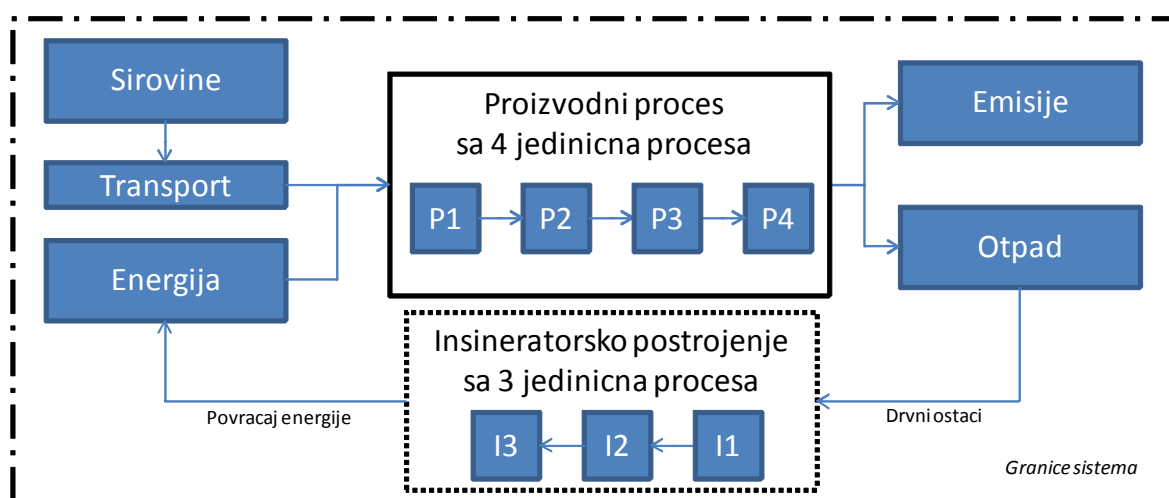
Opšte značenje termina biomasa je veoma široko. U energetske smislu, biomasa obuhvata veliki broj materijala potpuno različitih karakteristika koje se mogu koristiti kao gorivo [83]. Biomasa je potencijalno najveći svetski održivi izvor energije i potencijalno beskonačno obnovljiv resurs. Postoje različiti načini klasifikacije biomase, a jedan od najopštijih je na drvnu i ne-drvnu biomasu [84].

Predmet ove studije slučaja većim delom je fokusiran na specifične drvene biomase - ostatke iz industrijske prerade drveta poput piljevine i ivera. Ovu vrstu drvenaste biomase

karacteristiše visoka grejna vrednost i mali sadržaj pepela i vlage [85]. Međutim, eksploatacija drvenaste biomase kao izvora energije može izazvati emisije štetne po ljudsko zdravlje i za životnu sredinu, budući da generiše više praškastih materija nego sagorevanje prirodnog gasa [86]. Stoga, postoji interes za sveobuhvatno sagledavanje uticaja korišćenja biomasa na životnu sredinu. Iz tog razloga LCA metoda postaje veoma interesantan alat za primenu u ovoj oblasti [87].

Granice sistema, kao i u prethodne dve studije slučaja, postavljene su između sistema životne sredine i posmatranog proizvodnog sistema. Time je definisan pristup "od koevke do kapije", odnosno obuhvaćena je prva ali i najkompleksnija faza životnog ciklusa – proizvodnja, koja uključuje ekstrakciju sirovina, njihovu obradu tj. proizvodnju ulaznih materijala, njihov transport, proizvodnju energetskih ulaza, i konačno proizvodnju posmatranog finalnog proizvoda sa svim svojim jediničnim procesima i u njima generisane emisije i otpad. Granice sistema, sa aspekta hijerarhijske strukture, impliciraju dva nivoa složenosti - ukupan sistem čini „viši hijerarhijski nivo“, dok „niži nivo“ analize uključuje sve podprocese u okviru posmatranog sistema. Posebno se to odnosi na proizvodnju, ali i na procese koji joj prethode. Time se dobija detaljnija slika opterećenja životne sredine svakog jediničnog procesa, smanjuje nesigurnost usled zamenarenih tokova ili procesa i dobija bolji uvid i identifikacija mogućih poboljšanja proizvoda i ukupnog proizvodnog sistema sa aspekta uticaja na životnu sredinu.

Model sistema proizvoda, kojim su u opštem obliku prikazane granice sistema sa sirovinskim i energetskim ulazima, kao i izlazi u obliku otpada i emisija (slika 5.20), zasnovan je na modelu iz prethodne studije slučaja (slika 5.9), s tom razlikom što je ovde insineratorsko postrojenje za sagorevanje drvene biomase detaljnije modelovano kroz obuhvatanje tri jedinična procesa koji su u nastavku detaljnije predstavljeni. Proces proizvodnje laminiranog parketa i ovde je podeljen na četiri jedinična procesa.



Slika 5.20 Model sistema proizvoda sa definisanim granicama

Funkcionalna jedinica, kao i u prethodnoj studiji slučaja, definisana je kao 1 m² proizvedenog laminiranog parketa.

Alokacija: Alokacija je realizovana na identičan način kao u slučaju prethodne studije slučaja.

Ograničenja identifikovana u okviru sprovedene studije odnose se uglavnom na nedostatak podataka vezan za ulazne sirovine, a odnosi se na neke od hemijskih aditiva i pigmentata korišćenih prilikom proizvodnje. Jedan od ključnih uzroka ovog nedostatka predstavlja potreba kompanije, čiji su proizvodni sistemi analizirani, da zaštiti svoju recepturu pomoću akta o tajnosti i vlasništvu podataka svojih proizvoda.

5.3.2 Analiza inventara životnog ciklusa

Izvori podataka

Podaci o sistemu proizvodnje parketa dobijeni su od strane relevantnih predstavnika kompanije kao i kroz popunjavanje dokumenata LCI modela od strane stručnih lica iz analiziranog proizvodnog sistema. Pored toga, korišćeni su i drugi značajni izvori podataka, pre svega EcoInvent v2.2 baza podataka, stručna literatura, objavljeni naučni članci kao i prethodno urađene studije iz oblasti podnih obloga.

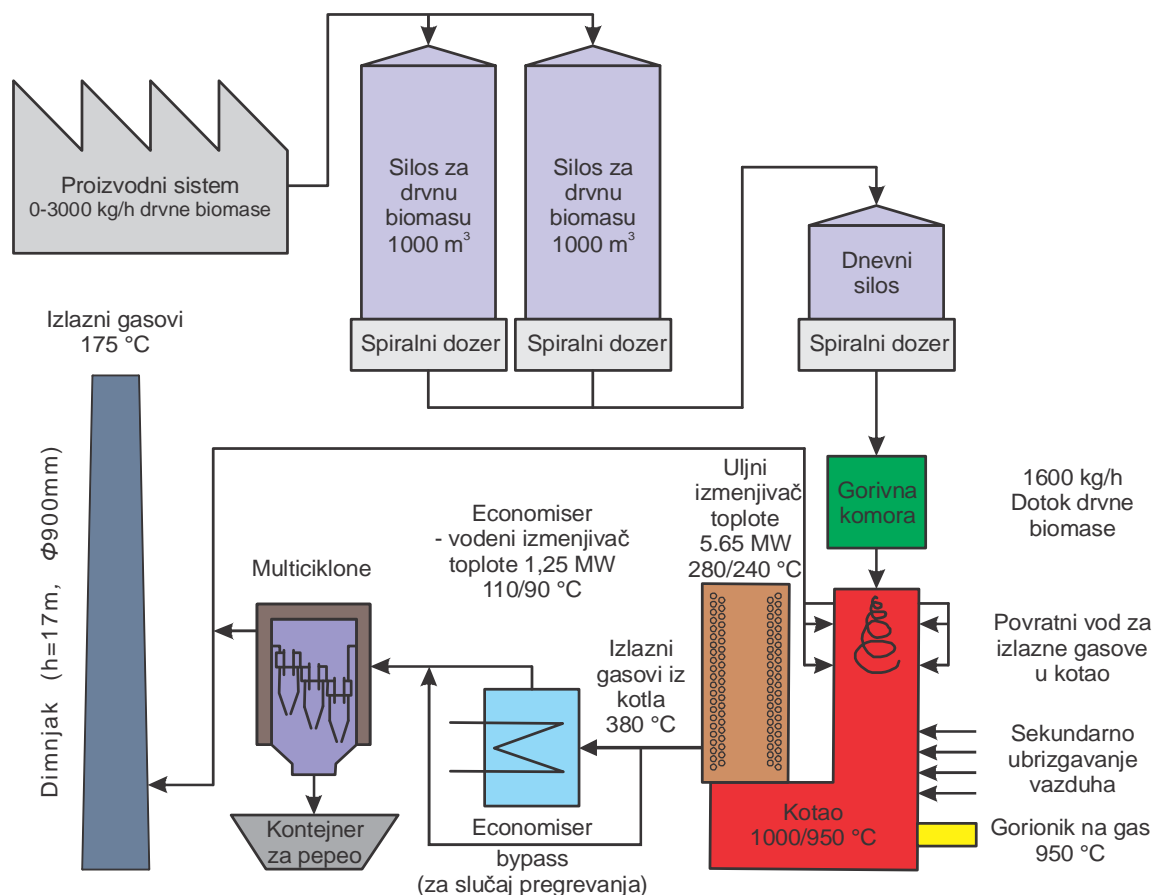
Modelovanje

Analizirani industrijski pogon izrađuje parkete od mekog i tvrdog drveta, pri čemu se u toku obrade generiše određena količina otpadne piljevine. Prateći principe održivog razvoja, energetske efikasnosti i odgovornog upravljanja otpadom, 2009. godine uvedeno je termičko tretiranje drvnog otpada, a generisana toplotna energija koristi se za funkcionisanje pogonskih postrojenja. Postrojenje za termičko tretiranje drvnog otpada je projektovano na osnovu podataka o toplotnoj moći (4,3 kWh/kg) i eksplozivnosti (kst = 140 bar/s) piljevine, a izabran je tip gorionika sa sagorevanjem u prostoru. Za količinu raspoložive piljevine od 1600 kg/h, instalirana je kotlarnica na piljevinu sa gorionikom snage 7 MW proizvođača MAWERA (Austrija) sa vertikalnom komorom za sagorevanje.

Ovaj tip kotlarnice spada u pulverizovane kotlove (sa vazdušnim ubrizgavanjem samlevene gorive mase) koje karakterišu niski troškovi servisiranja i održavanja usled nepostojanja mehaničkih elemenata u gorioniku, kao i niski logistički zahtevi u vezi sa odlaganjem pepela iz gorionika zahvaljujući sagorevanju istog [87].

Kotlovsko postrojenje MAWERA FR-7000-TH sastoji se iz podsistema prikazanih na slici 5.21, pri čemu su u ovoj analizi kao osnovni podsistemi, tj. jedinični procesi uzeti:

- 1) sistem za preuzimanje i transport energenta (piljevine) do mesta potrošnje,
- 2) sistem za skladištenje energenta i
- 3) kotao.



Slika 5.21 Insineratorsko postrojenje MAWERA FR 7000 TH

Sistem za preuzimanje i transport energenta (piljevine): S obzirom na to da proizvodnja piljevine u toku dana varira od 0-3000 kg/h, ceo sistem projektovan je tako da može da prihvati i transportuje do silosa za lagerovanje maksimalnu količinu piljevine od 3000 kg/h. Piljevina se, od proizvodnih pogona do silosa kotlarnice, dovodi preko dva transportna cevovoda. U sabirnom silosu piljevina se taloži, a vazduh se preko filtera izbacuje u okolinu. Filteri se pneumatskim tresaćima održavaju u čistom stanju.

Sistem za skladištenje energenta piljevine: Uključuje silose za smeštaj piljevine, temelj elektrofiltera i dimnjak. Uzimajući u obzir promenljivo generisanje piljevine iz proizvodnih pogona da bi se obezbedilo kontinualno snabdevanje kotla sa 1600 kg/h piljevine, usvojena su dva silosa za smeštaj piljevine kapaciteta po 1000 m³ koji bi trebalo da obezbede oko 30 dana rada kotla. Silosi su cilindričnog oblika prečnika 9,89 m izrađeni od čeličnog lima sa ravnim dnom, a postavljeni su na betonsku zatvorenu konstrukciju osmougaonog oblika u kojoj su smešteni oprema sistema za odvođenje piljevine, pužni

transporter, dozator i cevovod za transport piljevine do kotlarnice (slika 5.22). Silosi su u gornjoj zoni opremljeni sa po 10 specijalno oslabljenih panela, koji se u slučaju eksplozije smeše prašine piljevine i vazduha raspadaju i time stvaraju otvor za izlaz eksplozivnih gasova. Silosi su međusobno odvojeni, a zajednički cevovodi povezani su tako da se eksplozija u jednom silosu ne može preneti na drugi. Odvođenje materijala iz silosa, vrši se kroz otvor u sredini dna pomoću hidrauličnog rotacionog puža. Piljevina iz otvora pada u pužni dozator iz kojeg preko čelijskog dozatora odlazi u potisni cevovod. Ovakvim sistemom omogućava se odvođenje piljevine po celoj površini dna silosa i mešanje piljevine. Čelijski dozatori, pored doziranja goriva, služe i kao barijera za prolazak eventualnog eksplozivnog talasa iz jedne zone u drugu. Na krovu oba silosa nalaze se filterski uređaji. Dimnjak je čelični sa unutrašnjim prečnikom Φ 900 mm i visine 17 m.



Slika 5.22 Silosi za skladištenje piljevine

Kotao: Kod instaliranog kotlovskeg postrojenja (slika 5.23), gorivo se iz komore (MOB 2200) putem dozatora prebacuje u drugu komoru iz koje se pomoću vazduha ubacuje direktno u ložište od vatrostalne gline. Pomenuta druga komora sadrži dva indikatora kapaciteta (minimum/maksimum) i prozor za vizuelnu kontrolu ispunjenosti komore. Upravljanje sagorevanjem je automatizovano, pri čemu instalirani programski sistem (softver) omogućava doziranje goriva, paljenje, optimalno sagorevanje goriva, konstantno praćenje temperature sagorevanja, kontrolu zapremine goriva, pritisak u ložištu, količinu primarnog i sekundarnog vazduha ubačenog u proces sagorevanja kao i sadržaj kiseonika u otpadnom gasu. Toplota otpadnog gasa iz ložišta prenosi se pomoću dva izmenjivača toplote (IT):

- IT na termalno ulje temperature 280/240 °C u grejaču IT-A-6000-S0 koji se sastoji od tri serijski vezana cilindra i

- IT na vodu u toplotnom izmjenjivaču toplovodni Economiser 110/90 °C.

Kod vertikalnih gorionika piljevina se meša sa vazduhom, ubacuje u prostor za sagorevanje gde je temperatura cca 1000 °C. Ovde dolazi do samopaljenja, a usled vrtložnog kretanja smeše i do potpunog sagorevanja piljevine. Piljevina sagoreva u maksimalnom procentualnom udelu, tako da je količina pepela u dimnim gasovima minimalna. Generisani pepeo predaje se ovlašćenom pravnom licu.



Slika 5.23 Kotlovsko postrojenje

Paljenje kotla, tj. primarno zagrevanje prostora za sagorevanje na 950°C, kao i održavanje temperature u slučaju smanjenog dotoka goriva, vrši se gasnim gorionikom. Održavanje kvaliteta sagorevanja, a time i propisanih nivoa sadržaja štetnih materija u dimnim gasovima, vrši se regulacijom ubacivanja sekundarnog svežeg vazduha i recirkulacije dimnih gasova u prostor za sagorevanje. Vreli dimni gasovi iz gorionika odlaze do kotla za zagrevanje termo ulja. Termouljni kotao radi na visokom režimu 285°C. Zbog visoke temperature u gorioniku (950°C), pri prestanku ubacivanja goriva i rada ventilatora, i dalje se zračenjem prenosi toplota na termouljni kotao. Da bi se sprečilo pregrevanje ulja predviđen je evaporativni hladnjak ulja. U slučaju potrebe, ulje struji kroz cevnu zmiiju potopljenu u vodi pri čemu voda isparava i time hladi ulje. Ovaj sistem koristi se i kod naglog zastoja u potrošnji toplote termo ulja (zastoj pogona), kao i usled nestanka električne energije, jer je opremljen i paralelno vezanom pumpom sa dizel motorom.

Na kraju procesa zagrevanja termo ulja dobijaju se izlazne temperature dimnih gasova preko 380°C, što je sa aspekta životne sredine, ali i ekonomski i tehnički, problematično. Zbog toga je predviđena rekuperacija i smanjenje temperature dimnih gasova na 170°C. Hlađenjem dimnih gasova u rekuperatoru - ekonomajzeru zagreva se topla voda 110/90°C. Time se dobija 1,25 MW toplotne energije. Zaštita od pregrevanja vode u ekonomajzeru je

by-pass na kanalu dimnih gasova, kojim se dimni gasovi propuštaju direktno u multiciklon. Nakon rekuperatora dimni gasovi odlaze u multiciklon gde se odvija separacija pepela iz dimnih gasova. Odvojeni pepeo taloži se u zatvoreni kontejner koji se periodično (kamionima) odvozi na odgovarajuću deponiju. Dimni gasovi na izlazu iz ciklona zadovoljavaju postojeće propise o emisiji (u R. Srbiji). Ukoliko se merenjem utvrdi povećana vrednost praškastih materija, predviđena je i instalacija elektrofiltera za odvajanje i najsitnijih čestica pepela.

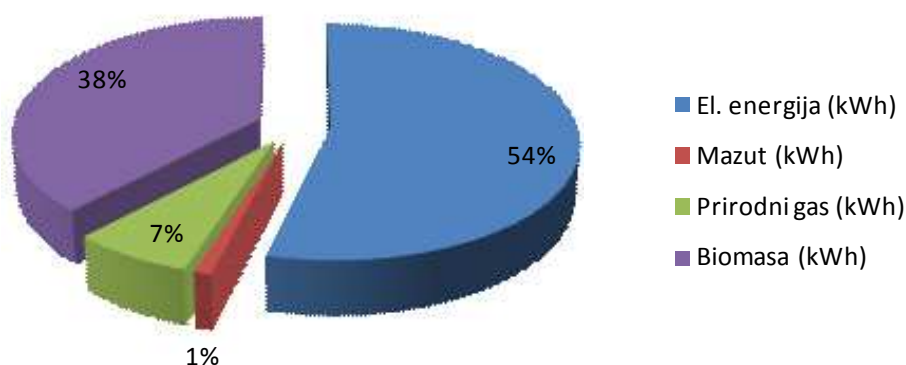
Inventar

Tehnički podaci za insineratorsko postrojenje "MAWERA" FR7000th prikazani su u Tabeli 5.7.

Tabela 5.7 Tehnički podaci za kotlovsko postrojenje "MAWERA" FR7000th

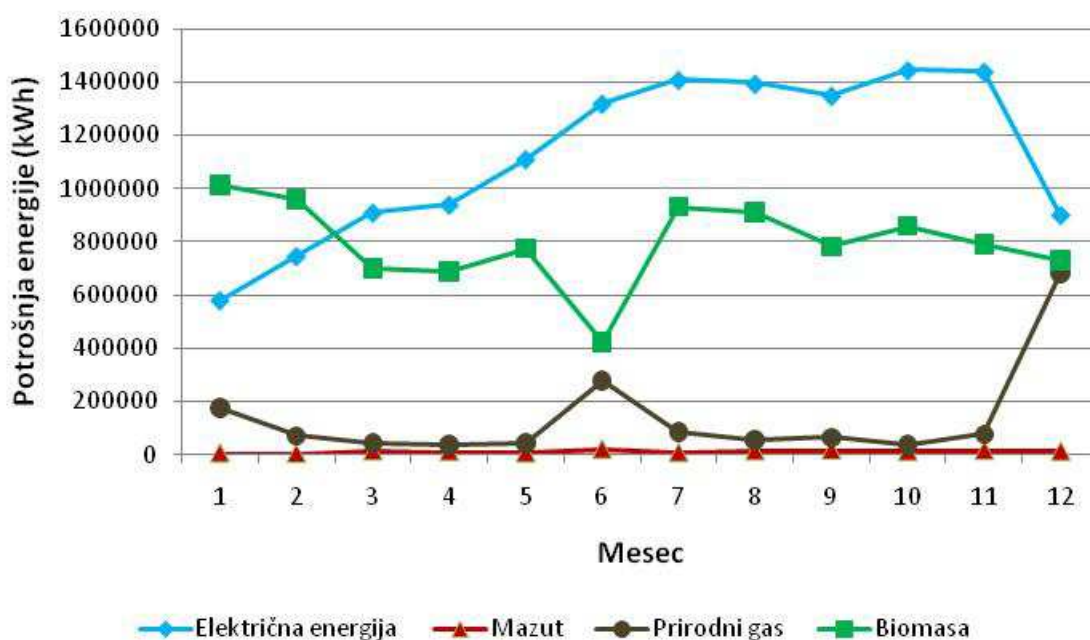
Parametar/Karakteristika	Vrednost/Opis
Tip kotlovskog postrojenja:	MAWERA FR7000th
Godina proizvodnje	2008.
Gorivo	Drvena biomasa
Kapacitet ložišta	1.600 kg/h
Toplotni kapacitet izmenjivača sa termalnim uljem	cca 5635 kW
Toplotni kapacitet izmenjivača sa vodom (economiser)	cca 1250 kW
Unutrašnji prečnik dimnjaka (prečnik svetlog otvora)	0,90 m

U analiziranom industrijskom pogonu za preradu drveta, pre uvođenja opisanog insineratorskog postrojenja za sagorevanje drvene biomase, koristile su se tri vrste energenta: električna energija, mazut i prirodni gas. Nakon puštanja u rad prethodno opisanog postrojenja za sagorevanje drvene biomase, u analiziranom industrijskom pogonu došlo je do značajne preraspodele učešća vrste energenata. Dijagram sa slike 5.24 prikazuje udele energenata u ukupnoj potrošnji energije nakon puštanja u rad postrojenja za sagorevanje otpadne piljevine. Može se primetiti da od ukupno potrošene energije čak 38% potiče od biomase kao energenta, čime se ostvaruju velike uštede najviše na račun potrošnje prirodnog gasa.

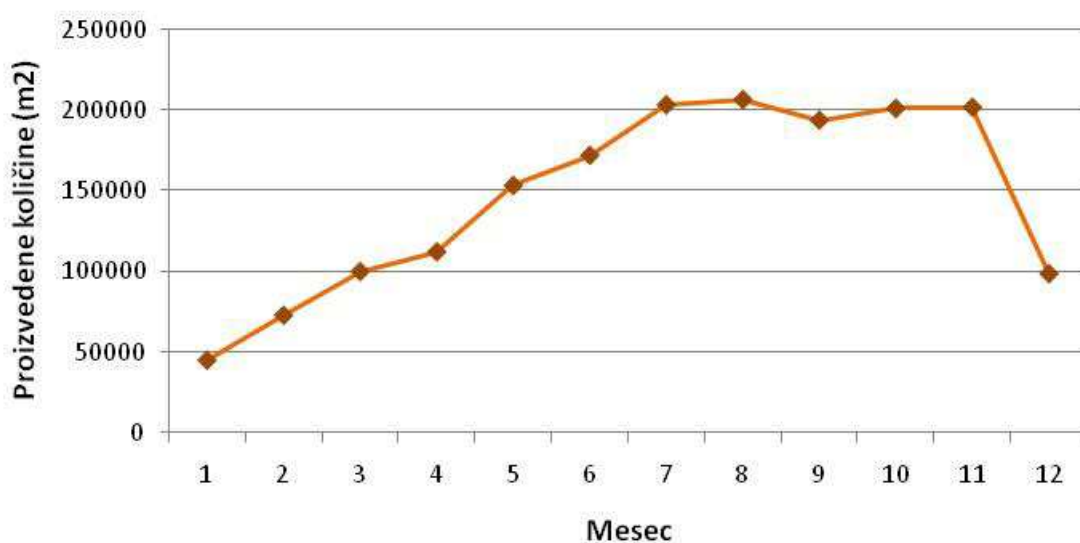


Slika 5.24 Udeli energenata u ukupnoj potrošnji energije na godišnjem nivou u analiziranom proizvodnom sistemu

Dijagrami na slikama 5.25 i 5.26 prikazuju dinamiku potrošnje energenata na mesečnom nivou u toku godine, odnosno proizvedene količine proizvoda po mesecima za istu godinu, respektivno. Na osnovu njih se može zaključiti, da se za pogon proizvodnih sistema najviše koristi električna energija, budući da kriva potrošnje ovog energenta ima isti trend kao i kriva sa slike 5.26, dok se ostali energenti uglavnom koriste za zagrevanje prostora i vode u procesnim sistemima. Sa dijagrama sa slike 5.25, takođe, jasno se vidi da pad potrošnje bio-energije (u 6. mesecu) uzrokuje veliki porast potrošnje prirodnog gasa, kao i blagi porast potrošnje mazuta.



Slika 5.25 Pregled potrošnje energije po vrstama energenata na mesečnom nivou tokom godine



Slika 5.26 Pregled proizvedenih količina laminiranog parketa na mesečnom nivou tokom godine

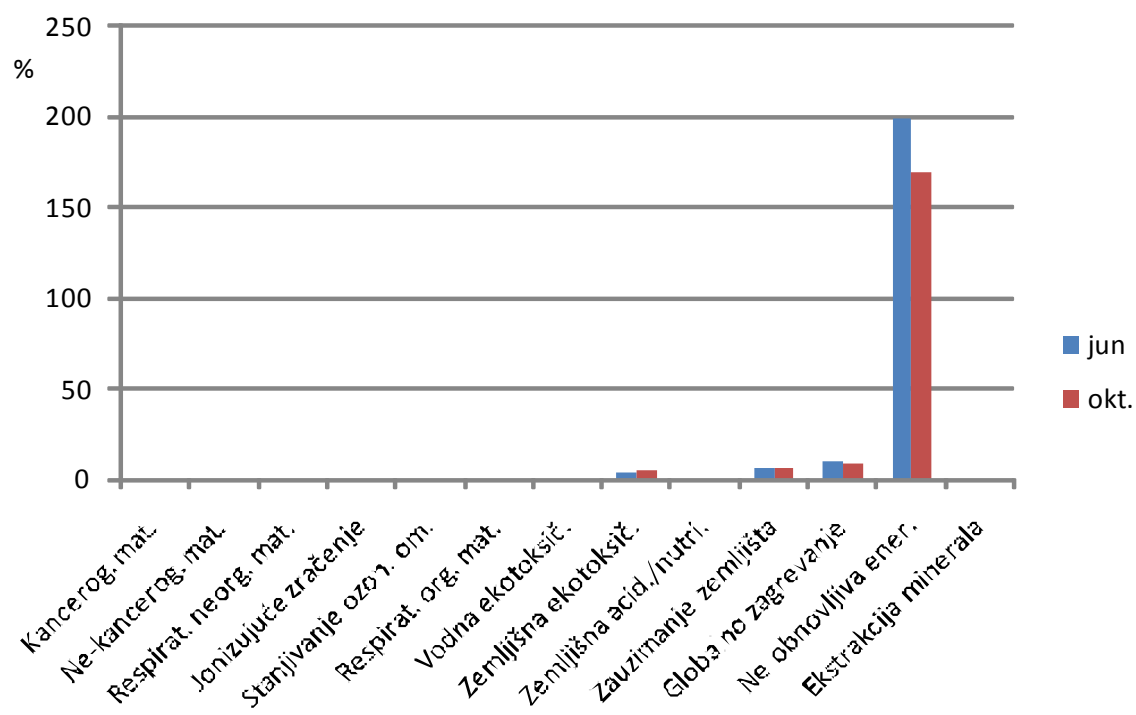
5.3.3 Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa (LCIA)

Na osnovu analize inventara i sakupljenih podataka o modelovanim procesima, realizovano je ocenjivanje uticaja životnog ciklusa. I ovde je modelovanje realizovano u softveru SimaPro 7, a za metodu ocenjivanja životnog ciklusa izabrana IMPACT 2002+ koju karakterišu kombinovani midpoint/endpoint pristupa.

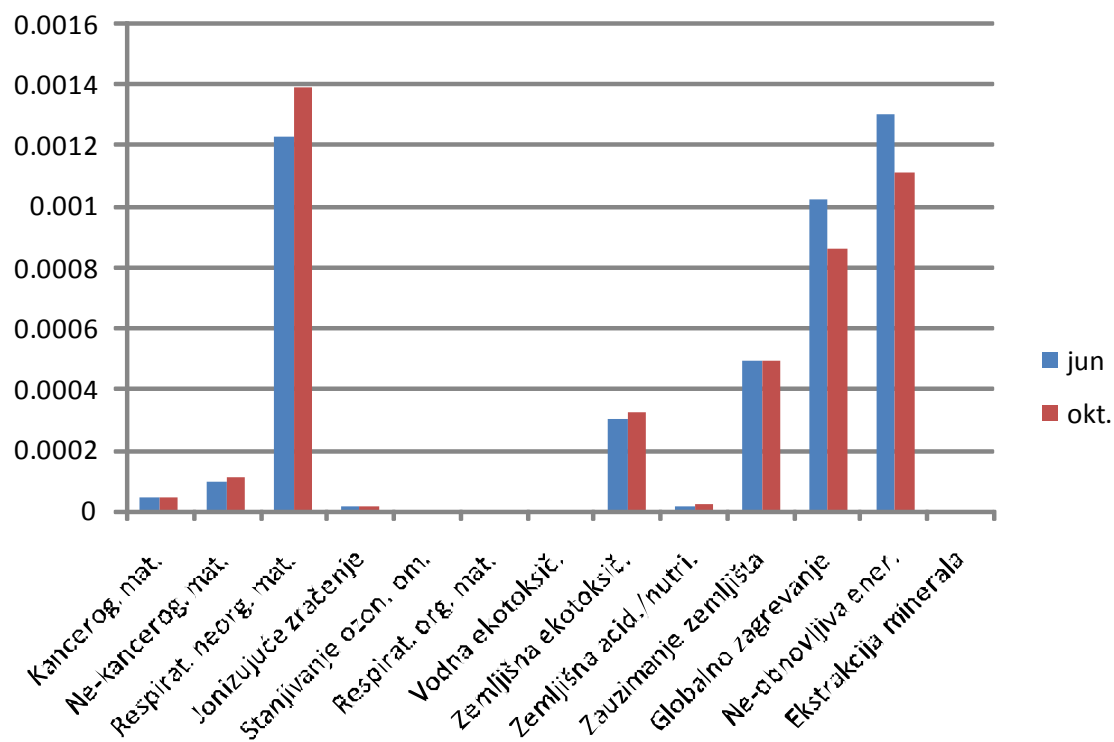
U ovom slučaju analiziran je uticaj promene udela energenata (u ukupnoj energetskej potrošnji proizvodnog procesa) na kategorije uticaja središnjeg i krajnjeg nivoa. Analiza je bazirana na podacima predstavljenim na slikama 5.25 i 5.26, a izabrane su vrednosti za jun i oktobar imajući u vidu značajne razlike u vrsti potrošenih energenata u ova dva meseca.

Rezultati uporedne analize za pomenuta dva meseca prikazani su na slikama 5.27 do 5.30. U ovom slučaju, najpre su dati rezultati ocene oštećenja životne sredine (slika 5.27) i rezultata normalizacije (slika 5.28) celokupnog proizvodnog procesa preko kategorija uticaja središnjeg nivoa. Nakon toga, na slikama 5.29 i 5.30, dati su i rezultati ocene oštećenja životne sredine i rezultata normalizacije za celokupan proizvodni proces preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa.

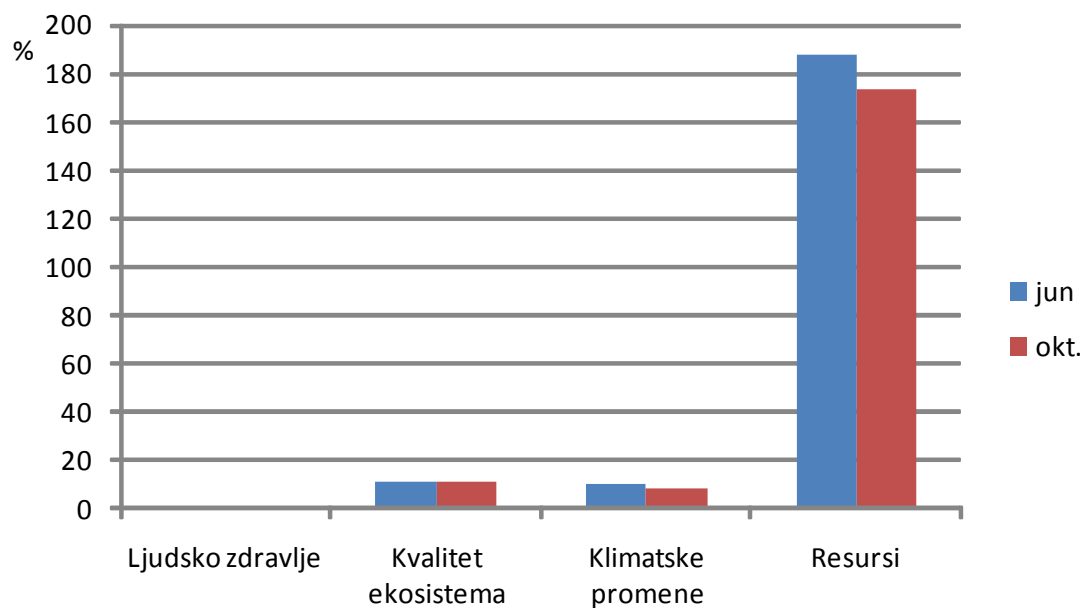
Kao u prethodne dve studije slučaja, drastična je razlika rezultata normalizacije u odnosu na rezultate ocene oštećenja. U okvirima analize kategorija uticaja središnjeg nivoa razlika se prevashodno ispoljava u kategorijama uticaja *respiratorne neorganske materije* i *globalno zagrevanje*. Kod prve, u korist junske potrošnje energenata, a obrnuto, kod druge pomenute kategorije uticaja središnjeg nivoa. Kod kategorija uticaja krajnjeg nivoa, razlika rezultata normalizacije u odnosu na rezultate ocene oštećenja najizraženija je kod kategorije *ljudsko zdravlje*.



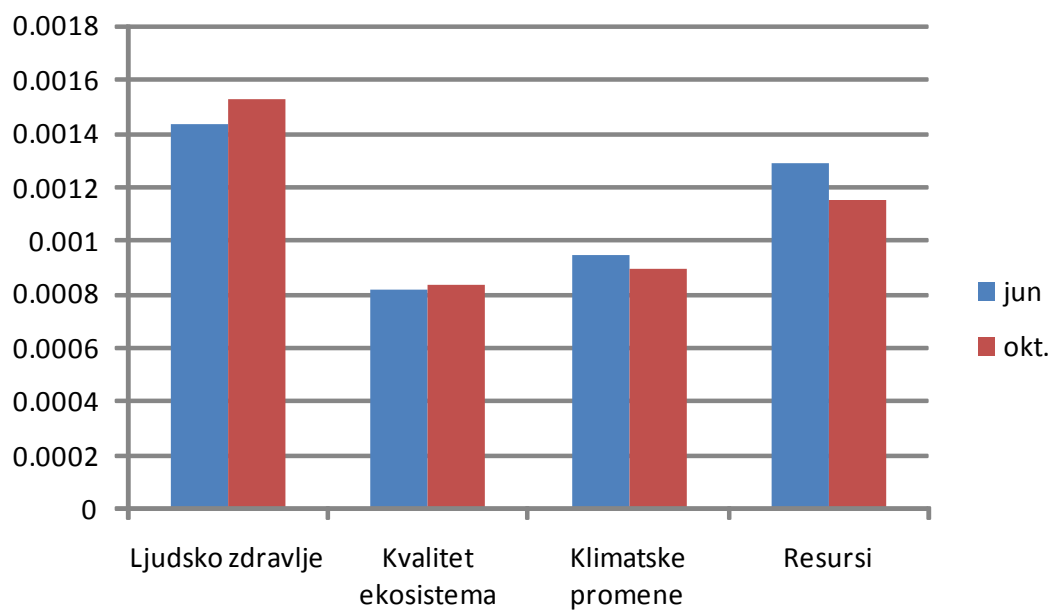
Slika 5.27 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine preko kategorija uticaja središnjeg nivoa



Slika 5.28 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata preko kategorija uticaja središnjeg nivoa



Slika 5.29 Uporedni prikaz rezultata ocene oštećenja životne sredine preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa



Slika 5.30 Uporedni prikaz normalizovanih rezultata preko kategorija uticaja krajnjeg nivoa

5.3.4 Interpretacija i diskusija rezultata

Na osnovu rezultata analize uticaja udela vrste energenta u procesu proizvodnje laminatnog parketa sa instalisanim insineratorom, može se izvesti zaključak da vrsta energenata značajno utiče na opterećenje životne sredine. Takođe, rezultati potvrđuju da se razvijeni opšti model može efikasno primenjivati za upravljanje uticajima energetske ulaza na životnu sredinu kod proizvodnje podnih obloga. Kada je reč o konkretnim rezultatima ove studije slučaja, oni potvrđuju većinu zaključaka iz prethodne dve studije slučaja koji se odnose na uticaj primene energije biomase, odnosno insineratorskog postrojenja.

Posmatrajući rezultate ocene oštećenja na središnjem nivou, najveće opterećenje zabeleženo je u okviru uticajne kategorije *neobnovljiva energija*, pri čemu je za oko 15% veće opterećenje identifikovano kod junske kombinacije potrošenih energenata, što se može smatrati logičnim imajući u vidu veću potrošnju prirodnog gasa, odnosno pad potrošnje biomase u tom mesecu. Kod rezultata normalizacije na središnjem nivou kategorija uticaja, situacija je značajno drugačija. Pored *globalnog zagrevanja*, veliko opterećenje zabeleženo je i u okviru uticajnih kategorija *respiratorne neorganske materije*, *globalno zagrevanje*, *zauzimanje zemljišta* i *zemljišna ekotoksičnost*. Veće opterećenje uticajne kategorije *respiratorne neorganske materije* može se dovesti u vezu sa emisijama azotnih oksida i sumpornih oksida u procesu proizvodnje, odnosno praškastih materija kod inseneracije biomase. Opterećenja na uticajnu kategoriju *globalno zagrevanje* u vezi su sa emisijama CO₂ prilikom spaljivanja goriva, što je značajnije izraženo kod prirodnog gasa imajući u vidu kompletan proces njegove proizvodnje i distribucije. Opterećenja kod uticajne kategorije *zauzetost zemljišta*, približna su u oba analizirana meseca i može se smatrati da ne zavise značajnije od vrste korišćenog energenta. Kod kategorije uticaja *ekotoksičnost*, stanje je blago u korist meseca oktobra, što ukazuje na povoljniji uticaj primene biomase kao energenta.

Rezultati ocene oštećenja na krajnjem nivou pokazuju najveće opterećenje u slučaju uticajne kategorije *resursi*, pri čemu je za oko 15% povoljnija potrošnja energenata u oktobru. Evidentirano je i ujednačeno opterećenje kod uticajnih kategorija *kvalitet ekosistema* i *klimatske promene*, ali je ono značajno niže. Normalizovani rezultati drastično su drugačiji i pokazuju najveće opterećenje kod kategorije uticaja *ljudsko zdravlje*, pri čemu potrošnja energenata u junu ima evidentno povoljniji uticaj, što je opet u direktnoj vezi sa emisijama praškastih materija kod sagorevanja biomase. Uticajne kategorije *kvalitet ekosistema* i *klimatske promene* i ovde su ujednačenog nivoa uticaja, ali su im vrednosti značajnije u odnosu na uticajnu kategoriju *resursi* kod koje je slična situacija kao kod ocene oštećenja.

6. ZAKLJUČAK

Zaštita životne sredine predstavlja jedan od najvećih izazova savremene civilizacije zasnovane na industrijskom razvoju. U cilju uspostavljanja sistema kojim se definišu globalni odgovori na ovaj izazov, čovečanstvo svakodnevno razvija nove pristupe, alate i metode. Taj sistem, sa jedne strane, uključuje međunarodnu, nacionalnu i regionalnu zakonsku regulativu i standarde, a sa druge naučno zasnovane metode zaštite životne sredine i na njima bazirane alate za praktičnu primenu. Uslov za primenu oba pomenuta aspekta je razvoj svesti čoveka o značaju životne sredine. Uslov za postizanje efikasnijeg sistema zaštite životne sredine je evolucija ljudskog načina razmišljanja u smeru celokupnog životnog ciklusa (eng. Life Cycle Thinking - LCT).

Ova doktorska disertacija, u opštem smislu, predstavlja doprinos razvoju LCT načina razmišljanja u kome, pored ostalih bitnih faktora, zaštita životne sredine vremenom stiže dominantnu ulogu. Ostvareni rezultati istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pokazuju i dokazuju, da uzimanje u obzir svih faza životnog ciklusa procesa i proizvoda omogućuje širi kontekst analize problema, odnosno pruža celovitiju sliku, a u ovom konkretnom slučaju uticaja procesa proizvodnje podnih obloga na životnu sredinu. Iako je fokus na industriji podnih obloga kao vrlo značajnoj grani industrijske proizvodnje na globalnom nivou, ova doktorska disertacija predstavlja relevantan primer, ali i dobru osnovu za primenu koncepta ocenjivanja životnog ciklusa procesa i proizvoda i u drugim oblastima industrijske proizvodnje, a uz određene modifikacije i u uslužnim delatnostima. Tu se, pre svega, misli na SWOT analizu LCIA metodologija i razvijeni model za inventar životnog ciklusa tj. LCI.

U specifičnijem i za praktičnu primenu sasvim određenom smislu, ova doktorska disertacija predstavlja alat za efikasno upravljanje zaštitom životne sredine u industrijskim sistemima za proizvodnju podnih obloga. Razvijeni model za upravljanje uticajima na životnu sredinu procesa proizvodnje podnih obloga na bazi ocenjivanja životnog ciklusa, omogućuje naučno zasnovanu analizu projektantskih, tehnoloških i materijalnih uticaja na životnu sredinu, a naričito promena u proizvodnim procesima i sistemu u celini, kako onih koje su već izvršene, tako i onih koje su tek u planu. Ovo poslednje, planirane promene impliciraju mogućnosti i značaj primene razrađenog modela za vrednovanje budućih tehnoloških inovacija u ovoj vrsti industrijske proizvodnje.

Rezultati verifikacije ostvareni kroz tri studije u okviru ove doktorske disertacije, dokazuju efikasnost razvijenog modela i njegovu praktičnu vrednost. Takođe, značajna vrednost dobijenih rezultata verifikacije jeste njegova sveobuhvatnost koja se ogleda u mogućnosti "otkrivanja" skrivenih negativnih aspekata tehnoloških inovacija, koje bi se uz primenu razvijenog modela načelno mogle unaprediti u povoljne uticaje na životnu sredinu. Deo modela kojem pripadaju najveće zasluge za ovakve mogućnosti kojima je praktično potvrđena mogućnost analize značaja proizvodnih parametara, je model za LCI koji karakteriše izražena sveobuhvatnost i sistematičnost, kako na horizontalnom (faze životnog ciklusa) tako i na vertikalnom nivou (proizvodni procesi i organizacija).

Na osnovu svih postignutih i prethodno iskazanih rezultata, može se zaključiti da je istraživanje uspešno realizovano i da su ispunjeni svi postavljeni ciljevi ove doktorske disertacije.

Ostvareni rezultati predstavljaju kvalitetnu osnovu za nastavak istraživanja, kako u oblasti proizvodnje podnih obloga, tako i u širem kontekstu industrijske proizvodnje. Kada je reč o mogućim pravcima budućih istraživanja u okvirima proizvodnje podnih obloga, jedan od njih je svakako proširenje granica analiziranog sistema i uključivanje, pored faza instalacije, upotrebe i kraja životnog veka i drugih faza u realizaciji procesa proizvodnje i proizvoda. Realizacija ovog pravca istraživanja će proširiti mogućnosti za upravljanje zaštitom životne sredine na bazi razvijenog opšteg modela. Sledeći pravac mogućih daljih istraživanja predstavlja i analiza uticaja ulaznih sirovina, koje se koriste u proizvodnji, sa akcentom na identifikaciji mogućnosti njihove supstitucije adekvatnim zamenskim sirovinama. Na primer, kod PVC podnih obloga, uvođenjem recikliranog PVC-a kao ulazne sirovine, može se smanjiti potrošnja primarnog PVC-a na ulazu i do 30%. Procenjuje se da bi to doprinelo smanjenju opterećenja od strane izdvojenih podprocesa, s obzirom da se u okviru istih najviše troši PVC sirovina. Na ovaj način bi se moglo doći do konkretnih poboljšanja u okviru uticaja na ljudsko zdravlje i ekotoksičnosti, ali treba napomenuti da to u velikoj meri zavisi i od drugih proizvođača i njihove spremnosti da podele podatke o detaljnijem uticaju svojih proizvoda, što je i u direktnoj vezi sa aktuelnim inicijativama i aktivnostima u ovoj oblasti u Evropskoj uniji i ostalim razvijenijim državama. Uzimajući u obzir aktuelne trendove u oblasti LCA usmerene ka uključenju socijalnih i ekonomskih parametara, kao što je LCC (eng. Life Cycle Costing), ova disertacija će predstavljati i dobru osnovu za unapređenje ekonomskih aspekata u vezi sa korišćenjem sirovina, potrošnjom i vrstom energije, transportom i/ili reciklažom. Mogući pravci budućih istraživanja u širem smislu, podrazumevaju primenu metodologije realizovane u ovoj doktorskoj disertaciji u nekoj drugoj oblasti industrijske proizvodnje.

7. LITERATURA

- [1] Hemalatha K., Bhuvanewari V. Occupational Health: A study on Occupational Health Status among Automobile Industry Workers, LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.
- [2] -----: SRPS ISO 14040:2008 Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - Principi i okvir, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, 2008.
- [3] -----: SRPS ISO 14044:2009 Upravljanje zaštitom životne sredine - Ocenjivanje životnog ciklusa - Zahtevi i uputstva za primenu, Institut za standardizaciju Srbije, Beograd, 2009.
- [4] Guinee J. B., Gorree M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., Koning A., Oers L., Wegener S.A., Suh S. Udo de Haes H.A. Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.
- [5] -----: ILCD International Reference Life Cycle Data System (ILCD) handbook. General guide for life cycle assessment—detailed guidance - first edition. European Commission Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, 2010.
- [6] Hodolič J., Stević M., Budak I., Antić A., Majernik M., Chovancova J., Sklenarova M. Upravljanje zaštitom životne sredine - Eko menadžment, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2009.
- [7] Finnveden G. et al. Recent developments in Life Cycle Assessment, Journal of Environmental Management, 91, pp1–21, 2009.
- [8] Helias A., De Haes U. Applications of Life Cycle Assessment: expectations, drawbacks and perspectives, Journal of Cleaner Production, 1(3-4), pp131-137, 1993.
- [9] Ayres R. U. Life Cycle Analysis: a critique, Resources, conservation and recycling, 14(3-4), pp199-223, 1995.
- [10] Ehrenfeld J. R. The importance of LCAs – Warts and All, Journal of Industrial Ecology, 1(2), pp41-49, 1998.
- [11] Krozer J., Vis J. How to get LCA in the right direction?, Journal of Cleaner Production, 6(1), pp53-61, 1998.

- [12] Potting J., Blok K. Life-cycle assessment of four types of floor covering. *Journal of Cleaner Production*, 3(4), pp201-213, 1995.
- [13] Günther A., Langowski H. C. Life Cycle Assessment study on resilient floor coverings. *Int J LCA* 2, pp73-80, 1997.
- [14] Werner F., Richter K. Environmental assessment of parquet floorings; consideration of mosaic parquet, 2-layered prefabricated and 3-layered prefabricated parquets (in German). *Empa/ISP-Forschungsbericht*, Dübendorf, Heimberg, 1997.
- [15] Nebel B., Zimmer B., Wegener G. Life cycle assessment of wood floor coverings – A representative study for the German Flooring Industry. *Int J LCA* 11(3), pp172-182, 2006.
- [16] Jönsson A., Tillman A. M., Svensson T. Life cycle analysis of flooring materials. *Building and Environment* 32, pp245-255, 1997.
- [17] Jones S. Resilient flooring: a comparison of vinyl, linoleum, and cork. *Georgia Tech Research Institute*, 1999.
- [18] Althaus H. J., Richter K. Life cycle analysis (LCA) of different cork floorings. *Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research, Materials and Systems for Civil Engineering (EMPA)*, 2001.
- [19] Gorree M., Guinée J. B., Huppés G., Van Oers L. Environmental life cycle assessment of linoleum, *Int J LCA*, 7(3), pp158-166, 2002.
- [20] Petersen A. K., Solberg B. Substitution between floor constructions in wood and natural stone: comparison of energy consumption, GHG emissions, and costs over the life cycle, *Canadian Journal of Forest Research*, 33(6), pp1061-1075, 2003.
- [21] Petersen A. K., Solberg B. Environmental and economic impacts of substitution between wood products and alternative materials: A review of micro-level analyses from Norway and Sweden. *Forest Policy and Economics*, 7(3), pp249-259, 2005.
- [22] Bowyer J., Bratkovich S., Fernholz K., Lindburg A. Life cycle assessment of flooring materials - A guide to intelligent selection, *Dovetail Partners, Inc.*, Minneapolis, 2009.
- [23] Nicoletti G. M., Notarnicola B., Tassielli G. Comparative Life Cycle Assessment of flooring materials: Ceramic versus marble tiles, *Journal of Cleaner Production*, 10(3) pp283-296, 2002.
- [24] Werner F., Richter K. Wooden Building Products in Comparative LCA - A literature review. *Int J LCA*, 12(7), pp470-479, 2007.
- [25] Jönsson A. Including the use phase in LCA of floor coverings, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 4(6), 1999.
- [26] Paulsen J. H. The maintenance of linoleum and PVC floor coverings, *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 8(6), 2003.
- [27] Hodolič J., Budak I., Lomen I. Projektovanje proizvoda sa aspekta ocene životnog ciklusa proizvoda (LCA), *Nacionalni naučno-stručni časopis "Menadžment"*

- totalnim kvalitetom”, JUSK-Jugoslovensko udruženje za standardizaciju i kvalitet 2(31), 2003.
- [28] Hodolič J., Budak I., Hadžistević M., Vukelić Đ., Majernik M. i dr. Sistemi za upravljanje zaštitom životne sredine, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2013.
- [29] Wenzel H., Hauschild M. Z., Alting, L. Environmental assessment of products. Vol. 1 - Methodology, tools and case studies in product development, Chapman & Hall, United Kingdom, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA. USA, pp544, 1997.
- [30] Baumann H., Tillman A. The Hitch Hiker's Guide to LCA, 2004.
- [31] Frank C. et al. SETAC Guidelines for Life Cycle Assessment: A “Code of Practice”, SETAC, 1993.
- [32] Budak I., Hodolič J., Stević M., Vukelić Đ., Kosec B., Karpe B. Označavanje proizvoda o zaštiti životne sredine, Novi Sad, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu, 2009.
- [33] -----: Life Cycle Assessment Principles and Practise, Scientific Applications International Corporation (SAIC), 2006.
- [34] -----: Life Cycle Management - A Business Guide to Sustainability, SETAC, UNEP, 2002.
- [35] -----: European Platform for LCA of the European Commission, 2008.
- [36] -----: Directive 2005/32/EC, Eco-Design Directive (EuP) Analysis of the Standby/Off Mode Implementing Measure, 2005.
- [37] -----: Directive 2001/42/EC, Directive on Strategic Environmental Assessment, COM/2009/469, 2001.
- [38] -----: Directive 2004/35/EC of the European Parliament and of the Council, on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage, 2004.
- [39] Weinzettel J. Posuzovani životniho cyklu (LCA) a analiza vystupu (IOA): vzajemne propojeni pri ziskavani nedostupnych dat, Disertačni praci, České vysoké učeni technické v Praze, Praha, Česká Republika, 2008.
- [40] Frischknecht R. Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods, ecoinvent report No. 3, 2007.
- [41] Goedkoop M. at al. The Eco-indicator 99 – Methodology report, PRÉ Consultants B.V. 2000.
- [42] Dreyer L. C. Comparison of Three Different LCIA Methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99, International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 8, pp191-200, 2003.
- [43] Goedkoop M. et al. ReCiPe 2008 - A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, Ministerie van VROM Rijnstraat 8 | 2515 XP Den Haag, 2009.

- [44] Koči V. Priručka zakladnich informaci o posuzovani životniho cyklu, VŠCHT, Praha, Česká Republika, 2010.
- [45] Guinée J.B., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., Koning A. de, Oers L. van, Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo de Haes H.A., Bruijn H. de, Duin R. van, Huijbregts M.A.J. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. Ii: Guide. Iib: Operational annex. III: Scientific background, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.
- [46] Guinée J. B., Gorrée M., Heijungs R., Huppes G., Kleijn R., Koning A., Oers L., Wegener Sleeswijk A., Suh S., Udo de Haes H. A., Bruijn H., Duin R., Huijbregts M. A. J. Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards. I: LCA in perspective. Ii: Guide. Iib: Operational annex. III: Scientific background, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002.
- [47] Gabathuler, H., The CML story: how environmental sciences entered the debate on LCA, International Journal of Life Cycle Assessment, 11 (Special Issue 1), pp127-132, 2006.
- [48] Frischknecht R., Braunschweig A., Suter P., Hofstetter P. Human health damages due to ionising radiation in Life Cycle Impact Assessment, paper accepted for publication in Environmental Impact Assessment Review, 20(2), 2000.
- [49] Hofstetter P. Perspectives in Life Cycle Impact Assessment; A Structured Approach to Combine Models of the Technosphere, Ecosphere and Valuesphere, Kluwers Academic Publishers, 1998.
- [50] Goedkoop M. The Eco-Indicator 95. RIVM Report 9523, Bilthoven, 1995.
- [51] Goedkoop M. The Eco-Indicator 95, Manual for Designers, NOH Report 9524, Update 11, 1996.
- [52] Frischknecht R. Life Cycle Inventory Analysis For Decision-Making, Diss ETH Nr.12599, Zürich, 1998.
- [53] Dreicer M., Tort V., Manen P. ExternE-Externalities of Energy, Vol. 5.: Nuclear Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN), edited by the European Commission DGXII, Science, Research and Development JOULE, Luxembourg, 1995.
- [54] Köllner T. Species-pool Effect Potentials (SPEP) as a yardstick to evaluate land-use impacts on biodiversity, Journal of Cleaner Production, 8(4), pp293-311, 2000.
- [55] Meent van de D., Klepper O. Mapping the Potential Affected Fraction (PAF) of Species as an Indicator of Generic Toxic Stress. RIVM report 607504001, RIVM Bilthoven, June 1997.
- [56] Müller-Wenk R. Depletion of Abiotic Resources Weighted on the Base of "Virtual" Impacts of Lower Grade Deposits in Future. IWÖ Diskussionsbeitrag Nr. 57, Universität St. Gallen, March 1998.
- [57] Murray C. J. L., Lopez A. D. Quantifying disability: data methods and results, Bulletin of the World Health Organisation, 72(3), pp481-494, 1994.

- [58] Dreyer L. C., Niemann A. L., Hauschild M. Z. Comparison of three different LCIA methods: EDIP97, CML2001 and Eco-indicator 99. Does it matter which one you choose? *Int.J.LCA*, 8(4), pp191-200, 2003.
- [59] Hauschild, M.Z., Wenzel, H. Environmental assessment of products. Vol. 2 - Scientific background, Chapman & Hall, United Kingdom, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA. USA, pp565, 1998.
- [60] Wenzel H., Hauschild M. Z., Alting L. Environmental assessment of products. Vol. 1 - Methodology, tools, techniques and case studies, Chapman & Hall, United Kingdom, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA. USA, pp544, 1997.
- [61] Potting J., Hauschild M. Background for spatial differentiation in life cycle impact assessment - the EDIP2003 methodology. Environmental project, Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, 2004.
- [62] Hauschild, M., Potting, J. Spatial differentiation in life cycle impact assessment – the EDIP 2003 methodology. Guidelines from the Danish Environmental Protection Agency, Copenhagen, No.80, 2005.
- [63] Bengt S. A Systematic Approach to Environmental Priority Strategies in Product Development (EPS). Version 2000 – General System Characteristics. Chalmers University of Technology, Centre for Environmental Assessment of Products and material Systems (CPM) Report 1999:4, Gothenburg, 1999.
- [64] Bengt S. A Systematic Approach to Environmental Priority Strategies in Product Development (EPS). Version 2000 – Models and Data. Chalmers University of Technology, Centre for Environmental Assessment of Products and material Systems (CPM) Report 1999:5, Gothenburg, 1999.
- [65] Jolliet O., Margni M., Charles R., Humbert S., Payet J., Rebitzer G., Rosenbaum R. IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology. *Int J. of LCA*, 8(6), pp324-330, 2003.
- [66] Crettaz P., Rhomberg L., Brand K., Pennington D. W., Jolliet O. Assessing Human Health Response in Life Cycle Assessment using ED10s and DALYs: Carcinogenic Effects; *Int. Journal of Risk Analysis*, 22(5), pp929-944, 2002.
- [67] Pennington D. W., Crettaz P., Tauxe A., Jolliet O., Assessing Human Health Response in Life Cycle Assessment using ED10s and DALYs: Non-Carcinogenic Effects; *Int. Journal of Risk Analysis*, 22(5), pp945-961, 2002.
- [68] Bare J. C., Norris G. A., Pennington D. W., McKone T. TRACI: The Tool for the Reduction and Assessment of Chemical and Other Environmental Impacts. *Journal of Industrial Ecology*, 6(3), pp49-78, 2003.
- [69] Itsubo N., Sakagami M., Washida T., Kokubu K., Inaba A. Weighting Across Safeguard Subjects for LCIA through the Application of Conjoint Analysis, *International Journal of LCA*, 9(3), pp196-205, 2004.
- [70] De Schryver A. M., Brakkee K. W., Goedkoop M. J., Huijbregts M. A. J. Characterization Factors for Global Warming in Life Cycle Assessment Based on

- Damages to Humans and Ecosystems. *Environmental Science and Technology*, 43(6), pp1689-1695, 2009.
- [71] Huijbregts M. A. J., Struijs J., Goedkoop M., Heijungs R., Hendriks A. J., Van de Meent D. Human population intake fractions and environmental fate factors of toxic pollutants in Life Cycle Impact Assessm. *Chemosphere*, 61(10), pp1495-1504, 2005.
- [72] Huijbregts M. A. J., Rombouts L. J. A., Ragas A. M. J., Van de Meent D. Humantoxicological effect and damage factors of carcinogenic and non-carcinogenic chemicals for life cycle impact assessment. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 1(3). pp181-244, 2005.
- [73] Van de Meent D., Huijbregts M. A. J. Evaluating ecotoxicological effect factors based on the Potentially Affected Fraction of species. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24(6), pp1573-1578, 2005.
- [74] Van Zelm R., Huijbregts M. A. J., Den Hollander H. A., Van Jaarsveld H. A., Sauter F. J., Struijs J., Van Wijnen H. J., Van de Meent D. European characterization factors for respiratory health damage due to PM10 and ozone in life cycle impact assessment. *Atmospheric Environment*, 42(3), pp441-453, 2008.
- [75] Brand G., Braunschweig A., Scheidegger A., Schwank O. Weighting in Ecobalances with the Ecoscarcity Method – Ecofactors 1997. BUWAL (SAFEL) Environment Series No. 297, Bern, 1998.
- [76] Müller-Wenk R. The Ecoscarcity Method as a Valuation Instrument within the SETAC Framework, in: Udo de Haes/Jensen/Klöpffer/Lindfors (Ed.): *Integrating Impact Assessment into LCA*, SETAC-Europe, Brussels, pp115-120, 1994.
- [77] Ahbe S., Braunschweig A., Müller-Wenk R. Methodology for Ecobalances Based on Ecological Optimisation, BUWAL (SAFEL) Environment Series No. 133, Bern, 1990.
- [78] Rosenbaum R. K., Bachmann T. M., Gold L. S., Huijbregts M. A. J., Jolliet O., Juraske R., Köhler A., Larsen H. F., MacLeod M., Margni M., McKone T. E., Payet J., Schuhmacher van de Meent M., Hauschild M. Z. USEtox - The UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in Life Cycle Impact Assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(7), pp532-546, 2008.
- [79] Maksimović R., Lalić B. Flexibility and Complexity of Effective Enterprises, *Strojniški vestnik - Journal of mechanical engineering*, 54(11), pp. 768- 782, 2008.
- [80] Borocki J., Ćosić I., Lalić B., Maksimović R. Analysis of Company Development Factors in Manufacturing and Service Company: a Strategic Approach, *Strojnicki vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 57(1), pp. 55-68, 2011.
- [81] Kothari R. et al. Waste-to-energy: A way from renewable energy sources to sustainable development, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14, pp. 3164–3170, 2010.

- [82] Münster M., Meibom P. Optimization of use of waste in the future energy system, *Energy*, 36(3), pp. 1612-1622, 2011.
- [83] Demirbas A. et al. Briquetting properties of biomass waste materials, *Energy sources*, 26(1), pp. 83-91, 2004.
- [84] Rosillo-Calle F. et al. *The Biomass Assessment Handbook - Bioenergy for a Sustainable Environment*, Earthscan, London, UK, 2007.
- [85] Boukis I. et al. Policy plan for the use of biomass and biofuels in Greece Part I: Available biomass and methodology, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, pp. 971–985, 2009.
- [86] Chau J. et al. Techno-economic analysis of wood biomass boilers for the greenhouse industry, *Applied Energy* 86, pp.364–371, 2009.
- [87] Caserini S. et al. LCA of domestic and centralized biomass combustion: The case of Lombardy (Italy), *Biomass and Bioenergy*, 34(4), pp. 474-482, 2010.