Procjena okolišnog utjecaja životnog vijeka energetskog transformatora

Drašković, Hrvoje

Professional thesis / Završni specijalistički

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:649274

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb







Fakultet strojarstva i brodogradnje Zagreb
poslijediplomski specijalistički studij

Procjena okolišnog utjecaja životnog vijeka energetskog transformatora

Z A V R Š N I R A D

Mentor:

dr.sc. Goran Đukić, izv.prof

Pristupnik:

mag.ing.stroj. Hrvoje Drašković

Zagreb, 2015

PODACI ZA BIBLIOGRAFSKU KARTICU:

UDK: _____

Ključne riječi: Održivo poslovanje, upravljanje zelenim lancima opskrbe – GSCM, okolišna održivost, Procjena životnog ciklusa – LCA, energetski transformator, emisija, energija, ugljični dioksid

Znanstveno područje: TEHNIČKE ZNANOSTI

Znanstveno polje: Strojarstvo

Institucija u kojoj je rad odrađen: Fakultet strojarstva i brodogradnje – Zagreb

Mentor rada: dr.sc. Goran Đukić, izv.prof.

Broj stranica: 82

Broj slika: 54

Broj tablica: 11

Broj korištenih bibliografskih jedinica: 38

Datum obrane: _____

Povjerenstvo: dr.sc. Goran Đukić, izv.prof.
dr.sc. Nedeljko Štefanić, red.prof.
doc.dr.sc. Žarko Janić

Institucija u kojoj je rad pohranjen: FSB Zagreb

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje
Poslijediplomski specijalistički studij
Smjer Industrijsko inženjerstvo i menadžment

Zagreb, 29.09.2014.

Zadatak za završni rad

Kandidat: Hrvoje Drašković, mag.ing.str.

Naslov zadatka: **Procjena okolišnog utjecaja životnog vijeka energetskog transformatora**

Sadržaj zadatka:

Zbog sve veće brige za očuvanjem okoliša, u poslovnim i proizvodnim procesima primjenjuju se kako brojne zakonske regulative, direktive i smjernice, tako i suvremeni koncepti upravljanja. Jedan od najširih koncepata u području upravljanja lancima opskrbe s naglaskom na okolišnu održivost jest koncept upravljanja zelenim lancima opskrbe, eng. Green Supply Chain Management (GSCM). S ciljem kvantificiranja okolišnog utjecaja proizvoda razvijena je i standardizirana metoda Life Cycle Assessment (LCA), koja uzima u obzir cijeli životni ciklus proizvoda (od izvora sirovina pa do oporabe ili odlaganja), odnosno cijeli put kroz spomenuti lanac opskrbe. Za potrebe provedbe LCA analize razvijeni su i brojni računalni programi (alati). Na primjeru energetskog transformatora kao jednog vrlo složenog proizvoda prikazati provedbu LCA analize korištenjem dostupnog alata SimaPro, a shodno propisanoj metodologiji.

U radu je potrebno:

- Dati prikaz koncepta GSCM (evolucija, stanje i trendovi, značaj).
- Dati prikaz zakonske regulative, standarda i direktiva vezanih uz okolišnu održivost, s posebnim naglaskom na one relevantne za djelatnost proizvodnje transformatora.
- Dati prikaz LCA metode (razvoj, standardi, prednosti, trendovi, računalni alati).
- Detaljno prikazati jedan od računalnih alata za provedbu LCA analize – SimaPro računalni program te pojasniti značaj i primjenu EcoInvent baze podataka sa kojom se program povezuje.
- Na odabranom primjeru energetskog transformatora ilustrirati proceduru LCA analize korištenjem spomenutog softvera i baze podataka.

Zadatak zadan:

Rad predan:

Mentor:	Predsjednik Odbora za poslijediplomske studije:	Voditelj smjera:
Dr.sc. Goran Đukić, izv.prof.	Dr.sc. Dubravko Majetić, red.prof.	Dr.sc. Nedeljko Štefanić, red.prof.

Zahvala

Najljepše se zahvaljujem mentoru rada, dr.sc. Goranu Đukiću, izv. prof., na prenesenim znanjima i savjetima kojima je pridonio izradi ovog završnog rada.

Veliko hvala prof.dr.sc. Nedjeljku Štefaniću, voditelju smjera Industrijskog inženjerstva i menadžmenta, na zanimljivim i poučnim predavanjima.

Srdačno se zahvaljujem g. Ivanu Milčiću kao direktoru tvrtke Končar-Energetski transformatori d.o.o., tvrtke koja istinski podupire održivo poslovanje na svim razinama kako bi stvorila bolje uvjete života za cijelu zajednicu. Ovim putem se zahvaljujem i svim kolegama koji su na neki način pridonijeli realizaciji ovog rada.

Najveće hvala mojoj obitelji i Mariji Spevak na pruženoj podršci tijekom pohađanja specijalističkog studija.

Sadržaj:

Predgovor III
Sažetak rada IV
Summary V
Popisi VI
Ključne riječi VI
Popis oznaka i skraćenica VI
Popis slika VIII
Popis tablica X
1. UVOD 1
2. OKOLIŠNA ODRŽIVOST I ZELENI LANCI OPSKRBE 3
2.1. Upravljanje zelenim lancima opskrbe – GSCM 3
2.2. GSCM u proizvodnji energetskih transformatora 7
3. LCA METODA 8
3.1. Povijest razvoja LCA metode 10
3.2. Razlozi primjene LCA metode 12
3.3. Pregled ISO standarda 12
4. PROCES IZRADE LCA ANALIZE 17
4.1. Cilj i obujam 18
4.1.1. Definiranje cilja 19
4.1.2. Definiranje obujma 19
4.2. Analiza inventara – LCI 22
4.3. Procjena utjecaja na okoliš – LCIA 23
4.3.1 Obavezni elementi LCIA - klasifikacija i karakterizacija 24
4.3.2 Opcionalni elementi LCIA faze 28
4.4. Interpretacija studije 30
5. RAČUNALNI ALAT ZA LCA ANALIZU 33
5.1. IMPACT 2002+ metoda procjene utjecaja na okoliš 35
5.2. Struktura Ecoinvent baze podataka 37
6. TRANSFORMATOR 41
7. LCA ANALIZA NA ENERGETSKOM TRANSFORMATORU 46

7.1. Cilj i obujam ... 46
7.2. Analiza inventara ("LCI") ... 48
7.2.1 Proizvodnja ... 48
7.2.1.1 Nabava komponenata i materijala ... 48
7.2.1.2 Proizvodnja transformatora ... 51
7.2.1.3 Transport ... 52
7.2.2 Rad transformatora ... 53
7.2.3 Kraj životnog ciklusa ... 54
7.3. Procjena utjecaja na okoliš ("LCIA") ... 56
7.3.1 Proizvodnja ... 57
7.3.1.1 Nabava komponenata i materijala ... 58
7.3.1.2 Proizvodnja transformatora ... 60
7.3.1.3 Transport ... 61
7.3.2 Rad transformatora ... 62
7.3.3 Kraj životnog ciklusa ... 64
7.3.4 Utjecaji na okoliš od cjelokupnog životnog vijeka ... 65
7.4. Interpretacija rezultata ... 72
8. ZAKLJUČAK ... 77
9. LITERATURA ... 79
10. Prilozi ... 81
11. Biografija autora ... 82

Predgovor

Briga za okoliš se pokazala kao jedna od esencijalnih tema unutar filozofije održivog poslovanja. Zadnjih desetljeća briga za okoliš evoluirala je u sveprisutnu filozofiju koja se tiče svih segmenata poslovanja. Evolucija filozofije okolišno održivog poslovanja posebno je vidljiva u rastućoj legilslativi koja definira obvezujuće stavke koje privatni i pravni subjekti moraju ispoštovati.

U modernom tržišnom poslovanju, inicijative koje idu ispred propisa, odnosno razumno primjenjene inicijative koje su opširnije od samih zakona, pravilnika i direktiva, pokazuju značajno dodavanje vrijednosti poslovnom subjektu koji ih uvodi. Proširivanjem okolišnih inicijativa na tvrtkine dobavljače i kupce izlazi se van granica samog subjekta te se dolazi do koncepta Zelenog lanca opskrbe – GSC (eng. Green Supply Chain) odnosno konceptom potrebe za upravljanjem istim – GSCM (eng. Green Supply Chain Management). GSCM je napredni koncept za koji možemo slobodno tvrditi kako je potpuno kompatibilan sa poslovnim filozofijama koje podrazumijevaju održivo poslovanje.

Budući da je politika održivog poslovanja integrirana u temeljnu misiju, viziju i strategiju tvrtke Končar-Energetski transformatori d.o.o. – KPT (eng. Končar-Power Transformers Ltd.) pravo je i obaveza tvrtke razumno primjenjivati inicijative okolišne održivosti koje pridonose stvaranju dodatne vrijednosti. Shodno navedenome, iskazala se potreba za izradom analize utjecaja na okoliš odnosno LCA (eng. Life Cycle Assessement) analize životnog ciklusa energetskog transformatora na primjeru proizvodnog portfelja.

Osnovan cilj analize je vidjeti u kojoj mjeri pojedine faze životnog vijeka energetskog transformatora utječu na okoliš te shodno tome izvući zaključke o tome koje su potencijalne metode za unaprijeđenja u smislu okolišno održivog poslovanja tvrtke.

Sažetak rada

Ovaj završni rad daje pregled osnovnih propisa koji služe zaštiti okoliša s naglaskom na proizvodnju energetskih transformatora. Nadalje, zajedno sa pregledom osnovnih propisa, dan je opis koncepta zelenih lanaca opskrbe kao jedne od inicijativa koja nadilazi samo poštovanje propisa te kao takav pruža priliku poslovnim subjektima da steknu kompetitivnu prednost na tržištu.

Predstavljena je Procjena životnog ciklusa (LCA) kao metoda koja podržava odnosno djeluje simbiotski sa zelenim inicijativama u lancima opskrbe te je primjenjena na primjeru energetskog transformatora kao strateškog elementa u električnim mrežama.

Prilikom provedbe analize objašnjene su sve bitne pretpostavke i posljedice koje one donose na konačan rezultat analize.

Na kraju, iznesena je diskusija rezultata koja služi kritici, kako primjeni metode na samom energetskom transformatoru, tako i potencijalu razvoja same metode.

Summary

This thesis gives a short overview of legislation regarding environmental sustainability with focus on market for power transformers. Modern business philosophies consider Green Supply Chain Management (GSCM) concept as initiative which greatly surpasses basic compliance with legislature. One can conclude that with reasonable application of GSCM initiatives, businesses can provide significant competitive advantage on the market.

Life Cycle Assessment (LCA) is a method which acts symbiotic together with GSCM initiatives. Generic description of LCA methodology is thoroughly explained. With regard to the goal of this thesis, a basic description of Power transformer as a strategic element in electrical power grid has been given.

After the above stated sections, a description of application of LCA on a power transformer has been given. Assumptions under which LCA is conducted are explained in order for the user of this thesis to understand which effects these assumptions have.

At the end of the thesis, critical discussion of results has been made which serves as a basis for conclusions regarding improvement potential of power transformer life cycle and LCA method itself.

Popisi

Ključne riječi

Održivo poslovanje, upravljanje zelenim lancima opskrbe – GSCM, okolišna održivost, Procjena životnog ciklusa – LCA, energetski transformator, emisija, energija, ugljični dioksid

Popis oznaka i skraćenica

Skraćenica / oznaka	(*korijen*) - značenje
eng.	*(English)* – izvorno engleski
GSC	*(Green Supply Chains)* – Zeleni lanci opskrbe
GSCM	*(Green Supply Chain Management)* – Upravljanje zelenim lancima opskrbe
KPT	*(Končar Power transformers Ltd.)* – Končar Energetski transformatori d.o.o.
LCA	(*Life Cycle Assesment)* – Procjena životnog ciklusa
EU	*(European Union)* – Europska Unija
EC	*(European Commision)* – Europska Komisija
EEA	*(European Economic Area)* – Europsko ekonomsko područje
ISO	*(International Standardization Organisation)* – Interancionalna organizacija za standardiziranje
EMS	*(Environmental Management System)* – Sustav upravljanja okolišem
SCM	*(Supply Chains)* – Lanci opskrbe
QR	*(Quick Response)* – Brz odaziv
ECR	*(Efficient Consumer Response)* – Efikasan odaziv na kupčev zahtjev
JIT	*(Just In Time)* – Točno na vrijeme
RFID	*(Radio Frequency Identification)* – Identifikacija pomoću radiofrekvencije
EDI	*(Electronic Data Interchange)* – Elektronska izmjena podataka
POS	*(Point of Sale)* – Prodajna točka
ED	*(Ecodesign)* – Eko-dizajn
DFE	*(Design for Environment)* – Okolišni dizajn
IE	*(Industrial Ecology)* – Industrijska ekologija
IS	*(Industrial Symbiosis)* – Industrijska simbioza
PS	*(Product Stewardship)* – Upravljanje resursima
EPR	*(Extended Producer Responisiblity)* – Produžena odgovornost proizvođača
REPA	*(Resource Environmental Profile Analysis) – Analiza okolišnog profila resursa*
SAD	Sjedinjene Američke Države
SETAC	*(Society of Environmental Toxicology and Chemistry) – Društvo okolišne toksikologije I kemije*
UNEP	*(United Nation Environmental Programme) – Okolišni program Ujedinjenih Naroda*
WRI	*(World Research Institute) – Svjetski istraživački institut*
PCR	*(Product Category Rules) – Pravila kategorije proizvoda*
PSR	*(Product Specific Requirements) – Zahtjevi specifičnih proizvoda*
ILCD	*(International Reference Life Cycle Data System) – Internacionalni sustava podataka o životnom vijeku*
KPI	*(Key Process Indicators) – Ključni pokazatelji procesa*
US EPA	*(United States Environmental Protection Agency) – Američka agencija za zaštitu okoliša*
EPD	*(Environmental Product Declaration) – Okolišna deklaracija proizvoda*
PO	*(Programme Operator) – Programsko vijeće*
LCI	*(Life Cycle Inventory) – Analiza inventara životnog vijeka*
LCIA	*(Life Cycle Impact Assessment)- Analiza utjecaja na okoliš*

Skraćenica / oznaka	(*korijen*) - značenje
IEC	*(International Electrotechnical Commitee) – Internacionalni elektrotehnički odbor*
CENELEC	*(European Commitee for Electrotechnical Standardization) – Europski odbor za standardizaciju u elektrotehnici*
ANSI	*(American National Standard Institute) – Američki nacionalni institut za standardizaciju*
IEEE	*(Institute od Electrical and Electronical Engineers) – Institut inženjera elektrotehnike i elektronike*
GOST	*(Gosudarstvennyy Standart) – Gospodarstveni standard*

Popis slika

Slika 1. Razvoj tradicionalnih lanaca opskrbe 4
Slika 2. GSCM koncept 5
Slika 3. Simbioza GSCM koncepta sa razvijenim metodama 6
Slika 4. Faze životnog vijeka proizvoda 8
Slika 5. Nomenklatura granica različitih faza životnog vijeka 9
Slika 6. LCA radni okvir 9
Slika 7. Povijest razvoja LCA metode 11
Slika 8. Tip I okolišne oznake – ISO 14024 13
Slika 9. Tip II okolišne oznake – ISO 14021 14
Slika 10. Tip III okolišne deklaracije – ISO 14025 15
Slika 11. Proces kreiranja PCR pravilnika 15
Slika 12. Proces kreiranja EPD deklaracije 16
Slika 13. Određivanje granica sustava 21
Slika 14. Iterativni proces LCI faze 22
Slika 15. Shema klasifikacije i kategorizacije 25
Slika 16. Okolišni mehanizam eutrofikacije 27
Slika 17. Interpretacija u odnosu na ostale faze LCA studije 30
Slika 18. Kategorije utjecaja metode IMPACT 2002+ 35
Slika 19. Struktura Ecoinvent baze podataka 38
Slika 20. Računalni programi u koje je inkorporirana Eco-invent baza podataka 38
Slika 21. Definicija tržišta u Eco-invent bazi 39
Slika 22. Struktura podataka u Ecoinvent bazi 40
Slika 23. Vrste transformatora i njihova namjena 42
Slika 24. Energetski transformator 43
Slika 25. Shema jezgre sa namotima 43
Slika 26. Komponente energetskog transformatora 44
Slika 27. Životni vijek energetskog transformatora 45
Slika 28. Definicija granica analize 47
Slika 29. Komponente transformatora 49
Slika 30. Postotni udjeli glavnih sklopova u ukupnoj masi 49
Slika 31. Vrste materijala po glavnim sklopovima 50
Slika 32. Postotni udio materijala u ukupnoj masi transformatora 51
Slika 33. Udio najveće nerastavljive u ukupnoj masi 53
Slika 34. Udio gubitaka praznog hoda u ukupnim gubicima 54
Slika 35. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u fazi proizvodnje 57
Slika 36. Udio iznosa generacije CO_2 po fazama proizvodnje 58
Slika 37. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 po sklopovima 58
Slika 38. Udio iznosa generacije CO_2 po sklopovima 59
Slika 39. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 po utrošenim resursima 60

Slika 40. Udio iznosa generacije CO_2 po utrošenim resursima..... 61
Slika 41. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 po transportnom sredstvu..... 62
Slika 42. Udio iznosa generacije CO_2 po transportnom sredstvu..... 62
Slika 43. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u radu transformatora..... 63
Slika 44. Udio iznosa generacije CO_2 u radu transformatora..... 63
Slika 45. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 tijekom oporabe..... 64
Slika 46. Udio iznosa generacije CO_2 tijekom oporabe..... 64
Slika 47. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u cjelokupnom životnom vijeku..... 65
Slika 48. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u cjelokupnom životnom vijeku..... 66
Slika 49. Udjeli pojedine životne faze po “mid-point“ kategorijama utjecaja..... 68
Slika 50. Udjeli pojedine životne faze po “end-point“ kategorijama utjecaja..... 69
Slika 51. Utjecaji na okoliš normalizirani po prosječnom europskom građaninu..... 71
Slika 52. Usporedba “mid-point“ utjecaja na okoliš - el. energija dobivena iz raznih izvora .. 73
Slika 53. Usporedba “end-point“ utjecaja na okoliš - el. energija dobivena iz raznih izvora .. 74
Slika 54. Odnos ukupnih okolišnih utjecaja po pojedinom izvoru el. energije..... 75

Popis tablica

Tablica 1. Ilustracija klasifikacije elementarnih tokova 24
Tablica 2. Ilustracija karakterizacije elementarnih tokova 25
Tablica 3.Ilustracija normalizacijskih vrijednosti pojedine kategorije 29
Tablica 4. Primjer tablice za identifikaciju udjela 31
Tablica 5. Primjer tablice za kontrolu potpunosti analize 32
Tablica 6. Sastavni dijelovi metode IMPACT 2002+ 36
Tablica 7. “End-point“ faktori karakterizacije - metoda IMPACT 2002+ 37
Tablica 8. Postotak odvajanja materijala 56
Tablica 9. Utjecaji na okoliš - “mid-point“ kategorije 67
Tablica 10. Utjecaji na okoliš - “end-point“ kategorije 67
Tablica 11. Normalizirani rezultati “end-point“ kategorija 70

1. UVOD

U tvrtkama koje imaju cilj poslovati dugoročno, nužno moraju biti ugrađene politike održivog poslovanja u svim segmentima. Održivost poslovanja se može podijeliti u tri kategorije: ekonomska, okolišna te društvena održivost.

Okolišna održivost je jedna od vrlo bitnih stavki koja ulazi u sve pore poslovnog djelovanja. Tako definirana, znatno utječe na poslovne te proizvodne procese. Obzirom da je politika održivog poslovanja integrirana u temeljnu misiju, viziju i strategiju tvrtke Končar-Energetski transformatori d.o.o. – KPT (eng. Končar-Power Transformers Ltd.) pravo je i obaveza tvrtke razumno primjenjivati inicijative okolišne održivosti koje pridonose stvaranju dodatne vrijednosti. Shodno navedenome, iskazala se potreba da se izradi analiza utjecaja na okoliš odnosno LCA (eng. Life Cycle Assessement) analiza životnog ciklusa energetskog transformatora na primjeru proizvodnog portfelja. U radu je dan osnovan pregled propisa koji podržavaju okolišno održivo poslovanje. Shodno navedenome, struktura rada je kako slijedi.

U drugom poglavlju objašnjen je koncept GSCM te je dan pregled propisa koji se tiču okolišne održivosti vezane uz proizvodnju energetskih transformatora. Svjedoci smo kako se u posljednje vrijeme briga poslovnih subjekata u smislu okolišne održivosti proširila i izvan njihovih nominalnih granica. Razlog tome je činjenica da na krajnji proizvod utječe cijeli lanac opskrbe. Zeleni lanci opskrbe odnosno GSC (eng. Green Supply Chains) je koncept koji sadržava čitav niz metodologija u smislu unaprjeđivanja okolišne održivosti čitavog lanca opskrbe unutar kojeg se nalazi više subjekata. Unutar vrlo širokog GSCM koncepta nalazi se i LCA metoda. LCA je metoda za kvantificiranje utjecaja na okoliš pojedinih proizvoda koja uzima u obzir kompletan životni ciklus, počevši od proizvodnje sirovih materijala pa do konačnog odlaganja odnosno recikliranja materijala. Spomenuta LCA metoda u ovom radu je primijenjena na primjeru životnog vijeka energetskog transformatora.

U trećem poglavlju objašnjena je LCA metoda zajedno sa svojim mogućnostima i ograničenjima. U četvrtom poglavlju prikazan je proces izrade LCA analize. Budući da su razvijeni računalni programi koji služe za lakšu provedbu LCA analize, u petom poglavlju dan opis jednog od najčešće korištenih računalnih programa za LCA analizu – SimaPro.

Nakon usvajanja LCA metodologije, u šestom je poglavlju dan opis energetskog transformatora kako bi se uvidjele generalne tehničke specifičnosti takvog proizvoda. Određena razina razumijevanja proizvoda esencijalna je za provedbu i razumijevanje LCA analize. Prilikom opisa proizvoda stavljen je naglasak je na komponentu utjecaja na okoliš kako bi kasnije bilo jasno zbog čega i na koji način su pojedine stavke uzete u obzir prilikom izrade analize.

Nakon opisa opće LCA metodologije i opisa samog proizvoda, u sedmom je poglavlju prikazana provedba LCA analize na primjeru energetskog transformatora. U procesu provedbe objašnjene su sve specifičnosti primjene na energetskom transformatoru, a u svrhu temeljitog objašnjavanja procesa. Rezultati LCA analize prikazani su i komentirani kako bi se stvorio preduvjet za kreiranje zaključaka.

Na kraju rada dan je zaključak sa pregledom mogućih poboljšanja u procesu izrade LCA analize te mogućih unaprjeđenja u životnom vijeku energetskog transformatora a u svrhu smanjivanja utjecaja na okoliš.

2. OKOLIŠNA ODRŽIVOST I ZELENI LANCI OPSKRBE

U Hrvatskoj je na snazi Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13) čije je poštivanje temelj održivog poslovanja i kao takav predstavlja najosnovniju razinu okolišne održivosti koje subjekt mora ispuniti. Zakon o zaštiti okoliša je temeljen na pravnoj stečevini Europske Unije - EU. Zakon o zaštiti okoliša propisuje prava i obaveze pojedinih subjekata. Prava i obaveze su i velikom dijelu definirane pomoću poveznica na EU Uredbe i podzakonske akte.

Uz imperativ poštovanja Zakona o zaštiti okoliša i ostalih direktiva EU, vlasnici poslovnih subjekata često implementiraju i druge politike okolišne odgovornosti a u svrhu povećavanja dodane vrijednosti. Slijedeća razina okolišne održivosti je usvajanje relevantnih standarda. Iskustvo pokazuje kako je u proizvodnji energetskih transformatora implementacija osnovnih standarda koji se tiču okolišne održivosti imperativ za osiguravanje opstanka na svjetskom tržištu. Jedan od najvažnijih standarda koji propisuju temeljne principe okolišne održivosti je serija standarda ISO 14000.

ISO 14001 je temeljni standard serije ISO 14000 čijom primjenom tvrtka uspostavlja Sustav upravljanja okolišem – EMS (eng. Environmental Management System). Standard ne propisuje konkretne zahtjeve na okolišne performanse već uspostavlja radni okvir koji organizacija mora slijediti kako bi uspostavila efektivni EMS.

Visoka razina politike okolišno održivog poslovanja je implementacija tzv. zelenih inicijativa u lancima opskrbe.

2.1. Upravljanje zelenim lancima opskrbe – GSCM

Uz proizvodnju, nabava i logistika su jedne od temeljnih aktivnosti koje svaka proizvodna tvrtka provodi, bez istih odnosno bez osiguravanja unosa (eng. input) ne postoji mogućnost proizvodnje i dostave iznosa (eng. output). Procesi nabave i logistike datiraju iz najranije povijesti čovječanstva. Kvalitetni odjeli koji se bave nabavom i logistikom su izričito bitni za održivo poslovanje tvrtki. U prosjeku je oko 50% tvrtkinih troškova uzrokovano aktivnostima u lancima opskrbe.[5]

Lanac opskrbe – SC (eng. Supply Chain) je sustav međusobno ovisnih proizvođača, distributera i potrošača koji su direktno ili indirektno uključeni u dostavljanje proizvoda ili usluga krajnjem kupcu. Možemo reći kako su resursi, proizvodi, informacije i otpad glavni objekti koji putuju unutar lanaca opskrbe. Upravljanje lancima opskrbe -– SCM (eng. Supply Chain Management) je koncept sustavnog i strateškog upravljanja lancem opskrbe putem poslovnih funkcija kako unutar pojedine tvrtke tako i uzduž cijelog lanca. Upravljanje lancem opskrbe ima za cilj ostvarivanje dodatne vrijednosti cijelog lanca opskrbe te posljedično i svih pojedinih dionika istog [6,7].

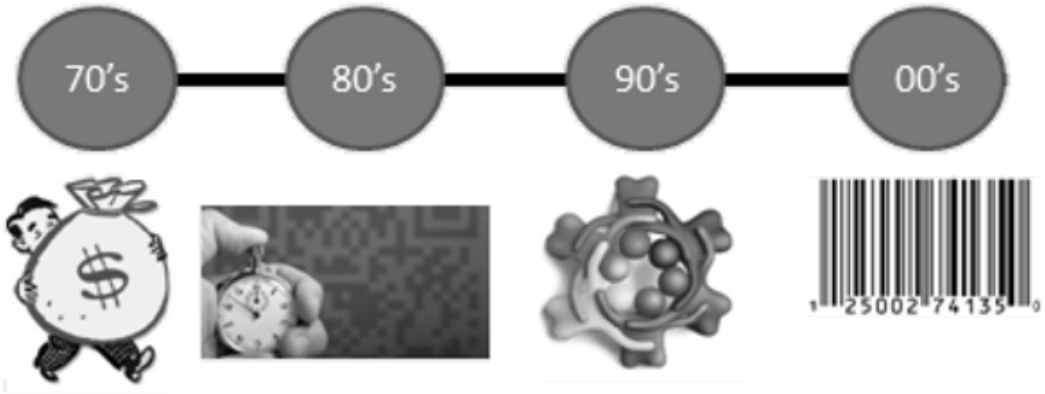
U dvadesetom su stoljeću tradicionalni lanci opskrbe doživjeli značajne promjene. Sedamdesetih godina i osamdesetih godina prošlog stoljeća tvrtke su bile fokusirane na

interne procese. Ta promjena je uzrokovala smanjivanje troškova u vidu smanjivanja volumena skladišta, "lead" vremena i sigurnosnih zaliha.

Tijekom osamdesetih godina razvijene su inicijative koje su pokrenule implementaciju koncepata brzog odziva – QR (eng. Quick Response) te efikasnog odziva – ECR (eng. Efficient Consumer Response). Navedene inicijative djeluju u simbiozi sa JIT (eng. Just In Time) i Kanban inicijativama u tvrtkinim procesima. Tijekom 80tih godina pojavljuje se termin SCM sa čime je označen početak orijentacije tvrtki na procese koji se odvijaju izvan njihovih nominalnih granica.

Devedesetih godina tvrtke počinju shvaćati važnost stvaranja partnerstva sa svojim dobavljačima u vidu intenziviranja izmjene informacija i resursa što konačno rezultira u relativno visokom stupnju integracije subjekata unutar lanaca opskrbe.

Razvojem informacijske tehnologije poput RFID (eng. Radio Frequency Identification), EDI (eng. Electronic Data Interchange), POS (eng. Point of Sale) itd., u prvim godinama prošlog desetljeća lanac opskrbe evoluira u vrlo visok stupanj integracije dobavljača, proizvođača i kupaca. Tako integrirani subjekti u lancima opskrbe su vrlo fleksibilni, efikasni i pouzdani međusobni partneri što u konačnici rezultira visokim smanjenjem troškova i povećanjem dobiti. Ilustracija razvoja tradicionalnih lanaca opskrbe dana je na slici 1, prema [5], a shodno opisu prethodno u tekstu.



Slika 1. Razvoj tradicionalnih lanaca opskrbe

U posljednjih desetak godina razvio se koncept Upravljanja zelenim lancima opskrbe – GSCM (eng. Green Supply Chain Management) koji u konvencionalne lance opskrbe ugrađuje politiku okolišne održivosti u smislu podrške prilikom provođenja odluka. GSCM koncept omogućuje holističku implementaciju održivih politika poslovanja na sistematičan način a u svrhu zadovoljavanja specifičnih ciljeva poslovne održivosti poput profitabilnosti, kontinuiranog unaprjeđenja procesa, okolišne održivosti, itd.

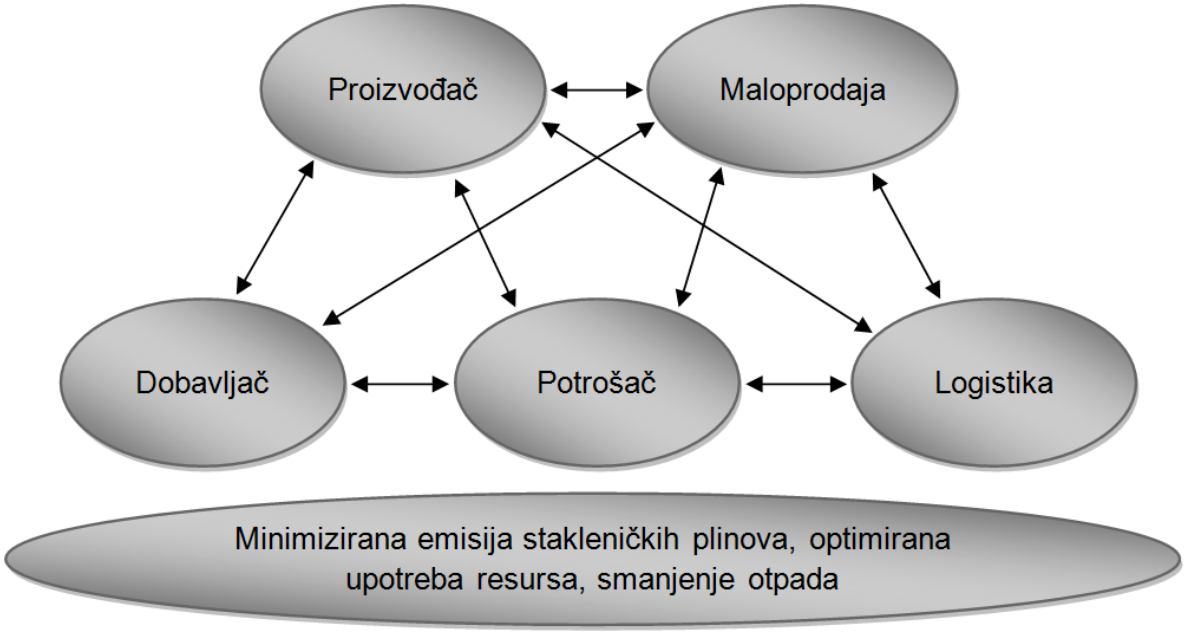
U tradicionalnom lancu opskrbe, tok materijala i informacija je manje-više linearan od početnog dobavljača sve do krajnjeg korisnika što ograničava transparentnost i mogućnost suradnje u vidu unaprjeđivanja okolišnih performansi subjekata unutar lanca opskrbe.

S druge strane GSCM koncept uzima u obzir okolišne performanse svih procesa unutar lanca opskrbe počevši od ekstrakcije ruda do odlaganja proizvoda. Unutar zelenog lanca opskrbe, svaki dionik lanca opskrbe potiče partnere na unaprjeđenje okolišnih performansi u vidu izmjene informacija, davanja smjernica i podrške. Podrška može pružati kroz programe unaprjeđivanja dobavljač ili edukacije kupaca. Koncept GSCM podrazumijeva višu razinu integracije subjekata unutar lanca opskrbe od onog tradicionalnog.

Neki od ključnih značajki koje razlikuju tradicionalne i zelene lance opskrbe:

- Predanost Uprave kontinuiranom unaprjeđenju procesa u vidu zelenih inicijativa unutar lanaca opskrbe
- Dopuštanje dobavljačima kreiranje specifikacija, opcija i alternativa tijekom faze projektiranja odnosno konstruiranja
- Efikasna upotreba modernih tehnologija u smjeru upravljanja informacijama, analizi scenarija te donošenju odluka u cijelom lancu opskrbe
- Promjena mentaliteta u smjeru izlaska nabave iz tradicionalnih granica tvrtke što kreira rigidne uvjete u kojima je otežana izmjena, sakupljanje i analiza informacija.
- Kreiranje uvjeta poslovanja koji transformiraju održivost u pitanje troškova

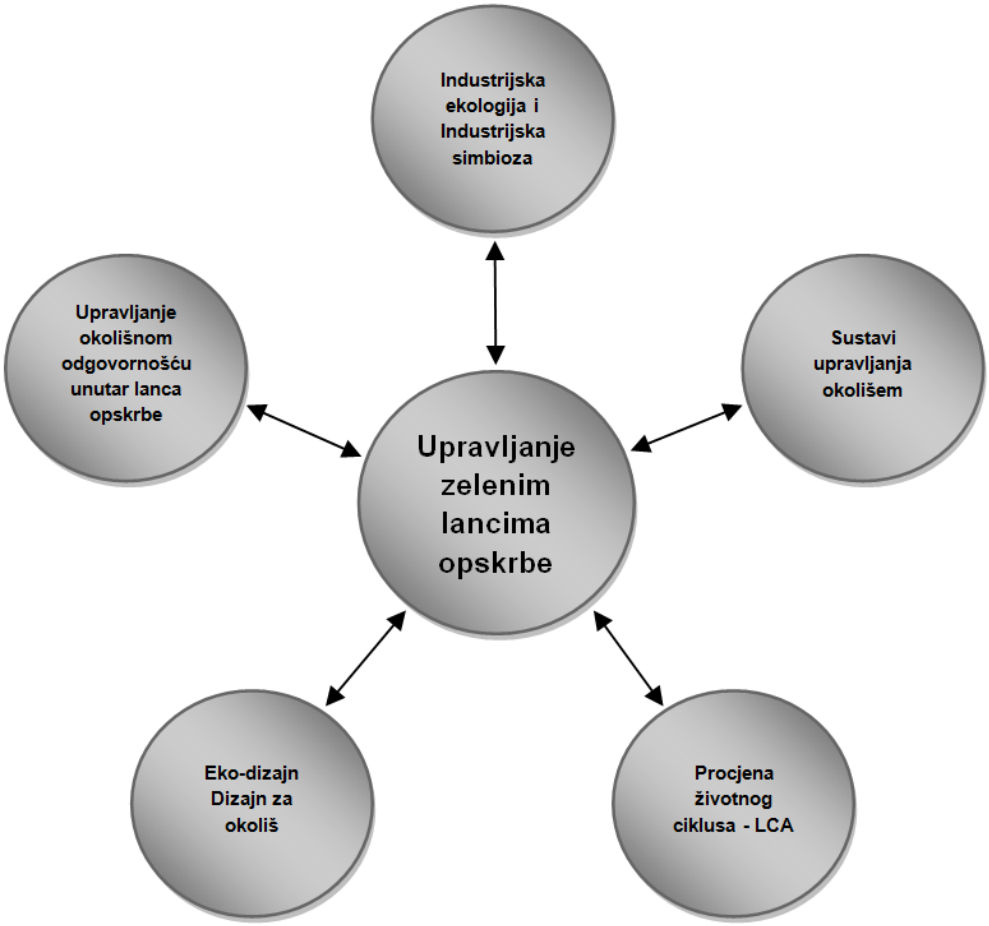
Prikaz koncepta GSCM prema [8], dan je na slici 2.



Slika 2. GSCM koncept

Tijekom vremena, od strane mnogih stručnjaka razvijene su i metode koje su sastavni dio odnosno djeluju u simbiozi sa konceptom Zelenih lanaca opskrbe. Nameće se zaključak kako GSCM koncept podrazumijeva primjenu mnogih metoda i filozofija kako i slijedi prema slici 3.[5]

- Sustavi upravljanja okolišem – EMS[1] (eng. Environmental management systems)
- Procjena životnog ciklusa – LCA[2] (eng. Life Cycle Assesment)
- Eko-dizajn odnosno dizajn za okoliš – ED[3], DFE[4] (eng. Ecodesign, Design for Environment)
- Industrijska ekologija i Industrijska simbioza– IE[5], IS[6] (eng. Industrial Ecology, eng. Industrial Symbiosis)
- Upravljanje okolišnom odgovornošću unutar lanca opskrbe – EPR[7], PS[8] (eng. Extended Producer Responsibility and Product Stewardship)



Slika 3. Simbioza GSCM koncepta sa razvijenim metodama

[1] EMS – sustav upravljanja okolišem definiran ISO 14001 standardom
[2] LCA – procjena životnog ciklusa definirana ISO 14040/44 standardima
[3] ED – unaprijeđivanje okolišnog utjecaja proizvoda tijekom faze projektiranja reguliran EU direktivama
[4] DFE – unaprijeđivanje okolišnog utjecaja proizvoda tijekom faze projektiranja u sklopu US EPA agnecije
[5] IE – metode analize toka materijala i energije u industrijskim sustavima
[6] IS – dijeljenje resursa u industrijskim sustavima (npr. otpad jednog subjekta je input drugom subjektu)
[7] EPR – metoda u kojoj se odgovornost za resurse potrebne za provedbu krajnje faze životnog vijeka proizvoda alocira na proizvođača
[8] PS – metoda u kojoj se odgovornost za resurse potrebne za provedbu krajnje faze životnog vijeka proizvoda alocira na dionike lanca opskrbe

2.2. GSCM u proizvodnji energetskih transformatora

U proizvodnji energetskih transformatora GSCM inicijative se očituju u mnogim stavkama. Tvrtke koje se bave proizvodnjom energetskih transformatora imaju ugrađene politike okolišno odgovornog poslovanja i razvoja partnerstva unutar lanca opskrbe u svoje misije, vizije i strategije. Navedene dvije stavke predstavljaju temelj na kojima su bazirane sve inicijative koje se tiču GSCM koncepta.

U proizvodnji energetskih transformatora se zelene inicijative unutar lanca opskrbe često očituju u Uputama za provođenje poslovanja (eng. Code of conduct) koji potpisuje dobavljač. U tim uputama, između ostalog, nalaze se i principi okolišno odgovornog poslovanja. Potpisivanje takvog dokumenta ima za cilj stvaranje obaveza dobavljača da poštuje principe okolišno odgovornog poslovanja koji najčešće idu ispred same legislature pod čiju jurisdikciju dobavljač spada.

Tvrtke koje žele povećati okolišne performanse svojih dobavljača često kategoriziraju dobavljače prema okolišnom utjecaju koje njihovi procesi prouzrokuju. Dobavljači se mogu kategorizirati u tri kategorije kako slijedi: mali ili zanemariv, značajan te visok utjecaj na okoliš. Shodno provedenoj kategorizaciji, potrebno je provoditi relevantne aktivnosti utvrđivanja razine okolišno odgovornog poslovanja dobavljača.

Vrijedno je spomenuti programe unaprjeđenja energetske efikasnosti dobavljača. U prvom koraku se dobiva pregled njihova statusa u smislu energetske efikasnosti. U drugom koraku se razvija platforma u kooperaciji kupac-dobavljač na kojem se dogovaraju ciljevi i operativna provedba unaprjeđenja energetske efikasnosti. U trećem koraku kupac pruža podršku prilikom provedbe zadanih ciljeva.

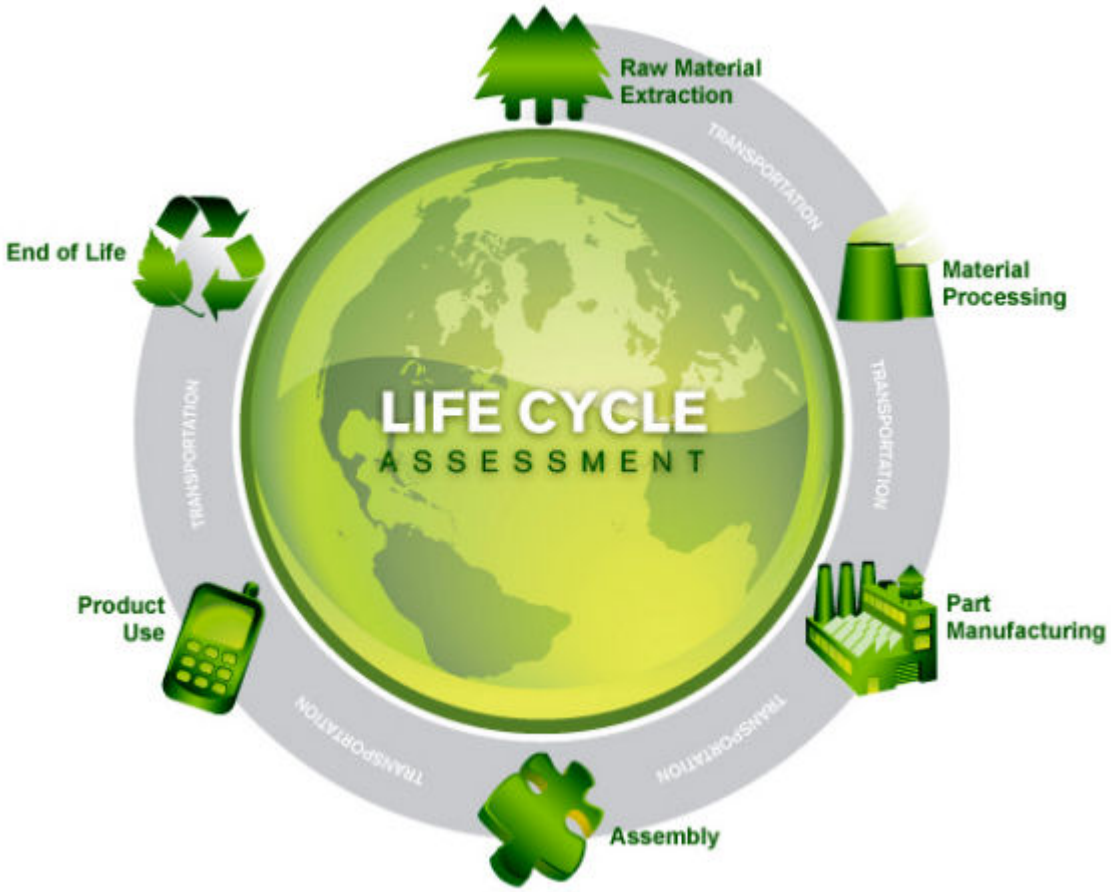
Važan primjer zelene inicijative u proizvodnji energetskih transformatora je nedavno objavljena Uredba Europske Komisije – EC (eng. European Commision) br. 548/2014 od 21.05.2014. o provedbi Direktive 2009/125/EZ Europskog parlamenta i Vijeća u pogledu malih, srednjih i velikih transformatora (Direktiva ekološkog dizajna, eng. Eco-Design Directive). Tom se Uredbom obvezuju svi subjekti koji su u procesu proizvodnje odnosno nabavljanja novih energetskih transformatora a nalaze se u području Europskog Ekonomskog Područja - EEA (eng. Europe Economic Area) da proizvode odnosno kupuju transformatore koji su u skladu s kriterijima efikasnosti određenim Uredbom odnosno Direktivom. Iako se navedena Direktiva primjenjuje već neko vrijeme, ista postaje obvezna za primjenu od srpnja 2015. godine. Radna skupina Europske Komisije je utvrdila kako je uvođenjem direktive podignuta razina efikasnosti transformatora za otprilike 20%[3].

Slijedeći primjer koji pokazuje važnost zelenih inicijativa u lancima opskrbe proizvodnje energetskih transformatora je izdavanje okolišnih deklaracija (eng. Environmental Product Declaration) i postojanje smjernica (eng. Product Category Rules) koje se tiču evaluacije okolišnih performansi. Navedeni dokumenti biti će detaljnije opisani u poglavlju 3.3.

3. LCA METODA

LCA (eng. Life Cycle Assessement) je metoda s znanstvenom bazom i služi određivanju utjecaja na okoliš nekog proizvoda ili procesa u kvantitativnom smislu. LCA je standardizirana metoda putem relevantnih ISO standarda koji su detaljno opisani u poglavlju 3.3.

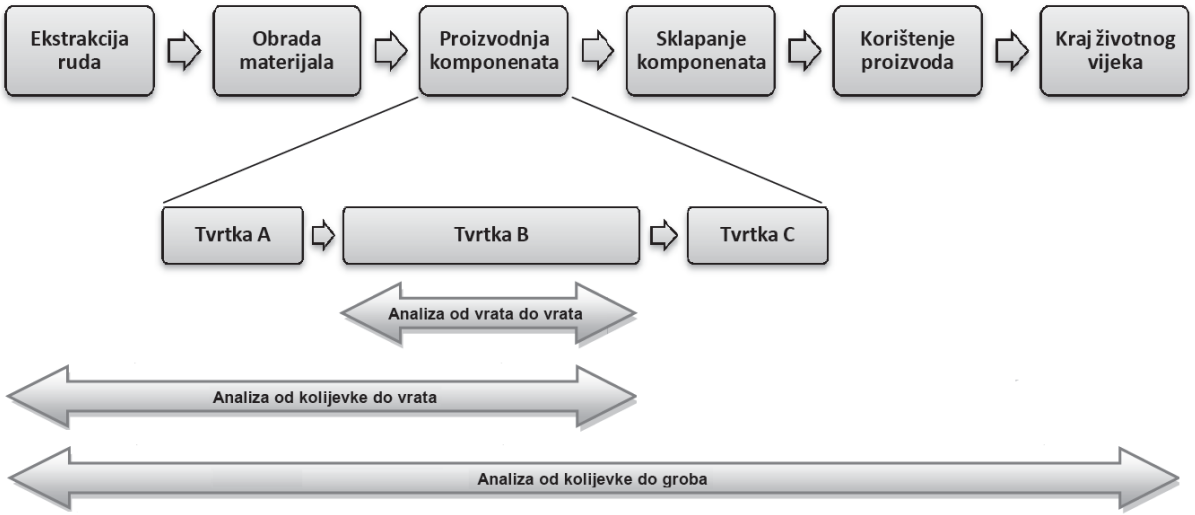
U mnogim slučajevima LCA pruži podršku raznim (poslovnim) subjektima tijekom procesa odlučivanja u svim fazama životnog ciklusa. Aktivnost u smislu podrške i provedbe LCA metode podrazumijeva sposobnost komuniciranja okolišnih utjecaja proizvoda i procesa[11,12]. Tipični ciklusi životnog vijeka koje LCA analiza uzima u obzir prikazani su na slici 4, prema [14].



Slika 4. Faze životnog vijeka proizvoda

Intuitivno se može zaključiti kako je uzimanje u obzir svih faza životnog ciklusa poput ekstrakcije ruda (eng. Raw Material Extraction), obrade materijala (eng. Material Processing), proizvodnje komponenata (eng. Part Manufacturing), sklapanja komponenata (eng. Assembly), korištenja proizvoda (eng. Product Use) te kraja životnog vijeka (eng. End of Life) vrlo kompleksno. Kompleksnost izrade LCA analize se očituje u potrebi za kvantifikaciranjem interakcije pojedine životne faze sa ostalim životnim fazama te istovremeno sa okolinom a kako bi analiza koristila svrsi.

Na slici 5, prema [15], dan je prikaz faza životnog vijeka proizvoda i tipična nomenklatura koja se koristi prilikom definiranja granica analiza.

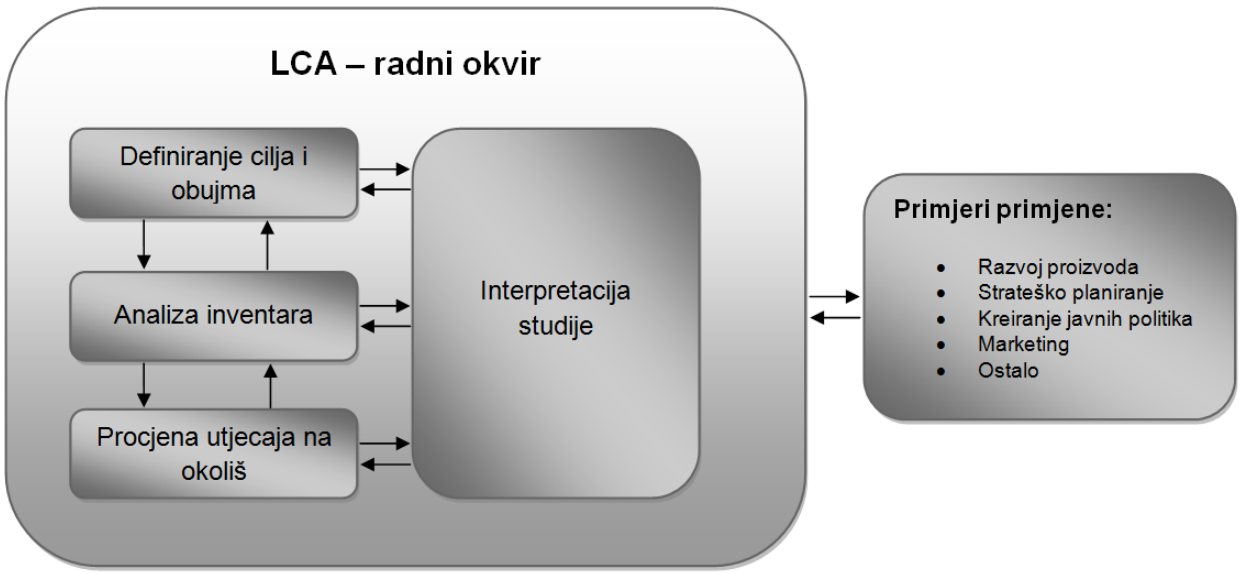


Slika 5. Nomenklatura granica različitih faza životnog vijeka

LCA studija se prema ISO 14040 sastoji od 4 glavne faze:

1. Definiranje cilja i obujma LCA analize
2. Analiza inventara - LCI (eng. Life Cycle Inventory) faza
3. Procjena utjecaja na okoliš - LCIA (eng. Life Cycle Impact Assessement) faza
4. Interpretacija studije

Faze LCA analize, prema [16], zajedno sa primjenama dane su na slici 6.



Slika 6. LCA radni okvir

3.1. Povijest razvoja LCA metode

Ljudi su kroz svoju povijest dugoročno koncentrirani na efikasnost proizvoda i usluga. Moderan čovjek često je sklon propitkivati disipiranu energiju u procesu odnosno koja je ukupna korist procesa te koliko je energije potrebno da bi se određeni proces proveo i na kraju određeni cilj postigao. Često se ispituju i implikacije koje određeni proces ima na okoliš te kako možemo identificirati optimalne procese u okviru načela održivosti.

Nakon drugog svjetskog rata, nove tehnologije "proizvodnje" energije poput nuklearne, geotermalne, energije vjetra te ostalih obnovljivih izvora energije potaknule su izradu detaljnijih analiza u smislu efikasnosti iskorištavanja energije. Pitanje planiranja, projektiranja i analize iskorištavanja energije postalo je izrazito kompleksno, sistematično i sofisticirano. [11]

U početku su uobičajene tehnike služile za procjenu i analizu proizvodnje određene jedinice proizvoda, uzimajući u obzir neposredne ulazne sirovine i energiju u proizvodnim sustavima. S vremenom su sve modernije i kompleksnije tehnologije korištene u proizvodnji te je iste bilo potrebno analizirati što je zahtijevano unaprjeđenje metoda. Ilustracije radi, pitanje da li proizvodnja tehnologija potrebnih za proizvodnju energije iz nuklearnih izvora traži više resursa nego što ih sami nuklearni izvori predaju, dovelo je istraživače da prošire granice svojih razmatranja van proizvodnih prostora same elektrane. Istraživači su u tom slučaju analizirali procese poput rudarenja urana, upravljanja otpadom, transporta, itd. Spomenute analize mogu se nazvati pretečom LCA metode, odnosno sistematične procesno orijentirane metode za identifikaciju unosa u proizvodnji i uslugama.[11]

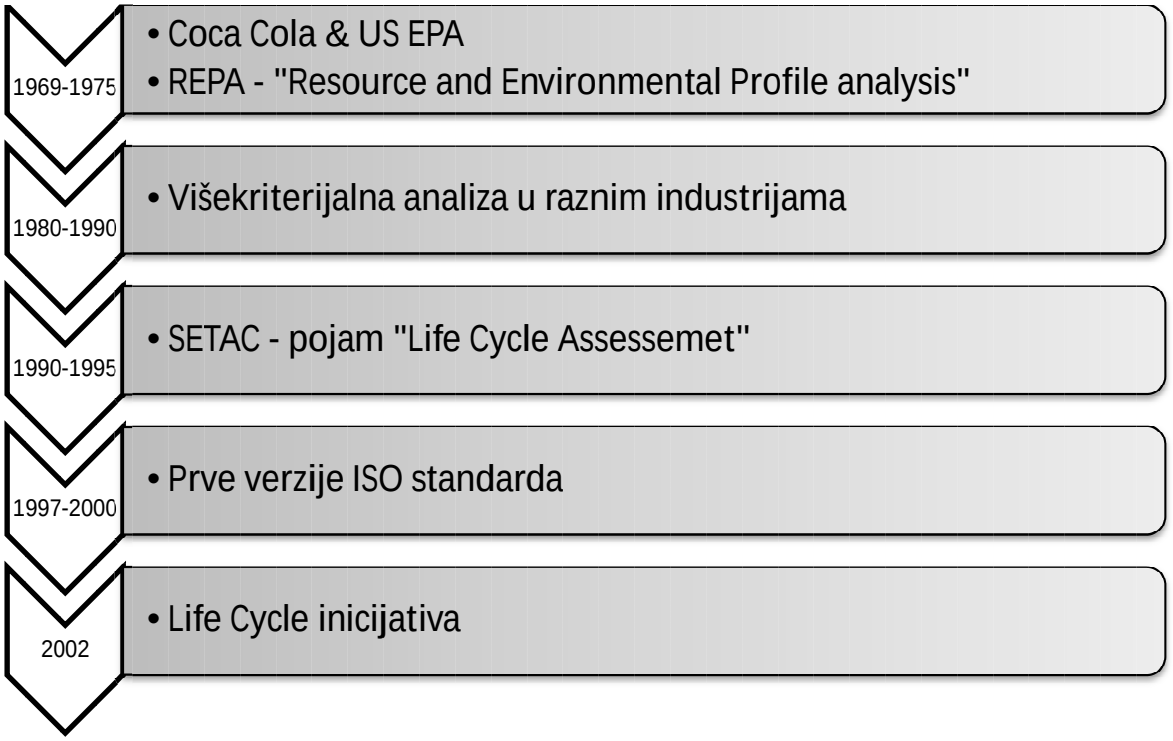
U kasnima 60tim godinama prošlog stoljeća pokrenute se prve tzv. REPA (eng. Resource Environmental Profile Analyses) analize koje se mogu nazvati prethodnicom moderne LCA analize. Bitno je napomenuti kako je Coca Cola podržala rad grupe koja je istraživala resurse i okolišni profil različitih materijala korištenih u pakiranju njihovih proizvoda. Nedostaci nafte u ranim 70tim godinama prošlog stoljeća prouzrokovali su promjenu fokusa na efikasnost trošenja energije.

Tijekom 80tih godina prošlog stoljeća višekriterijalne analize proširile su sa na industriju kućanskih aparata, automobilsku industriju, gradnju itd. Počeli su se koristiti međusobno analogni pojmovi poput eko-balansa, analize od kolijevke do groba, analize životnog ciklusa, itd. U devedesetim godinama prošlog stoljeća je naziv Life Cycle Assesment predložen od strane participanata radnih sastanaka u Vermontu u SAD-u koje je organizirala udruga SETAC (eng. Society of Environmental Toxicology and Chemistry). Nakon koncepcije naziva uslijedio je brz razvoj same metode i tijekom vremena, LCA je evoluirala u sistematsku, interdisciplinarnu i analitičku metodu za procjenu okolišnog utjecaja. SETAC je tada omogućio proboj metode širokoj grupi profesionalaca u poslovnom svijetu izdavanjem

«best-practice» smjernica za kvalitetnu i pragmatičnu izradu LCA analize. Izdane su smjernice za primjenu u javnom i ostalim sektorima proizvodnje i usluga.

U razdoblju od 1997-2000 izdane su prve verzije niza internacionalnih ISO standarda koji između ostalog definiraju različite faze u LCA metodologiji. Izdavanje standarda pokazalo se esencijalno u smislu prepoznavanja važnosti upotrebe metoda koje služe za upravljanje okolišnim politikama. U 2002. godini, UNEP (eng. United Nations Environment Programme) i SETAC oformljuju tzv. Life Cycle Inicijativu koja služi kao podrška razvoju i širenju LCA metodologije. Inicijativa se temelji na iskustvima u više zemalja EU, SAD-a i Japana. Cilj inicijative je pokretanje ljudi u smjeru sistematskog cjeloživotnog razmišljanja i djelovanja. Inicijativa se fokusirala na brzorastuće ekonomije u Aziji, Africi i Južnoj Americi. [17]

Posljednjih desetljeća su se industrijske odnosno proizvodne politike promijenile pod utjecajem globalizacije, često u smjeru ekonomsko nerazvijenih zemalja. Ljudi sa znatnim iskustvom u pogledu razmatranja životnog vijeka proizvoda pratili su ekonomske migracije istovremeno razvijajući nove metode i tehnike za kvantificiranje okolišnih utjecaja sustava proizvodnje i proizvodnje. Opisani prikaz razvoja LCA metode dan je na slici 7.



Slika 7. Povijest razvoja LCA metode

U zadnje vrijeme uzimanje u obzir životnog vijeka uzima sve veću ulogu u kreiranju okolišnih politika. Sve više dionika poslovnih subjekata osjeća pritisak zajednice u smjeru smanjenja okolišnog utjecaja asociranog sa globalnim iskorištavanjem resursa. Možemo biti svjedoci da danas osim pritiska državnih institucija postoji i onaj koji dolazi iz sfera privatnog vlasništva. Korporacije su prepoznale potrebu za preuzimanjem tih inicijativa na sebe odnosno svoje lance opskrbe. U današnje vrijeme tendencija je razvoja tzv. PCR-ova (eng.

Product Category Rules) koje su izrađene od strane državnih i trgovinskih organizacija a služe za standardizaciju procesa izrade LCA analize za pojedine vrste proizvoda. Paralelno, Europska Komisija je 2010. izdala ILCD (eng. International Life Cycle Data System) priručnik koji služi kao dokument sa smjernicama namijenjenim političkim i gospodarskim subjektima prilikom izvršenja svojih aktivnosti poput realizacije ugovora, pisanja pravilnika itd.

3.2. Razlozi primjene LCA metode

Vrlo bitno je pojasniti razloge zbog kojih se LCA analize primjenjuju kako u javnom tako i u privatnom sektoru. Jedna od najvećih prednosti je identifikacija prilika za unaprjeđenje pomoću otkrivanja kritičnih točaka u životnom vijeku proizvoda. Analiza utjecaja pojedinih životnih ciklusa na ukupan utjecaj na okoliš od cijelog životnog vijeka još je jedan bitan čimbenik koji može pružiti podršku prilikom kreiranja i provedbe poslovne strategije. Na temelju spoznaja LCA analize moguće je donositi odluke imajući u vidu cijeli životni vijek proizvoda što znatno pridonosi održivosti poslovanja.

LCA metoda pridonosi razvoju metrike i identifikacije KPI (eng. Key Process Indicators) pokazatelja koje koriste tvrtke i njeni vlasnici kako bi imali kvalitetan uvid u situaciju odnosno okolišne i ekonomske performanse poslovnih subjekata.

Usvajanjem LCA metodologije unutar tvrtke moguće je uspoređivati proizvode i jasno odrediti međusobne prednosti i mane u smislu okolišnog utjecaja. U posljednje vrijeme vidi se i tendencija usvajanja LCA metodologije preko kompletnih industrija odnosno branši što omogućuje kvalitetan "benchmarking" odnosno usporedbu sa konkurencijom.

Spoznaje iz LCA analize mogu se i koristiti u dizajniranju budućih procesa a u svrhu minimiziranja utjecaja na okoliš. Pomoću istih spoznaja može se pridonijeti konstruiranju ili odabiru proizvoda koji su podložni "eco-labelingu" ili raznim stimulacijama od strane državnih institucija (kao primjerice US EPA, eng. United States Environmental Protection Agency). Što se tiče marketinga, LCA analiza je podloga za kreiranje EPD (eng. Environmental Product Declaration) deklaracija kojom se može dokazati okolišna superiornost proizvoda odnosno usluga.

3.3. Pregled ISO standarda

Glavni standardi koji propisuju odnosno tiču se LCA metodologije jesu

- ISO 14040: Life Cycle assessment - Principles and Framework
- ISO 14044: Life Cycle assessment - Requirements and Guidelines
- ISO 14020: Environmental labels and declarations – General principles
- ISO 14024: Environmental labels and declarations – Type I environmental labelling
- ISO 14021: Environmental labels and declarations – Type II environmental labelling
- ISO 14025: Environmental labels and declarations– Type III environmental declarations

ISO 14040 propisuje radni okvir za izradu LCA analize, dok ISO 14044 specificira zahtjeve i smjernice za provedbu LCA studije.

Izvori pišu kako su ISO standardi pisani nejasno [13]. Ta činjenica uzrokuje poteškoće pri utvrđivanju da li je LCA studija napravljena prema standardu. Za razliku od ISO 14001 standarda, nije moguće dobiti službenu akreditaciju koja potvrđuje da je LCA analiza, LCA metodologija ili LCA računalni paket načinjen prema ISO standardima.

Najvažnija implikacija upotrebe ISO standarda je pažljivo dokumentiranje cilja i obujma te pretpostavke prilikom interpretacije. Subjekt koji provodi LCA analizu može istu provoditi na mnogo različitih načina sve dok pažljivo dokumentira što je u analizi učinjeno. Druga vrlo važna implikacija je potreba za verifikacijom od strane neovisnih stručnjaka u slučaju tako definiranih ciljeva (npr. komparativne analize namijenjene trećim stranama).
Subjekt koji provodi LCA analizu ima pravo izbora da li želi odstupati od ISO standarda, no to ima za posljedicu teže uvjeravanje trećih strana u pouzdanost rezultata analize.

ISO 14040/44 je podloga mnogih drugih standarda, npr. ISO 14020 propisuje i definira generalne zahtjeve na okolišne deklaracije. Okolišne deklaracije su prvenstveno namijenjene kupcima kako bi bili informirani odnosno preuzeli odgovornost za provedbu kupnje proizvoda ili usluge u smislu njenih okolišnih utjecaja.
Postoje 3 tipa oznaka i deklaracija sa najvažnijom razlikom u subjektu koje izdaje odnosno verificira deklaraciju te za koju je namjenu deklaracija izrađena. Okolišne deklaracije su propisane pojedinim standardima.

ISO 14024 definira Tip I okolišne oznake. Primjeri takvih oznaka dani su na slici 8, prema [23]. Tip I okolišne oznake karakteriziraju treće organizacije koje uspostavljaju kriterije koje proizvodi moraju zadovoljiti. Treće organizacije temeljito evaluiraju više faza životnog vijeka proizvoda poput proizvodnje, faze korištenja proizvoda, odlaganje, itd. Obično su treće organizacije u državnom vlasništvu (agencije, instituti, itd.)



Slika 8. Tip I okolišne oznake – ISO 14024

ISO 14021 definira detaljne smjernice za izradu okolišnih oznaka izdanih od strane proizvođača koje ne podliježu verifikaciji od treće strane. Subjekti koji izdaju takvu deklaraciju moraju zadovoljiti određene stavke poput korektnosti i točnosti prikaza rezultata, verifikacije deklaracije pomoću internih procesa, itd.

Bitno je napomenuti kako standard propisuje pod kojim se uvjetima mogu upotrebljavati često korišteni pojmovi poput : kompostabilno (eng. compostable), razgrađujuće (eng. degradable), produljeni životni vijek (eng. extended life product), povraćena energija (eng. recovered energy), moguće reciklirati (eng. recyclable), sadržaj recikliranog materijala (eng. recycled content), smanjena potrošnja energije (eng. reduced energy consumption), smanjeno korištenje resursa (eng. reduced resource use), smanjena potrošnja vode (eng. reduced water consumption), mogućnost ponovnog korištenja (eng. reusable and refillable), smanjenje otpada (eng. waste reduction), obnovljivi materijal (eng. renewable material), obnovljivi izvori energije (eng. renewable energy).

LCA analize na temelju kojih je napravljena okolišna oznaka Tip II ne podliježu PCR pravilima, no iskustvo pokazuje kako ih je preporučljivo slijediti kako bi korisnik analize znao pod kojim pretpostavkama je analiza rađena i to bez zahtijevanja dodatnih informacija od strane subjekta koju je tu deklaraciju odnosno LCA analizu izdao.

Primjeri oznaka tip II dani su na slici 9, prema [23].



Slika 9. Tip II okolišne oznake – ISO 14021

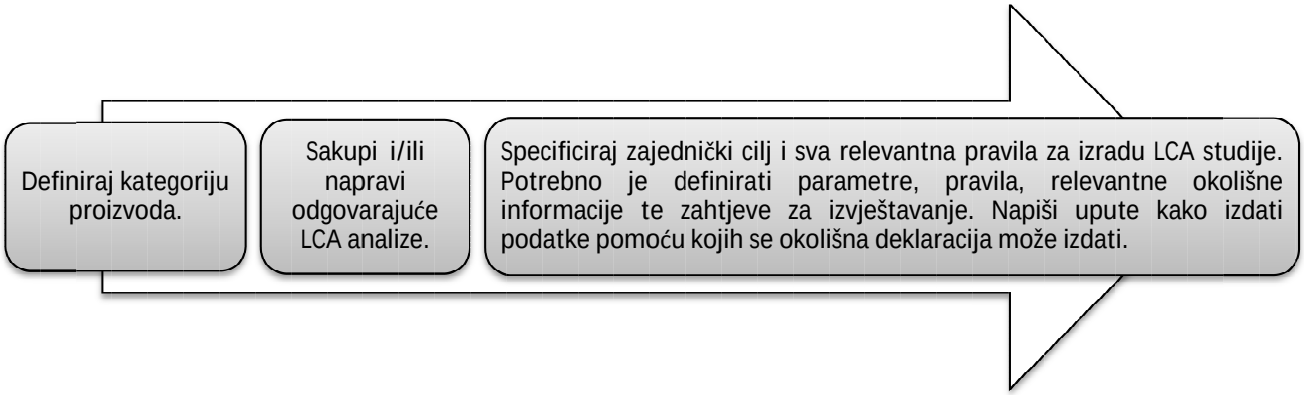
ISO 14025 baziran je na ISO 14040/44 i 14020 standardima i uvodi dva koncepta: PCR pravila te EPD deklaracije. Ta dva koncepta su specifične smjernice za izračun okolišnog utjecaja za jednu vrstu proizvoda sa sličnim karakteristikama.

Primjeri deklaracije Tip III dan je na slici 10, prema [23].



Slika 10. Tip III okolišne deklaracije – ISO 14025

Deklaracija Tipa III je bazirana na verifikaciji LCA analize od neovisne treće strane. LCA analiza mora biti načinjena potpuno u skladu sa postojećim PCR pravilima. Bitno je napomenuti kako je razvoj EPD deklaracija postao jedan od najvažnijih ciljeva LCA analize. U pojedinim zemljama, u pojedinim sektorima, stotine tisuća proizvoda imaju takve deklaracije. ISO 14020 daje smjernice za izradu EPD deklaracija no one same po sebi nisu dovoljno detaljno definirane. Iz tog razloga definirani su PCR-ovi. Jednom kada je referentni PCR izrađen, LCA analiza se izvršava prema specifikaciji u tom dokumentu. Generički proces kreiranja PCR pravilnika prema ISO 14025 prikazan je na slici 11.

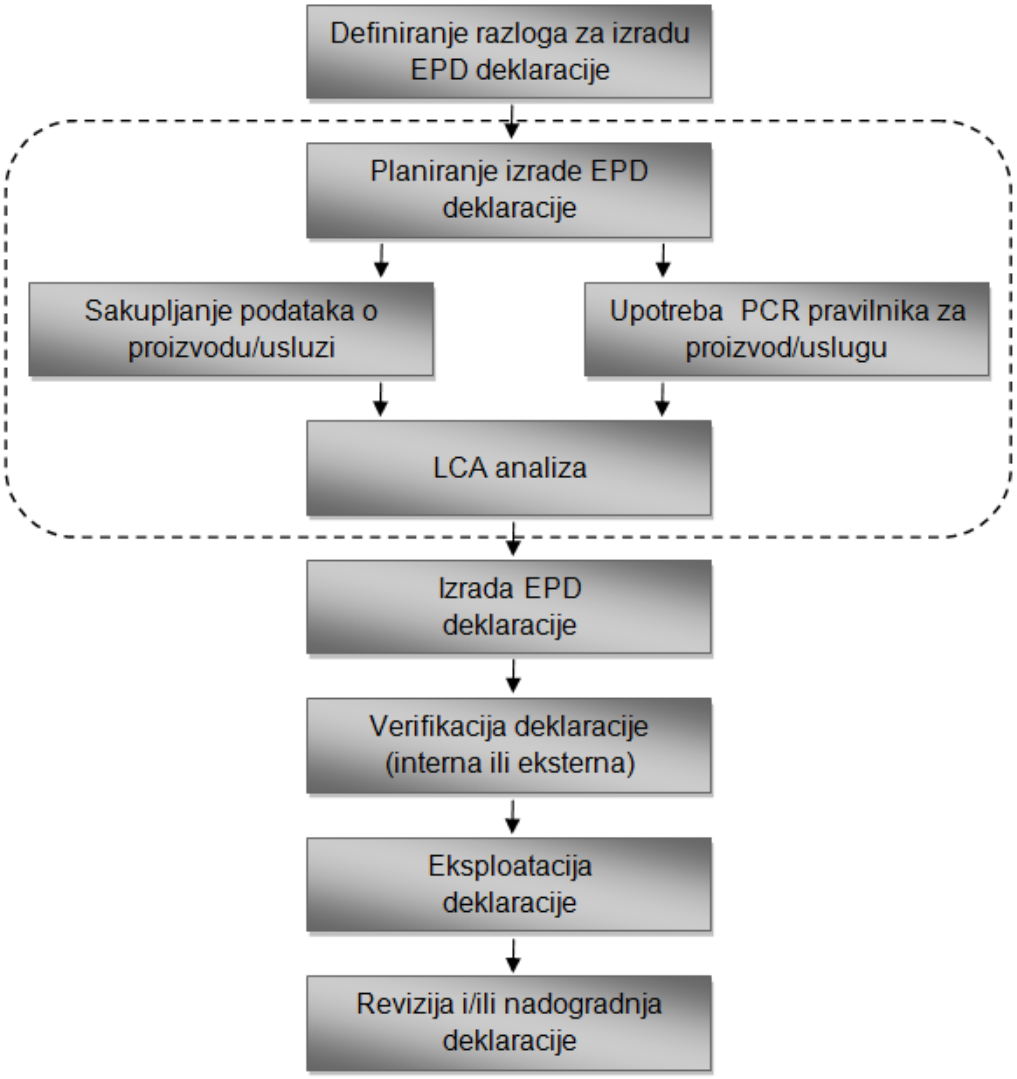


Slika 11. Proces kreiranja PCR pravilnika

PCR pravilnici sadrže striktne propise koji ne ostavljaju mnogo prostora za modifikaciju LCA analize. Primjera radi, PCR pravilnik može specificirati referentnu jedinicu ili bazu podataka koja treba biti korištena, kao i kategoriju utjecaja koja treba biti inkorporirana u analizu. Slijedeći PCR pravilnik, tvrtka može načiniti svoju EPD deklaraciju prema ISO 14025 što je koncizni dokument koji sadrži relevantne informacije o okolišnom utjecaju.

Za kreiranje PCR pravilnika potrebno je definirati referentno tijelo - PO (eng. Programme Operator). To mogu biti grupe tvrtki, trgovinske organizacije ili državna tijela. U slučaju energetskih transformatora PO je Švedsko vijeće za okoliš (eng. The Swedish Environmental Management Council). PCR pravilnici su se u prošlosti nazivali PSR (eng. Product Specific Requirements) te su ti dokumenti međusobno analogni.

Na slici 12 prikazan je generički proces kreiranja EPD deklaracije korištenjem PCR pravilnika.[26]



Slika 12. Proces kreiranja EPD deklaracije

4. PROCES IZRADE LCA ANALIZE

LCA se sastoji od sustavne evaluacije okolišnog utjecaja koji proizlaze iz proizvodnje odnosno pružanja usluge. Generičke LCA metode zahtijevaju da se sve bitne stavke uzmu u obzir zajedno sa materijalima, emisijama i energijom kojom se koriste u tim procesima.

Prikladno formiranje ključnih pitanja u velikom dijelu čini samu definiciju cilja i obujma analize. Primjerice komparativna LCA analiza dvaju energetskih transformatora može indicirati da čvršći odnosno trajniji energetski transformator ima veći utjecaj na okoliš ako je usporedba temeljena na razini proizvoda (više materijala, kvalitetniji materijali, itd.). Ako je analiza bazirana na funkcionalnoj razini (prenošenje električne energije) može se zaključiti kako trajniji proizvod ima duži životni vijek koji omogućava prijenos mnogo više energije u odnosu na prethodno spomenuti energetski transformator. Spomenuta stavka može indicirati da kvalitetniji transformator ima sveukupno niži utjecaj na okoliš.

Definiranje obujma uključuje određivanje prikladnih granica analize. Ono uključuje identifikaciju cjelokupne proizvodnje i odlaganja odnosno recikliranja materijala zajedno sa uslugama inkorporiranim u životni vijek predmetnog proizvoda ili usluge. Sve LCA studije analiziraju neki oblik međusobno povezanog sustava. Ako se analizira neki sustav, pragmatičan zaključak je, da bi se analiza mogla kvantificirati, na taj sustav moraju biti postavljene granice.
Granice sustava su uobičajeno oblikovane na način da opisuju životni vijek proizvoda. Primjerice, analiza može uključiti sve unose u obliku materijala i energije istovremeno zanemarujući utjecaj na okoliš cijelog životnog vijeka (proizvodne) opreme koja sudjeluje u procesu kao i infrastrukture unutar koje je ta oprema pozicionirana. Granice sustava mogu primjerice definirati proces sveden na jednu jedinicu poput prijenosa jednog kWh energije, no isto tako sustav može biti definiran na način da se analizira potrošnja električne energije u cjelokupnim populacijama.

Analiza inventara je rezultat kompiliranja svih procesa a koji se tiču realizacije proizvoda odnosno usluga. Analiza inventara kao temelja LCA analize omogućuje grubu procjenu okolišnih utjecaja proizvoda ili usluga. Svrha inventara je pružiti bazu prema kojoj se određuje stvarni utjecaj na okoliš. Podaci o inventaru mogu biti prebačeni u utjecaj na okoliš pomoću određenih algoritma ili indikatora povezanih sa štetnosti spram okoliša. Razvijeno je mnogo ekoloških indikatora odnosno s njima povezanih faktora utjecaja na okoliš. Bitno je naglasiti kako ISO 14040 naglašava kako se ti indikatori nesmiju jednostrano primjenjivati bez obzira na različite vremenske, prostorne i ostale uvjete. Primjena indikatora definirana je u pojedinoj metodi procjene utjecaja na okoliš. U standardu se također navodi kako bi relevantni rezultati morali biti preispitani od strane LCA stručnjaka.

Komponente koje su uključene u isporuku proizvoda ili usluge moraju biti uzete u obzir, kao i unosi za njihovu proizvodnju. Nadalje, kako se ide uzvodno prema ekstrakciji ruda (ili

recikliranom materijalu), trebali bi biti uzeti unosi od unosa, itd. Analiza također sadržava iznose, emisije i otpad proizveden u svim stadijima proizvoda ili usluge. U svrhu skraćivanja odnosno pojednostavljivanja analize, jednostavne procjene utjecaja mogu biti primijenjene na neke dijelove životnog ciklusa proizvoda kako bi se provjerilo jesu li ti utjecaji zanemarivi te kao takvi mogu biti isključeni iz analize.

Tip i količina indikatora koji se koriste u LCA analizama varira ovisno o mnogo faktora. Sve LCA analize moraju sadržavati neke indikatore, u protivnom se nemogu procijeniti utjecaji inventara na okoliš. Neke studije uzimaju u obzir LCI (eng. Life Cycle Inventory) analizu istovremeno ne uključujući LCIA. U fazi analize utjecaja se elementarni tokovi množe faktorom karakterizacije kako bi se utjecaj mogao međusobno sumirati. Uzimanje u obzir LCI faze povlači za sobom činjenicu da su isključivo iznosi energije, materijala i emisija u fokusu analize.

Kao što je prije spomenuto, LCA studija se sastoji od 4 glavne faze:

1. Definiranje cilja i obujma LCA analize
2. Izrada modela životnog vijeka proizvoda zajedno sa svim unosima i iznosima koji utječu na okoliš - LCI (eng. Life Cycle Inventory) faza
3. Procjena utjecaja na okoliš - LCIA (eng. Life cycle impact assessement) faza
4. Interpretacija studije

Niže u poglavlju dan je opis svih potencijalnih faza LCA analize. Vrijedno je spomenuti kako najčešće sve te stavke nisu obuhvaćene LCA analizama jer, ovisno o cilju i obujmu analize, naprosto nema potrebe za provedbom svih mogućih koraka.

4.1. Cilj i obujam

Kako bismo omogućili modeliranje životnog vijeka nekog proizvoda, usluge ili nekog sustava primorani smo na primjenjivanje pojedinih pojednostavljenja. To vuče za sobom činjenicu da će modelirana situacija biti nešto drugačija od one realne. U ovoj činjenici leži glavni izazov subjekta koji provodi analizu. Cilj je razviti model koji će dobro modelirati stvarnost unatoč uvedenih pojednostavljenja.

Najbolji način da se navedeni izazov svlada je da se na početku analize problem adekvatno definira. U definiciji problema, odnosno u definiciji cilja i obujma LCA analize potrebno je opisati stavke kao:

- Razlog provedbe LCA analize, odnosno definirati pitanja na koja treba pružiti odgovor
- Precizna definicija proizvoda, odnosno njegovog životnog vijeka i funkcije koju ispunjava
- Definiciju funkcijske jedinice, posebno u slučajevima kada je potrebno usporediti proizvode
- Opis granica sustava
- Opis podataka, njihove kvalitete, pretpostavke i ograničenja pod kojima su isti dobiveni

• Zahtjevi LCIA procedure, posljedično i interpretaciju iste
• Tko su korisnici zaključaka analize i način na koji će rezultati biti prikazani
• Odgovoriti na pitanje da li će analizu pregledati stručnjaci koji imaju iskustva u problematici
• Izgled izvještaja na kojem će se rezultati prikazati

Subjekt koji provodi analizu treba težiti tome da gore navedene stavke budu opisane što objektivnije.

Definicija cilja i obujma analiza pomaže subjektu da konzistentno provede analizu. Ako se tijekom napredovanja pokaže potreba, cilj i obujam analize mogu biti podložni kasnijim promjenama. Bilo kakva promjena cilja i obujma bi trebala biti dokumentirana.

4.1.1. Definiranje cilja

U ISO standardu postoje specifični zahtjevi za definiciju cilja poput jasnog definiranja korisnika analize zajedno sa svrhom primjene rezultata. Ta činjenica je vrlo bitna zbog toga jer analiza koja ima svrhu isporučiti informacije isključivo unutar subjekta koji provodi analizu je u pravilu strukturirana bitno drugačije u odnosu na analizu koja ima svrhu usporediti dva proizvoda odnosno usluge i te rezultate prikazati javnosti. Primjerice, za analizu koja služi usporedbi proizvoda odnosno usluga u ISO standardu stoji kako se težinske vrijednosti o procjeni utjecaja ne bi smjele koristiti te kako je pregled stručnjaka sa iskustvom u području obavezan.

Razlozi studije moraju biti jasno definirati. Neke LCA studije mogu služiti za više svrha. Rezultati mogu biti korišteni kako interno tako i eksterno. U takvim slučajevima dvojna svrha treba biti jasno naglašena. Primjerice, u analizama interne prirode se mogu koristiti drugačije metode nego što je to slučaj sa analizama koje služe eksternim subjektima.

4.1.2. Definiranje obujma

Obujam LCA analize opisuje najvažnije metodološke izbore, pretpostavke i ograničenja opisane niže u tekstu. Bitno je napomenuti kako je LCA najčešće iterativan proces te postoje razlike u inicijalno planiranom procesu i finalnom procesu pri prikazivanju rezultata. U definiciji obujma, stavke poput funkcijske jedinice, LCIA metodologije te granica sustava moraju biti opisane.

Kao što je ranije spomenuto u analizi je potrebno dati opis funkcije sustava koji se analizira. Funkcijska jedinica mora biti definirana na način da bude konzistentna sa ciljem i obujmom studije. Primarna svrha funkcijske jedinice je da omogući vrstu reference prema kojoj se unosi i iznosi normaliziraju (u matematičkom smislu). Funkcijska jedinica mora biti jasno definirana i mjerljiva.

Primjerice, ako je svrha analize usporedba dvaju različitih energetskih transformatora čija je funkcija prenošenje energije u nekom vremenu (snaga) tada je logično kao funkcijsku jedinicu uzeti prividnu snagu (MVA) transformatora. Nakon odabira funkcijske jedinice,

pristupa se definiranju referentnog toka. U slučaju da se rade usporedbe različitih proizvoda odnosno usluga, analize moraju biti uspostavljene na temelju istih funkcijskih jedinica u obliku njihovih referentnih tokova. Referentni tokovi najčešće predstavljaju materijal, energiju te emisije po funkcijskoj jedinici.

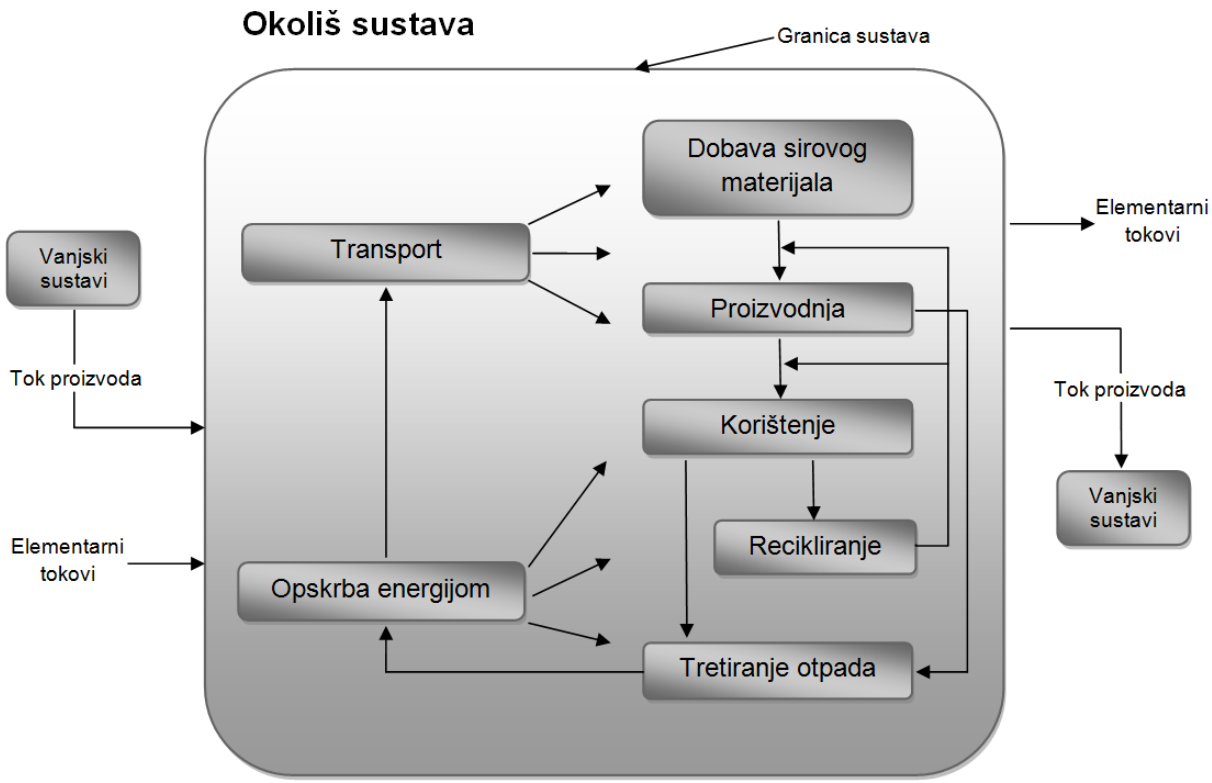
Ako npr. LCA analiza ne služi za usporedbu, izbor funkcijske jedinice može se izvršiti na način da je ta jedinica što jednostavnija i razumljiva korisniku analize. U primjeru energetskih transformatora, to osim jedinice snage transformatora može biti i jedan energetski transformator. Postavljanje granica sustava određuje koji će jedinični ili sustavni procesi biti uključeni u LCA analizu.

Granice sustava moraju biti postavljene na način da su sukladne sa ciljem studije. Potrebno donijeti te objasniti odluke o opširnosti analize odnosno procesa koji se moraju uključiti u analizu. Ne uzimanje u obzir pojedinih faza životnog ciklusa je dozvoljeno samo u slučaju da one ne utječu značajno na konačan rezultat. Takve odluke moraju biti jasno obrazložene. Isto tako moraju se objasniti razina detalja do koje će se analizirati.

Načelno postoje 3 tipa analiza s obzirom na njihove granice:

- Analiza prvog reda: samo materijali i transport su uzeti u obzir (rijetko korištena analiza)
- Analiza drugog reda: svi relevantni procesi unutar životnog vijeka su uzeti u obzir osim životnih vjekova opreme (strojevi, zgrade, itd.) koja sudjeluje u kreiranju proizvoda odnosno procesa
- Analiza trećeg reda: svi relevantni procesi unutar životnog vijeka su uzeti u obzir zajedno sa opremom koja sudjeluje u realizaciji procesa. Uobičajeno je da se oprema modelira analizom prvog reda. Dakle transport i materijali potrebni za proizvodnju opreme su uzeti u obzir.

Generički prikaz određivanja granica pojedinog sustava dan je na slici 13.[16]



Slika 13. Određivanje granica sustava

Sustav bi trebao biti definiran na takav način da unosi i iznosi na granicama sustava predstavljaju elementarne i tokove proizvoda. Elementarni tokovi mogu biti potreban materijal za izradu proizvoda, provedena struja, emisije određenih plinova, itd. Elementarni tokovi emisija su najčešće izraženi u masi , npr. kg CO_2, 100g CH_4, 5g NO_2, itd.

Što se tiče materijalnih unosa, analiza počinje sa inicijalnim odabirom unosa koji će biti uzeti u obzir. Taj odabir bi trebao biti baziran na identifikaciji povezanoj sa važnim procesima unutar sustava. Unosi i iznosi energije moraju biti tretirani isto kao i ostali unosi i iznosi.

Generalno, koristi se više kriterija tijekom izrade LCA analize u svrhu odlučivanja da li će se pojedini unosi i iznosi uzeti u obzir. Te kriterije možemo uzeti u obzir kao kriterije mase, energije i okolišne važnosti.

•Kriterij mase se često izražava kao određeni postotak od ukupne mase unosa

•Kriterij energije se često izražava kao određeni postotak od ukupne energije unosa

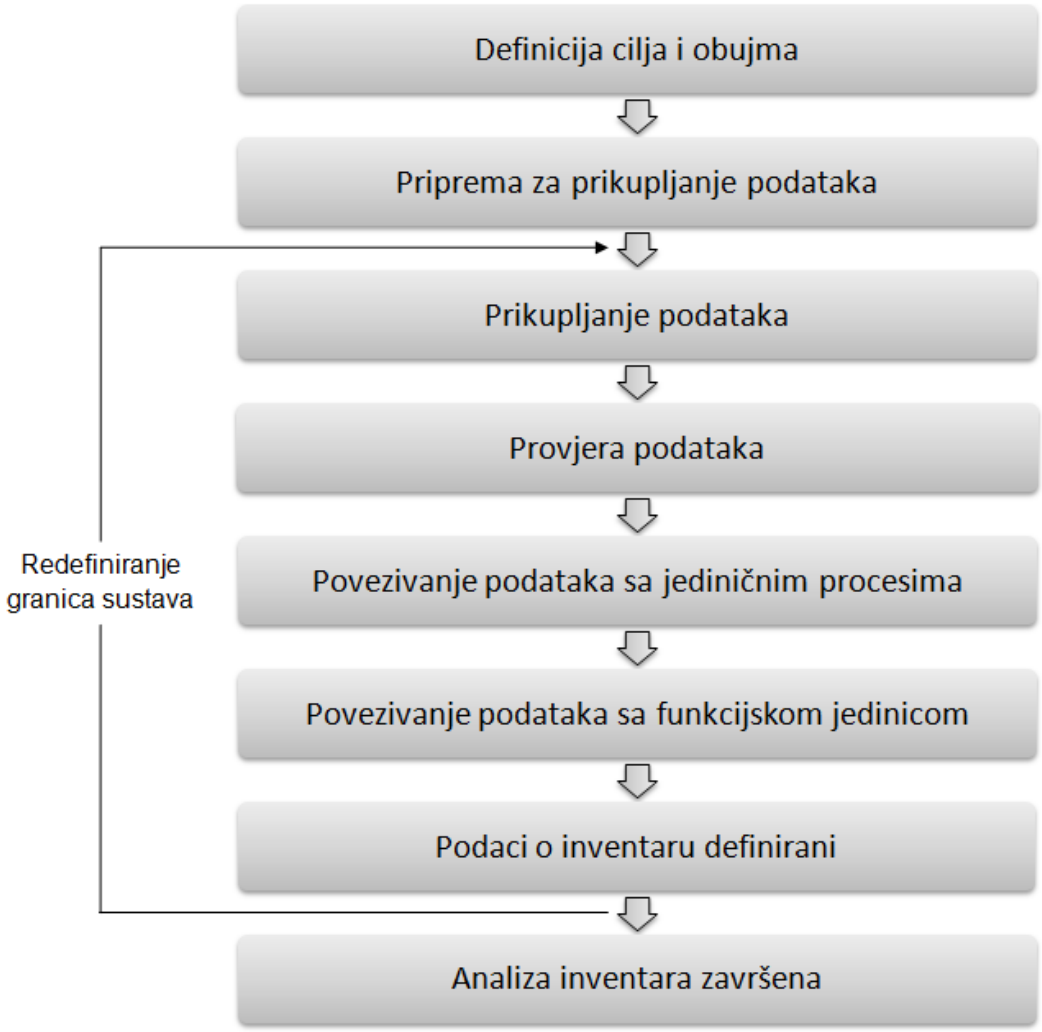
•Kriterij okolišne važnosti se izražava kao određena količina procijenjenog utjecaja unosa na okoliš koje su specifično odabrani zbog važnosti istih. Problem kod ovog kriterija je što se taj utjecaj ne zna prije no što se prva iteracija analize napravi.

4.2. Analiza inventara – LCI

Može se reći kako je za vanjskog konzultanta najzahtjevniji zadatak u izvođenju LCA analize prikupljanje podataka, posebice ako analizu radi specijalist kojemu nije u potpunosti razumljiv proces ili mu je pristup informacijama otežan. Informacije o kvalitativnim i kvantitativnim elementarnim tokovima moraju biti dane za svaki jedinični proces koji se odvija unutar granica sustava. Informacije mogu biti mjerene, izračunate ili procijenjene te služe u svrhu kvantificiranja unosa i iznosa jediničnog procesa. [13]

Često se informacije ekstrahiraju iz javnih i privatnih baza podataka. U tom slučaju se vrijednosti moraju referencirati na te baze.

Generički proces analize inventara dan je na slici 14. Vidi se kako je LCI korak iterativne prirode najviše zbog potrebe za redefiniranjem granica sustava odnosno procesa prikupljanja podataka.[19]



Slika 14. Iterativni proces LCI faze

U literaturi se radi distinkcija među dva tipa podataka:

- Podaci u prvom planu vezani uz sustav ili specifični proizvod
- Podaci iz pozadine koji najčešće služe za proizvodnju generičkih materijala, energije i transporta i oni se mogu uzeti iz baza podataka

Distinkcija između ta dva tipa podataka često nije jasno definirana te često ovisi o sustavu koji se analizira. Primjerice, ako se analizira energetski transformator kao jedan od podataka iz prvog plana će se uzeti potrošnja električne energije, a kao primjer podataka iz pozadine možemo uzeti transport sirovina odnosno komponenata u tvornicu. [13]

U slučaju da nam podaci nisu dostupni konvencionalnim putem (literature, mjerenja, tablica prosječnih razmjena između pojedinih industrija), možemo ih izvaditi iz baza podataka (npr. Ecoinvent).

Ecoinvent baza podržava modeliranje dodavanjem atributa što je ujedno i najčešće korištena metoda. Modeliranje dodavanjem atributa se koristi u slučajevima kada želimo saznati utjecaj na okoliš od proizvoda ili usluge te koji dio proizvoda ili usluge ima najviši utjecaj na okoliš. Modeliranje dodavanjem atributa se radi i u slučajevima kada želimo usporediti 2 proizvoda sa istom funkcijskom jedinicom. U modeliranju dodavanjem atributa svi unosi i iznosi su sumirani od faze ekstrakcije do odlaganja odnosno recikliranja.

Kada se podaci ekstrahiraju iz baze, bitno je naglasiti kako se mora znati da li se isti vade za jedinični proces ili za sustavni proces. Podaci za sustavne procese uzimaju u obzir isključivo resurse i emisije za cijeli proces, ne uzimajući zasebno njegove sastavne elemente. Npr. proizvodnja metalnog kotla energetskog transformatora sadrži ekstrakciju ruda, transport, taljenje čelika, valjanje, rezanje varenje, itd., no uzvodne stavke su prilikom vađenja podataka za sustavni proces uzete u obzir u obliku integralnih veličina za tzv. “black box“ proces te korisnik nema uvida što se događa uzvodno u lancu opskrbe.

S druge strane, možemo vaditi i podatke za jedinične procese, koji su međusobno povezani u preko stabla u sustavni proces, što zna rezultirati u vrlo kompliciranim stablima procesa. Iz tog razloga pristup vađenja podataka za sustavne procese je čest, naročito u LCA analizama koje služe za grubu procjenu okolišnih performansi.

4.3. Procjena utjecaja na okoliš – LCIA

Faza procjene utjecaja na okoliš odnosno LCIA je pristup koji se bazira na funkcijskoj jedinici proizvoda u razmatranju. Najveći dio LCA stručnjaka ne razvija metode analize okolišnog utjecaja nego isti koriste već razvijene. Metode procjene utjecaja na okoliš obično sadržavaju neki broj kategorija utjecaja (npr. 10-20). Većina LCIA-a analiza napravljena je na temelju odabira jedne metode. Generalno, kao i u analizi inventara, cilj i obujam analize ostaje smjernica prema kojoj se odabiru metode.

LCIA se može definirati kao faza koja ima za cilj evaluaciju magnitude i važnosti okolišnih utjecaja sustava. U ISO 14040/44 se razlikuju dva tipa elementa LCIA-e:

- Obavezni elementi: klasifikacija i karakterizacija utjecaja
- Opcionalni elementi: normalizacija, dodavanje težinske vrijednosti te rangiranje i grupiranje

Može se zaključiti kako je LCA analiza bez klasifikacije i karakterizacije samo analiza inventara – LCI. [13]

4.3.1 Obavezni elementi LCIA - klasifikacija i karakterizacija

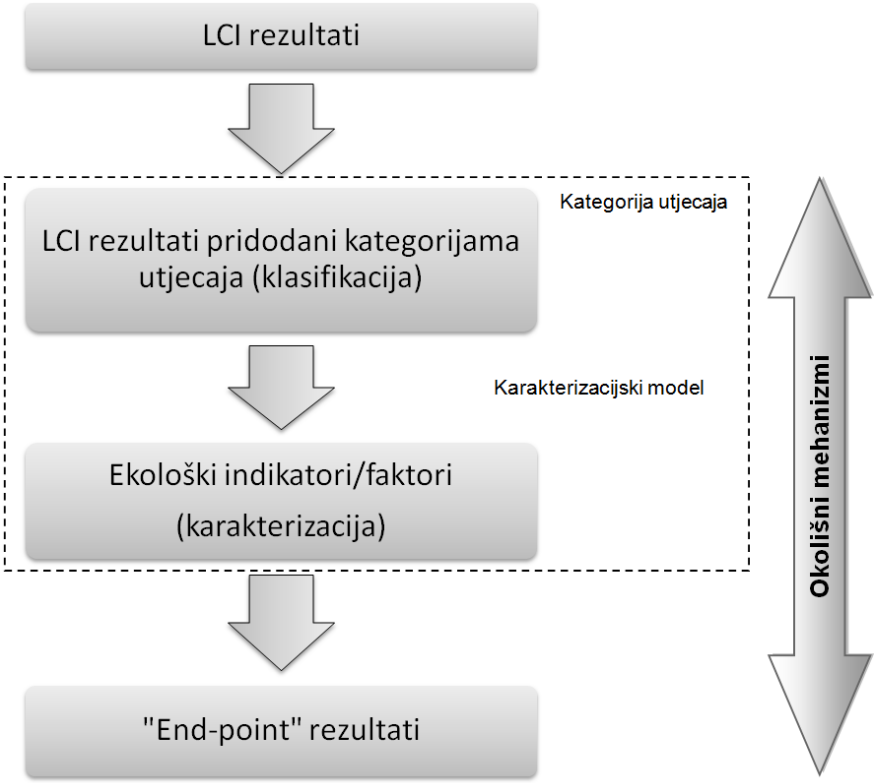
Način na koji se procjenjuje utjecaj je da se na temelju podataka iz analize inventara LCI odnosno analognim elementarnim tokovima dodaju utjecaji na okoliš. Taj proces je u ISO standardima opisan kao klasifikacija. Primjeri utjecaja na okoliš su definirani u tablici 1 i to kao promjena klime, eutrofikacija[9] i smanjenje sloja ozona.[13]

Tablica 1. Ilustracija klasifikacije elementarnih tokova

Elementarni tok	Kategorije utjecaja na okoliš		
	Promjena klime	Smanjenje sloja ozona	Eutrofikacija
1 kg CO_2	X		
10 **g** CH_4	X		
1 g CFC142b	X	X	
5 g NO_2		X	X

U tablici 1 prikazani su neki elementarni tokovi (u ovom slučaju emisije) i kategorije utjecaja na okoliš. Elementarni tokovi mogu istovremeno utjecati na više kategorija utjecaja poput CFC142b (Freon) – klor-diflouretana. Vidi se kako tri elementarna toka utječu na promjenu klime. Kako je utjecaj na okoliš svakog od elementarnih tokova različit u smislu utjecaja po jedinici mase potrebno je elementarnim tokovima dodati faktore. U tu svrhu se koriste faktori karakterizacije. Prikaz procesa obaveznih elementa LCIA faze dan je na slici 15.[19]

[9] Eutrofikacija je proces obogaćivanja nutrijenitma što može rezultirati prekomjernim množenjem određenih organizama (npr. algi). Tijekom procesa raspada organizama troši se kisik potreban za neke organizme (npr. ribe u vodi) što može imati za posljedicu pomor određenih organizama.



Slika 15. Shema klasifikacije i kategorizacije

Faktori karakterizacije su propisani pojedinom metodom procjene utjecaja. ISO zahtijeva da se faktori karakterizacije temelje na znanstvenim principima i kao takvi moraju imati sljedivost, [19]. U tablici 2 prikazani su rezultati karakterizacije na primjeru. [13]

Tablica 2. Ilustracija karakterizacije elementarnih tokova

Elementarni tok	Kategorije utjecaja na okoliš					
	Promjena klime		Smanjenje sloja ozona		Eutrofikacija	
	Faktor karakterizacije	Rezultat	Faktor karakterizacije	Rezultat	Faktor karakterizacije	Rezultat
1 kg CO_2	1	1				
10 **g** CH_4	25	0,25				
1 g CFC142b	2310	2,31	0,07	$0,7*10^{-5}$		
5 g NO_2					0,56	0,0028
Rezultat karakterizacije		**3,56**		**$0,7*10^{-5}$**		**0,0028**
Mjerna jedinica	ekvivalentni kg CO_2		ekvivalentni kg CFC11		ekvivalentni kg P	

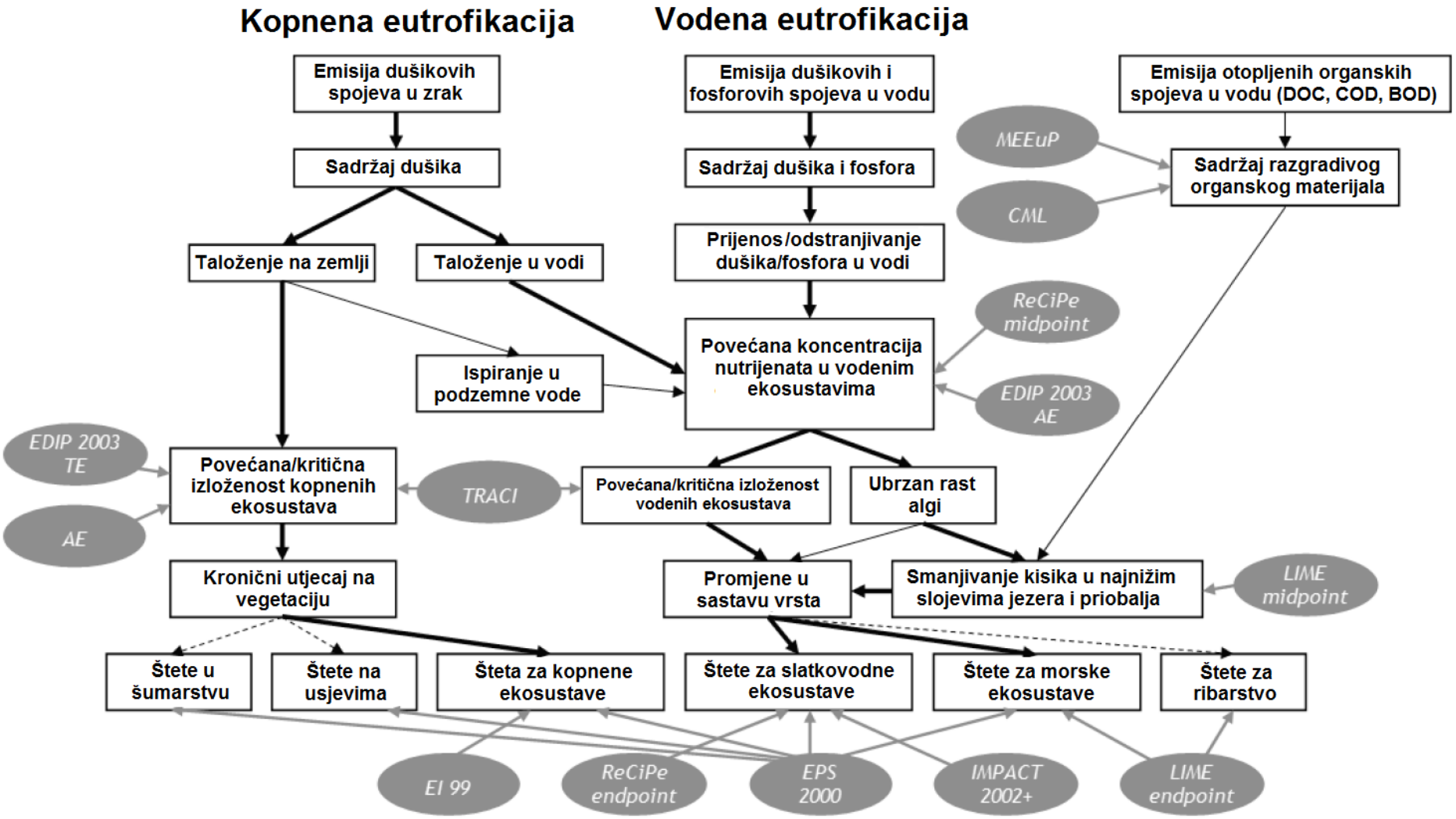
Dakle, može se zaključiti kako je općeniti izraz za definiciju procjene utjecaja:

LCI x faktor karakterizacije = LCIA rezultat

U ISO standardu se spominje mogućnost dijeljenja utjecaja pojedinog elementarnog toka (u kvantitativnom smislu) na različite utjecajne kategorije, no to se radi vrlo rijetko. Općeprihvaćeno pravilo je da se uzima istovremeno djelovanje elementarnog toka na jednu ili više kategorija.

U mnogim metodama procjene utjecaja koriste se relativno apstraktne veličine poput ekvivalentne mase CO_2. Bitno je napomenuti kako su ekvivalentne jedinice pojedine kategorije različite se te nemogu međusobno uspoređivati. Npr. nizak broj ekvivalentne mase fosfora (P) spram ekvivalentne mase ugljičnog dioksida (CO_2) ne znači da je utjecaj eutrofikacije nevažan spram utjecaja promjene klime.

Ljudi koji se bave razvojem pojedine metode procjene utjecaja (najčešće znanstvenici) koriste analize okolišnih mehanizama u svrhu određivanja faktora karakterizacije. Primjera radi, na slici 16 dan je prikaz okolišnog mehanizma eutrofikacije počevši od elementarnih tokova (emisija) pa sve do konačnog utjecaja na okoliš. Prikazane su i pozicije pojedinih metoda procjene okolišnog utjecaja. [13]



Slika 16. Okolišni mehanizam eutrofikacije

Cilj faze procjene utjecaja na okoliš je povezati određenu stavku LCI faze (emisiju) sa konačnim utjecajem na okoliš. Stoga, možemo razlikovati takozvane "mid-point" metode koje povezuju emisije sa utjecajima na okoliš koji se nalaze negdje u sredini (npr. povećavanje koncentracije nutrijenata u vodenim okolišima - što nije "konačan" rezultat) okolišnog mehanizma te tzv. "end-point" metode koje povezuju emisiju sa konačnim utjecajem na okoliš (npr. šteta uzrokovana onečišćenjem pitke vode).

Nadalje, postavlja se pitanje kako odabirati pojedine kategorije utjecaja. ISO standard po tom pitanju definira kako se sve relevantne kategorije utjecaja moraju uzeti u obzir. Kategorije utjecaja su često preddefinirane u PCR pravilima za pojedini proizvod na temelju analiza okolišnih mehanizama. U slučaju da ne postoje PCR pravila za pojedini proizvod, subjekt koji provodi LCA analizu mora objasniti zašto je odabrao neku metodu. Detaljnije objašnjenje korištene metode nalazi se u poglavlju 5.

Vrijedi znati kako postoje analize koje uzimaju u obzir samo jednu utjecajnu kategoriju, primjerice utjecaj na okoliš od emisije ugljičnog dioksida. Takve analize nisu u skladu sa ISO standardom budući da ne pokrivaju sve relevantne kategorije utjecaja.

Kao opcionalni elementi LCIA analize navedeni su normalizacija i dodavanje težinskih faktora. Ti elementi služe u svrhu pojednostavljivanja interpretacije analize. Glavni razlog zbog čega su opisani kao opcionalni je zbog toga jer uvode dodatnu subjektivnost u proces izrade LCA analize.

4.3.2 Opcionalni elementi LCIA faze

U prethodnom poglavlju naglašeno je kako se rezultati karakterizacije nemogu međusobno uspoređivati jer su izraženi u različitim jedinicama (kg CO_2, kg CFC11, itd). Često se pomoću takvih brojki ne zna da li taj utjecaj u konačnici malen ili velik zbog toga jer se ga nema s čim usporediti (malen ili velik utjecaj ne determinira važnost – važnost se određuje dodavanjem težinske vrijednosti). U tu svrhu potrebno je taj broj podijeliti sa nekim referentnim. Kao referentan broj mogu se uzeti statistički podaci o tome koliko prosječan europljanin proizvede godišnje CO_2, CFC11, itd. Tada se te vrijednosti nazivaju normalizacijske vrijednosti.

Primjer normalizacijskih vrijednosti dan je na tablici 3. Može se zaključiti kako je jedinica rezultata normalizacije broj godina prosječnog europljanina da se postigne isti utjecaj na okoliš. [13]

Tablica 3.Ilustracija normalizacijskih vrijednosti pojedine kategorije

Elementarni tok	Kategorije utjecaja na okoliš					
	Promjena klime		Smanjenje sloja ozona		Eutrofikacija	
	Faktor karakterizacije	Rezultat	Faktor karakterizacije	Rezultat	Faktor karakterizacije	Rezultat
1 kg CO_2	1	1				
10 **g** CH_4	25	0,25				
1 g CFC142b	2310	2,31	0,07	$0,7*10^{-5}$		
5 g NO_2					0,56	0,0028
Rezultat karakterizacije	**3,56**		**$0,7*10^{-5}$**		**0,0028**	
Mjerna jedinica	ekvivalentni kg CO_2		ekvivalentni kg CFC11		ekvivalentni kg P	
Faktor normalizacije	$1,12*10^{4}$ kg CO_2/god		$2,2*10^{-2}$ kg CFC11/god		$4,15*10^{-1}$ kg P/god	
Rezultat normalizacije	$3,17*10^{4}$ god		$3,18*10^{-3}$ god		$6,75*10^{-3}$ god	

Dodavanje težinske vrijednosti pojedinim kategorijama utjecaja radi se u svrhu povećanja odnosno smanjivanja važnosti pojedinog okolišnog utjecaja (nekome je npr. važnija promjena klime od eutrofikacije). Dodavanje težinske vrijednosti je kompliciran dio LCA analize. Iako ISO ne dopušta dodavanje težinske vrijednosti u analizama koje služe za usporedbu među (konkurentnim) proizvodima ili procesima to se često radi prilikom procesa internih odlučivanja. Dodavanje težinske vrijednosti u LCIA analizi nije bazirano na znanosti te je iz tog razloga vrlo subjektivno. Nekoliko rješenja je razvijeno u svrhu pojednostavljivanja problema, no nijedno nije bez mane kako i slijedi:

• Dodavanje težinskih faktora na relevantnoj komisiji: Komisija utvrđuje važnost svake kategorije utjecaja i utvrđuje težinske faktore. Ovaj pristup korišten je u metodi Eco Indicator 99 i ReCiPe. No, postoji više problema kod te metode. Često je problematično objašnjavanje značenja pojedinih kategorija utjecaja na način da ga svi članovi razumiju (npr. CO_2 ekvivalentna masa ili oslobađanje protona, itd.) te stoga je relativno lako utjecati na krajnji ishod. Ponekad je i broj utjecajnih kategorija velik što uzrokuje znatan kognitivni stres kod članova komisije te posljedično otežane realizacije razumnih i logičnih rezultata. Statistike pokazuju da komisije uobičajeno daju vrlo mali raspon težinskih faktora (najčešće od 1 do 3). U društvenim znanostima ta pojava se zove “framing“.

• Dodavanje težinskih faktora zadavanjem ciljeva: U nekim slučajevima moguće je zadati cilj za svaku kategoriju okolišnog utjecaja te kao težinski faktor koristiti udaljenost trenutne situacije do cilja. Analogijom, što je cilj udaljeniji, težinski faktor je veći. Neke metode koriste ciljeve zadane od raznih institucija. Taj pristup, kao i ostali, ima svojih mana. U slučajevima

gdje su korišteni ciljevi, nije jasno koji da li su svi ciljevi podjednako važni. Često su ti isti ciljevi, lobirani od strane interesnih zajednica te kao takve ne reflektiraju “stvarnu“ potrebu za smanjivanje okolišnih utjecaja

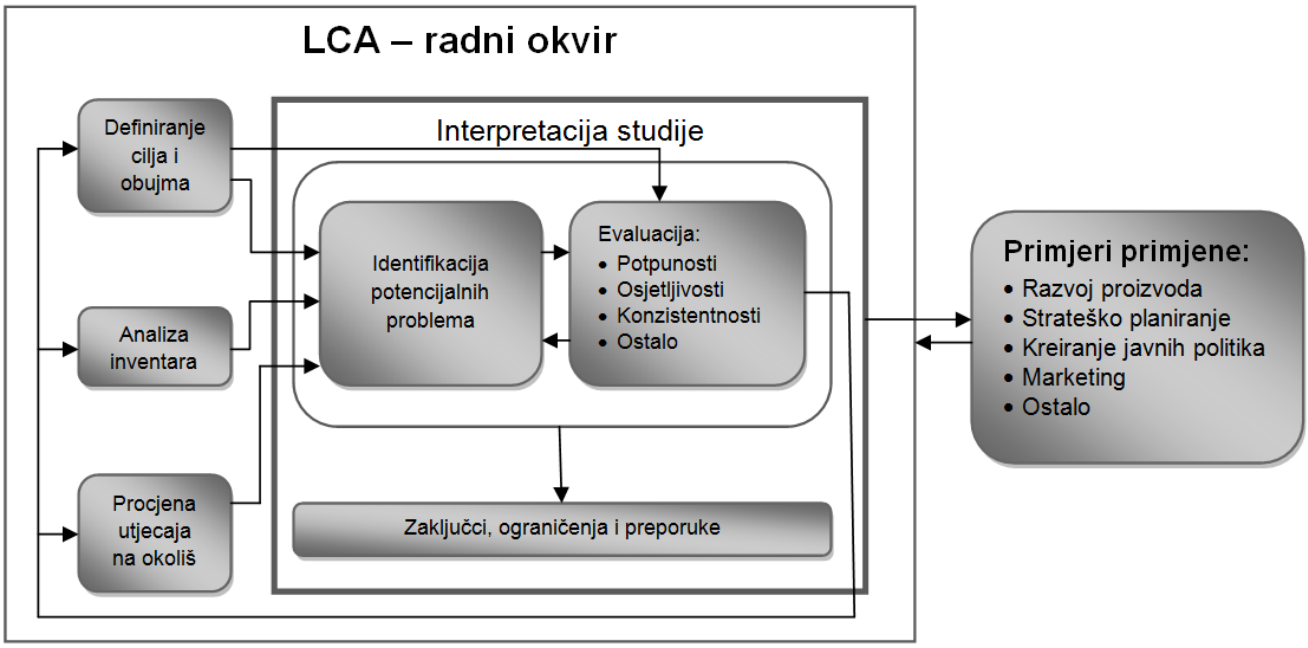
4.4. Interpretacija studije

Zadnji korak u LCA analizi je interpretacija. Faza interpretacije se najčešće sastoji od elemenata prikazanih na slici 17. Kako i slijedi:

- Identifikacija potencijalno problematičnih stavki koje su bazirane na rezultatima LCI i LCIA dijelova analize
- Evaluacija potpunosti, osjetljivosti i konzistentnosti
- Zaključci, ograničenja i preporuke

Bitno je napomenuti kako primjena svih koraka nije obvezujuća, već cilj i obujam analize određuju izričitu potrebu za pojedinom od gore navedenih faza. [19]

Na slici 17 prikazana je povezanost interpretacije studije sa ostalim fazama analize



Slika 17. Interpretacija u odnosu na ostale faze LCA studije

Možemo reći da definicija cilja i obujma analize definira istu, a LCI i LCIA su koraci u kojima se informacije operativno proizvode. Rezultati analize se interpretiraju shodno cilju i obujmu analize. Interpretacija bi trebala uključivati značajnije unose, iznose te metodološke odabire a sve u svrhu kako bi korisnik te analize shvatio razinu vjerodostojnosti podataka.

Interpretacija bi trebala kritički sagledati definicije granice sustava, funkcijske jedinice te definicije funkcije sustava. Dodatno, trebala bi se referirati na ograničenja identificirana prilikom procjene kvalitete podataka i analizu osjetljivosti.

Može se dogoditi da se podaci u LCI fazi smatraju nevjerodostojnima zbog upitnih veličina unosa (posebice ako subjekt koji provodi analizu nema adekvatan pristup istima) i varijabilnosti podataka. Jedan pristup je da se karakterizira vjerodostojnost podataka pomoću raspona i/ili analizom vjerojatnosti. Gdje god je primjena analize vjerodostojnosti podataka logična, preporuča se njena primjena a sve u svrhu kako bi pojasnili zaključke LCI analize. [19]

•Identifikacija potencijalno problematičnih stavki koje su bazirane na rezultatima LCI i LCIA dijelova analize

Primjeri potencijalno problematičnih stavki jesu podaci o inventaru (emisije, energije, otpad itd.), kategorije utjecaja (promjena klime, eutrofikacija, itd.) te stavke poput individualnih procesa (transport, proizvodnja energije, faza korištenja, itd.) koje značajno pridonose krajnjim rezultatima.

Primjer tablice za identifikaciju potencijalno problematičnih stavki dan je na tablici 4.[19]

Tablica 4. Primjer tablice za identifikaciju udjela

LCI unos/iznos	Proizvodnja materijala [%]	Proizvodni proces [%]	Faza korištenja [%]	Ostalo [%]	Ukupno [%]
Ugljen	69,6	1,5	28,9	-	100
CO_2	66,7	1,5	29,6	2,2	100
NO_X	44,5	11,1	22,2	22,2	100
Fosfati	8,9	89,3	1,8	-	100
AOX	8,2	82,0	1,6	8,22	100
Komunalni otpad	8,7	87,2	1,2	2,9	100
Škart materijal	85,7	-	-	14,3	100

•Evaluacija potpunosti, osjetljivosti i konzistentnosti

Ciljevi ovog koraka interpretacije jest uspostaviti povjerenje u ispravnost rezultata LCA analize uzimajući u obzir potencijalno problematične stavke identificirane u prvoj fazi interpretacije. Rezultati evaluacije bi trebali biti prikazani na način da daju korisniku jasan i razumljiv pogled na rezultate analize.

Cilj evaluacije potpunosti je osigurati dostupnost i potpunost svih bitnih informacija. Ako se u nekom slučaju neka informacija pokaže potrebnom za referenciranje potencijalno problematičnih stavki, potrebno je revidirati LCI i/ili LCIA odnosno cilj i obujam analize. [19]

Primjer tablice kojom se kontrolira potpunost dan je na tablici 5.

Tablica 5. Primjer tablice za kontrolu potpunosti analize

Jedinični proces	Opcija A	Završeno?	Potrebna radnja	Opcija B	Završeno?	Potrebna radnja
Proizvodnja materijala	X	DA		X	DA	
Opskrba energijom	X	DA		X	NE	Izračunaj ponovo
Transport	X	?	Provjeri inventar	X	DA	
Proizvodnja	X	NE	Provjeri inventar	X	DA	
Pakiranje	X	DA		-	NE	Usporedi sa A
Korištenje	X	?	Usporedi sa B	X	DA	
Kraj životnog vijeka	X	?	Usporedi sa B	X	?	Usporedi sa A
X **:** podaci dostupni **- :** podaci nedostupni						

Osjetljivost se u nekim slučajevima analizira zbog toga jer se želi ustanoviti pouzdanost finalnih rezultata i zaključaka u odnosu na iznos vjerodostnosti podataka u prethodnim fazama analize. U slučajevima kada je LCA analiza namijenjena za komparativne svrhe te se rezultati iste prezentiraju široj javnosti, evolucijski dio interpretacije mora sadržavati određene zaključke temeljene na analizi osjetljivosti. Princip analize osjetljivosti se sastoji u tome da se promjeni jedna od pretpostavki određena u cilju i obujmu te se ponovno izračuna LCA model. Na taj način se može utvrditi koliko pojedine pretpostavke utječu na konačno rješenje.

Svrha analize konzistentnosti je da se utvrdi da li su pretpostavke, metode i podaci konzistentni sa ciljem i obujmom analize. Obično se preispituju stavke poput kvalitete podataka, regionalnih i vremenskih utjecaja na analizu, pravila za alokaciju u odnosu na granice sustava itd. [19]

•Zaključci, ograničenja i preporuke

Namjera ovog koraka interpretacije je se daju zaključci LCA analize, navedu ograničenja te naprave preporuke za korisnika analize. Kad god je to moguće, preporučljivo je davati smjernice korisnicima analize koji su u poziciji da naprave relevantne odluke.

5. RAČUNALNI ALAT ZA LCA ANALIZU

Na tržištu postoji mnogo računalnih alata za izvođenje LCA analiza, kao npr.:

- Gabi 5
- Enviance
- Quantis
- Sustainable Minds
- SimaPro 7
- EarthSmart
- Umberto
- Open LCA
- Regis
- Green-E
- Team
- CMLCA

Kako je SimaPro jedan od najpopularnijih te istovremeno dostupnih alata za izradu LCA analiza, isti je korišten za izradu analize na primjeru energetskog transformatora. Shodno toj činjenici, u ovom poglavlju dan je opis računalnog alata zajedno sa bazom podataka koju koristi. SimaPro računalni alat omogućuje prikupljanje, analizu i kontrolu podatka kojima se procjenjuje održivost proizvoda odnosno usluga. SimaPro alat je u skladu sa ISO standardima okolišne održivosti te se pomoću njega mogu raditi analize koje zadovoljavaju kriterije propisane u standardima. Sa SimaPro alatom se relativno lako mogu modelirati i analizirati kompleksni životni ciklusi na sustavan i transparentan način. Program omogućuje određivanje okolišnog utjecaja proizvoda i usluga preko svih faza životnog ciklusa kao i identificiranje žarišnih točaka okolišnih performansi kako u toku proizvodnje tako i u cijelom lancu opskrbe.

U SimaPro alat je integrirano mnogo baza podataka, kako bi se u što je više mogućoj mjeri olakšala izrada LCI faze. Baze podataka služe u mnogo svrha, npr. :

- Analiza generacije CO2
- Održivost vodnog gospodarstva
- (Eko) Projektiranje proizvoda
- Okolišne deklaracije proizvoda
- Određivanje ključnih pokazatelja (“KPI – key process indicators“)

Prednost SimaPro alata je njegova transparentnost baze podataka koja pruža uvid korisniku što je i u kojoj količini uzeto u obzir prilikom izrade LCA analize. Bitno je naglasiti kako SimaPro osim podataka o materijalima sadrži i podatke o uobičajenim procesima (transport, valjanje čelika, itd.). Rezultati LCA analize su sljedivi od konačnih rezultata pa sve do izvora u bazi podataka. Struktura podataka je harmonizirane strukture i nomenklature te kao takva je u skladu sa metodama procjene utjecaja na okoliš.

Niže u tekstu navedene su baze podataka sadržane u SimaPro-u.

- Ecoinvent v3 LCI database
- Agri-Footprint LCI database
- European reference Life Cycle Database (ELCD)
- Franklin US LCI 98 library
- European Life Cycle Data
- US input output library
- EU and Danish Input Output library
- Swiss Input Output database
- LCA Food
- US Life Cycle Inventory Database (USLCI)
- Industry data v2

SimaPro omogućuje i korištene brojnih LCIA metoda koje, prema prethodno objašnjenom principu, možemo svrstati u tzv. "mid-point" i "end-point" metode.

"Mid-point" metode integrirane u SimaPro:

- CML-IA
- EDIP 2003
- EPD (2013)
- ILCD 2011
- ReCiPe Midpoint
- BEES+
- TRACI 2.1
- Cumulative Energy Demand
- Cumulative Exergy Demand
- Ecological footprint
- itd.

"End-point" metode integrirane u SimaPro:

- Ecological scarcity 2013
- EPS 2000
- ReCiPe Endpoint
- IMPACT 2002+
- Water footprint: Boualay et al
- Water footprint: Motoshita et al
- Water footprint: Pfister et al

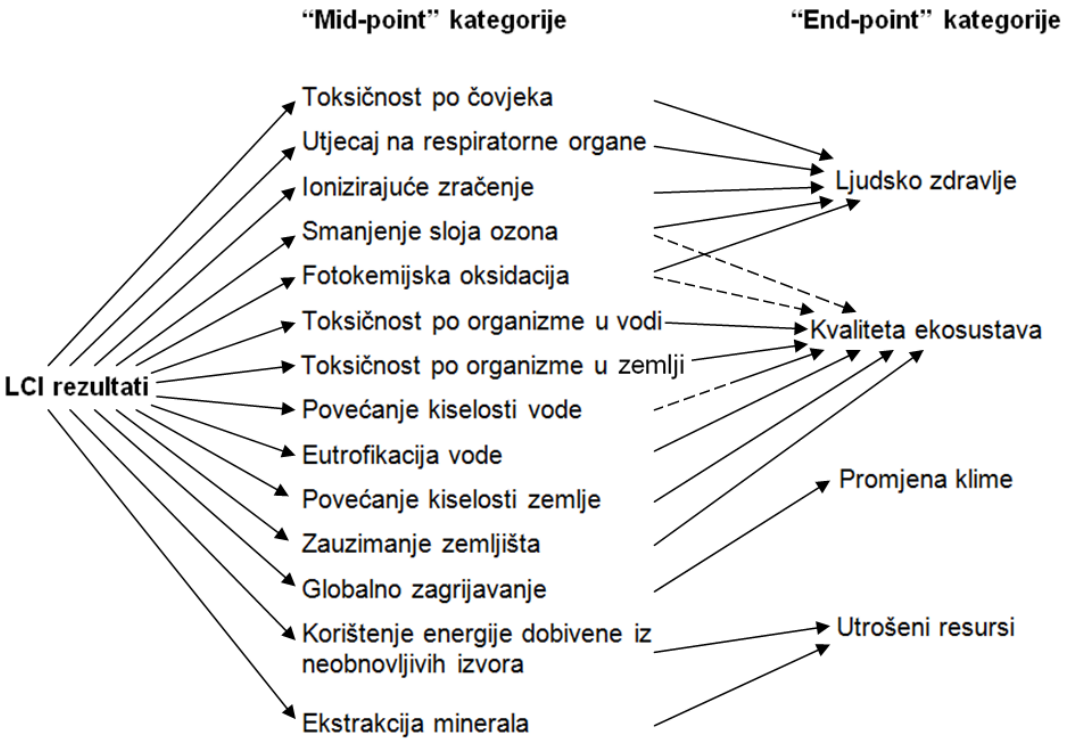
U nastavku je detaljno objašnjena metoda IMPACT 2002+ koja je korištena u LCA analizi energetskog transformatora.

5.1. IMPACT 2002+ metoda procjene utjecaja na okoliš

Obzirom da se na primjeru LCA analize koristi IMPACT 2002+ metoda za procjenjivanje utjecaja na okoliš ista je detaljnije opisana niže u tekstu.

Metoda je originalno razvijena u sklopu Švicarskog Instituta za Tehnologiju – Lausanne (EPFL). Metodologija povezuje sve tipove podataka dobivenih tijekom LCI faze preko 14 "mid-point" do konačnih 4 "end-point" kategorija, kako je i prikazano na slici 18.[29]

Tako koncipirana, predstavlja hibridnu (mid/end-point) metodu. "Mid-point" kategorije jesu kako slijedi: toksičnost po čovjeka (eng. Human toxicity), utjecaj na respiratorne organe od anorganskih tvari (eng. Respiratory inorganics), ionizirajuće zračenje (eng. Ionizing radiation), smanjenje sloja ozona (eng. Ozone layer depletion), fotokemijska oksidacija (eng. Photochemical oxidation), toksičnost po organizme u vodi (eng. Aquatic ecotoxicity), toksičnost po organizme u zemlji (eng. Terrestrial ecotoxicity), povećanje kiselosti vode (eng. Aquatic acidification), eutrofikacija vode (eng. Aquatic eutrophication), povećanje kiselosti zemlje (eng. Terrestrial acidification), zauzimanje (poljoprivrednog) zemljišta (eng. Land occupation), globalno zagrijavanje (eng. Global warming), korištenje energije dobivene iz neobnovljivih izvora (eng. Non-renewable energy) i ekstrakcija minerala (eng. Mineral extraction). "End-point" kategorije jesu: ljudsko zdravlje (eng. Human health), kvaliteta ekosustava (eng. Ecosystem quality), promjena klime (eng. Climate change) i utrošeni resursi (eng. Resources). Zbog toga jer je krajnjem korisniku analize najčešće zanimljiv konačan ("end-point") utjecaj, metoda je svrstavana pod "end-point" metode.



Slika 18. Kategorije utjecaja metode IMPACT 2002+

U SimaPro računalnom programu metoda IMPACT 2002+ se sastoji od 15 "mid-point" kategorija pri čemu je kategorija toksičnosti po ljude podijeljena na dvije kategorije kako slijedi: nekancerogene (eng. non-carcinogens) i kancerogene tvari (eng. carcinogens).

Budući da je za kategoriju fotokemijske oksidacije definirana kvantitativna veza samo sa "end-point" kategorijom ljudskog zdravlja, navedena "mid-point" kategorija se dalje u radu naziva utjecajem na respiratorne organe od organskih tvari (eng. Respiratory organics).

Karakterizacijski faktori za kategoriju toksičnosti po ljude i zemljanu odnosno vodenu toksičnost uzeti su iz osnovne metode IMPACT 2002 (eng. Impact Assessment of Chemical Toxics). Ostali faktori karakterizacije su preuzeti iz postojećih metoda procjene utjecaja na okoliš (Eco-indicator 99, CML 2001, IPCC, Cumulative Energy Demand).

Bitno je napomenuti kako za "mid-point" kategorije koje su povezane crtkanom linijom trenutno ne postoji kvantitativna znanstvena podloga stoga se iste kvantitativno ne modeliraju u računalnom programu.

Metoda IMPACT 2002+ sadrži oko 1500 "mid-point" faktora karakterizacije za različite tipove podataka dobivenih iz LCI faze. Prikaz strukture metode dan je na tablici 6.[29]

Tablica 6. Sastavni dijelovi metode IMPACT 2002+

Broj LCI rezultata uzetih u obzir	"Mid-point" kategorija	Referentna supstanca "mid-point" kategorije	"End-point" kategorija	Jedinica
769	**Toksičnost po čovjeka (kancerogene i nekancerogene tvari)**	C_2H_3Cl u zraku	Ljudsko zdravlje	DALY
12	**Utjecaj na respiratorne organe od anorganskih tvari**	PM2.5 u zraku	Ljudsko zdravlje	DALY
			Kvaliteta ekosustava	-
25	**Ionizirajuće zračenje**	Bq C^{-14} u zraku	Ljudsko zdravlje	DALY
22	**Smanjenje sloja ozona**	CFC^{-11} u zraku	Ljudsko zdravlje	DALY
			Kvaliteta ekosustava	-
130	**Utjecaj na respiratorne organe od organskih tvari**	C_2H_4 u zraku	Ljudsko zdravlje	DALY
			Kvaliteta ekosustava	-
393	**Toksičnost po organizme u vodi**	TEG u vodi	Kvaliteta ekosustava	PDF*m^2*god
393	**Toksičnost po organizme u zemlji**	TEG u zemlji	Kvaliteta ekosustava	PDF*m^2*god
5	**Povećanje kiselosti zemlje**	SO_2 u zemlji	Kvaliteta ekosustava	PDF*m^2*god
15	**Zauzimanje poljoprivrednog zemljišta**	m^2	Kvaliteta ekosustava	PDF*m^2*god
10	**Povećanje kiselosti vode**	SO_2 u vodi	Kvaliteta ekosustava	-
10	**Eutrofikacija vode**	PO_4^{3-} u vodi	Kvaliteta ekosustava	-
38	**Globalno zagrijavanje**	CO_2 u zraku	Promjena klime	kg CO_2
9	**Korištenje energije dobivene iz neobnovljivih izvora**	MJ	Utrošeni resursi	MJ
20	**Ekstrakcija minerala**	MJ dodatne energije	Utrošeni resursi	MJ

DALY (eng. Disability adjusted life year) je jedinica koja definira utjecaj oboljenja te je izražena kao broj zdravih godina života koje su uslijed oboljenja izgubljene. PDF (eng. Potentially Disappeared Fraction) je jedinica kojom se mjeri brzina izumiranja pojedine vrste

u određenom području (zemlje ili vode) zbog nepovoljnih uvjeta (prenamjena zemlje, toksičnost, eutrofikacija, itd.).

U prvom koraku LCIA analize se pojedini LCI rezultat množi sa "mid-point" faktorom karakterizacije kako bi se dobio ekvivalent referentne supstance, a nakon toga se iznos te ekvivalentne supstance množi sa „end-point" faktorima karakterizacije prikazanim u tablici 7.[29]

Tablica 7. "End-point" faktori karakterizacije - metoda IMPACT 2002+

"Mid-point" kategorija	"End-point" faktor karakterizacije	Jedinica
Kancerogene tvari	1,45E-06	DALY / kg C_2H_3Cl ekv
Nekancerogene tvari	1,45E-06	DALY / kg C_2H_3Cl ekv
Utjecaj na respiratorne organe od anorganskih tvari	7,00E-04	DALY / kg PM2.5 ekv
Ionizirajuće zračenje	2,1E-10	DALY / Bq C^{-14} ekv
Smanjenje sloja ozona	1,05E-03	DALY / kg CFC^{-11} ekv
Utjecaj na respiratorne organe od organskih tvari	2,13E-06	DALY / kg C_2H_4 ekv
Toksičnost po organizme u vodi	8,86E-05	PDF*m^2*god / kg TEG u vodi
Toksičnost po organizme u zemlji	8,86E-05	PDF*m^2*god / kg TEG u zemlji
Povećanje kiselosti zemlje	1,04E+00	PDF*m^2*god / kg SO_2 ekv
Zauzimanje poljoprivrednog zemljišta	1,09E+00	PDF*m^2*god / m^2 ekv
Globalno zagrijavanje	1,00E+00	kg CO_2 / kg CO_2 ekv
Korištenje energije dobivene iz neobnovljivih izvora	45,6E+00	MJ ekv / kg sirove nafte[10]
Ekstrakcija minerala	5,10E-02	MJ ekv / kg željezne rude[11]

U slučaju da se želi steći osjećaj koliki je utjecaj na okoliš putem normalizacije, u metodi su dani normalizacijski faktori za sve četiri kategorije utjecaja. Ako normaliziramo (dijelimo) "end-point" rezultate tada su rezultati normalizacije izraženi se u broju ekvivalentnih prosječnih osoba u Europi koji u godini dana prouzroče isti elementarni tok.

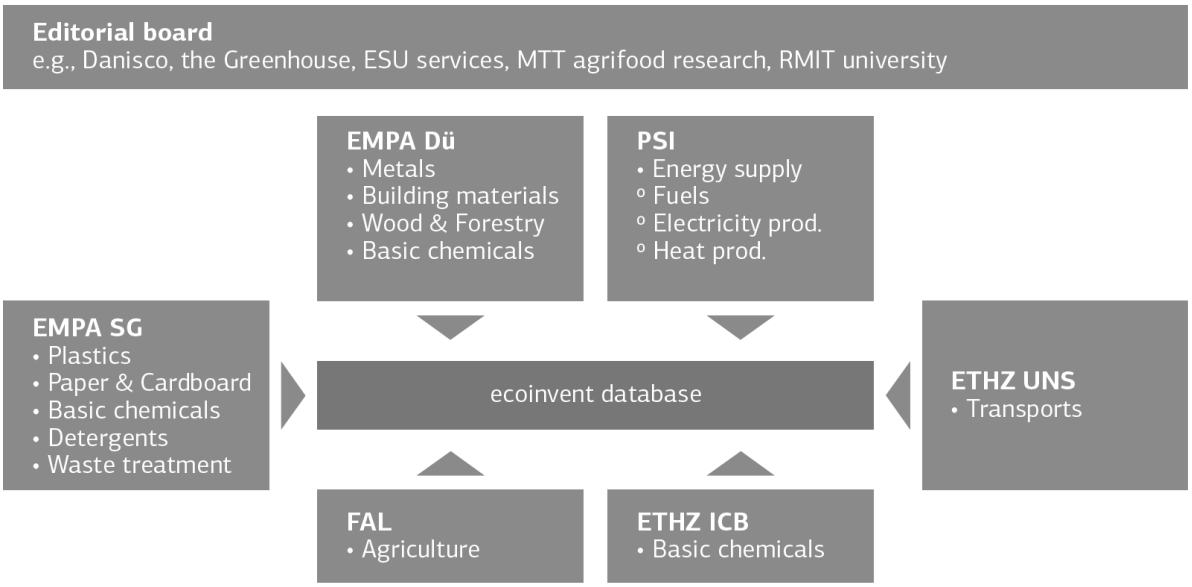
5.2. Struktura Ecoinvent baze podataka

Obzirom je Ecoinvent baza podataka jedna od najkorištenijih u industrijskom sektoru općenito, niže u tekstu dan je kratak opis iste. Ecoinvent baza podataka pokriva više od 10000 procesa i rezultat je napora Švicarskih institucija u svrhu objedinjavanja više baza podataka u jednu.

Na slici 19 prikazane su glavne institucije odnosno tijela koja su omogućila kreiranje baze podataka zajedno sa popisom industrija koje baza uključuje.[13]

[10] Vrijedi samo ako se u "mid-point" kategoriji korištenje energije dobivene iz neobnovljivih izvora iskaže u kilogramima sirove nafte

[11] Vrijedi samo ako se u "mid-point" kategoriji korištenje energije dobivene iz neobnovljivih izvora iskaže u kilogramima željezne rude



Slika 19. Struktura Ecoinvent baze podataka

Ecoinvent baza je redovito održavana, konzistentna i transparentna baza podataka. Kako bi pristup podacima u Ecoinvent bazi bio što lakši, SimaPro dolazi sa integriranom bazom podataka. Integrirana baza podataka omogućuje ekstrakciju istih na razini jediničnih i sustavnih procesa (LCI). Ecoinvent baza sadrži podatke u području opskrbe energijom, agrosektoru, transportu, biogorivima, biomaterijalima, specijalnim kemikalijama, građevinskim materijalom, materijalom za pakiranja, sirovim materijalima, rafiniranim metalnim materijalima, plemenitim materijalima, elektroničkim sklopovima, prehrambenom tehnologijom, drvenim proizvodima te otpadnim materijalom. Kao takva predstavlja jednu od najširih internacionalnih LCI baza podataka.

Prema [30], Ecoinvent baza podataka inkorporirana je u mnoge LCA alate, od kojih su neki prikazani na slici 20.



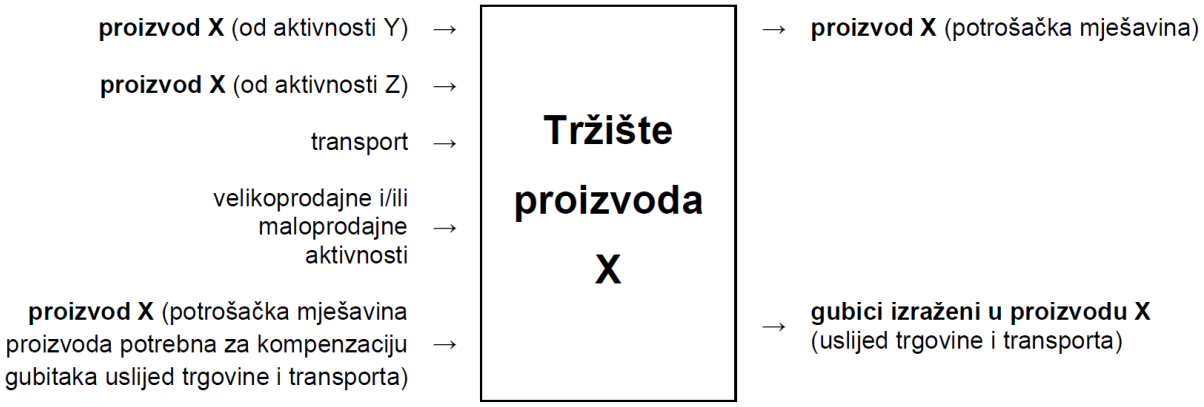
Slika 20. Računalni programi u koje je inkorporirana Eco-invent baza podataka

Bitno je kako se podaci u bazi svode na određenu aktivnost. Glavne aktivnosti koje su inkorporirane u novu verziju baze podataka jesu transformacijske i tržišne aktivnosti.

Pod pojmom transformacijska aktivnost podrazumijeva se aktivnost koja transformira unose u iznose (koji imaju različita svojstva od unosa). Transformacijska aktivnost je najuobičajeniji tip aktivnosti u Ecoinvent bazi podataka (npr. proizvodnja metalnog kotla iz ploča od valjanog čelika).

Pod pojmom tržišne aktivnosti se podrazumijeva aktivnost koja ne transformira unose, već prenosi iznos od jedne ili više transformacijskih aktivnosti do slijedeće transformacijske aktivnosti. Tržišna aktivnost uobičajeno sadržava slične iznose (X) od različitih transformacijskih aktivnosti (Y i Z), dakle tržišna aktivnost predstavlja potrošačku mješavinu iznosa. Tržišna aktivnost podrazumijeva iznose prosječnih transportnih radnji, aktivnosti od strane distributera (skladištenje, pakiranje, itd.) i "gubitke" potrošačke mješavine prilikom tih radnji. Termin "gubitak" se koristi jer uslijed radnji transporta i distribucije nastaje dodatni utjecaj na okoliš te se isti kompenzira na način da se dodaje dodatna količina proizvoda.

Prikaz definicije tržišta za proizvod x dan je na slici 21, prema [30].

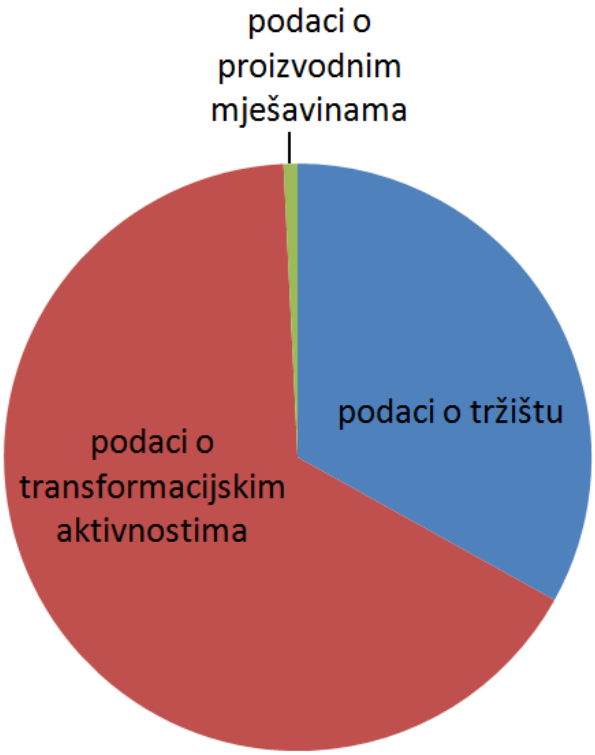


Slika 21. Definicija tržišta u Eco-invent bazi

U najjednostavnijem obliku, baza podataka o tržištu proizvoda se sastoji od referentnog proizvoda koji predstavlja konzumacijsku mješavinu te jedan ili više unosa (X) istog proizvoda od različitih transformacijskih aktivnosti (Y i Z) koje se odvijaju unutar zadanih geografskih granica. Algoritam Ecoinvent baze podataka automatski identificira transformacijske aktivnosti koje povezuje ime proizvoda (X) i geografske lokacije transformacijske aktivnosti. Nakon identifikacije, povezuje proizvode (X) sa tržištem za taj isti proizvod te računa udio pojedinog proizvoda na temelju godišnjeg volumena proizvodnje globalnog tržišta.

Podaci o tržištu se pokazuju vrlo korisnima u slučajevima kada nisu poznati godišnji volumeni proizvodnje neke transformacijske aktivnosti te je iste potrebno procijeniti. Tada se koriste podaci o tržištu koji daju koliki je tržišni udio (%) neke transformacijske aktivnosti u finalnom proizvodu.

Na slici 22 prikazana je približna struktura podataka u Ecoinvent bazi, prema [30].



Slika 22. Struktura podataka u Ecoinvent bazi

Vidi se kako transformacijske aktivnosti (eng. transforming activities) zauzimaju najveći udio u bazi podataka.

Proizvodna mješavina je podatak koji govori koliki je postotak pojedine transformacijske aktivnosti u proizvodu, npr. koliki postotak proizvedene struje dolazi iz kojeg izvora (plin, ugljen, nuklearne elektrane, itd.) za određeno geografsko područje. Taj podatak je u velikom dijelu sadržan u bazi podataka o tržištu proizvoda, no neke liste podataka za proizvodne mješavine su zadržane kako bi iste mogli usporediti sa starijim LCI analizama.

6. TRANSFORMATOR

Transformatori su efikasni uređaji za transformaciju napona i struje. Njihova prosječna iskoristivost iznosi od 95% pa sve do 99,8% [31,33]. Transformatori su jedan od temeljnih komponenata električnih mreža bez kojih je efikasan prijenos energije u današnjem svijetu praktično nezamisliv.

Transformatori su često najveće, najteže i najskuplje komponente u električnim mrežama. Transformatori često imaju visoku cijenu zbog vrlo problematične standardizacije, korištenih materijala, procesa proizvodnje koji zahtijeva vrlo mnogo ručnog rada. Prikaz vrsta transformatora zajedno sa pozicijom u mreži dan je na slici 23, prema [32]

Može se zaključiti kako postoji vrlo mnogo vrsta transformatora na mnogo različitih mjesta upotrebe unutar električne mreže. Svaki od njih dizajniran je prema specifičnim uvjetima koje njegova svrha zahtijeva.

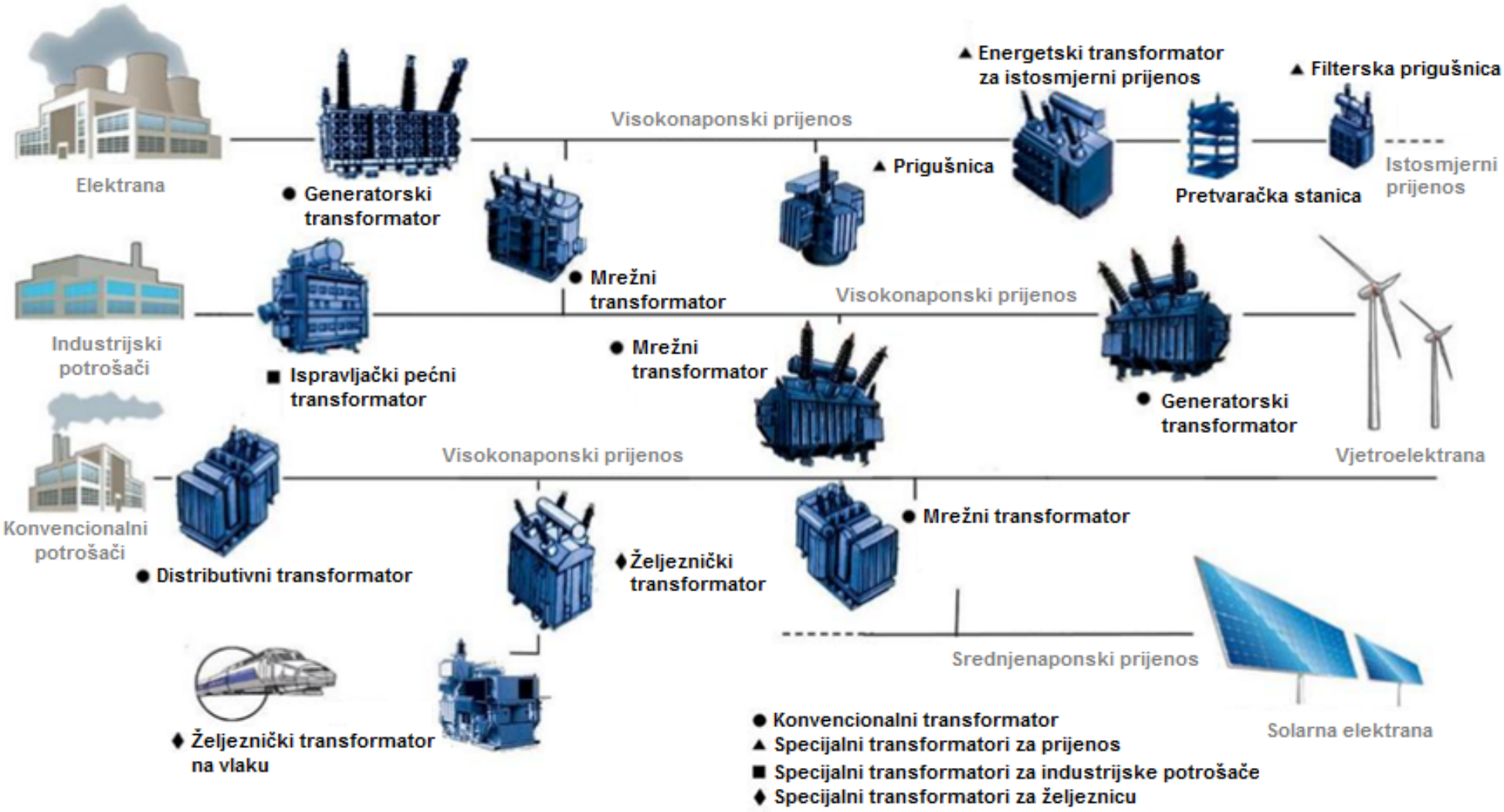
Kako je tema rada utjecaj na okoliš od energetskog transformatora, detaljniji opis istog dan je niže u tekstu.

Energetski transformator je statična konstrukcija sa dva ili više namota koji mehanizmom elektromagnetske indukcije mijenja sustav izmjenične struje i napona u drugi sustav izmjenične struje i napona. Struje i naponi načelno ostaju iste frekvencije.

Na slici 24 prikazan je trofazni energetski transformator.

U današnjem uvjetima, transformatori su nezamjenjivi zbog njihove mogućnosti da promjene napon mreže, međusobno galvanski izoliraju elemente u mreži, itd. Transformatori su u osnovi proizvedeni za specifične uvjete (napon, snaga, klima, topografija električnog sustava, razinu buke, itd.) te se stoga u pravilu koriste na jednom mjestu. Dizajnirani za specifične uvjete ne omogućuju optimalan rad za cijeli spektar na kojem mogu funkcionirati.

Veliki energetski transformator može imati ukupnu visinu transformatora preko 10 m te masu preko 500t. [33]

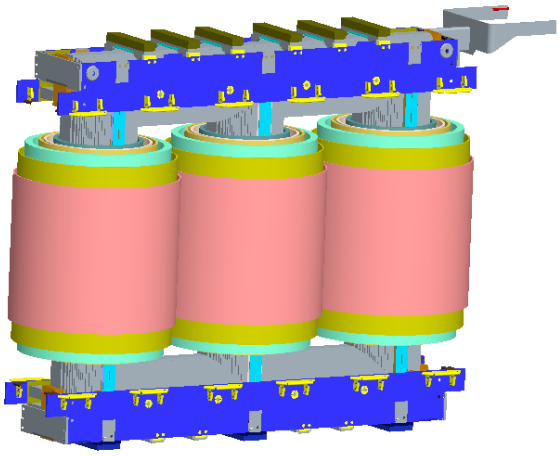


Slika 23. Vrste transformatora i njihova namjena



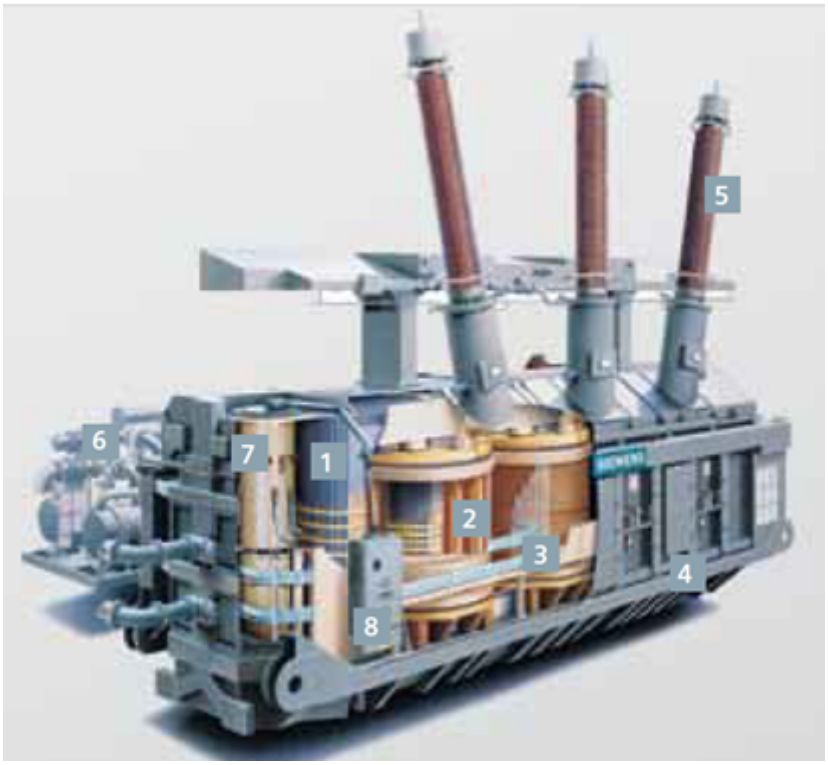
Slika 24. Energetski transformator

Energetski transformatori služe dizanju odnosno spuštanju napona električne struje u svrhu što efikasnijeg prijenosa iste. Uobičajeni dizajn velikog energetskog transformatora je jezgreni tip transformatora. Jezgra ima stupove kružnog oblika oko koje su koncentrično pozicionirani namoti. Ovaj koncept daje najefikasnije iskorištenje “aktivnog“ materijala istodobno omogućavajući relativno kratka odnosno kompetitivna vremena trajanja montaže. Tehnologija cilindričnih namota daje odličnu izdržljivost u slučaju kratkog spoja čak i u ekstremnim uvjetima. Visokonaponski namoti su uobičajeno izvedeni kao preloženi ili “interleaved“ namoti, a niskonaponski (visoka struja) kao spiralni namoti sa kanalima za hlađenje. Regulacijski namoti su uobičajeno izvedeni kao zasebni namoti, što omogućava balansiranu raspodjelu amper-zavoja. Balansirana raspodjela amper-zavoja ima za posljedicu izbjegavanje ekstremno visokih sila u kratkome spoju te istodobno smanjuje dodatne gubitke. Shema jezgre sa namotima prikazana je na Slici 25.



Slika 25. Shema jezgre sa namotima

U svrhu boljeg razumijevanja konstrukcije transformatora, na slici 26 dan je prikaz glavnih komponenata.[33]



Slika 26. Komponente energetskog transformatora

Glavne komponente energetskog transformatora zajedno sa opisom temeljne funkcije, prema slici 26 jesu:

1 – feromagnetska jezgra – vodič magnetskog toka

2 – namoti – vodiči el. struje

3 – priključci – spoj namota sa provodnicima

4 – kotao (punjen transformatorskim uljem) – kućište transformatora

5 – provodnici – spajanje transformatora na uzvodne odnosno nizvodne elemente u mreži

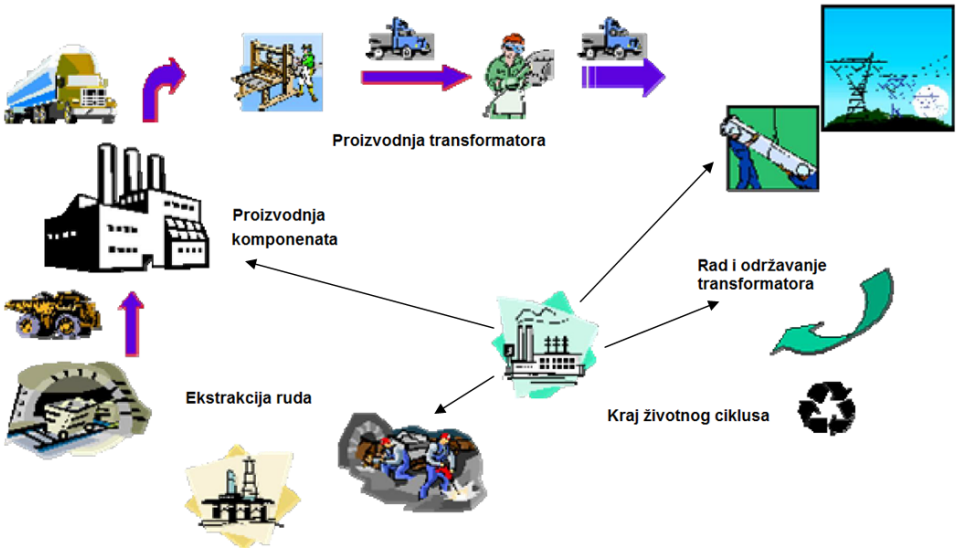
6 – rashladni sustav – hlađenje namota, jezgre i metalnih dijelova uslijed gubitaka u istim

7 – sklopka – upravljanje prijenosnim omjerom transformatora

8 – motorni pogon sklopke – pogon sklopke

Najčešće korišteni standardi kojima se definiraju energetski transformatori jesu IEC, CENELEC, ANSI/IEEE te GOST.

Životni vijek tipičnog transformatora je oko 40 godina. Uzimajući u obzir činjenicu da je transformator strateški element u električnoj mreži bez kojeg je opskrba električnom energijom praktično nemoguća, nameće se zaključak kako isti moraju biti napravljeni vrlo kvalitetno. U procesu proizvodnje energetskog transformatora namjerava se predvidjeti kroz koja stanja bi transformator mogao prolaziti te shodno tome namjera je omogućiti da je transformator u stanju kontinuirano obavljati svoju funkciju. Faze u životnom vijeku transformatora prikazane su na slici 27. [35]



Slika 27. Životni vijek energetskog transformatora

Iz slike 27 se vidi kako transformator prolazi kroz različite životne faze počevši od ekstrakcije materijala, proizvodnje pojedinih komponenata, proizvodnje odnosno montaže, transporta odnosno komisioniranja, rada transformatora te naposljetku odlaganja odnosno recikliranja pojedinih komponenata, naravno, gdje je to moguće.

7. LCA ANALIZA NA ENERGETSKOM TRANSFORMATORU

7.1. Cilj i obujam

Cilj provedbe ove LCA analize je dobivanje kvantitativne informacije o okolišnom utjecaju životnog vijeka energetskih transformatora. Bitno je napomenuti kako zbog osjetljivosti pojedinih informacija odnosno poslovnih tajni, u ovom radu naglasak je na sami proces provedbe LCA analize i njene konačne rezultate što znači kako detaljne informacije o sastavu i svojstvima transformatora nisu dane.

Osnovna namjena izrade LCA analize u KPT-u je u ovom trenutku dobivanje informacije o redu veličine okolišnog utjecaja životnog ciklusa energetskog transformatora te informacija o tome koliki je utjecaj na okoliš pojedine životne faze zajedno s njenim sastavnim dijelovima u odnosu na cjelokupni utjecaj.

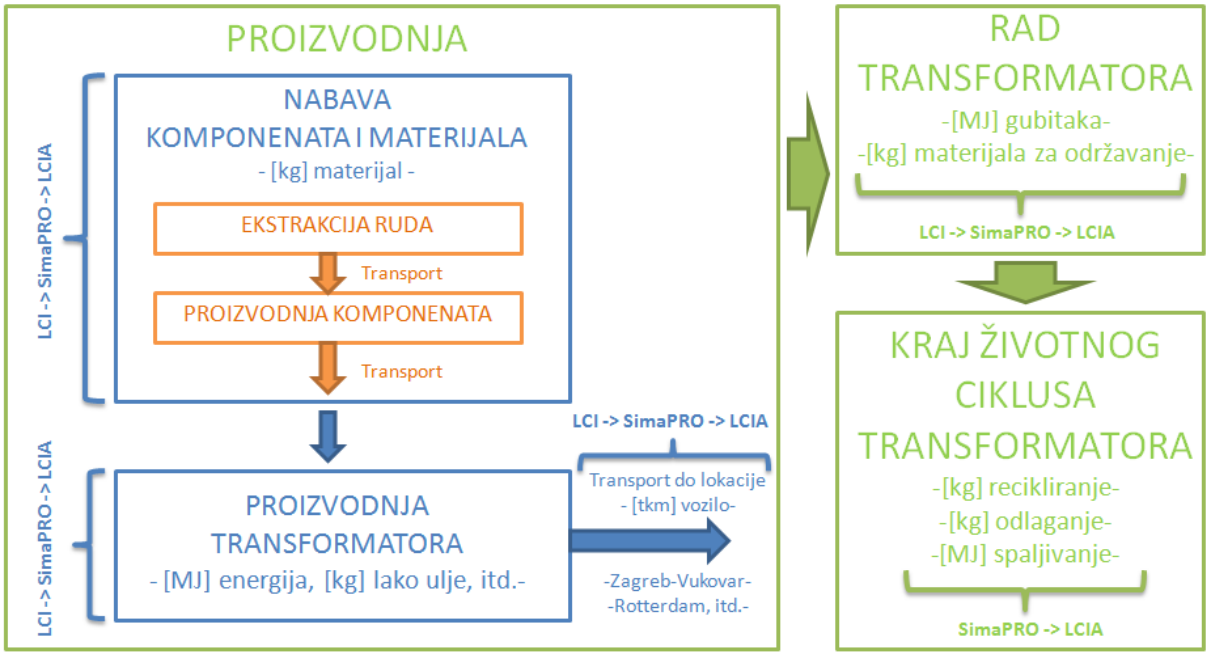
Neki od potencijalnih koristi koje KPT može ostvariti putem dodatnih aktivnosti jesu primjerice izrada EPD deklaracije, usporedba pojedinih dobavljača unutar lanaca opskrbe te usporedba sa drugim proizvođačima energetskih transformatora.

Funkcijska jedinica u ovoj LCA analizi energetskih transformatora će biti Megavoltamper [MVA]. MVA je mjera prividne snage transformatora. Onda se sastoji od radne [MW] i jalove komponente [MVAr].

Transformator koji će se analizirati je trofazni mrežni transformator nominalne (prividne) snage od 210 MVA. Transformator je proizveden u KPT-u sa krajnjom lokacijom u Norveškoj. Životni vijek transformatora ovisi o mnogo čimbenika, a prema smjernicama [36], on se procjenjuje na 35 godina.

U obzir se neće uzimati utjecaji na okoliš životnog vijeka infrastrukture i opreme koja sudjeluje u samom procesu proizvodnje transformatora (strojevi, zgrade, itd.). Što se tiče izvora el. energije, u obzir će se uzeti utjecaji na okoliš od strojeva, građenja elektrana, el. mreže, itd. Ovu LCA analizu stoga možemo klasificirati kao hibridnu analizu drugog odnosno trećeg reda. Granice sustava se dijele na 3 faze kako i slijedi: proizvodnja, rad transformatora i kraj životnog ciklusa transformatora.

Granice sustava prikazane su na slici 28.



Slika 28. Definicija granica analize

Vidi se kako faza proizvodnje uzima u obzir nabavu komponenata i materijala, internu proizvodnju te transport transformatora do kupčeve lokacije. Faza nabave komponenata sadrži utjecaje od ekstrakcije ruda, proizvodnje komponenata te transporta. Bitno je naglasiti kako većina komponenata koje se ugrađuju u transformator prolaze kroz više procesa prerade te je ta stavka pokrivena pojmom proizvodnje komponenata. Utjecaj na okoliš od pojedinih komponenata u transformatoru odnosno utjecaj njihovih uzvodnih životnih faza u lancu opskrbe uzima se u obzir preko Ecoinvent baze podataka i to po jedinici određenog materijala odnosno komponente. Ecoinvent baza podataka sadrži prosječne okolišne veličine po određenim komponentama odnosno materijalima zajedno sa okolišnim utjecajima transportnih radnji koje se prilikom proizvodnje odvijaju. Navedene prosječne veličine odnose se na poslovne subjekte koji se nalaze u Europi i Americi. Utjecaji na okoliš od pakiranja u ovoj LCA analizi nisu uzeti u obzir, zbog toga jer je iterativnim procesom izrade LCA analize zaključeno kako je utjecaj na okoliš od pakiranja zanemariv u odnosu na utjecaj na okoliš od cijelog životnog vijeka. Pretpostavka je u skladu s izvorom [36].

U fazi korištenja naglasak je na izgubljenu energiju uslijed gubitaka transformatora koji se pojavljuju prilikom transformacije električne energije. Energiji gubitaka načelno je dodana energija utrošena za pogonjenje dodatne opreme (ventilatori, hladila, itd.). U fazu korištenja dodan je i materijal potreban za održavanje transformatora.

Što se tiče faze kraja životnog ciklusa, scenariji poput recikliranja, odlaganja te spaljivanja u svrhu povrata energije su uzeti u obzir. Scenariji recikliranja te spaljivanja u svrhu povrata energije imaju pozitivan utjecaj na okoliš u smislu anuliranja potrebe za ekstrakcijom dodatnog materijala kao i smanjivanje potrebe za generaciju energije iz drugih izvora (npr. neobnovljivih).

7.2. Analiza inventara ("LCI")

Analiza inventara je napravljena u skladu sa definicijom cilja i obujma odnosno sa prethodno definiranim granicama sustava. Konačan rezultat analize inventara jesu elementarni tokovi odnosno emisije, sirovi materijali te energija. Navedeni konačni rezultati će se izvaditi iz Ecoinvent baze podataka. Kako su elementarni tokovi mnogobrojni nije ih praktično prikazati u poglavlju analize inventara, već će se oni dati zasebno u Prilogu 1. U nižim potpoglavljima objasniti će se na koji su način pojedini ciklusi životnog vijeka uzeti u obzir.

7.2.1 Proizvodnja

Kako se može uočiti iz definiranih granica sustava, životni ciklus proizvodnje sačinjavaju 3 podfaze kako slijedi: nabava komponenata i materijala, proizvodnja transformatora te transport do krajnje lokacije.

7.2.1.1 Nabava komponenata i materijala

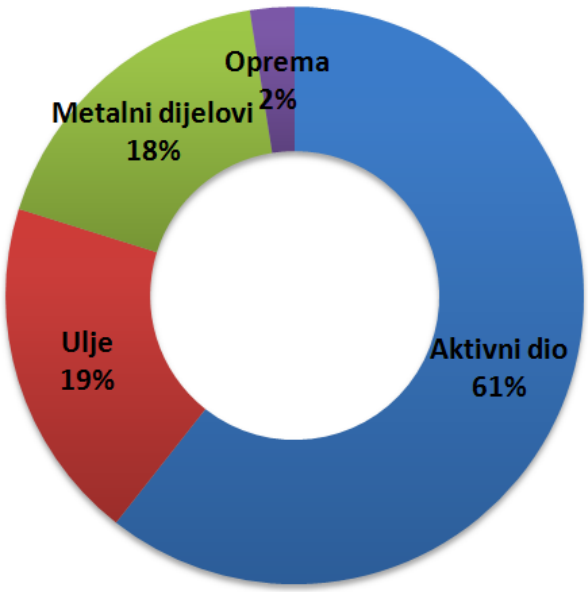
Materijali i komponente jesu strukturirani na način koji odgovara cilju i obujmu. Spomenimo još jednom da je jedan od ciljeva analize dobiti informaciju koliki je udio okolišnog utjecaja pojedine faze u odnosu na utjecaj na okoliš od cjelokupnog životnog vijeka. Isti princip se može primijeniti i na komponente unutar pojedinog faze životnog vijeka. Kako bi se specifični utjecaj na okoliš od pojedinih komponenata usporedio unutar faze nabave komponenata i materijala, komponente transformatora strukturirane su na način prikazan na slici 29.

Magnetski zasloni prema konvencionalnim pravilima ne pripadaju aktivnom dijelu, no ti zasloni su izrađeni iz istovjetnog materijala kao i limovi jezgre (transformatorski lim) te je stoga tu komponentu vrlo pragmatično uvrstiti pod aktivni dio.

Budući da informacija o tome koliko je pojedinog materijala ugrađeno u određeni sklop nije predviđena za javnost, informacije o masi će biti dane u relativnim vrijednostima odnosno neće se kvantitativno prikazati. Postotni udio mase pojedinog sklopa u ukupnoj masi transformatora dan je na slici 30.

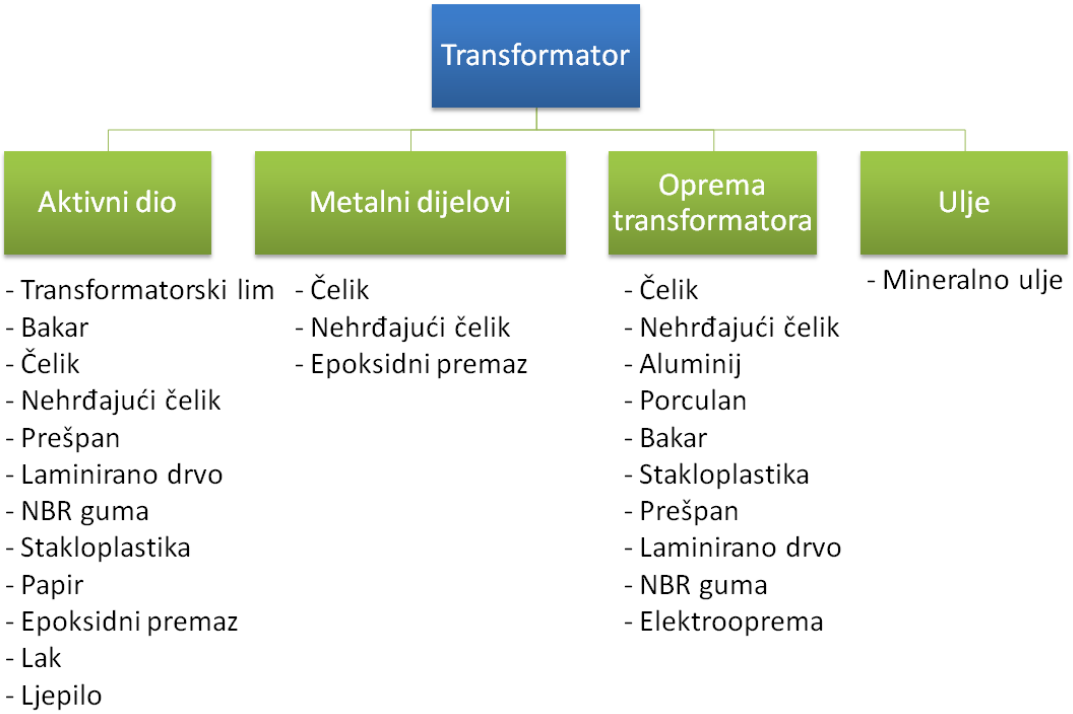


Slika 29. Komponente transformatora



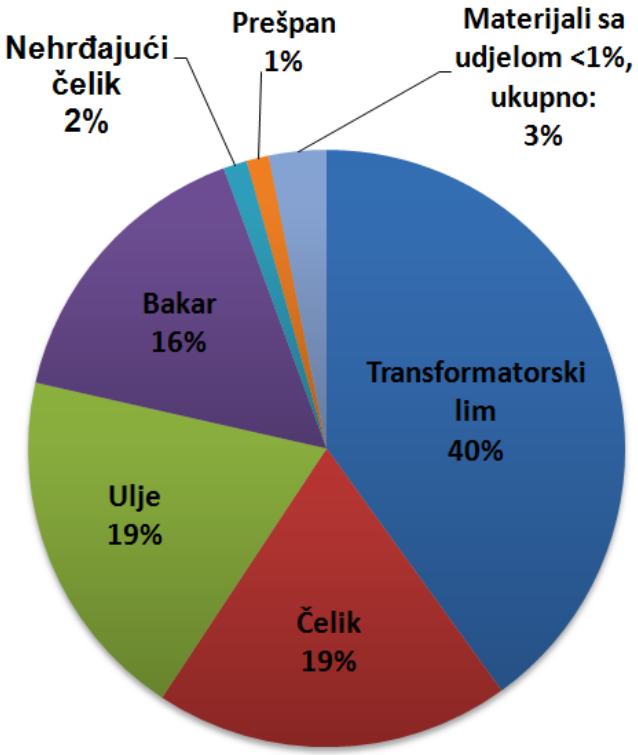
Slika 30. Postotni udjeli glavnih sklopova u ukupnoj masi

Kako će se iz Ecoinvent baze vaditi podaci za određenu količinu materijala odnosno komponenata, potrebno je raščlaniti pojedini sklop na sastavne dijelove odnosno materijale. Raščlamba je prikazana na slici 31. Bitno je naglasiti kako se u obzir ne uzimaju materijali koji imaju zanemarivu masu spram ukupne mase a isti imaju konvencionalan utjecaj na okoliš, tj. nemaju visoke faktore karakterizacije. Kao što je već naglašeno, u LCI fazi nabave komponenata i materijala u obzir je uzet i transport materijala odnosno komponenata od mjesta ekstrakcije ruda do mjesta proizvodnje transformatora.



Slika 31. Vrste materijala po glavnim sklopovima

Nakon što su sve komponente rastavljene na sastavne dijelove, udio pojedinog materijala u transformatoru prikazan je na slici 32.



Slika 32. Postotni udio materijala u ukupnoj masi transformatora

7.2.1.2 Proizvodnja transformatora

Utjecaji na okoliš od proizvodnje transformatora će se uzeti preko potrošenih resursa i kreiranog otpada. U obzir će se uzeti godišnja potrošnja resursa te će se ista alocirati na megavoltamper proizvedenog transformatora kako bi dobili veličinu okolišnog utjecaja same proizvodnje.

Resursi koji se uzimaju u obzir:

- godišnja potrošnja električne energije [kWh] – prosječni sastav el. energije u Hrvatskoj[12]
- godišnja potrošnja energije utrošena na grijanje [MWh]
- godišnja potrošnja lakog ulja (za tehnološki proces sušenja) [kg]
- godišnja potrošnja nafte [lit]
- godišnja potrošnja vode [m^3]
- godišnje kreiran otpad (laminirano drvo, papir, magnetski lim) [kg]

[12] Prosječni sastav električne energije označuje udjele pojedinih izvora iz kojih se električna energija proizvodi

Pod pojmom sastav električne energije u Hrvatskoj podrazumijevaju se udjeli električne energije iz vlastite proizvodnje i uvoza. Emisija SF6 plina i gubici u mreži su uzeti u obzir. Što se tiče potrošnje električne energije, u obzir su uzeti i utjecaji od infrastrukture (npr. gradnja brane kod hidroelektrana, gradnja nuklearne elektrane, itd.) i opreme (turbine, generatori) koja sudjeluje u proizvodnji električne energije.

Kako je i prethodno naglašeno, utjecaji na okoliš od cjelokupnog životnog vijeka opreme (strojevi, zgrade) koja sudjeluje u procesu proizvodnje transformatora nije uzeta u obzir. U nekim slučajevima vrlo detaljnih analiza u obzir se uzimaju i veličine poput utjecaja svakodnevnog putovanja radnika na posao, socijalni utjecaji, itd.

7.2.1.3 Transport

Transport sirovih materijala i komponenata do mjesta proizvodnje transformatora uzet je u obzir preko Ecoinvent baze podataka. U ovom poglavlju analizirati će se transportni scenarij proizvedenog energetskog transformatora kako i slijedi. Najveća nerastavljiva masa (kotao i aktivni dio) ide rutom 1, a ostali manji dijelovi idu rutom 2.

Ruta 1:

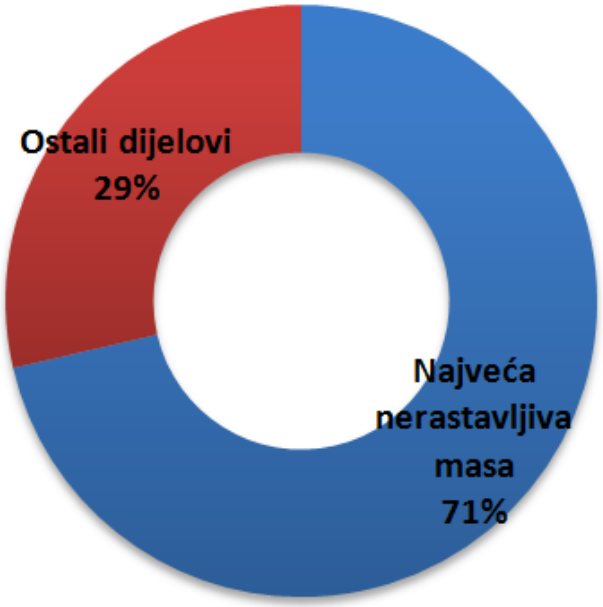
1. Zagreb – Vukovar: vlak 275 km
2. Vukovar – Rotterdam: riječna barža 2132 km
3. Rotterdam – Mandal: brod 745 km
4. Lokalni transport, [36]: kamion 500 km

Ruta 2:

1. Zagreb – Hirtsals: kamion 1787 km
2. Hirtsals – Kristiansand: brod 136 km
3. Lokalni transport, [36]: kamion 500 km

Udio najveće nerastavljive mase u ukupnoj masi prikazan je na slici 33.

Ponekad se u LCA analizama uzima u obzir i montaža samih objekata na mjestu upotrebe. Navedena faza životnog vijeka je česta u kompliciranim poslovima montaže (graditeljstvo,postrojenja, itd.). U ovom slučaju utjecaj montaže nije uzet u obzir zbog minornog utjecaja istog.



Slika 33. Udio najveće nerastavljive u ukupnoj masi

7.2.2 Rad transformatora

Prilikom rada transformatora vrlo bitna stavka koja će se uzeti u obzir jesu gubici. Iako je transformator vrlo efikasan uređaj, tijekom njegovog rada pojavljuju se značajni gubici. Ako uzmemo u obzir kako je životni vijek energetskog transformatora relativno dug, logično je za pretpostaviti kako će gubici zauzimati značajan udio u ukupnom okolišnom utjecaju. Gubici će se određivati prema [37 - PCR Liquid-immersed and dry type transformers[13]], umjesto prema [36 - PSR: Liquid- or gas-filled and dry type tranformers within the range of <1000 MVA] zbog toga jer je donijet zaključak kako gubici računati prema [36] nisu fizikalno korektni. Najveći problem je u tome što okvirne vrijednosti gubitaka energetskog transformatora ovise o kvadratu postotka tereta, a u [36] je navedena linearna ovisnost.

Ukupni gubici transformatora se računaju prema:

$$P = \left(P_L \cdot {T_L}^2 + P_{noL} + P_{aux}\right) \cdot T_{noL} \cdot Y$$

Sa oznakama kako slijedi:

P – ukupno izgubljena energija tijekom cijelog životnog vijeka [kWh]

P_L – gubici prilikom punog terećenja pri prosječnoj temperaturi od 75 °C [kW]

T_L – prosječan postotak terećenja izražen u postocima od nominalne snage – 50 [%]

P_{noL} – gubici praznog hoda [kW]

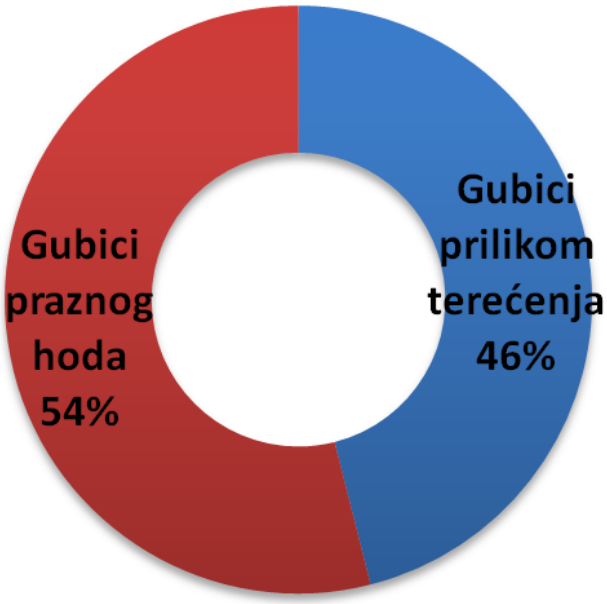
P_{aux} – snaga potrebna za pogonjenje pomoćne opreme [kW]

[13] - Dokumenti su objašnjeni u poglavlju 3.3

T_{noL}– prosječan postotak vremena koji je transformator u radu – 99 [%]

Y – ukupno vrijeme rada transformatora – 35 x 8640 [h]

Udio pojedinih gubitaka u ukupnim gubicima prikazan je na slici 34.



Slika 34. Udio gubitaka praznog hoda u ukupnim gubicima

Napomenimo kako je rashladni sustav transformatora projektiran za hlađenje iznad nominalnog terećenja od cca 70%. Kako je analiziran mrežni transformator, koji se u načelu ne tereti visokim postotkom, pretpostavljeno je da se energija potrebna za napajanje ventilatora može zanemariti spram ostalih gubitaka (zbog toga jer se vrlo rijetko koriste). Ostala dodatna oprema ovog transformatora je rasvjeta, upravljanje hlađenjem, signalizacija, odnosno komponente koje su zanemariva trošila u usporedbi sa gubicima transformatora.

U obzir će se uzeti da se ukupni gubici tijekom životnog vijeka transformatora moraju nadoknaditi iz prosječnog sastava el. energije u Norveškoj prema Ecoinvent bazi podataka.

Slijedeća stavka prilikom životne faze rada transformatora je njegovo održavanje. Životni vijek opreme koja je sastavni dio transformatora se u načelu poklapa sa životnim vijekom samog transformatora te se stoga u analizu ne uzimaju u obzir zamjenske komponente poput monitoring opreme, ventila, zasuna, releja, itd. U priručnicima se može vidjeti kako je određena područja vanjskih metalnih dijelova potrebno u određenim vremenskim periodima ponovno zaštititi premazom kako bi se spriječilo korodiranje. Ta stavka će se uzeti u obzir kao 50% ukupne boje potrebne za vanjski premaz cijelog kotla.

7.2.3 Kraj životnog ciklusa

Da bi se kvalitetno moglo pristupiti modeliranju kraja životnog ciklusa potrebno je znati kako teče proces nakon prestanka radnog vijeka transformatora. Nakon prestanka rada

namjera je odvojiti što više istovrsnog materijala kako bi se isti mogao kvalitetno reciklirati odnosno spaljivati u svrhu povrata energije. Ostatak materijala predstavlja otpad koji se zbrinjava isključivo odlaganjem. U većini slučajeva nesortirani industrijski konvencionalni materijali predstavljaju okolišno najutjecajniji materijal iz razloga što se zbrinjavaju isključivo odlaganjem te u pravilu ne utječu povoljno na sveukupni utjecaj na okoliš (iznimka je odlaganje organskog bio-otpada u svrhu pridobivanja goriva, primjerice metana CH_4). Navedimo kako se u nekim analizama modelira i ponovna upotrebe određenih sklopova što u pravilu predstavlja vrlo povoljan scenarij kraja životnog vijeka. U ovoj analizi taj scenarij životnog vijeka nije uzet u obzir iz razloga što se smatra da oprema prvotno isporučena sa transformatorom traje kroz cijeli životni vijek i istu nije potrebno mijenjati. Uzimajući u obzir da je pretpostavljeni životni vijek transformatora 35 godina, vrlo je teško očekivati da bi se iste komponente ugrađivale u nove konstrukcije. Nakon što se određeni dio materijala odvoji, pristupa se zbrinjavanju otpada. U obzir će se uzeti 3 različita scenarija kako i slijedi: recikliranje, spaljivanje u svrhu povrata energije i odlaganje. Procesi u fazi kraja životnog vijeka proizvoda (recikliranje, spaljivanje i odlaganje) ovise o vrsti materijala.

Svaki materijal u Ecoinvent bazi podataka ima preddefiniran scenarij kraja životnog vijeka. Navedeni scenariji uključuju mnogo faktora poput iskoristivosti materijala, iskoristivosti energije, ispuštenih emisija, resursa potrebnih za funkcioniranje objekata u kojima se vrši scenarij kraja životnog vijeka (analogija sa KPT proizvodnjom – za funkcioniranje proizvodnje potrebno je trošiti resurse), itd.

U tablici 8 dani su postoci materijala koji će se sortirati nakon prestanka rada transformatora. Za svaki od materijala definirani su i scenariji kraja životnog vijeka. Podaci su analogni onima definiranim u [3].

Recikliranje materijala povoljno utječe na okoliš te će se efekti uslijed recikliranja i spaljivanja modelirati negativnim iznosom utjecajne kategorije (npr. negativna generacija CO_2). U stvarnosti postoje dodatne emisije (već ugrađene u SimaPro-u) koje su povezane sa procesom recikliranja i spaljivanja što bi na prvi pogled imalo dodatni negativni učinak. No konvencija je da se negativni utjecaj modelira iz razloga što će reciklirani materijal, odnosno dobivena energija u konačnici smanjiti potrebu za proizvodnjom tzv. novog (eng. “virgin“) materijala odnosno energije. Nastale emisije i potrebne energije prilikom proizvodnje iz “virgin“ materijala su u pravilu znatno veće od onih koje nastaju prilikom scenarija odlaganja, recikliranja ili spaljivanja u svrhu povrata energije.

Tablica 8. Postotak odvajanja materijala

Materijal	Postotak odvajanja materijala	Metoda zbrinjavanja odvojenog materijala
Transformatorski lim	95%	recikliranje
Čelik	95%	recikliranje
Ulje	100%	recikliranje
Bakar	98%	recikliranje
Nehrđajući čelik	98%	recikliranje
Prešpan	80%	odlaganje
Laminirano drvo	90%	odlaganje
Porculan	64%	odlaganje
Kablovi	50%	recikliranje+spaljivanje
Papir	80%	odlaganje
Aluminij	98%	recikliranje
Elektrooprema	50%	recikliranje+spaljivanje
NBR Guma	100%	spaljivanje
Stakloplastika	100%	spaljivanje
Epoksidni premaz	0%	odlaganje
Ljepilo	0%	odlaganje
Lak	0%	odlaganje

7.3. Procjena utjecaja na okoliš (“LCIA“)

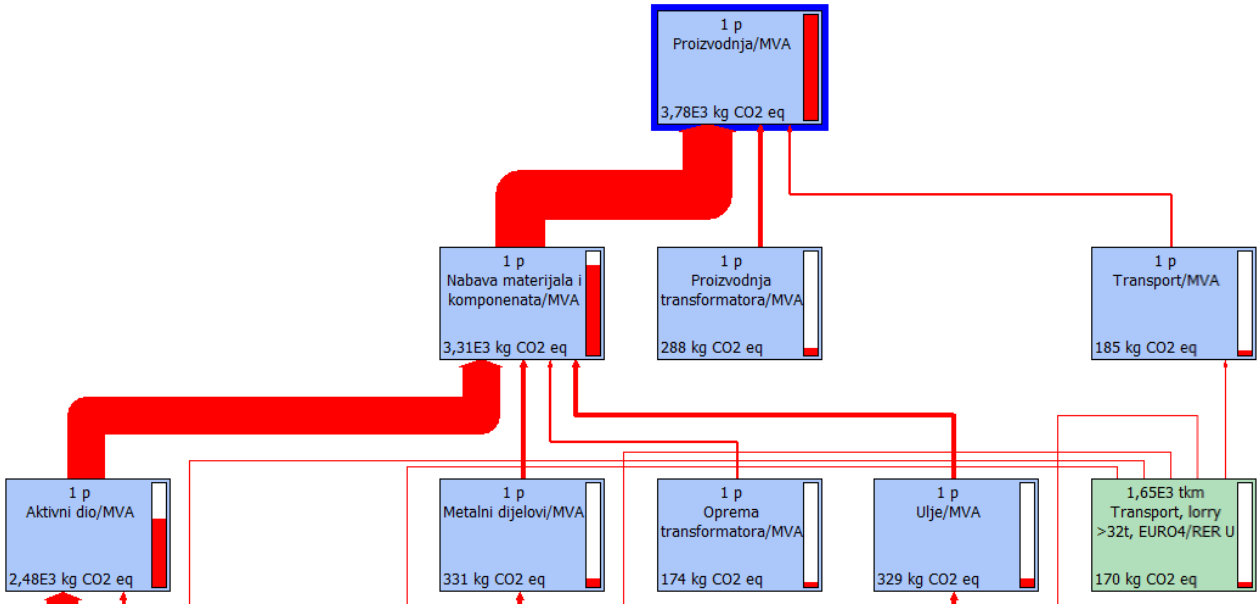
Procjena utjecaja na okoliš strukturirana je na analogan način kao i faza analize inventara. Klasifikacija emisija (dobivenih iz faze analize inventara) napravljena je unutar SimaPro računalnog programa prema metodi IMPACT 2002+. U slijedećem koraku su emisije množene faktorima karakterizacije kako bi se dobio utjecaj na okoliš pojedine “mid-point“ kategorije. Nakon dobivanja okolišnog utjecaja pojedine “mid-point“ kategorije, podaci su pomoću “end-point“ faktora prebačeni su u konačan utjecaj na okoliš. Svi rezultati su prikazani po jedinici snage transformatora [MVA].

Kako su krajnjem korisniku analize najčešće interesantni “end-point“ rezultati odnosno ekvivalent generacije CO_2, isti su stoga prikazani za sve životne faze. Na kraju LCIA faze, u poglavlju koje se tiče sveukupnog okolišnog utjecaja cijelog životnog vijeka energetskog transformatora, biti će prikazani ukupni “mid-point“ rezultati kako bi se vidjelo koliki su iznosi pojedinih “mid-point“ kategorija. Nadalje, za sveukupan životni vijek energetskog transformatora biti će prikazani rezultati za sve “end-point“ kategorije. Nad rezultatima svih “end-point“ kategorija će se izvršiti normalizacija kako bi korisnik imao uvid u veličinu okolišnog utjecaja spram okolišnog utjecaja prosječnog europskog građanina.

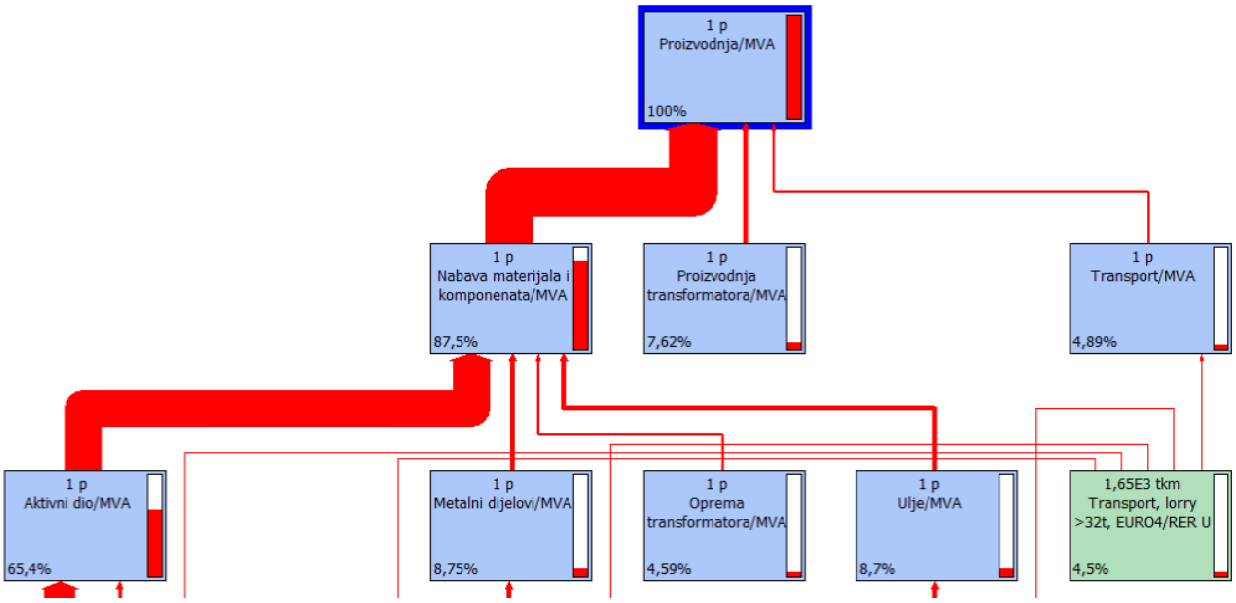
7.3.1 Proizvodnja

Kako je bilo i prije naglašeno, u LCIA fazi biti će prikazani rezultati koji se tiču klimatskih promjena odnosno ekvivalentne generacije CO_2. Na slikama koje prikazuju generaciju CO_2 po pojedinim životnim ciklusima odnosno sklopovima stavke koje su na engleskom jeziku izvađene su direktno iz baze podataka. Oznaka "1 p" (eng. piece) slijedi iz strukture SimaPro alata koja zahtijeva zadavanje broja komada pojedinih životnih ciklusa. U ovom radu taj broj uvijek iznosi 1 za sve faze životnog ciklusa.

Na slikama 35 i 36 prikazani su ekvivalentni iznosi generacije CO_2 (prikaz udjela većeg od 4,5%) po sklopovima a koji se tiču životne fazi nabave komponenata i materijala. Na nižim slikama utjecaji ispod određenih postotaka nisu prikazani kako bi stablo rezultata bilo pregledno.



Slika 35. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u fazi proizvodnje

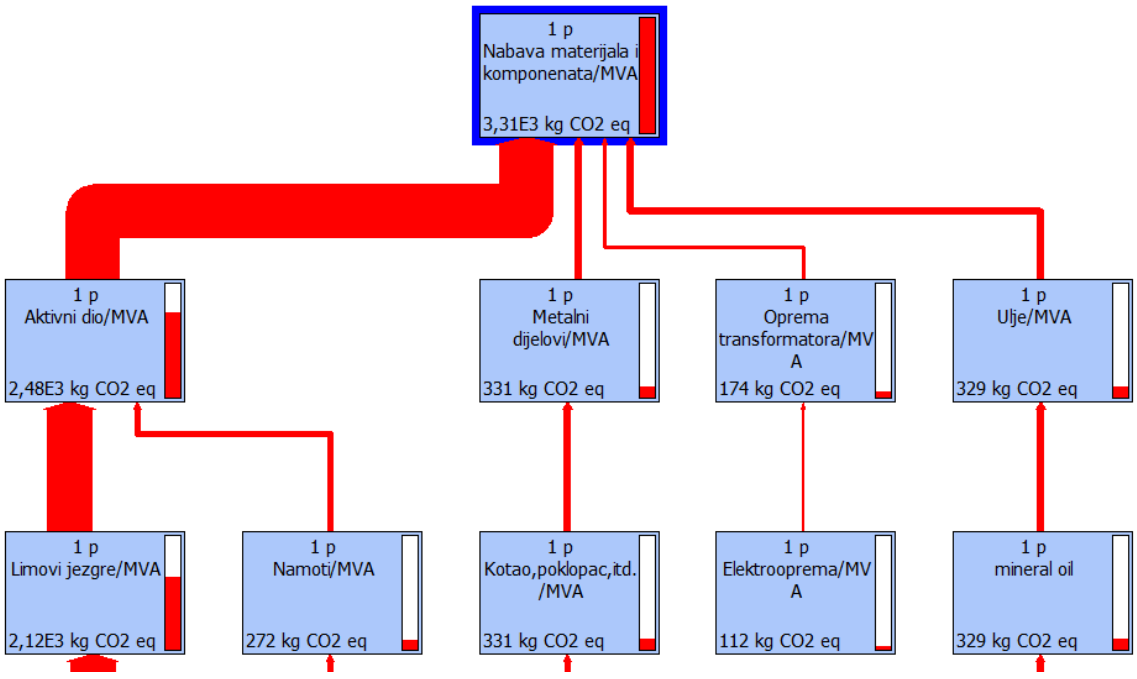


Slika 36. Udio iznosa generacije CO_2 po fazama proizvodnje

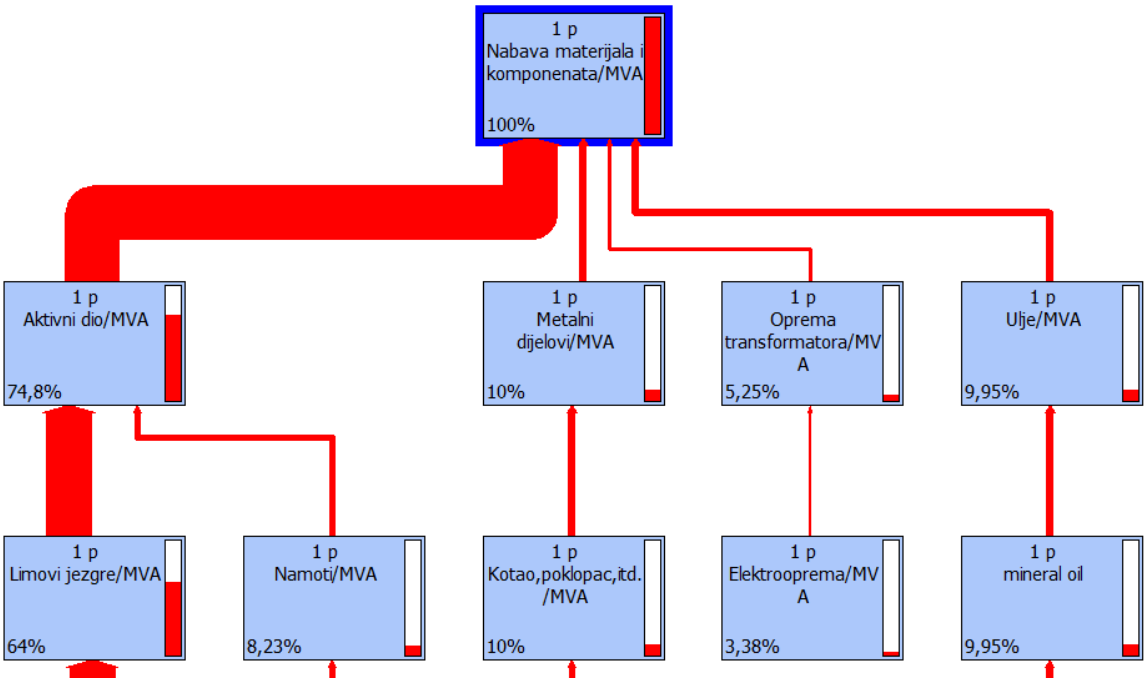
Možemo slobodno zaključiti kako nabava materijala i komponenata zauzima najveći udio u usporedbi sa ostalim fazama unutar životnog ciklusa proizvodnje. Iz dijagrama se vidi kako proizvodnja transformatora zauzima 7,6 % generacije CO_2 od ukupnog ciklusa proizvodnje. Transport transformatora do mjesta instalacije zauzima udio od 4,9%.

7.3.1.1 Nabava komponenata i materijala

Na slikama 37 i 38 prikazani su ekvivalentni iznosi generacije CO_2 (prikaz udjela većeg od 3%) po sklopovima a koji se tiču životne faze nabave komponenata i materijala.



Slika 37. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 po sklopovima

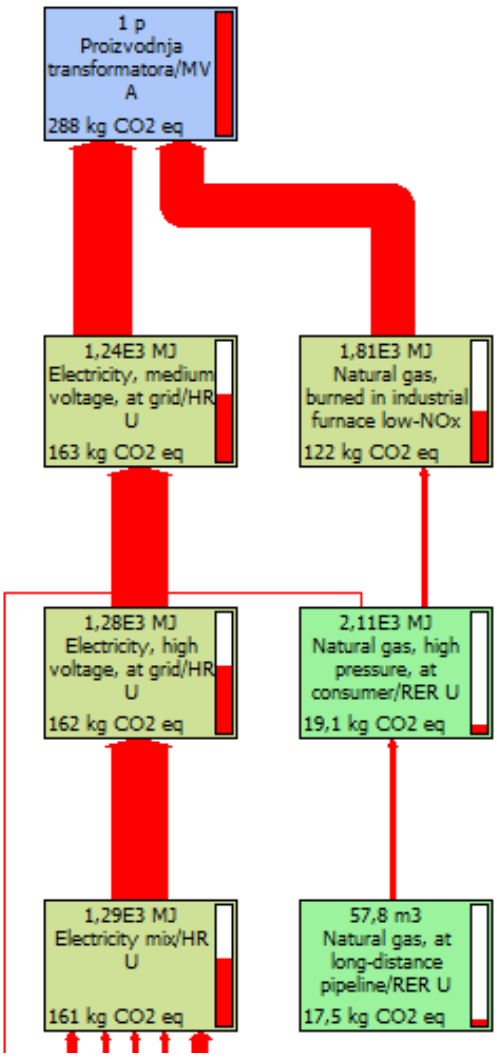


Slika 38. Udio iznosa generacije CO_2 po sklopovima

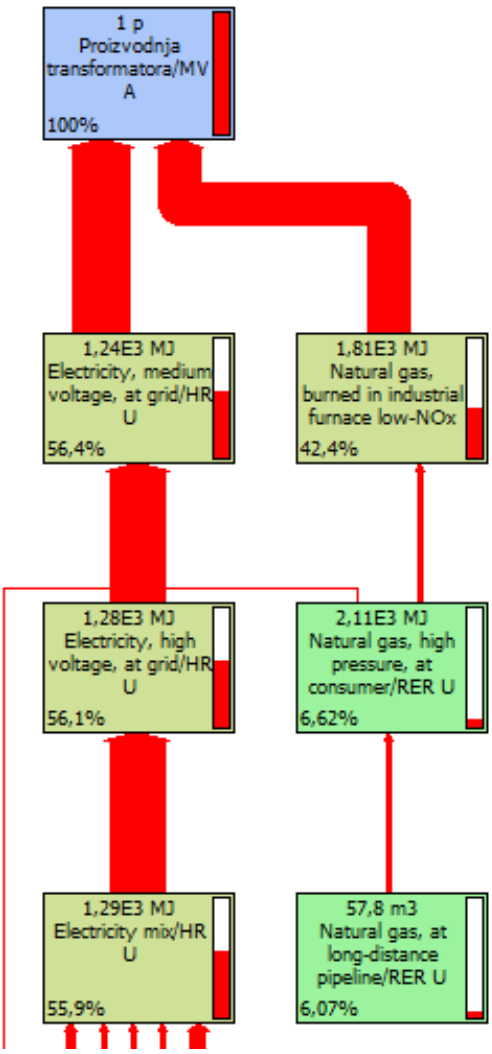
Iz dijagrama zaključujemo kako aktivni dio, odnosno limovi jezgre zauzimaju većinu okolišnog utjecaja uslijed generacije CO_2.

7.3.1.2 Proizvodnja transformatora

Iako je ranije zaključeno kako je udio proizvodnje transformatora u fazi nabave materijala i komponenata relativno mali, zanimljivo je vidjeti koliko koji resurs utječe na generaciju CO_2. Na slikama 39 i 40 prikazani su ekvivalentni iznosi CO_2 (prikaz udjela većeg od 6%).



Slika 39. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 po utrošenim resursima

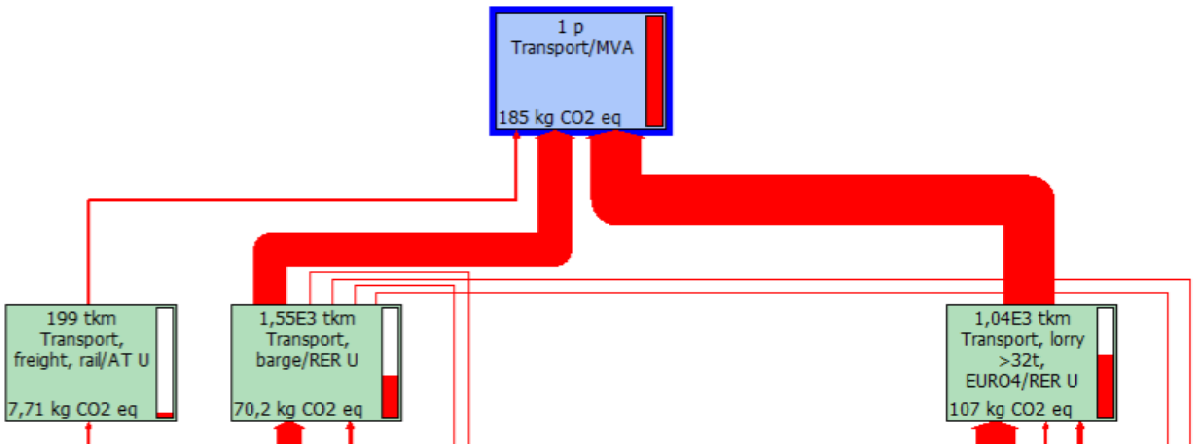


Slika 40. Udio iznosa generacije CO_2 po utrošenim resursima

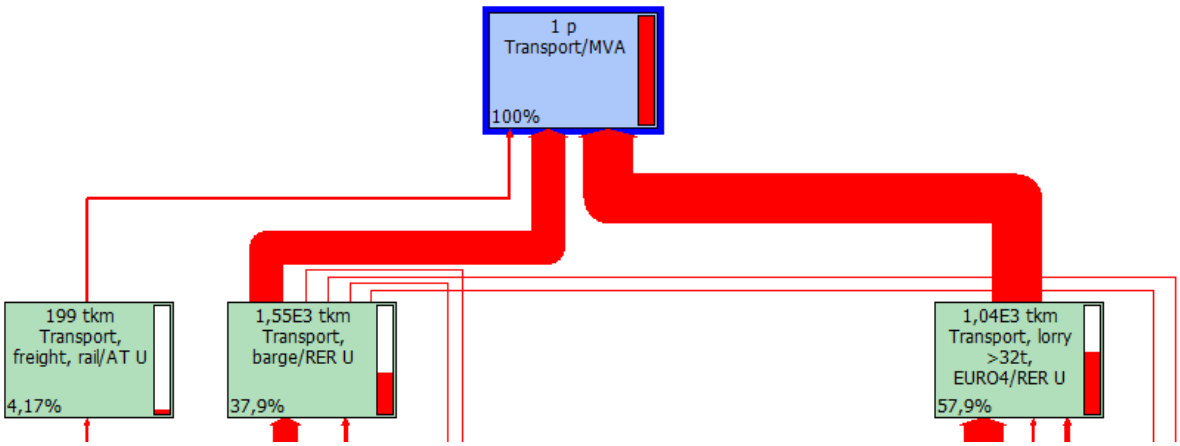
Vidi se kako najveći utjecaj ima potrošnja električne energije. Lako ulje, nafta, voda i otpad imaju utjecaje manje od 6%

7.3.1.3 Transport

Analogno prethodnom poglavlju, zanimljivo je vidjeti koliko koje transportno sredstvo utječe na generaciju CO_2. Na slikama 41 i 42 prikazani su ekvivalentni iznosi generacije CO_2 (prikaz udjela većeg od 3%). Vidi se kako najveći utjecaj ima transport cestom. Prijevoz morskim putem zauzima manje od 3% udjela.



Slika 41. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 po transportnom sredstvu



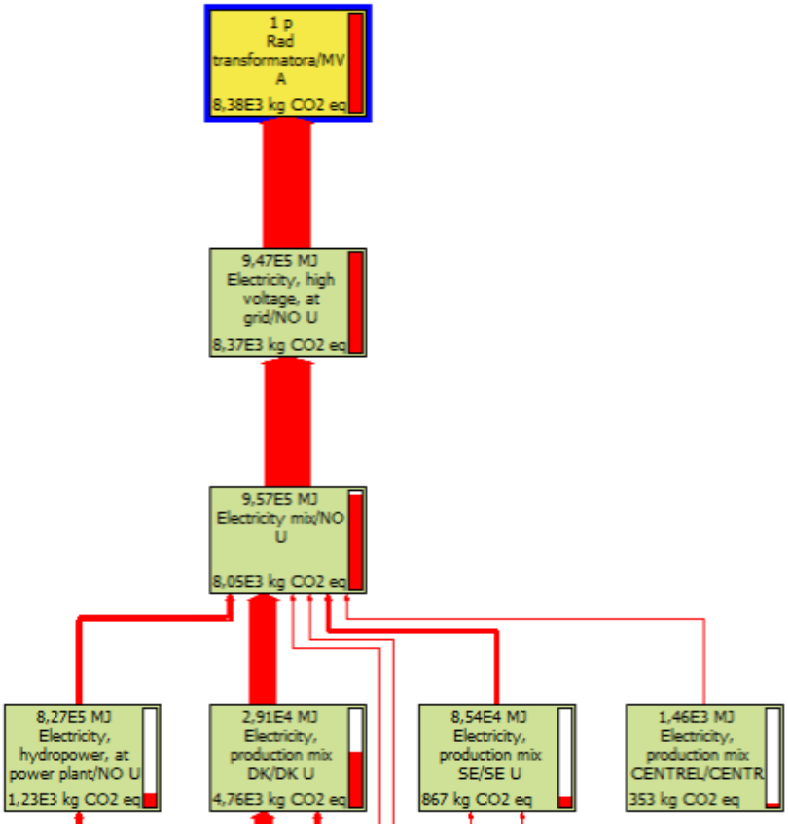
Slika 42. Udio iznosa generacije CO_2 po transportnom sredstvu

Transport velikih energetskih transformatora je ograničavajući faktor u projektiranju i na isti je teško utjecati u smislu mijenjanja transportnih sredstva, ruta, itd. Iz rezultata se također vidi kako su utjecaji na okoliš od transporta vrlo mali spram ostalih utjecaja.

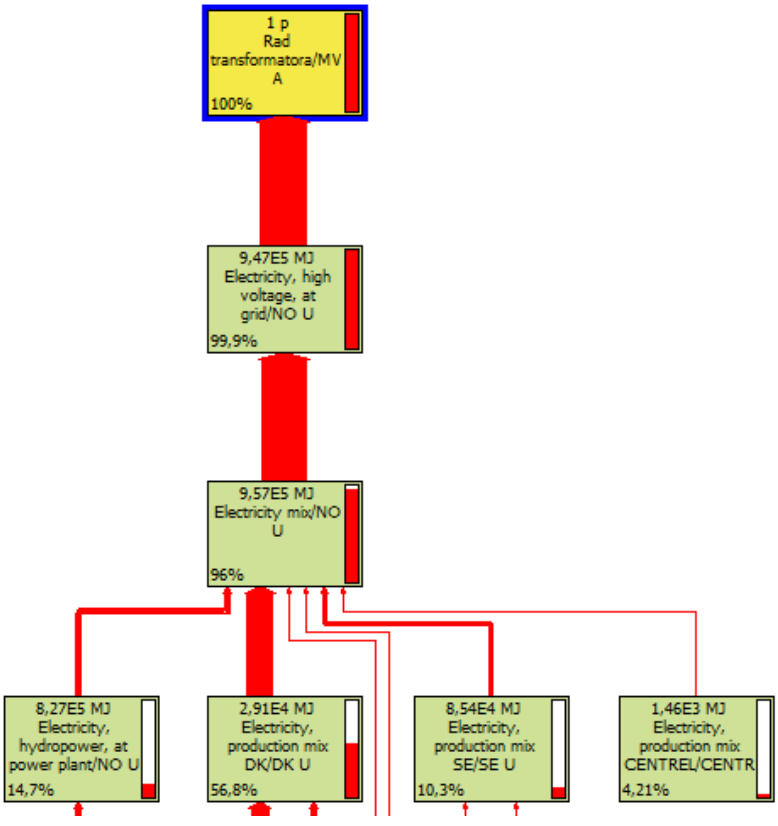
7.3.2 Rad transformatora

U analizi inventara naglašeno je kako su pod životnim ciklusom rada transformatora u obzir uzeti gubici te materijal za održavanje. Materijal za održavanje ima zanemariv utjecaj spram utjecaja gubitaka. Energija koja je izgubljena nadoknađuje se iz prosječnog sastava električne energije u Norveškoj. Ekvivalentna generacija CO_2 u životnom ciklusu rada transformatora prikazana je na slikama 43 i 44 (prikaz udjela većeg od 4%).

Iz navedenih slika se može zaključiti kako struja uvezena iz Danske ima najveći udio u generaciji CO_2.



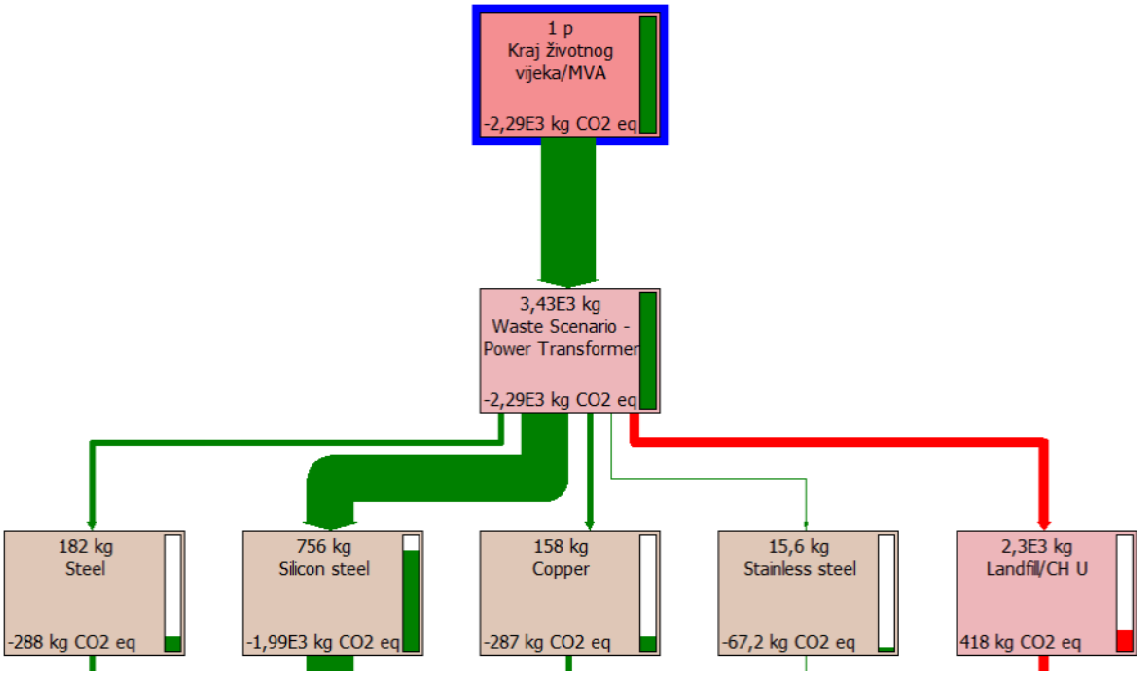
Slika 43. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u radu transformatora



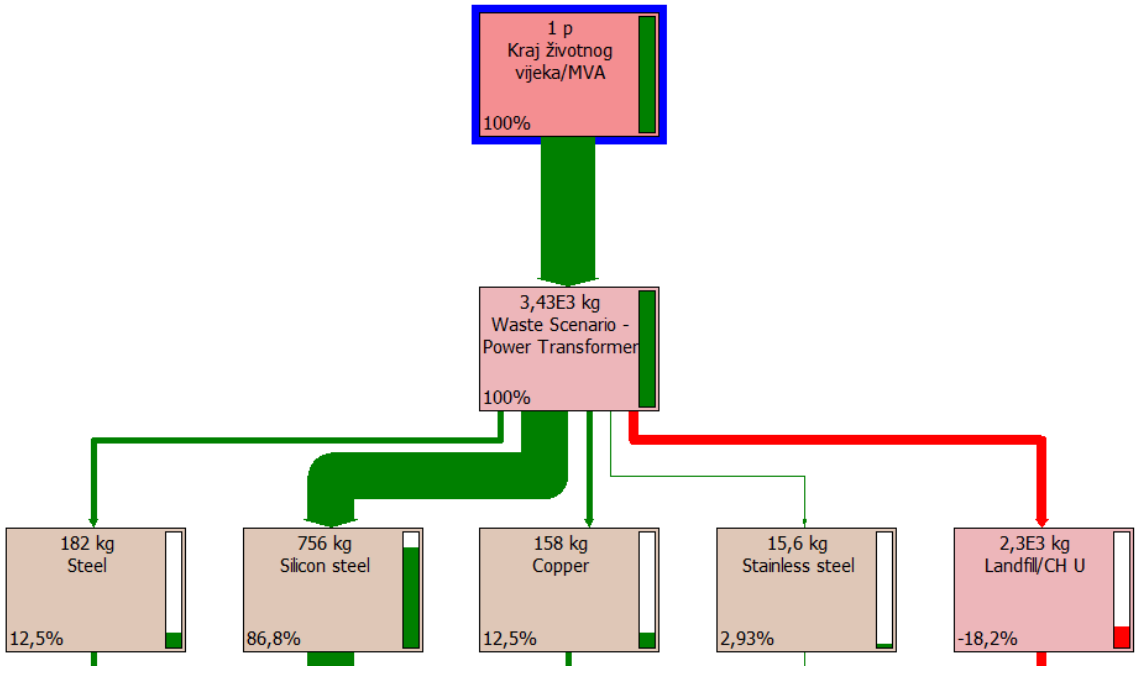
Slika 44. Udio iznosa generacije CO_2 u radu transformatora

7.3.3 Kraj životnog ciklusa

Kraj životnog ciklusa modelira se na način objašnjen u poglavlju analize inventara. Na slikama 45 i 46 prikazan je ekvivalentni iznos generacije CO_2 (prikaz udjela većeg od 2%). koji proizlazi iz odlaganja, recikliranja odnosno spaljivanja u svrhu povrata energije.



Slika 45. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 tijekom oporabe

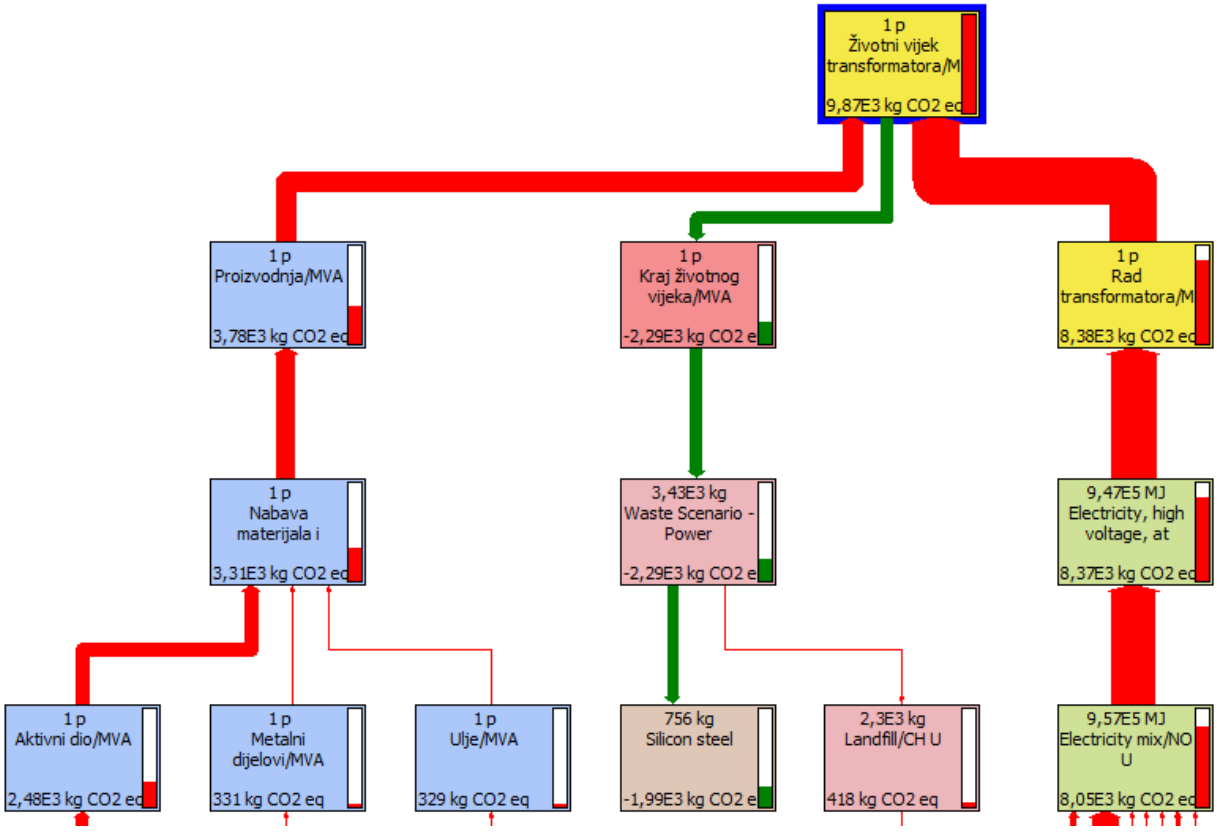


Slika 46. Udio iznosa generacije CO_2 tijekom oporabe

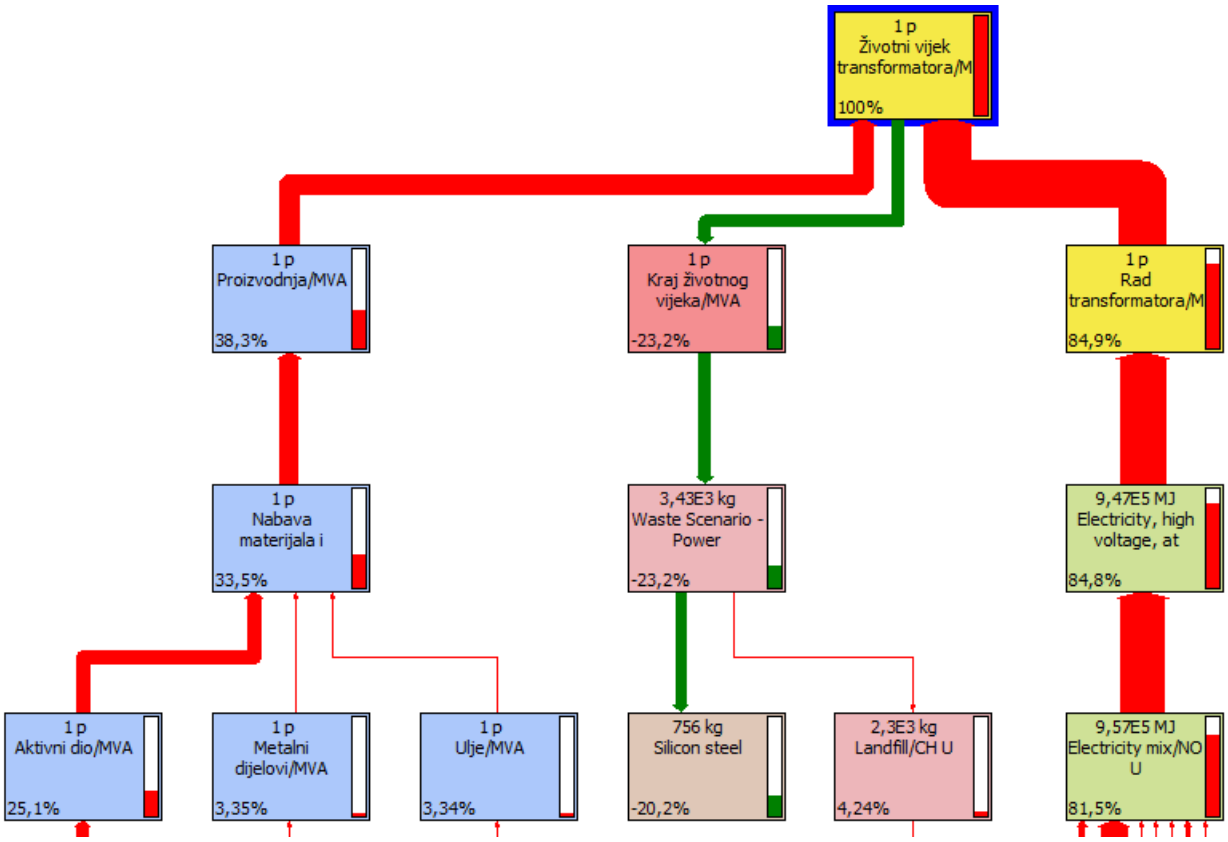
Iz gornjih slika se zaključuje kako limovi jezgre imaju najveći utjecaj u smislu anuliranja potrebe za proizvodnjom novog materijala a posljedično i većom emisijom CO_2. Vidi se i kako odlaganje materijala u cjelini utječu negativno na bilancu generacije CO_2. Objašnjenje negativnog iznosa generacije CO_2 dano je u poglavlju 7.2.3.

7.3.4 Utjecaji na okoliš od cjelokupnog životnog vijeka

Na slikama 47 i 48 prikazani su ekvivalenti generacije CO_2 (prikaz udjela većeg od 3%). za cjelokupni životni vijek energetskog transformatora. Iz slika se može zaključiti kako rad transformatora zauzima najveći udio odnosno 84,9%. Sama faza nabave materijala i komponenata ima konačni udio od 10,3% zbog toga jer se faza kraja životnog vijeka (23,2%) oduzima od faze nabave materijala i komponenata (33,5%). Transport transformatora zauzima udio od 1,9% a proizvodnja transformatora udio od 2,9%. Dakle, zaključujemo kako faza proizvodnje ima konačni udio od 15,1%. Iz navedenoga se može zaključiti kako okolišne inicijative usmjerene prema dobavljačima i kupcima imaju najveći potencijal u smislu unaprjeđenja okolišnih performansi.



Slika 47. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u cjelokupnom životnom vijeku



Slika 48. Ekvivalentan iznos generacije CO_2 u cjelokupnom životnom vijeku

Na tablici 9 prikazani su utjecaji na okoliš svih “mid-point“ kategorija (između ostalih i ekvivalentnu generaciju CO_2) definiranih u IMPACT 2002+ metodi. Prikazana tablica služi u informativne svrhe zbog toga jer “mid-point“ rezultati ne daju konačnu informaciju o utjecaju na okoliš.

Navedeni rezultati se dijele u 15 kategorija sa pripadnim jedinicama kako je i objašnjeno u poglavlju 5.1.

Tablica 9. Utjecaji na okoliš - “mid-point“ kategorije

“Mid-point” kategorija	Jedinica	Ukupno	Proizvodnja/MVA	Kraj životnog vijeka/MVA	Rad transformatora/MVA
Kancerogene tvari	kg C_2H_3Cl ekv	5,37E+01	6,38E+01	-5,47E+01	4,46E+01
Nekancerogene tvari	kg C_2H_3Cl ekv	2,05E+02	4,77E+02	-3,92E+02	1,19E+02
Utjecaj na respiratorne organe od anorganskih tvari	kg PM2.5 ekv	1,03E+01	5,86E+00	-4,71E+00	9,13E+00
Ionizirajuće zračenje	Bq C^{-14} ekv	1,60E+06	3,04E+04	-1,34E+04	1,58E+06
Smanjenje sloja ozona	kg CFC^{-11} ekv	7,69E-04	1,23E-04	-3,61E-05	6,82E-04
Utjecaj na respiratorne organe od organskih tvari	kg C_2H_4 ekv	2,06E+00	1,74E+00	-1,01E+00	1,33E+00
Toksičnost po organizme u vodi	kg TEG u vodi	1,59E+06	1,39E+06	-8,49E+05	1,05E+06
Toksičnost po organizme u zemlji	kg TEG u zemlji	2,85E+05	4,12E+05	-3,78E+05	2,51E+05
Povećanje kiselosti zemlje	kg SO_2 ekv	1,37E+02	9,52E+01	-6,71E+01	1,09E+02
Zauzimanje poljoprivrednog zemljišta	m^2 ekv	1,10E+02	1,50E+01	-4,82E+00	1,00E+02
Povećanje kiselosti vode	kg SO_2 ekv	3,48E+01	3,64E+01	-2,83E+01	2,68E+01
Eutrofikacija vode	kg PO_4^{3-} ekv	1,67E+00	1,06E+01	-9,98E+00	1,08E+00
Globalno zagrijavanje	kg CO_2 ekv	9,87E+03	3,78E+03	-2,29E+03	8,38E+03
Korištenje energije dobivene iz neobnovljivih izvora	MJ ekv	2,86E+05	5,98E+04	-3,23E+04	2,58E+05
Ekstrakcija minerala	MJ ekv	3,40E+02	5,98E+02	-5,59E+02	3,01E+02

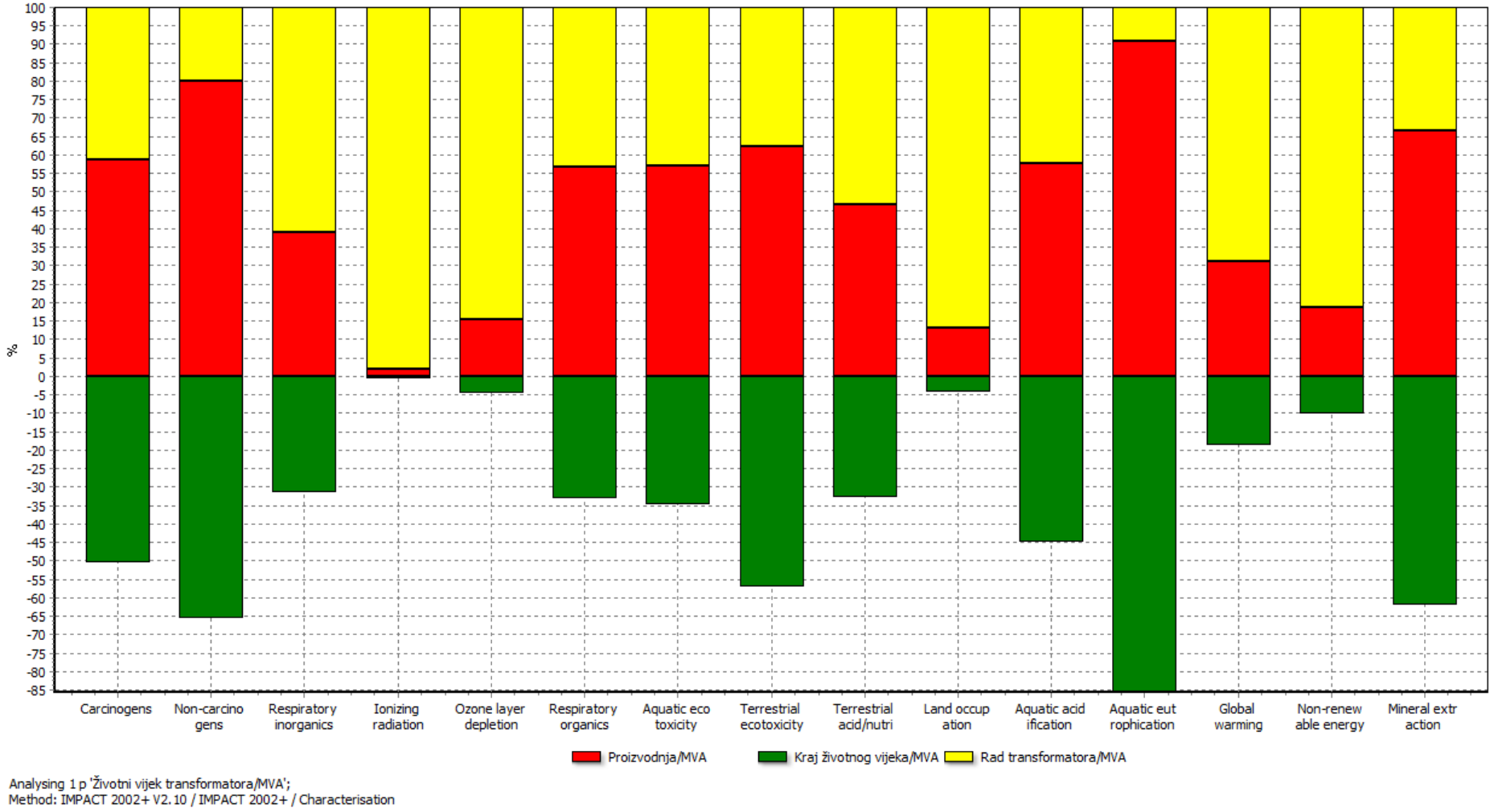
Na slici 49 prikazani su “mid-point“ rezultati u obliku histograma kako bih korisnik dobio vizualni dojam koliki je udio pojedine životne faze za svaku “mid-point“ kategoriju utjecaja.

Na tablici 10 prikazani su “end-point“ rezultati analize utjecaja. Navedeni rezultati se dijele u 4 kategorije sa pripadnim jedinicama kako je i objašnjeno u poglavlju 5.1.

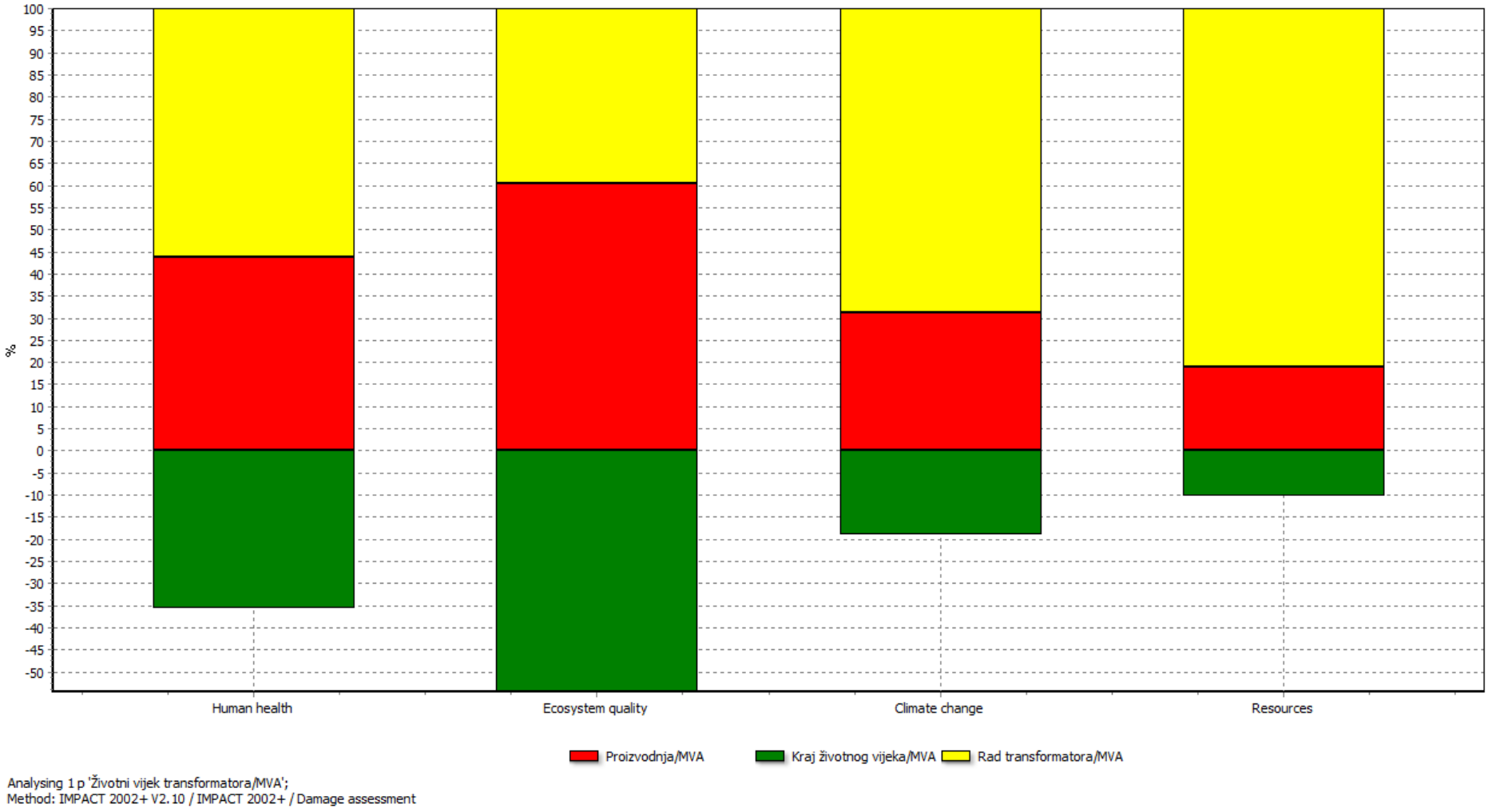
Tablica 10. Utjecaji na okoliš - “end-point“ kategorije

“End-point” kategorija	Jedinica	Ukupno	Proizvodnja/MVA	Kraj životnog vijeka/MVA	Rad transformatora/MVA
Ljudsko zdravlje	DALY	8,26E-03	5,62E-03	-4,55E-03	7,19E-03
Kvaliteta ekosustava	PDF*m^2*god	2,60E+03	3,44E+03	-3,11E+03	2,26E+03
Promjena klime	kg CO_2 ekv	9,87E+03	3,78E+03	-2,29E+03	8,38E+03
Utrošeni resursi	MJ	2,86E+05	6,04E+04	-3,28E+04	2,59E+05

Na slici 50 prikazani su udjeli pojedine životne faze u pojedinoj “end-point“ utjecajnoj kategoriji kako bi korisnik dobio vizualni dojam o iznosu utjecaja pojedine životne faze. Vidi se kako u svim kategorijama najveći konačni utjecaj ima faza rada transformatora.



Slika 49. Udjeli pojedine životne faze po “mid-point“ kategorijama utjecaja



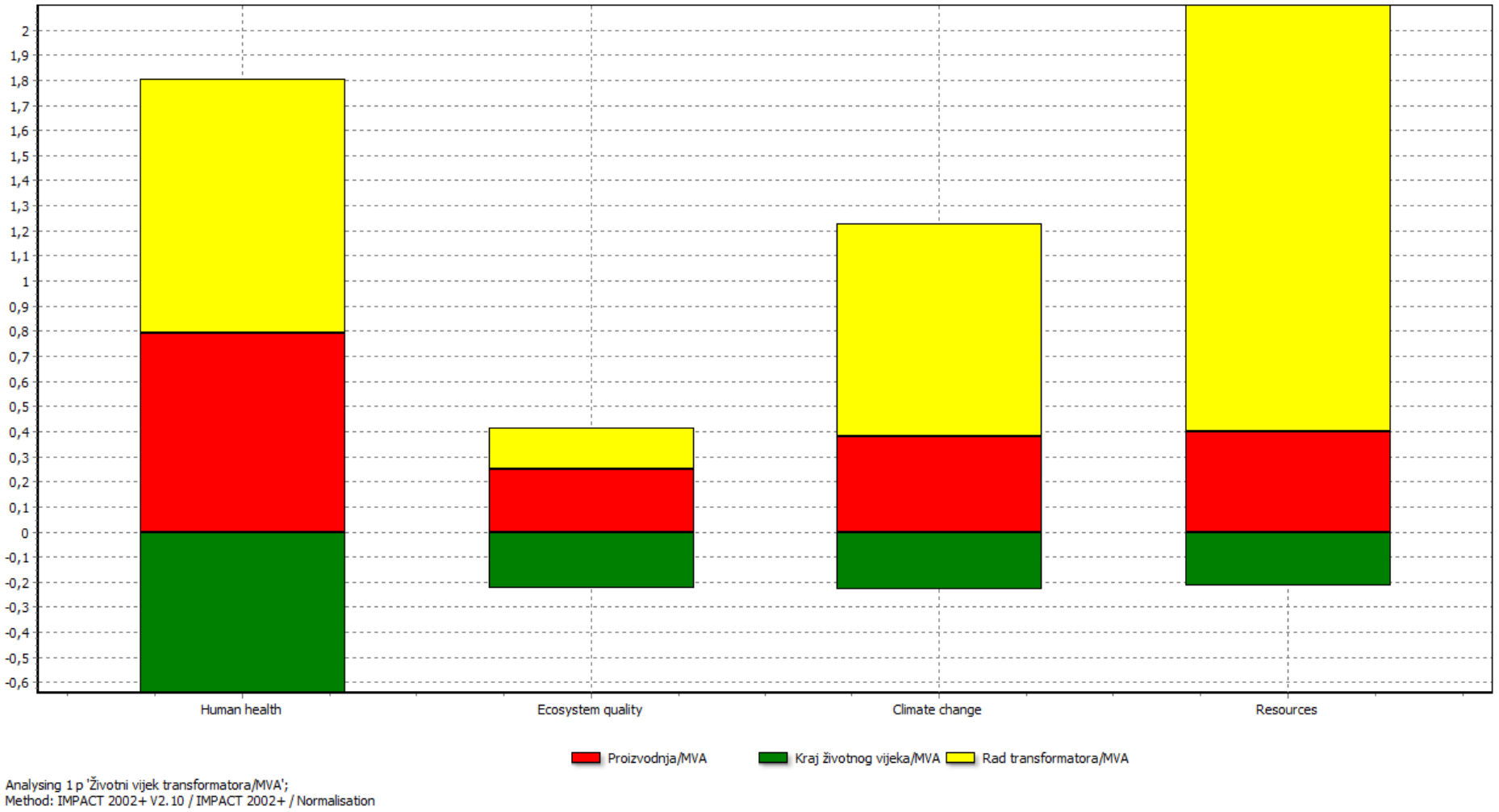
Slika 50. Udjeli pojedine životne faze po “end-point“ kategorijama utjecaja

Iz razloga što su korisniku analize potrebne referentne vrijednosti s kojima može usporediti rezultate kako bi vidio kolike su zapravo okolišne performanse "end-point" kategorija, rezultati dobiveni LCIA analizom su podvrgnuti normalizaciji. Normalizacija je rađena sukladno objašnjenju danom u poglavlju 3.3.2 Rezultati su normalizirani po okolišnim utjecajima prosječnog europskog građanina. Na tablici 11 su prikazani rezultati normalizacije po "end-point" kategorijama utjecaja.

Tablica 11. Normalizirani rezultati "end-point" kategorija

"End-point" kategorija	Jedinica	Ukupno	Proizvodnja/MVA	Kraj životnog vijeka/MVA	Rad transformatora/MVA
Ljudsko zdravlje	čovjek*god	1,16	0,79	-0,64	1,01
Kvaliteta ekosustava	čovjek*god	0,19	0,25	-0,23	0,17
Promjena klime	čovjek*god	1,00	0,38	-0,23	0,85
Utrošeni resursi	čovjek*god	1,87	0,40	-0,22	1,70

Iz tablice se zaključuje kako je kategorija resursa najnepovoljnija kategorija. 1,87 godina je potrebno jednom prosječnom europljaninu da "potroši" ekvivalentne resurse (svedene na 1 MVA snage transformatora) u cijelom životnom vijeku energetskog transformatora. U svrhu vizualizacije istu tablicu je korisno prikazati u obliku histograma, što je i učinjeno na slici 51.



Slika 51. Utjecaji na okoliš normalizirani po prosječnom europskom građaninu

7.4. Interpretacija rezultata

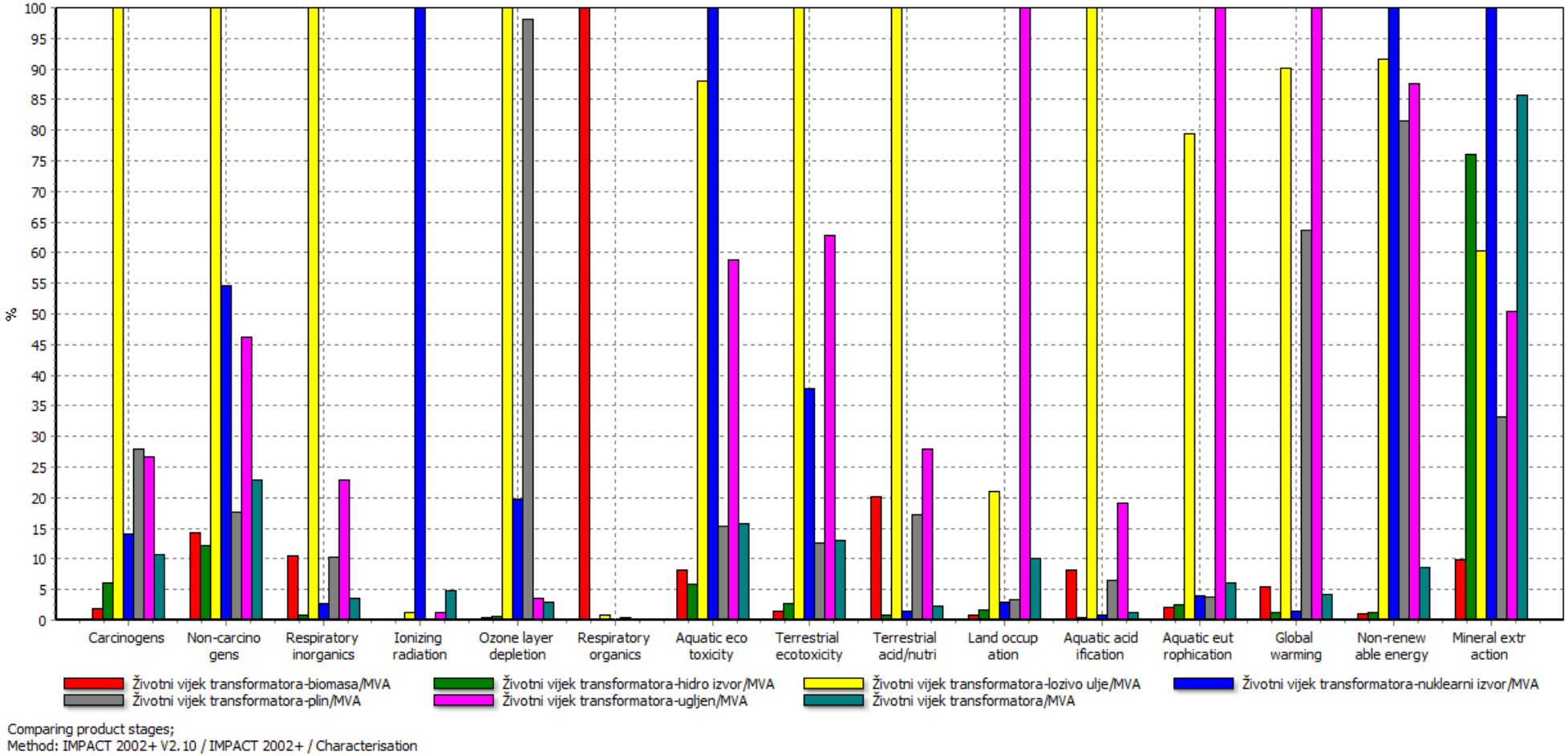
U fazi interpretacije rezultata potrebno je identificirati potencijalno problematične stavke koje su bazirane na rezultatima LCI i LCIA dijelova analize. Iz gornjih dijagrama može se zaključiti kako su sve pretpostavke koje se tiču uzimanja u obzir materijala i komponenata ispravne. Slijedeća stavka koja je vezana uz materijal je ta da je utjecaj na okoliš od recikliranog materijala vrlo visok, od cca. 45% za kategoriju promjene klime (eng. Climate change) do cca. 88% za kategoriju kvalitete ekosustava (eng. Ecosystem quality). Ta stavka je ispitana u internom procesu te je zaključeno kako su postoci definirani u poglavlju 7.2.5 ispravni.

Tako dolazimo do zaključka kako su utjecaji na okoliš uslijed gubitaka transformatora najutjecajniji parametar. U poglavlju 7.2.4 naglašeno je kako se gubici tijekom rada transformatora nadoknađuju iz prosječnog sastava el. energije u Norveškoj. Postavlja se pitanje kakav bi utjecaj na okoliš imali transformatori koji nadoknađuju gubitke iz drugih izvora.

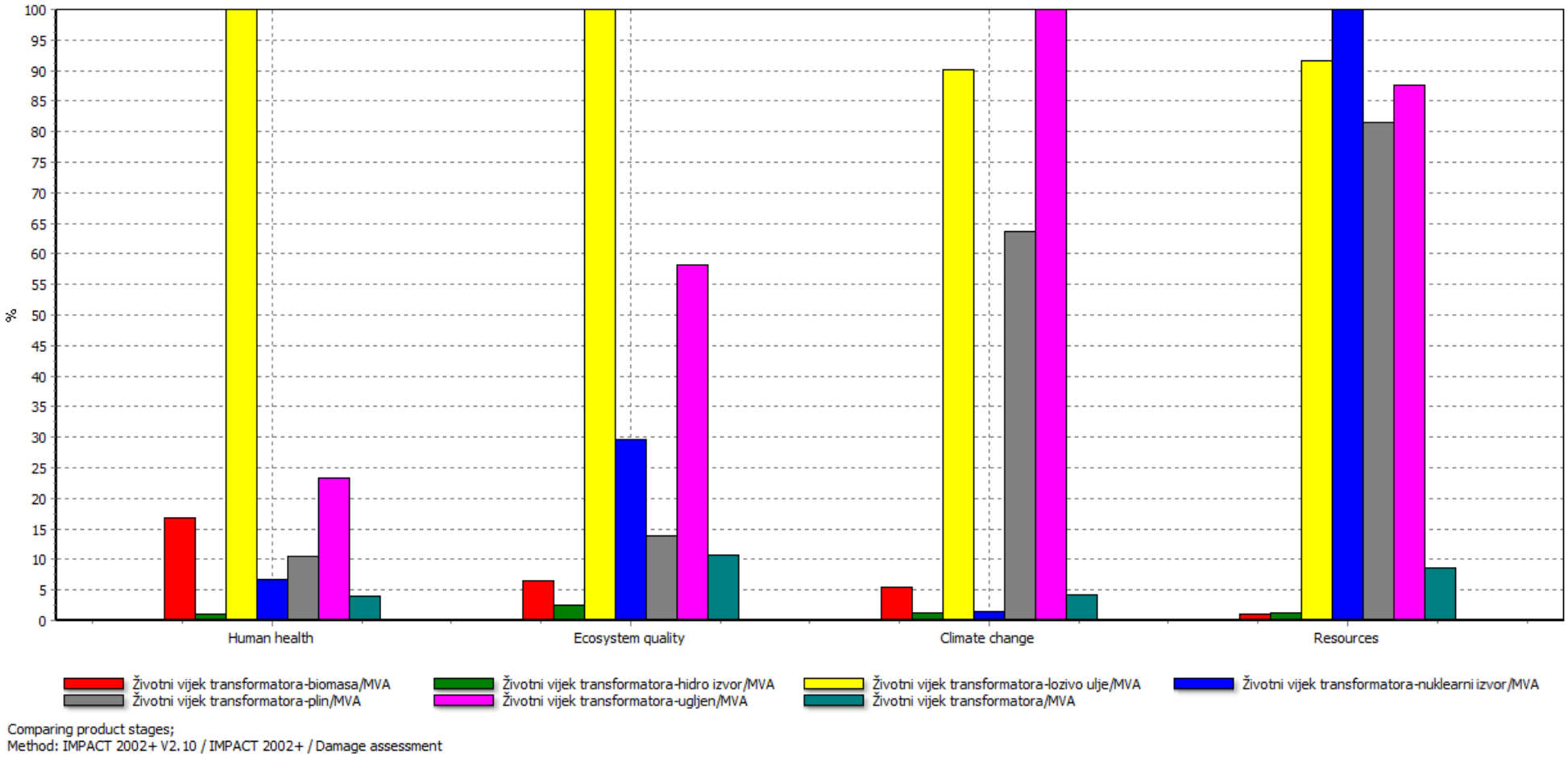
Na to pitanje će se odgovoriti analizom osjetljivosti koja će usporediti okolišne utjecaje nastale uslijed gubitaka analognog transformatora koji nadoknađuje iste sljedećih izvora: el. energija iz biomase, el. energija iz hidroizvora, el. energija iz loživog ulja, el. energija iz nuklearnih izvora, el. energija iz plinskih izvora, el. energija iz ugljena te el. energija prosječnog sastava Norveške.

Na slikama 52 i 53 prikazana je usporedba okolišnih utjecaja životnog vijeka energetskog transformatora čiji se gubici nadoknađuju električnom energijom dobivenom iz raznih izvora po “mid-point“ i “end-point“ kategorijama.

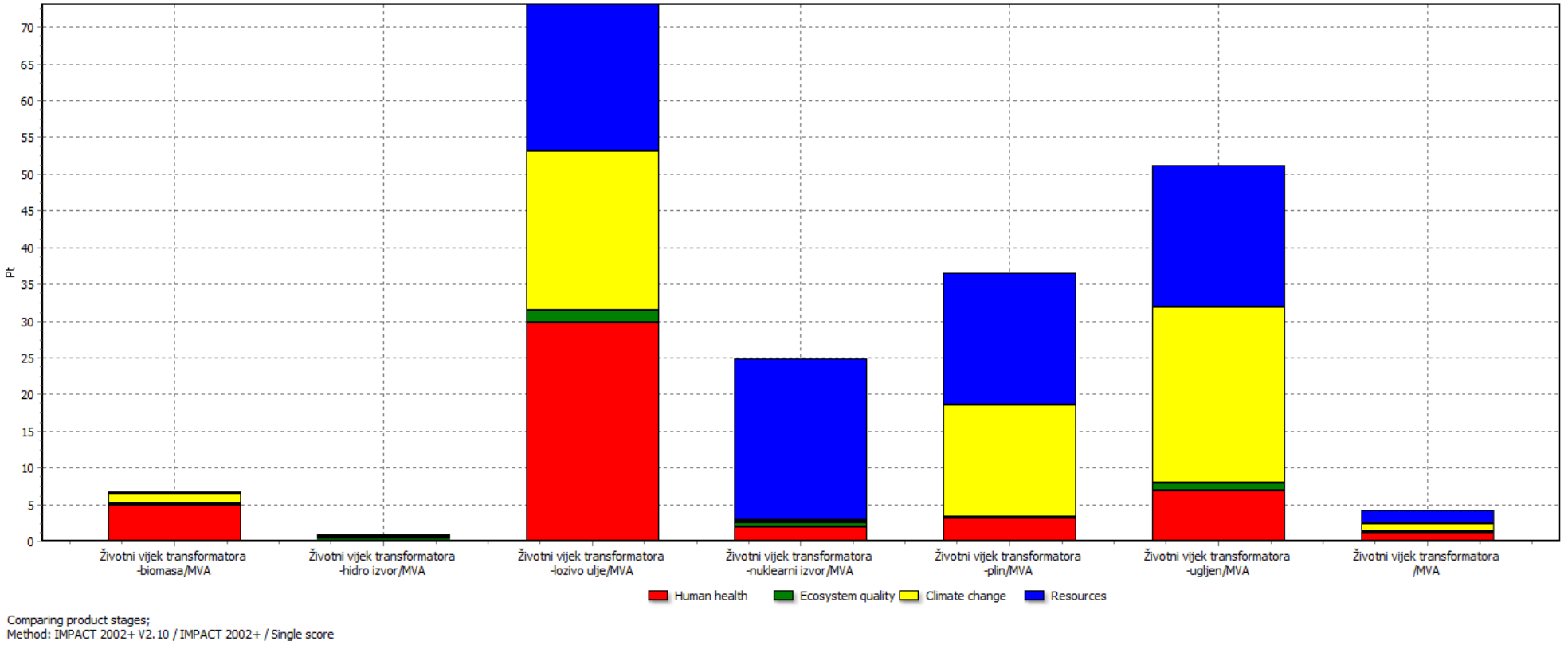
Na slici 54. Prikazani su utjecaji na okoliš svrstani po izvorima električne energije.



Slika 52. Usporedba “mid-point“ utjecaja na okoliš - el. energija dobivena iz raznih izvora



Slika 53. Usporedba “end-point“ utjecaja na okoliš - el. energija dobivena iz raznih izvora



Slika 54. Odnos ukupnih okolišnih utjecaja po pojedinom izvoru el. energije

Iz slika 52, 53 i 54 se vidi pozicija Norveškog sastava el. energije u odnosu na ostale izvore. Norveški sastav el. energije ima relativno niske udjele utjecaja na okoliš spram utjecaja električne energije dobivene iz fosilnih goriva i nuklearnih izvora.

Električna energija dobivena iz loživog ulja ima najveći utjecaj na okoliš u većini krajnjih kategorija. Električna energija iz nuklearnih izvora ima najveće utjecaje u kategoriji resursa, što je i logično zbog problematičnog odlaganja nuklearnog otpada i velike količine ekstrahiranih minerala. Električna energija dobivena iz termoelektrana na ugljen ima najznačajniji utjecaj u kategoriji promjene klime, odnosno produkcije CO_2. Električna energija dobivena iz hidroizvora ima najniži utjecaj na okoliš među navedenim izvorima.

Iz slike 54 mogu vidjeti razlike u ukupnim okolišnim utjecajima u odnosu na pojedine izvore energije.

Zaključak analize osjetljivosti je da izbor izvora iz kojih se generira električna energija te iz koje se nadoknađuju gubici energetskog transformatora ima najveći utjecaj na krajnji rezultat.

8. ZAKLJUČAK

Generalni zaključak rada je da LCA metoda predstavlja vrlo robustan i općeprimjenjiv način za računanje utjecaja na okoliš raznih proizvoda odnosno procesa. Daljnji potencijal za razvoj nalazi se u proširivanju baza podataka te u potpunom odnosno potpuno kvantitativnom definiranju znanstvenih metoda za procjenjivanje utjecaja na okoliš.

Računalni paket se pokazao vrlo korisnim iz razloga što isti ima ugrađene brojne baze podataka što posljedično omogućava pristup informacijama čije je pridobivanje često problematično. Posebice je očita problematičnost pristupa informacijama kada uzmemo u obzir da se informacije o elementarnim tokovima (emisije, resursi, itd.) tiču cjelokupnog lanca opskrbe. Iskustvo pokazuje kako je bez baze podataka vrlo teško pridobiti kvalitetne informacije o elementarnim tokovima kako nizvodno tako i uzvodno u lancu opskrbe.

Iz prethodnog poglavlja možemo zaključiti kako je udio proizvodnje transformatora u okolišnim utjecajima koji se tiču generacije CO_2 u cijelom životnom vijeku mali i iznosi oko 2,9%. Navedena stavka otkriva koliki je potencijal zelenih inicijativa unutar same tvrtke u odnosu na potencijal okolišnog utjecaja cjelokupnog lanca opskrbe.

Utjecaj transporta u okolišnim utjecajima koji se tiču generacije CO_2 u cijelom životnom vijeku je također vrlo mali i iznosi oko 1,9 %. Logičan zaključak je kako zelene inicijative u fazi transporta nemaju značajan potencijal u usporedbi sa cjelokupnim životnim vijekom. Informacije radi, transport je često ograničavajući faktor prilikom faze projektiranja i konstruiranja.

Utjecaj na okoliš faze nabave materijala i komponenata, a koji se tiče generacije CO_2, iznosi 10,3% od okolišnog utjecaja cijelog životnog vijeka.

Utjecaj na okoliš od gubitaka koji se tiče generacije CO_2 je najveći i iznosi 84,9%. Navedena činjenica otkriva potencijal u smislu smanjenja gubitaka transformatora. Iskustvo pokazuje kako su i najefikasniji transformatori i među najskupljima te tu razliku u cijeni sam proizvođač ne može prebaciti isključivo na sebe već je to u pravilu odgovornost kupca. Shodno navedenome, mogu se uočiti razlozi za uvođenje Eco-design direktive iako veliki energetski transformatori najčešće zadovoljavaju kriterije navedene u istoj.

Zaključak je kako za sve "end-point" kategorije utjecaja na okoliš, zbroj utjecaja faza proizvodnje i kraja životnog vijeka ima zajedno manje udjela nego životna faza rada transformatora.

Normalizacijom su dobiveni ekvivalentni utjecaji izraženi u broju ljudi koji proizvedu referentni utjecaj na okoliš u jednoj godini. Ti rezultati otkrivaju kako je emisija CO_2 prosječnog Europskog građanina u jednoj godini ekvivalent generaciji CO_2 (izraženu po snazi transformatora MVA) u cijelom životnom vijeku transformatora. Dakle, u cijelom životnom

vijeku analiziranog energetskog transformatora se emitira iznos CO_2 podjednak emisiji 210 prosječnih Europskih građanina u godini dana. Iz rezultata normalizacije se također može vidjeti kako je ekvivalentna energija utrošena u cijelom životnom vijeku analiziranog energetskog transformatora iznosi otprilike kao i ekvivalentna utrošena energija 395 prosječnih osoba u Europi u jednoj godini, što je ujedno i najveći normalizirani rezultat.

Unutar interpretacije rezultata napravljena je analiza osjetljivosti s obzirom na porijeklo električne energije. Osjetljivost rezultata je analizirana zbog toga jer je zaključeno kako gubici nose najznačajniji udio utjecaja na okoliš. Zaključak analize osjetljivosti je da porijeklo električne energije predstavlja najznačajniji faktor u smislu sveukupnog utjecaja na okoliš. Dakle, slobodno možemo ustvrditi kako je izvor i način dobivanja električne energije krucijalan faktor u utjecaju na okoliš od kompletnog životnog ciklusa. Najmanji utjecaj na okoliš po svim kategorijama ima električna energija dobivena iz hidroelektrana a najveći odnosno najnepovoljniji je utjecaj na okoliš od elektrana na loživo ulje.

9. LITERATURA

1. Zakon o zaštiti okoliša, NN 80/13, 153/13
2. Commission regulation (EU) No 548/2014, 2014
3. Siemens interni dokumenti
4. ISO 14001 – Environmental management systems – Requirements with guidance for use, Second edition, 2014
5. Setyaningsih, S., Bulanduri, Y., The History of Logistics and Supply Chain, 2012
6. Wisner, J., D., Tan, K., C., Leong G., K., Principles of Supply Chain Management, 2009
7. Hugos, M., Essentials of Supply Chain Management, 2003
8. Emmet, S., Sood, V. , Green supply chains: An action manifesto, Emmet, S., Sood, V. , 2010
9. Sarkis, J., Greening the Supply Chain ,2006
10. Sarkis J., A boundaries and flows perspective of green supply chain management, 2009
11. Horne, R., Grant, T., Verghese, K., Life Cycle Assessment: Principles, Practice and Prospects, 2009
12. Vigon, B.W., Tolle, D.A., Cornaby,B.W.,Latham H.C., Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles, 1994
13. Goedkoop, M., et.al., Introduction to LCA with SimaPro, 2013
14. Opetuk, T., Dukic, G., Literature survey of GSCM with interraleted concepts, 2014
15. ILCD handbook - European Commision, 2010
16. ISO 14040 Environmental management – Life Cycle Assessement – Principles and framework, Second edition, 2006
17. European Environment Agency, Life Cycle Assesment, 1997.
18. Green Council, Linda W. P. Ho, Life Cycle Assessment (LCA) and Green Purchasing, 2011
19. ISO 14044 Environmental management – Life Cycle assessement – Requirements and guidelines, First edition, 2006
20. ISO 14020 Environmental labels and declarations – General principles, Second Edition 2000-09-15
21. ISO 14024 Environmental labels and declarations – Type I environmental labelling – Priciples and procedures, First edition 1999
22. DIN EN ISO 14021 Environmental labels and declarations – Type II environmental labelling – Self declared environmental claims, 2011
23. apo-ecoproducts.com/, 19.12.2014.
24. DIN EN ISO 14025 Environmental labels and declarations – Type III environmental declarations – Principles and procedures, 2012
25. http://www.envirodec.com/,19.12.2014.
26. http://www.ecosmes.net/,19.12.2014.

27. http://www.linkcycle.com/,19.12.2014.
28. Jolliet, O., et. al, IMPACT 2002+: A New Life Cycle Impact Assessment Methodology, 2003
29. Introduction to the ecoinvent version 3.1 database, prezentacija
30. Weidema, B., P., et. al., Ecoinvent overview and methodology – data quality guideline for the ecoinvent database version 3, 2013
31. Flanagan, W., Handbook of tranformer design and Applications, 1993
32. www.alstom.com, 19.12.2014.
33. KPT interni dokumenti
34. Various authors, ABB Transformer Handbook, 2004
35. B. De Benedetti, G.L. Baldo, L. , Life Cycle Assessment of Power transformers: an introduction
36. The Swedish Environmental Management Council, PSR: Liquid- or gas-filled and dry type tranformers within the range of <1000 MVA, Version 1.1., 2001
37. Envirodec, PCR Liquid-immersed and dry type transformers, Version draft, 2014
38. Itten, R., Frischknecht, R., Stucki, M., Life Cycle Inventories of Electricity Mixes and Grid, 2014

10. Prilozi

1. Podaci iz LCI faze analize za cjelokupni životni vijek transformatora
2. LCI zivotni vijek transformatora.XLSX – elektronski prilog
3. Mid point utjecaji.XLSX – elektronski prilog
4. End point utjecaji.XLSX – elektronski prilog
5. Normalizacija.XLSX – elektronski prilog

11. Biografija autora

Hrvoje Drašković rođen je 1987. godine u Zagrebu. U SŠ Krapina završava prirodoslovno-matematičku gimnaziju te potom nastavlja školovanje na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, na kojem je diplomirao na smjeru Inženjersko modeliranje i računalne simulacije. Tijekom studija bavi se numeričkim simulacijama raznih fizikalnih procesa iz područja mehanike, termodinamike i mehanike fluida. Pred kraj studija, 2011. godine, zapošljava se u Končar-Energetskim transformatorima d.o.o. , društvu u vlasništvu Siemens AG i Končar – elektroindustrije d.d. gdje je zaposlen i danas.

U Končar-Energetskim transformatorima radi na poslovima konstruiranja, a kasnije na poslovima razvoja Tehnike. U sklopu poslova razvoja Tehnike vodi razvojne projekte na razini Siemens grupe. Tijekom rada u Končar-Energetskim transformatorima, 2012. godine, upisuje poslijediplomski specijalistički studij Industrijskog inženjerstva i menadžmenta.

Član je IPMA – International project management association. Govori engleski i njemački jezik.

Prilog 1.

Broj emisije	Supstanca	Utjecani dio okoliša	Jedinica	Ukupno	Proizvodnja/MVA	Kraj životnog vijeka/MVA	Rad transformatora/MVA
1	1-Butanol	Zrak	ng	4,16E+02	5,72E+02	-2,75E+02	1,18E+02
2	1-Butanol	Voda	mg	2,70E+01	5,28E+01	-2,61E+01	3,20E-01
3	1-Pentanol	Zrak	µg	1,05E+00	1,60E+00	-1,42E+00	8,68E-01
4	1-Pentanol	Voda	µg	2,51E+00	3,83E+00	-3,41E+00	2,08E+00
5	1-Pentene	Zrak	µg	7,91E-01	1,21E+00	-1,07E+00	6,56E-01
6	1-Pentene	Voda	µg	1,90E+00	2,90E+00	-2,57E+00	1,57E+00
7	1-Propanol	Zrak	µg	2,88E+01	2,03E+01	-1,45E+01	2,30E+01
8	1-Propanol	Voda	µg	4,65E+00	5,48E+00	-4,63E+00	3,80E+00
9	1,4-Butanediol	Zrak	µg	8,63E+01	1,68E+02	-8,28E+01	1,43E+00
10	1,4-Butanediol	Voda	µg	3,45E+01	6,71E+01	-3,31E+01	5,73E-01
11	2-Aminopropanol	Zrak	ng	1,13E+02	4,06E+01	-1,61E+01	8,83E+01
12	2-Aminopropanol	Voda	ng	2,83E+02	1,01E+02	-3,93E+01	2,22E+02
13	2-Butene, 2-methyl-	Zrak	pg	1,75E+02	2,68E+02	-2,38E+02	1,45E+02
14	2-Chloroacetophenone	Zrak	ng	5,68E+01	5,76E+01	-8,19E-01	0,00E+00
15	2-Hexanone	Voda	mg	6,54E+00	6,55E+00	-5,71E-03	0,00E+00
16	2-Methyl-1-propanol	Zrak	µg	1,93E+00	2,79E+00	-2,46E+00	1,59E+00
17	2-Methyl-1-propanol	Voda	µg	4,63E+00	6,71E+00	-5,90E+00	3,82E+00
18	2-Methyl-2-butene	Voda	pg	4,21E+02	6,43E+02	-5,71E+02	3,49E+02
19	2-Nitrobenzoic acid	Zrak	ng	1,93E+02	5,55E+01	-1,25E+01	1,50E+02
20	2-Propanol	Zrak	g	1,61E+00	3,14E+00	-1,55E+00	1,87E-02
21	2-Propanol	Voda	µg	1,54E+00	1,04E+00	-7,79E-01	1,28E+00
22	2,4-D	Zemlja	µg	3,05E+02	2,16E+02	-1,31E+02	2,19E+02
23	4-Methyl-2-pentanone	Voda	mg	4,21E+00	4,22E+00	-4,04E-03	2,36E-04
24	5-methyl Chrysene	Zrak	ng	3,70E+02	3,74E+02	-4,05E+00	0,00E+00
25	Acenaphthene	Zrak	µg	3,34E+01	9,85E+00	-5,46E-01	2,40E+01
26	Acenaphthene	Voda	µg	1,52E+02	4,91E+01	-1,44E+01	1,17E+02
27	Acenaphthylene	Zrak	µg	4,21E+00	4,25E+00	-4,60E-02	0,00E+00
28	Acenaphthylene	Voda	µg	9,49E+00	3,07E+00	-9,01E-01	7,32E+00
29	Acetaldehyde	Zrak	g	5,14E+00	3,99E-01	-6,17E-02	4,81E+00
30	Acetaldehyde	Voda	mg	4,95E+01	9,65E+01	-4,76E+01	7,17E-01
31	Acetic acid	Zrak	g	9,47E+00	3,59E+00	-1,68E+00	7,56E+00
32	Acetic acid	Voda	mg	2,74E+02	3,78E+02	-1,48E+02	4,47E+01
33	Acetone	Zrak	g	3,67E+00	4,13E+00	-2,09E+00	1,63E+00
34	Acetone	Voda	mg	1,01E+01	1,01E+01	-1,83E-02	7,29E-02
35	Acetonitrile	Zrak	µg	8,89E+02	6,04E+02	-3,70E+02	6,54E+02
36	Acetonitrile	Voda	ng	9,04E+02	2,46E+02	-5,34E+01	7,12E+02
37	Acetophenone	Zrak	ng	1,22E+02	1,23E+02	-1,75E+00	0,00E+00
38	Acetyl chloride	Voda	µg	1,97E+00	3,01E+00	-2,68E+00	1,64E+00
39	Acidity, unspecified	Voda	mg	3,24E+01	2,14E+01	-2,41E+01	3,51E+01
40	Acids, unspecified	Voda	µg	2,74E+01	2,77E+01	-3,04E-01	0,00E+00
41	Aclonifen	Zemlja	mg	1,64E+00	4,23E-01	-7,87E-02	1,29E+00
42	Acrolein	Zrak	mg	7,94E+00	1,03E+01	-4,66E+00	2,30E+00
43	Acrylate, ion	Voda	mg	9,83E+00	1,92E+01	-9,48E+00	1,15E-01
44	Acrylic acid	Zrak	mg	4,15E+00	8,11E+00	-4,01E+00	4,85E-02
45	Actinides, radioactive, unspecified	Zrak	Bq	5,82E+00	3,68E-01	-1,07E-01	5,56E+00
46	Actinides, radioactive, unspecified	Voda	Bq	7,93E+02	1,51E+01	-7,01E+00	7,85E+02
47	Aerosols, radioactive, unspecified	Zrak	Bq	1,42E+02	2,38E+00	-1,09E+00	1,41E+02
48	Air	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
49	Aldehydes, unspecified	Zrak	g	1,09E+01	1,47E+01	-4,07E+00	2,76E-01
50	Aldrin	Zemlja	µg	1,07E+02	2,09E+02	-1,03E+02	1,25E+00
51	alpha-Pinene	Zrak	mg	1,89E+02	9,46E+02	-7,57E+02	0,00E+00
52	Aluminium	Zrak	kg	5,30E-01	1,30E+00	-1,24E+00	4,66E-01
53	Aluminium	Voda	kg	3,48E+01	1,70E+01	1,20E+01	5,73E+00
54	Aluminium	Zemlja	g	1,19E+02	4,34E+00	-1,46E+00	1,16E+02

55	Aluminium, 24% in bauxite, 11% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	7,86E+00	5,24E+00	-4,70E+00	7,32E+00
56	Ammonia	Zrak	g	2,76E+02	5,42E+02	-4,99E+02	2,32E+02
57	Ammonia	Voda	g	1,84E+01	1,87E+01	-3,05E-01	0,00E+00
58	Ammonia, as N	Voda	µg	1,38E+01	1,39E+01	-1,52E-01	0,00E+00
59	Ammonium carbonate	Zrak	µg	5,72E+02	3,43E+02	-1,40E+02	3,69E+02
60	Ammonium chloride	Zrak	mg	4,85E+01	4,90E+01	-5,49E-01	0,00E+00
61	Ammonium, ion	Voda	kg	2,68E+00	-9,68E+00	1,23E+01	4,05E-02
62	Anhydrite, in ground	Sirovi materijal	mg	5,46E+01	3,54E+01	-1,11E+01	3,03E+01
63	Aniline	Zrak	µg	4,64E+00	6,07E+00	-5,20E+00	3,77E+00
64	Aniline	Voda	µg	1,12E+01	1,46E+01	-1,25E+01	9,11E+00
65	Anthracene	Zrak	µg	3,53E+00	3,57E+00	-3,87E-02	0,00E+00
66	Anthranilic acid	Zrak	ng	1,40E+02	4,08E+01	-9,30E+00	1,09E+02
67	Antimony	Zrak	g	1,87E-01	3,75E+00	-3,63E+00	6,72E-02
68	Antimony	Voda	g	1,05E+01	6,25E+01	-5,42E+01	2,16E+00
69	Antimony	Zemlja	µg	-9,35E+00	6,07E+00	-1,62E+01	7,81E-01
70	Antimony-122	Voda	mBq	3,26E+01	6,58E+00	9,34E-01	2,51E+01
71	Antimony-124	Zrak	µBq	8,09E+01	1,63E+01	2,32E+00	6,23E+01
72	Antimony-124	Voda	Bq	1,64E+02	2,80E+00	-1,05E+00	1,62E+02
73	Antimony-125	Zrak	µBq	8,45E+02	1,70E+02	2,42E+01	6,50E+02
74	Antimony-125	Voda	Bq	2,27E+02	3,07E+00	-1,00E+00	2,25E+02
75	AOX, Adsorbable Organic Halogen as Cl	Voda	mg	9,23E+01	4,04E+01	-1,97E+01	7,16E+01
76	Argon-41	Zrak	kBq	1,51E+00	7,65E-01	-5,39E-01	1,28E+00
77	Arsenic	Zrak	g	2,65E+00	2,84E+01	-2,75E+01	1,79E+00
78	Arsenic	Zemlja	mg	4,02E+01	2,96E+00	-1,19E+00	3,84E+01
79	Arsenic, ion	Voda	g	3,42E+01	1,96E+02	-1,85E+02	2,36E+01
80	Arsine	Zrak	ng	4,84E+01	9,45E+01	-4,67E+01	5,65E-01
81	Atrazine	Zemlja	µg	2,80E+01	5,47E+01	-2,70E+01	3,28E-01
82	Barite	Voda	g	2,27E+02	4,15E+01	-1,43E+01	1,99E+02
83	Barite, 15% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	2,67E+00	7,25E-01	-2,39E-01	2,19E+00
84	Barium	Zrak	g	1,83E+00	1,88E-01	-1,03E-01	1,75E+00
85	Barium	Voda	kg	1,61E+00	1,20E+00	2,71E-01	1,32E-01
86	Barium	Zemlja	g	6,99E+00	1,99E+00	-6,39E-01	5,63E+00
87	Barium-140	Zrak	mBq	5,49E+01	1,11E+01	1,57E+00	4,23E+01
88	Barium-140	Voda	mBq	1,43E+02	2,88E+01	4,09E+00	1,10E+02
89	Bark	Zemlja	g	2,58E+01	1,29E+02	-1,03E+02	0,00E+00
90	Baryte, in ground	Sirovi materijal	mg	2,05E+00	5,68E+00	-3,64E+00	0,00E+00
91	Basalt, in ground	Sirovi materijal	g	3,21E+02	2,66E+02	-1,49E+02	2,04E+02
92	Bauxite, in ground	Sirovi materijal	mg	3,28E+01	9,12E+01	-5,83E+01	0,00E+00
93	Benomyl	Zemlja	µg	1,90E+00	1,29E+00	-7,90E-01	1,40E+00
94	Bentazone	Zemlja	µg	8,35E+02	2,16E+02	-4,02E+01	6,59E+02
95	Benzal chloride	Zrak	pg	6,66E+02	6,88E+02	-6,21E+01	3,98E+01
96	Benzaldehyde	Zrak	µg	3,56E+02	8,79E+01	-8,30E+00	2,77E+02
97	Benzene	Zrak	g	7,20E+01	5,89E+00	-3,12E+00	6,92E+01
98	Benzene	Voda	g	2,21E+00	-3,76E+01	3,81E+01	1,71E+00
99	Benzene, 1-methyl-2-nitro-	Zrak	ng	1,66E+02	4,79E+01	-1,08E+01	1,29E+02
100	Benzene, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-	Voda	µg	1,00E+02	1,00E+02	-8,73E-02	0,00E+00
101	Benzene, 1,2-dichloro-	Zrak	µg	5,06E+00	3,56E+00	-2,55E+00	4,05E+00
102	Benzene, 1,2-dichloro-	Voda	mg	1,16E+01	2,25E+01	-1,11E+01	1,62E-01
103	Benzene, chloro-	Zrak	ng	1,79E+02	1,81E+02	-2,57E+00	0,00E+00
104	Benzene, chloro-	Voda	mg	2,39E+02	4,65E+02	-2,30E+02	3,16E+00
105	Benzene, ethyl-	Zrak	g	1,55E+00	2,26E-02	-5,02E-02	1,57E+00
106	Benzene, ethyl-	Voda	mg	6,80E+02	2,84E+02	-5,57E+01	4,51E+02
107	Benzene, hexachloro-	Zrak	mg	1,20E+00	1,99E-01	-8,69E-02	1,09E+00
108	Benzene, pentachloro-	Zrak	µg	4,23E+01	1,36E+01	4,39E+00	2,43E+01
109	Benzene, pentamethyl-	Voda	µg	7,51E+01	7,51E+01	-6,55E-02	0,00E+00
110	Benzenes, alkylated, unspecified	Voda	mg	4,50E+01	4,50E+01	-2,01E-02	0,00E+00

111	Benzo(a)anthracene	Zrak	µg	1,35E+00	1,36E+00	-1,47E-02	0,00E+00
112	Benzo(a)pyrene	Zrak	mg	1,93E+02	2,17E+01	-1,78E+01	1,89E+02
113	Benzo(a)pyrene	Voda	g	2,20E-01	4,41E+00	-4,19E+00	0,00E+00
114	Benzo(b,j,k)fluoranthene	Zrak	µg	1,85E+00	1,87E+00	-2,02E-02	0,00E+00
115	Benzo(ghi)perylene	Zrak	ng	4,54E+02	4,59E+02	-4,97E+00	0,00E+00
116	Benzoic acid	Voda	g	1,02E+00	1,02E+00	-8,87E-04	0,00E+00
117	Benzyl chloride	Zrak	µg	5,68E+00	5,76E+00	-8,19E-02	0,00E+00
118	Beryllium	Zrak	mg	3,51E+01	1,30E+01	-1,13E+01	3,34E+01
119	Beryllium	Voda	g	4,72E+00	2,58E+01	-2,45E+01	3,42E+00
120	Bicyclo[3.1.1]heptane, 6,6-dimethyl-2-methylene-	Zrak	mg	7,34E+01	3,67E+02	-2,94E+02	0,00E+00
121	Biphenyl	Zrak	µg	2,86E+01	2,89E+01	-3,13E-01	0,00E+00
122	Biphenyl	Voda	mg	2,91E+00	2,91E+00	-1,30E-03	0,00E+00
123	BOD5, Biological Oxygen Demand	Voda	kg	4,81E+01	3,01E+00	4,08E+01	4,26E+00
124	Borate	Voda	µg	2,01E+02	2,94E+02	-2,59E+02	1,67E+02
125	Borax, in ground	Sirovi materijal	mg	1,11E+02	2,41E+01	-7,31E+00	9,45E+01
126	Boron	Zrak	g	2,14E+01	5,57E+00	-1,04E+00	1,68E+01
127	Boron	Voda	kg	3,15E-01	5,38E+00	-5,15E+00	8,79E-02
128	Boron	Zemlja	mg	2,10E+02	8,05E+01	-2,75E+01	1,57E+02
129	Boron trifluoride	Zrak	ng	6,63E-01	1,29E+00	-6,39E-01	7,73E-03
130	Bromate	Voda	mg	5,85E+02	5,50E+02	-3,26E+02	3,60E+02
131	Bromide	Voda	g	2,15E+02	2,15E+02	-2,01E-01	8,99E-03
132	Bromine	Zrak	g	6,83E+00	4,18E-01	-1,41E-01	6,55E+00
133	Bromine	Voda	g	5,01E+01	9,93E+00	2,52E+01	1,49E+01
134	Bromine, 0.0023% in water	Sirovi materijal	mg	1,29E+01	1,83E+01	-1,60E+01	1,06E+01
135	Bromoform	Zrak	ng	3,17E+02	3,21E+02	-4,56E+00	0,00E+00
136	BTEX (Benzene, Toluene, Ethylbenzene, and Xylene), unspecified ratio	Zrak	g	8,44E+00	8,49E+00	-4,52E-02	0,00E+00
137	Butadiene	Zrak	µg	1,81E+02	2,44E+02	-6,36E+01	1,50E+00
138	Butane	Zrak	g	6,52E+01	1,23E+01	-3,50E+00	5,64E+01
139	Butene	Zrak	mg	5,74E+02	1,99E+02	-4,97E+01	4,24E+02
140	Butene	Voda	mg	5,10E+01	4,82E+01	-6,18E+00	8,96E+00
141	Butyl acetate	Voda	mg	3,51E+01	6,86E+01	-3,39E+01	4,15E-01
142	Butyrolactone	Zrak	µg	2,48E+01	4,85E+01	-2,39E+01	2,98E-01
143	Butyrolactone	Voda	µg	5,96E+01	1,16E+02	-5,74E+01	7,14E-01
144	Cadmium	Zrak	g	4,82E-01	9,65E+00	-9,37E+00	2,02E-01
145	Cadmium	Zemlja	mg	7,39E+01	3,41E+00	-1,52E+00	7,20E+01
146	Cadmium, 0.30% in sulfide, Cd 0.18%, Pb, Zn, Ag, In, in ground	Sirovi materijal	mg	8,15E+02	5,98E+02	-2,02E+01	2,37E+02
147	Cadmium, ion	Voda	g	3,44E+01	1,24E+02	-9,30E+01	3,39E+00
148	Calcite, in ground	Sirovi materijal	tn.lg	1,04E+00	1,54E-01	-1,15E-01	1,00E+00
149	Calcium	Zrak	g	3,02E+02	3,27E+00	-1,69E+00	3,01E+02
150	Calcium	Zemlja	kg	1,49E+00	1,97E-02	-6,88E-03	1,48E+00
151	Calcium compounds, unspecified	Voda	mg	2,59E+00	7,20E+00	-4,61E+00	0,00E+00
152	Calcium, ion	Voda	kg	9,42E+01	2,25E+02	-1,76E+02	4,57E+01
153	Carbetamide	Zemlja	µg	3,22E+02	1,19E+02	-5,27E+01	2,56E+02
154	Carbofuran	Zemlja	mg	1,04E+00	7,09E-01	-4,33E-01	7,67E-01
155	Carbon	Zemlja	g	1,04E+02	1,31E+01	-4,60E+00	9,55E+01
156	Carbon-14	Zrak	kBq	4,72E+02	9,26E+00	-4,10E+00	4,67E+02
157	Carbon dioxide	Zrak	kg	8,59E-01	2,39E+00	-1,53E+00	0,00E+00
158	Carbon dioxide, biogenic	Zrak	tn.lg	4,11E+00	2,14E-02	2,97E-01	3,79E+00
159	Carbon dioxide, fossil	Zrak	tn.lg	8,73E+00	3,60E+00	-2,54E+00	7,67E+00
160	Carbon dioxide, in air	Sirovi materijal	tn.lg	3,82E+00	3,82E-02	-2,39E-02	3,81E+00
161	Carbon dioxide, land transformation	Zrak	kg	6,77E+00	5,06E-02	-2,36E-02	6,74E+00
162	Carbon disulfide	Zrak	g	2,80E+01	6,56E+02	-6,35E+02	7,14E+00
163	Carbon disulfide	Voda	µg	1,15E+02	1,84E+02	-1,65E+02	9,62E+01
164	Carbon monoxide	Zrak	g	2,24E+01	4,13E+02	-3,90E+02	0,00E+00
165	Carbon monoxide, biogenic	Zrak	g	3,34E+02	9,26E+00	1,96E+01	3,06E+02
166	Carbon monoxide, fossil	Zrak	kg	1,32E+01	3,26E+01	-2,70E+01	7,62E+00

167	Carbon, in organic matter, in soil	Sirovi materijal	g	1,32E+00	8,95E-01	-5,47E-01	9,69E-01
168	Carbonate	Voda	g	6,63E+01	4,60E+01	-1,86E+00	2,21E+01
169	Carboxylic acids, unspecified	Voda	g	1,06E+02	3,38E+01	-1,02E+01	8,21E+01
170	Cerium-141	Zrak	mBq	1,33E+01	2,69E+00	3,81E-01	1,02E+01
171	Cerium-141	Voda	mBq	5,71E+01	1,15E+01	1,64E+00	4,40E+01
172	Cerium-144	Voda	mBq	1,74E+01	3,51E+00	4,98E-01	1,34E+01
173	Cesium	Voda	mg	2,44E+01	7,89E+00	-2,32E+00	1,88E+01
174	Cesium-134	Zrak	µBq	6,38E+02	1,29E+02	1,83E+01	4,91E+02
175	Cesium-134	Voda	Bq	2,28E+02	2,84E+00	-1,04E+00	2,26E+02
176	Cesium-136	Voda	mBq	1,01E+01	2,05E+00	2,90E-01	7,81E+00
177	Cesium-137	Zrak	mBq	1,13E+01	2,28E+00	3,24E-01	8,70E+00
178	Cesium-137	Voda	kBq	9,14E+01	1,73E+00	-8,05E-01	9,05E+01
179	Chemical waste, inert	Otpad	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
180	Chemical waste, regulated	Otpad	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
181	Chemical waste, unspecified	Otpad	g	5,58E+00	1,55E+01	-9,92E+00	0,00E+00
182	Chloramine	Zrak	µg	3,90E+00	5,67E+00	-5,00E+00	3,22E+00
183	Chloramine	Voda	µg	3,49E+01	5,07E+01	-4,46E+01	2,88E+01
184	Chlorate	Voda	g	4,90E+00	4,58E+00	-2,80E+00	3,12E+00
185	Chloride	Zrak	µg	1,31E+00	1,32E+00	-1,45E-02	0,00E+00
186	Chloride	Voda	kg	1,05E+02	5,35E+01	5,60E+00	4,54E+01
187	Chloride	Zemlja	g	5,30E+02	3,13E+02	-9,58E+00	2,27E+02
188	Chlorinated solvents, unspecified	Voda	mg	2,73E+02	2,13E+02	-2,94E+00	6,35E+01
189	Chlorine	Zrak	g	1,22E+01	2,85E+00	-1,22E+00	1,06E+01
190	Chlorine	Voda	mg	4,91E+02	3,06E+02	-1,69E+01	2,02E+02
191	Chloroacetic acid	Zrak	µg	1,52E+02	6,17E+01	-1,98E+01	1,10E+02
192	Chloroacetic acid	Voda	mg	1,85E+01	5,17E+00	-1,26E+00	1,46E+01
193	Chloroacetyl chloride	Voda	ng	3,77E+02	1,34E+02	-5,24E+01	2,96E+02
194	Chloroform	Zrak	mg	9,10E+00	6,89E+00	-3,44E+00	5,64E+00
195	Chloroform	Voda	mg	5,50E-01	1,07E+00	-5,31E-01	7,42E-03
196	Chlorosilane, trimethyl-	Zrak	µg	2,33E+02	2,77E+02	-1,45E+02	1,01E+02
197	Chlorosulfonic acid	Zrak	µg	1,32E+00	3,58E-01	-7,78E-02	1,04E+00
198	Chlorosulfonic acid	Voda	µg	3,29E+00	8,93E-01	-1,94E-01	2,59E+00
199	Chlorothalonil	Zemlja	mg	2,64E+01	4,24E+01	-3,80E+01	2,20E+01
200	Chromate	Voda	mg	1,95E-01	3,90E+00	-3,70E+00	0,00E+00
201	Chromium	Zrak	g	2,48E+01	2,05E+01	-1,89E+01	2,32E+01
202	Chromium	Voda	g	2,08E+00	9,68E-01	1,11E+00	0,00E+00
203	Chromium	Zemlja	g	1,06E+00	2,74E-02	-9,33E-03	1,04E+00
204	Chromium-51	Zrak	µBq	8,53E+02	1,72E+02	2,44E+01	6,57E+02
205	Chromium-51	Voda	Bq	1,81E+02	3,92E+00	-3,11E-01	1,78E+02
206	Chromium VI	Zrak	mg	7,71E+02	5,07E+02	-4,64E+02	7,28E+02
207	Chromium VI	Voda	g	5,13E+01	5,59E+01	-4,56E+01	4,11E+01
208	Chromium VI	Zemlja	mg	3,98E+02	2,30E+02	-8,32E+01	2,51E+02
209	Chromium, 25.5% in chromite, 11.6% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	7,14E+00	5,81E+00	-5,35E+00	6,68E+00
210	Chromium, in ground	Sirovi materijal	µg	1,99E+01	5,54E+01	-3,54E+01	0,00E+00
211	Chromium, ion	Voda	mg	8,84E+02	4,70E+02	-3,90E+01	4,53E+02
212	Chrysene	Zrak	µg	1,68E+00	1,70E+00	-1,84E-02	0,00E+00
213	Chrysotile, in ground	Sirovi materijal	mg	1,08E+02	1,04E+02	-6,43E+01	6,82E+01
214	Cinnabar, in ground	Sirovi materijal	mg	1,06E+01	9,80E+00	-5,62E+00	6,39E+00
215	Clay, bentonite, in ground	Sirovi materijal	kg	3,49E+00	3,27E+00	-2,87E+00	3,10E+00
216	Clay, unspecified, in ground	Sirovi materijal	kg	3,75E+02	4,08E+01	-2,31E+01	3,57E+02
217	Coal, 18 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	g	1,75E+00	4,85E+00	-3,10E+00	0,00E+00
218	Coal, 26.4 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	kg	7,01E+01	6,73E+02	-6,03E+02	0,00E+00
219	Coal, 29.3 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	mg	7,76E+01	2,16E+02	-1,38E+02	0,00E+00
220	Coal, brown, 10 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
221	Coal, brown, 8 MJ per kg, in ground	Sirovi	mg	2,50E+01	6,94E+01	-4,44E+01	0,00E+00

		materijal					
222	Coal, brown, in ground	Sirovi materijal	kg	4,08E+02	1,57E+02	-6,25E+01	3,13E+02
223	Coal, hard, unspecified, in ground	Sirovi materijal	tn.lg	2,59E+00	2,95E-01	-2,36E-01	2,53E+00
224	Cobalt	Zrak	mg	7,65E+02	4,47E+02	-3,51E+02	6,69E+02
225	Cobalt	Voda	g	8,70E+01	3,68E+02	-3,45E+02	6,41E+01
226	Cobalt	Zemlja	mg	9,11E+01	2,64E-01	-1,28E-01	9,10E+01
227	Cobalt-57	Voda	mBq	3,22E+02	6,50E+01	9,22E+00	2,48E+02
228	Cobalt-58	Zrak	mBq	1,19E+00	2,40E-01	3,40E-02	9,15E-01
229	Cobalt-58	Voda	kBq	1,40E+00	2,61E-02	-5,56E-03	1,38E+00
230	Cobalt-60	Zrak	mBq	1,05E+01	2,12E+00	3,01E-01	8,08E+00
231	Cobalt-60	Voda	kBq	1,06E+00	2,07E-02	-3,85E-03	1,05E+00
232	Cobalt, in ground	Sirovi materijal	mg	4,64E+00	2,25E+00	-2,50E-01	2,63E+00
233	COD, Chemical Oxygen Demand	Voda	kg	1,85E+02	7,34E+00	1,73E+02	5,43E+00
234	Colemanite, in ground	Sirovi materijal	g	-2,48E+01	1,44E+01	-4,22E+01	3,01E+00
235	Copper	Zrak	g	8,55E+00	9,25E+01	-8,93E+01	5,38E+00
236	Copper	Zemlja	g	1,13E+00	2,13E-01	-7,71E-02	9,95E-01
237	Copper, 0.99% in sulfide, Cu 0.36% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	2,72E-01	7,38E+00	-7,18E+00	7,06E-02
238	Copper, 1.18% in sulfide, Cu 0.39% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	1,50E+00	4,09E+01	-3,98E+01	3,91E-01
239	Copper, 1.42% in sulfide, Cu 0.81% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	3,99E-01	1,08E+01	-1,06E+01	1,04E-01
240	Copper, 2.19% in sulfide, Cu 1.83% and Mo 8.2E-3% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	2,00E+00	5,38E+01	-5,23E+01	5,15E-01
241	Copper, in ground	Sirovi materijal	µg	1,48E+02	4,10E+02	-2,63E+02	0,00E+00
242	Copper, ion	Voda	kg	2,81E+00	9,77E-01	1,77E+00	6,56E-02
243	Crude oil	Voda	mg	2,40E+00	6,66E+00	-4,26E+00	0,00E+00
244	Cumene	Zrak	mg	2,90E+02	3,84E+02	-2,82E+02	1,89E+02
245	Cumene	Voda	mg	6,98E+02	9,22E+02	-6,78E+02	4,54E+02
246	Cyanide	Zrak	mg	4,97E+02	5,86E+02	-4,25E+02	3,37E+02
247	Cyanide	Voda	g	2,76E+01	5,32E+02	-5,05E+02	5,95E-01
248	Cyanoacetic acid	Zrak	µg	1,08E+00	2,93E-01	-6,37E-02	8,50E-01
249	Cypermethrin	Zemlja	µg	1,55E+02	1,04E+02	-6,34E+01	1,14E+02
250	D-limonene	Zrak	mg	2,12E+01	1,06E+02	-8,50E+01	0,00E+00
251	Decane	Voda	mg	2,92E+01	2,92E+01	-2,55E-02	0,00E+00
252	Detergent, oil	Voda	mg	8,52E+02	8,53E+02	-8,23E-01	0,00E+00
253	Diatomite, in ground	Sirovi materijal	µg	8,07E+02	1,28E+02	-5,40E+00	6,85E+02
254	Dibenzofuran	Voda	µg	1,90E+02	1,91E+02	-1,66E-01	0,00E+00
255	Dibenzothiophene	Voda	µg	1,63E+02	1,63E+02	-1,39E-01	0,00E+00
256	Dichromate	Voda	mg	1,10E+01	6,04E+00	-2,15E+00	7,07E+00
257	Diethylamine	Zrak	µg	2,12E+00	2,72E+00	-2,32E+00	1,72E+00
258	Diethylamine	Voda	µg	5,09E+00	6,52E+00	-5,57E+00	4,14E+00
259	Dimethyl malonate	Zrak	µg	1,35E+00	3,68E-01	-7,99E-02	1,07E+00
260	Dimethylamine	Voda	µg	1,05E+01	4,98E+00	-2,77E+00	8,34E+00
261	Dinitrogen monoxide	Zrak	kg	1,72E+00	6,48E-02	-3,46E-02	1,69E+00
262	Dioxin, 2,3,7,8 Tetrachlorodibenzo-p-	Zrak	µg	4,19E+00	3,95E+00	-3,36E+00	3,60E+00
263	Dioxins, measured as 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin	Zrak	pg	1,31E-01	3,64E-01	-2,33E-01	0,00E+00
264	Dipropylamine	Zrak	µg	1,29E+00	1,71E+00	-1,47E+00	1,05E+00
265	Dipropylamine	Voda	µg	3,09E+00	4,11E+00	-3,53E+00	2,52E+00
266	DOC, Dissolved Organic Carbon	Voda	kg	1,63E+02	1,92E+00	1,59E+02	1,83E+00
267	Docosane	Voda	mg	1,07E+00	1,07E+00	-9,35E-04	0,00E+00
268	Dodecane	Voda	mg	5,54E+01	5,54E+01	-4,83E-02	0,00E+00
269	Dolomite, in ground	Sirovi materijal	g	5,21E+02	6,65E+02	-5,85E+02	4,40E+02
270	Eicosane	Voda	mg	1,53E+01	1,53E+01	-1,33E-02	0,00E+00
271	Energy, from hydro power	Sirovi materijal	MJ	9,92E+00	1,98E+02	-1,88E+02	0,00E+00
272	Energy, gross calorific value, in biomass	Sirovi materijal	MWh	1,17E+01	7,30E-02	-4,24E-02	1,17E+01
273	Energy, gross calorific value, in biomass, primary forest	Sirovi materijal	kJ	9,13E+01	6,21E+01	-3,79E+01	6,72E+01

274	Energy, kinetic (in wind), converted	Sirovi materijal	MWh	2,35E+00	9,52E-03	-6,69E-03	2,35E+00
275	Energy, potential (in hydropower reservoir), converted	Sirovi materijal	MWh	2,52E+02	4,72E-01	-2,78E-01	2,52E+02
276	Energy, solar, converted	Sirovi materijal	MJ	1,25E+00	6,04E-01	-3,29E-01	9,77E-01
277	Energy, unspecified	Sirovi materijal	kJ	1,64E+02	4,57E+02	-2,92E+02	0,00E+00
278	Ethane	Zrak	g	2,25E+02	2,94E+01	-1,05E+01	2,06E+02
279	Ethane, 1,1-difluoro-, HFC-152a	Zrak	µg	4,51E+02	2,18E+02	-1,21E+02	3,55E+02
280	Ethane, 1,1,1-trichloro-, HCFC-140	Zrak	µg	7,99E+01	2,73E+01	-1,04E+00	5,37E+01
281	Ethane, 1,1,1,2-tetrafluoro-, HFC-134a	Zrak	mg	5,87E+02	3,55E+02	1,12E+00	2,31E+02
282	Ethane, 1,1,2-trichloro-1,2,2-trifluoro-, CFC-113	Zrak	µg	1,97E+02	3,85E+02	-1,90E+02	2,30E+00
283	Ethane, 1,2-dibromo-	Zrak	ng	9,74E+00	9,88E+00	-1,40E-01	0,00E+00
284	Ethane, 1,2-dichloro-	Zrak	mg	2,74E+02	2,40E+02	-4,33E+01	7,71E+01
285	Ethane, 1,2-dichloro-	Voda	mg	2,91E+01	6,63E+00	-4,08E+00	2,66E+01
286	Ethane, 1,2-dichloro-1,1,2,2-tetrafluoro-, CFC-114	Zrak	mg	2,45E+02	4,19E+00	-1,67E+00	2,43E+02
287	Ethane, chloro-	Zrak	ng	3,41E+02	3,46E+02	-4,91E+00	0,00E+00
288	Ethane, dichloro-	Voda	ng	9,28E+00	2,58E+01	-1,65E+01	0,00E+00
289	Ethane, hexafluoro-, HFC-116	Zrak	mg	1,90E+02	1,42E+02	-1,17E+02	1,65E+02
290	Ethanol	Zrak	g	1,89E+00	4,64E-01	-2,91E-01	1,72E+00
291	Ethanol	Voda	mg	6,24E+01	1,22E+02	-6,00E+01	9,31E-01
292	Ethene	Zrak	g	6,77E+00	7,36E+00	-6,12E+00	5,53E+00
293	Ethene	Voda	mg	6,21E+02	6,84E+02	-2,46E+02	1,83E+02
294	Ethene, chloro-	Zrak	mg	1,67E+02	1,48E+02	-2,09E+01	4,00E+01
295	Ethene, chloro-	Voda	mg	3,58E+00	2,93E+00	-2,09E-01	8,61E-01
296	Ethene, tetrachloro-	Zrak	mg	1,43E+00	5,63E+00	-4,31E+00	1,16E-01
297	Ethene, trichloro-	Zrak	mg	2,25E-01	4,49E+00	-4,27E+00	0,00E+00
298	Ethene, trichloro-	Voda	ng	1,59E+00	4,41E+00	-2,82E+00	0,00E+00
299	Ethyl acetate	Zrak	g	7,45E+00	1,45E+01	-7,18E+00	8,80E-02
300	Ethyl acetate	Voda	µg	9,43E+00	1,52E+01	-1,00E+01	4,27E+00
301	Ethyl cellulose	Zrak	mg	1,51E+01	2,94E+01	-1,45E+01	1,76E-01
302	Ethylamine	Zrak	µg	1,59E+00	1,94E+00	-1,68E+00	1,33E+00
303	Ethylamine	Voda	µg	3,82E+00	4,67E+00	-4,04E+00	3,20E+00
304	Ethylene diamine	Zrak	µg	2,48E+01	3,70E+01	-3,29E+01	2,08E+01
305	Ethylene diamine	Voda	µg	5,97E+01	8,89E+01	-7,91E+01	4,99E+01
306	Ethylene oxide	Zrak	mg	1,21E+01	1,61E+01	-8,62E+00	4,61E+00
307	Ethylene oxide	Voda	mg	4,72E+00	9,00E+00	-4,44E+00	1,61E-01
308	Ethyne	Zrak	mg	5,98E+02	6,24E+02	-4,47E+02	4,21E+02
309	Feldspar, in ground	Sirovi materijal	kg	5,81E-01	1,61E+00	-1,03E+00	1,12E-06
310	Fenpiclonil	Zemlja	mg	1,09E+00	1,68E+00	-1,50E+00	9,09E-01
311	Fluoranthene	Zrak	µg	1,19E+01	1,21E+01	-1,31E-01	0,00E+00
312	Fluorene	Zrak	µg	1,53E+01	1,55E+01	-1,67E-01	0,00E+00
313	Fluorene, 1-methyl-	Voda	µg	1,14E+02	1,14E+02	-9,95E-02	0,00E+00
314	Fluorenes, alkylated, unspecified	Voda	mg	2,61E+00	2,61E+00	-1,17E-03	0,00E+00
315	Fluoride	Zrak	mg	2,57E+02	7,12E+02	-4,55E+02	0,00E+00
316	Fluoride	Voda	kg	1,71E+00	1,13E+01	-1,02E+01	5,45E-01
317	Fluoride	Zemlja	mg	9,68E+02	3,55E+02	-1,20E+02	7,34E+02
318	Fluorine	Zrak	g	1,64E+01	3,22E+00	-2,98E+00	1,62E+01
319	Fluorine	Voda	mg	1,29E+00	1,29E+00	-6,14E-04	0,00E+00
320	Fluorine, 4.5% in apatite, 1% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	4,93E+00	2,15E+01	-1,98E+01	3,22E+00
321	Fluorine, 4.5% in apatite, 3% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	2,32E+00	9,54E+00	-8,74E+00	1,51E+00
322	Fluorspar, 92%, in ground	Sirovi materijal	g	4,65E+02	5,97E+02	-5,53E+02	4,21E+02
323	Fluorspar, in ground	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
324	Fluosilicic acid	Zrak	mg	2,06E+02	1,35E+02	-1,22E+02	1,92E+02
325	Fluosilicic acid	Voda	mg	3,71E+02	2,44E+02	-2,19E+02	3,46E+02
326	Formaldehyde	Zrak	g	1,61E+01	4,04E+00	-2,44E+00	1,45E+01
327	Formaldehyde	Voda	mg	5,67E+01	5,95E+01	-3,73E+01	3,44E+01
328	Formamide	Zrak	µg	1,91E+00	2,92E+00	-2,60E+00	1,59E+00

329	Formamide	Voda	µg	4,59E+00	7,01E+00	-6,23E+00	3,81E+00
330	Formate	Voda	µg	3,06E+02	1,23E+02	-6,24E+01	2,45E+02
331	Formic acid	Zrak	mg	1,53E+01	2,23E+01	-1,15E+01	4,48E+00
332	Formic acid	Voda	µg	1,33E+00	2,04E+00	-1,81E+00	1,11E+00
333	Furan	Zrak	mg	1,69E+00	1,15E+00	-7,02E-01	1,24E+00
334	Gallium, 0.014% in bauxite, in ground	Sirovi materijal	µg	3,48E+00	1,68E+00	-9,35E-01	2,73E+00
335	Gas, mine, off-gas, process, coal mining/m3	Sirovi materijal	m3	3,35E+01	2,91E+00	-2,32E+00	3,29E+01
336	Gas, natural, 30.3 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	g	2,82E+02	7,85E+02	-5,02E+02	0,00E+00
337	Gas, natural, 35 MJ per m3, in ground	Sirovi materijal	cu.in	5,71E+01	1,59E+02	-1,02E+02	0,00E+00
338	Gas, natural, 36.6 MJ per m3, in ground	Sirovi materijal	m3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
339	Gas, natural, 46.8 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	kg	3,33E+00	6,65E+01	-6,32E+01	0,00E+00
340	Gas, natural, in ground	Sirovi materijal	m3	9,69E+02	1,77E+02	-4,25E+01	8,34E+02
341	Gas, off-gas, oil production, in ground	Sirovi materijal	cm3	6,53E+00	1,82E+01	-1,16E+01	0,00E+00
342	Glutaraldehyde	Voda	mg	2,80E+01	5,12E+00	-1,76E+00	2,46E+01
343	Glyphosate	Zemlja	mg	6,60E+01	3,49E+01	-1,29E+01	4,39E+01
344	Gold, Au 1.1E-4%, Ag 4.2E-3%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	1,48E+01	2,88E+01	-1,42E+01	1,72E-01
345	Gold, Au 1.3E-4%, Ag 4.6E-5%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	2,71E+01	5,29E+01	-2,61E+01	3,16E-01
346	Gold, Au 1.4E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,24E+01	6,33E+01	-3,13E+01	3,78E-01
347	Gold, Au 2.1E-4%, Ag 2.1E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	4,95E+01	9,67E+01	-4,78E+01	5,78E-01
348	Gold, Au 4.3E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	1,23E+01	2,40E+01	-1,18E+01	1,43E-01
349	Gold, Au 4.9E-5%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	2,94E+01	5,74E+01	-2,84E+01	3,43E-01
350	Gold, Au 6.7E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	4,55E+01	8,89E+01	-4,39E+01	5,31E-01
351	Gold, Au 7.1E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	5,13E+01	1,00E+02	-4,95E+01	5,99E-01
352	Gold, Au 9.7E-4%, Ag 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,08E+00	6,01E+00	-2,97E+00	3,59E-02
353	Granite, in ground	Sirovi materijal	mg	1,86E+00	1,44E+00	-1,11E-02	4,29E-01
354	Gravel, in ground	Sirovi materijal	tn.lg	9,49E+00	5,65E-01	1,91E-01	8,74E+00
355	Gypsum, in ground	Sirovi materijal	mg	7,48E+02	5,15E+02	-1,75E+02	4,08E+02
356	Heat, waste	Zrak	MWh	6,08E+01	5,57E+00	-2,29E+00	5,75E+01
357	Heat, waste	Voda	MWh	9,50E+00	1,80E-01	6,86E+00	2,46E+00
358	Heat, waste	Zemlja	GJ	2,63E+00	2,44E-02	2,10E+00	5,05E-01
359	Helium	Zrak	g	1,65E+00	5,40E-01	-7,16E-02	1,18E+00
360	Heptane	Zrak	g	5,52E+00	1,79E+00	-4,71E-01	4,21E+00
361	Hexadecane	Voda	mg	6,05E+01	6,05E+01	-5,28E-02	0,00E+00
362	Hexane	Zrak	g	4,01E+01	5,04E+00	-1,49E+00	3,66E+01
363	Hexanoic acid	Voda	mg	2,10E+02	2,11E+02	-1,84E-01	0,00E+00
364	Hydrazine, methyl-	Zrak	µg	1,38E+00	1,40E+00	-1,99E-02	0,00E+00
365	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, cyclic	Zrak	mg	-1,86E+00	-4,04E+00	-4,10E+00	6,27E+00
366	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Zrak	g	7,21E+01	3,48E+01	-2,91E+01	6,63E+01
367	Hydrocarbons, aliphatic, alkanes, unspecified	Voda	g	3,17E+00	1,03E+00	-3,01E-01	2,45E+00
368	Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Zrak	µg	5,86E+00	1,63E+01	-1,04E+01	0,00E+00
369	Hydrocarbons, aliphatic, alkenes, unspecified	Voda	ng	9,45E+01	2,63E+02	-1,68E+02	0,00E+00
370	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Zrak	g	1,29E+02	1,44E+00	-8,91E-01	1,28E+02
371	Hydrocarbons, aliphatic, unsaturated	Voda	mg	2,93E+02	9,47E+01	-2,78E+01	2,26E+02
372	Hydrocarbons, aromatic	Zrak	g	6,17E+00	2,03E+00	-7,22E-01	4,86E+00
373	Hydrocarbons, aromatic	Voda	g	1,32E+01	4,23E+00	-1,24E+00	1,02E+01
374	Hydrocarbons, chlorinated	Zrak	mg	2,00E+02	1,50E+02	-3,58E+01	8,55E+01
375	Hydrocarbons, chlorinated	Voda	ng	8,06E+00	2,24E+01	-1,43E+01	0,00E+00
376	Hydrocarbons, unspecified	Zrak	g	8,08E-01	1,75E+00	-9,43E-01	0,00E+00
377	Hydrocarbons, unspecified	Voda	g	2,71E+01	1,76E+01	-5,63E-01	1,01E+01
378	Hydrogen	Zrak	g	3,07E+01	2,57E+01	-1,49E+01	1,99E+01
379	Hydrogen	Voda	mg	2,51E+00	6,98E+00	-4,46E+00	0,00E+00

380	Hydrogen-3, Tritium	Zrak	kBq	2,97E+03	5,40E+01	-2,50E+01	2,94E+03
381	Hydrogen-3, Tritium	Voda	kBq	2,12E+05	3,98E+03	-1,85E+03	2,09E+05
382	Hydrogen chloride	Zrak	g	3,31E+02	1,21E+02	-3,28E+01	2,42E+02
383	Hydrogen fluoride	Zrak	g	1,34E+02	1,72E+01	2,11E+00	1,15E+02
384	Hydrogen peroxide	Zrak	mg	1,12E+01	2,18E+01	-1,08E+01	1,31E-01
385	Hydrogen peroxide	Voda	mg	1,03E+02	2,09E+02	-1,12E+02	5,97E+00
386	Hydrogen sulfide	Zrak	g	4,31E+01	9,82E+00	-6,54E+00	3,98E+01
387	Hydrogen sulfide	Voda	g	1,80E+02	7,83E-01	1,67E+02	1,15E+01
388	Hydroxide	Voda	mg	3,09E+02	6,03E+02	-2,98E+02	3,94E+00
389	Hypochlorite	Voda	g	4,08E+00	3,15E-01	-1,10E-01	3,88E+00
390	Hypochlorous acid	Voda	µg	1,10E+01	3,06E+01	-1,96E+01	0,00E+00
391	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	Zrak	µg	1,03E+00	1,04E+00	-1,12E-02	0,00E+00
392	Indium, 0.005% in sulfide, In 0.003%, Pb, Zn, Ag, Cd, in ground	Sirovi materijal	mg	1,37E+01	1,00E+01	-3,83E-01	4,09E+00
393	Iodide	Voda	g	2,58E+00	8,31E-01	-2,28E-01	1,98E+00
394	Iodine	Zrak	g	1,40E+00	2,28E-01	-1,05E-01	1,27E+00
395	Iodine-129	Zrak	Bq	4,88E+02	9,27E+00	-4,31E+00	4,83E+02
396	Iodine-131	Zrak	Bq	5,89E+02	3,02E+02	-2,14E+02	5,02E+02
397	Iodine-131	Voda	Bq	3,25E+01	5,41E-01	-1,80E-01	3,22E+01
398	Iodine-133	Zrak	mBq	7,73E+02	4,22E+01	-1,11E+01	7,42E+02
399	Iodine-133	Voda	mBq	8,97E+01	1,81E+01	2,57E+00	6,91E+01
400	Iodine-135	Zrak	Bq	1,53E+00	6,28E-02	-2,82E-02	1,50E+00
401	Iodine, 0.03% in water	Sirovi materijal	mg	2,87E+00	4,01E+00	-3,49E+00	2,36E+00
402	Iron	Zrak	g	2,60E+02	9,08E+00	-5,81E+00	2,57E+02
403	Iron	Voda	g	1,76E+02	3,62E+02	-1,87E+02	0,00E+00
404	Iron	Zemlja	g	2,31E+02	4,18E+01	-2,64E+01	2,16E+02
405	Iron-59	Voda	mBq	2,47E+01	4,98E+00	7,06E-01	1,90E+01
406	Iron ore, in ground	Sirovi materijal	tn.lg	5,23E-02	1,05E+00	-9,94E-01	0,00E+00
407	Iron, 46% in ore, 25% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	1,74E+02	2,60E+02	-2,32E+02	1,45E+02
408	Iron, in ground	Sirovi materijal	mg	1,62E+01	4,51E+01	-2,89E+01	0,00E+00
409	Iron, ion	Voda	kg	1,54E+01	4,67E+01	-3,95E+01	8,22E+00
410	Isocyanic acid	Zrak	mg	1,06E+02	6,77E+00	-3,28E+00	1,03E+02
411	Isophorone	Zrak	µg	4,71E+00	4,77E+00	-6,79E-02	0,00E+00
412	Isoprene	Zrak	g	4,28E+01	4,33E+01	-4,74E-01	5,76E-05
413	Isopropylamine	Zrak	ng	2,79E+02	1,88E+02	-1,41E+02	2,31E+02
414	Isopropylamine	Voda	ng	6,69E+02	4,52E+02	-3,38E+02	5,55E+02
415	Kaolinite, 24% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	8,44E+01	1,08E+02	-8,53E+01	6,12E+01
416	Kaolinite, in ground	Sirovi materijal	kg	1,05E+00	2,91E+00	-1,86E+00	0,00E+00
417	Kerosene	Zrak	mg	2,93E+01	1,45E+02	-1,16E+02	0,00E+00
418	Kieserite, 25% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,39E+02	1,93E+02	-1,52E+02	2,98E+02
419	Krypton-85	Zrak	kBq	4,76E+00	2,40E+00	-1,68E+00	4,04E+00
420	Krypton-85m	Zrak	Bq	8,65E+02	1,98E+02	-4,62E+00	6,72E+02
421	Krypton-87	Zrak	Bq	2,32E+02	6,44E+01	-1,57E+01	1,83E+02
422	Krypton-88	Zrak	Bq	2,76E+02	6,95E+01	-9,53E+00	2,16E+02
423	Krypton-89	Zrak	Bq	1,03E+02	2,19E+01	1,49E+00	7,93E+01
424	Lactic acid	Zrak	µg	1,01E+00	1,34E+00	-1,15E+00	8,22E-01
425	Lactic acid	Voda	µg	2,42E+00	3,22E+00	-2,77E+00	1,97E+00
426	Lanthanum	Zrak	ng	3,26E+01	9,05E+01	-5,79E+01	0,00E+00
427	Lanthanum-140	Zrak	mBq	4,70E+00	9,47E-01	1,34E-01	3,61E+00
428	Lanthanum-140	Voda	mBq	1,52E+02	3,07E+01	4,36E+00	1,17E+02
429	Lead	Zrak	g	8,58E+00	8,01E+01	-7,72E+01	5,70E+00
430	Lead	Voda	kg	1,18E+00	2,04E-01	9,52E-01	2,83E-02
431	Lead	Zemlja	mg	3,53E+02	2,01E+01	-3,61E+00	3,36E+02
432	Lead-210	Zrak	Bq	6,97E+02	9,37E+01	-5,55E+01	6,59E+02
433	Lead-210	Voda	Bq	8,39E+02	2,64E+02	-2,37E+02	8,11E+02
434	Lead-210/kg	Voda	pg	1,04E+02	1,04E+02	-9,08E-02	0,00E+00
435	Lead, 5.0% in sulfide,	Sirovi	g	1,28E+02	3,09E+01	-3,84E+00	1,01E+02

	Pb 3.0%, Zn, Ag, Cd, In, in ground	materijal					
436	Lead, in ground	Sirovi materijal	µg	1,27E+00	3,54E+00	-2,26E+00	0,00E+00
437	Limestone, in ground	Sirovi materijal	kg	8,42E+00	1,68E+02	-1,60E+02	0,00E+00
438	Linuron	Zemlja	mg	1,26E+01	3,31E+00	-6,29E-01	9,95E+00
439	Lithium, 0.15% in brine, in ground	Sirovi materijal	µg	5,54E+01	8,45E+01	-7,51E+01	4,59E+01
440	Lithium, ion	Voda	g	1,18E+02	1,19E+02	-7,18E-01	6,06E-02
441	m-Xylene	Zrak	g	4,60E+00	1,35E-02	-6,34E-03	4,59E+00
442	m-Xylene	Voda	mg	3,04E+01	3,04E+01	-3,59E-02	5,78E-03
443	Magnesite, 60% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	2,05E+00	3,00E-01	-1,38E-01	1,89E+00
444	Magnesium	Zrak	g	4,10E+01	3,92E+00	-2,79E+00	3,98E+01
445	Magnesium	Voda	kg	3,55E+01	1,33E+02	-1,18E+02	2,02E+01
446	Magnesium	Zemlja	g	1,74E+02	3,61E+00	-1,22E+00	1,71E+02
447	Magnesium, 0.13% in water	Sirovi materijal	mg	9,24E+01	8,47E+01	-4,25E+01	5,02E+01
448	Mancozeb	Zemlja	mg	3,42E+01	5,50E+01	-4,93E+01	2,85E+01
449	Manganese	Zrak	g	1,28E+01	1,22E+01	-1,17E+01	1,23E+01
450	Manganese	Voda	kg	3,20E+00	1,48E+01	-1,35E+01	1,90E+00
451	Manganese	Zemlja	g	1,02E+02	4,11E-01	-1,65E-01	1,02E+02
452	Manganese-54	Zrak	µBq	4,37E+02	8,82E+01	1,25E+01	3,36E+02
453	Manganese-54	Voda	Bq	9,61E+01	1,66E+00	-3,54E-01	9,48E+01
454	Manganese, 35.7% in sedimentary deposit, 14.2% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	1,26E+00	1,71E-01	-4,39E-02	1,14E+00
455	Manganese, in ground	Sirovi materijal	µg	1,20E+01	3,33E+01	-2,13E+01	0,00E+00
456	Marl, in ground	Sirovi materijal	mg	4,36E+01	1,21E+02	-7,74E+01	0,00E+00
457	Mercaptans, unspecified	Zrak	mg	1,65E+00	1,67E+00	-2,46E-02	0,00E+00
458	Mercury	Zrak	mg	3,29E+02	1,52E+02	-1,02E+02	2,79E+02
459	Mercury	Voda	g	3,99E+00	4,43E-01	2,86E+00	6,85E-01
460	Mercury	Zemlja	µg	5,31E+02	2,09E+01	-1,50E+01	5,25E+02
461	Metaldehyde	Zemlja	µg	6,74E+01	3,33E+01	-1,96E+01	5,37E+01
462	Metallic ions, unspecified	Voda	g	6,61E-02	1,31E+00	-1,25E+00	0,00E+00
463	Metals, unspecified	Zrak	mg	4,41E+00	7,62E+01	-7,18E+01	0,00E+00
464	Metamorphous rock, graphite containing, in ground	Sirovi materijal	g	1,09E+01	5,53E+00	-4,80E+00	1,01E+01
465	Methane	Sirovi materijal	mg	1,23E+01	3,42E+01	-2,19E+01	0,00E+00
466	Methane	Zrak	kg	1,37E+00	2,47E+00	-1,10E+00	0,00E+00
467	Methane, biogenic	Zrak	kg	5,05E+01	4,72E-02	4,61E+01	4,29E+00
468	Methane, bromo-, Halon 1001	Zrak	µg	1,30E+00	1,32E+00	-1,87E-02	9,10E-06
469	Methane, bromochlorodifluoro-, Halon 1211	Zrak	mg	5,44E+01	6,92E+00	-2,01E+00	4,95E+01
470	Methane, bromotrifluoro-, Halon 1301	Zrak	mg	1,61E+01	5,25E+00	-1,18E+00	1,20E+01
471	Methane, chlorodifluoro-, HCFC-22	Zrak	mg	2,40E+02	3,79E+01	-1,42E+01	2,16E+02
472	Methane, dichloro-, HCC-30	Zrak	mg	3,18E+01	5,02E+01	-1,94E+01	9,66E-01
473	Methane, dichloro-, HCC-30	Voda	mg	3,54E+02	1,01E+02	-3,24E+01	2,85E+02
474	Methane, dichlorodifluoro-, CFC-12	Zrak	mg	3,03E+00	3,01E+00	-4,93E-01	5,12E-01
475	Methane, dichlorofluoro-, HCFC-21	Zrak	µg	1,29E+00	2,51E+00	-1,24E+00	2,05E-02
476	Methane, fossil	Zrak	kg	2,76E+01	2,92E+00	4,97E-01	2,42E+01
477	Methane, monochloro-, R-40	Zrak	mg	1,49E+00	1,04E-01	-3,28E-02	1,42E+00
478	Methane, monochloro-, R-40	Voda	µg	4,03E+01	4,03E+01	-3,52E-02	0,00E+00
479	Methane, tetrachloro-, CFC-10	Zrak	mg	5,71E+00	1,25E+01	-9,38E+00	2,62E+00
480	Methane, tetrafluoro-, CFC-14	Zrak	g	1,59E+00	1,04E+00	-9,37E-01	1,48E+00
481	Methane, trichlorofluoro-, CFC-11	Zrak	µg	2,10E+00	4,08E+00	-2,01E+00	3,32E-02
482	Methane, trifluoro-, HFC-23	Zrak	µg	4,11E+02	8,00E+02	-3,95E+02	6,51E+00
483	Methanesulfonic acid	Zrak	µg	1,09E+00	2,96E-01	-6,44E-02	8,59E-01
484	Methanol	Zrak	g	4,13E+00	3,91E+00	-2,27E+00	2,49E+00
485	Methanol	Voda	mg	3,21E+02	4,35E+02	-2,05E+02	9,08E+01
486	Methyl acetate	Zrak	ng	4,46E+01	1,29E+01	-2,90E+00	3,46E+01
487	Methyl acetate	Voda	ng	1,07E+02	3,09E+01	-6,96E+00	8,31E+01
488	Methyl acrylate	Zrak	mg	4,71E+00	9,20E+00	-4,55E+00	5,50E-02
489	Methyl acrylate	Voda	mg	9,21E+01	1,80E+02	-8,88E+01	1,07E+00

490	Methyl amine	Zrak	µg	9,40E+00	1,76E+01	-8,69E+00	4,59E-01
491	Methyl amine	Voda	µg	2,26E+01	4,23E+01	-2,08E+01	1,10E+00
492	Methyl borate	Zrak	ng	3,98E+02	6,00E+02	-5,29E+02	3,27E+02
493	Methyl ethyl ketone	Zrak	g	2,70E+01	3,41E+01	-7,19E+00	8,80E-02
494	Methyl ethyl ketone	Voda	µg	8,06E+01	8,07E+01	-7,04E-02	0,00E+00
495	Methyl formate	Zrak	µg	1,88E+01	3,65E+01	-1,83E+01	6,33E-01
496	Methyl formate	Voda	µg	7,50E+00	1,46E+01	-7,31E+00	2,53E-01
497	Methyl lactate	Zrak	µg	1,11E+00	1,47E+00	-1,27E+00	9,02E-01
498	Methyl methacrylate	Zrak	ng	1,62E+02	1,65E+02	-2,34E+00	0,00E+00
499	Metolachlor	Zemlja	mg	9,12E+01	2,36E+01	-4,39E+00	7,20E+01
500	Metribuzin	Zemlja	mg	1,21E+00	1,94E+00	-1,74E+00	1,00E+00
501	Mineral waste	Otpad	mg	9,59E+01	2,66E+02	-1,70E+02	0,00E+00
502	Molybdenum	Zrak	mg	4,81E+02	3,73E+01	-2,13E+01	4,65E+02
503	Molybdenum	Voda	g	2,55E+01	1,24E+02	-1,16E+02	1,78E+01
504	Molybdenum	Zemlja	mg	1,88E+01	6,88E-02	-3,68E-02	1,87E+01
505	Molybdenum-99	Voda	mBq	5,25E+01	1,06E+01	1,50E+00	4,04E+01
506	Molybdenum, 0.010% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 1.83% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	3,71E-02	1,00E+00	-9,73E-01	9,57E-03
507	Molybdenum, 0.014% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.81% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	5,23E+00	1,43E+02	-1,39E+02	1,36E+00
508	Molybdenum, 0.022% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	1,38E+01	1,97E+00	-5,33E-01	1,23E+01
509	Molybdenum, 0.025% in sulfide, Mo 8.2E-3% and Cu 0.39% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	1,92E+01	5,22E+02	-5,08E+02	5,00E+00
510	Molybdenum, 0.11% in sulfide, Mo 4.1E-2% and Cu 0.36% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	2,77E+01	3,78E+00	-9,81E-01	2,49E+01
511	Molybdenum, in ground	Sirovi materijal	pg	1,56E+01	4,35E+01	-2,78E+01	0,00E+00
512	Monoethanolamine	Zrak	mg	2,24E+02	3,52E+02	-1,75E+02	4,61E+01
513	n-Hexacosane	Voda	µg	6,69E+02	6,69E+02	-5,83E-01	0,00E+00
514	N-Nitrodimethylamine	Zrak	mg	5,02E-02	1,00E+00	-9,54E-01	0,00E+00
515	Naphthalene	Zrak	mg	6,28E+00	6,60E+00	-3,13E-01	0,00E+00
516	Naphthalene	Voda	g	-1,67E+00	-3,37E+01	3,20E+01	0,00E+00
517	Naphthalene, 2-methyl-	Voda	mg	1,59E+01	1,59E+01	-1,38E-02	0,00E+00
518	Naphthalenes, alkylated, unspecified	Voda	µg	7,37E+02	7,37E+02	-3,30E-01	0,00E+00
519	Napropamide	Zemlja	µg	1,19E+02	5,90E+01	-3,48E+01	9,51E+01
520	Nickel	Zrak	g	5,86E+00	5,64E+01	-5,41E+01	3,57E+00
521	Nickel	Voda	mg	2,64E+02	2,65E+02	-2,00E-01	0,00E+00
522	Nickel	Zemlja	mg	2,97E+02	2,70E+01	-1,14E+01	2,82E+02
523	Nickel, 1.13% in sulfide, Ni 0.76% and Cu 0.76% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	6,24E+00	4,08E+00	-2,48E+00	4,64E+00
524	Nickel, 1.98% in silicates, 1.04% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	kg	1,75E+01	1,54E+01	-1,42E+01	1,63E+01
525	Nickel, in ground	Sirovi materijal	µg	8,48E+00	2,36E+01	-1,51E+01	0,00E+00
526	Nickel, ion	Voda	g	5,39E+02	3,38E+02	-6,22E+01	2,63E+02
527	Niobium-95	Zrak	µBq	5,19E+01	1,05E+01	1,49E+00	3,99E+01
528	Niobium-95	Voda	Bq	3,71E+01	3,79E-01	-9,26E-02	3,68E+01
529	Nitrate	Zrak	g	2,75E+00	1,08E-01	-7,74E-02	2,71E+00
530	Nitrate	Voda	kg	8,68E+00	2,30E+00	4,38E+00	2,00E+00
531	Nitrate compounds	Voda	ng	3,72E+02	3,76E+02	-4,11E+00	0,00E+00
532	Nitric acid	Voda	µg	8,34E+02	8,43E+02	-9,23E+00	0,00E+00
533	Nitrite	Voda	g	1,14E+02	2,60E-01	1,13E+02	1,34E+00
534	Nitrobenzene	Zrak	µg	6,36E+00	8,15E+00	-6,96E+00	5,17E+00
535	Nitrobenzene	Voda	µg	2,55E+01	3,26E+01	-2,79E+01	2,07E+01
536	Nitrogen	Voda	g	9,87E+01	5,26E+00	4,39E+01	4,95E+01
537	Nitrogen oxides	Zrak	kg	2,09E+01	1,08E+01	-6,67E+00	1,67E+01
538	Nitrogen, in air	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
539	Nitrogen, organic bound	Voda	kg	2,32E+00	1,33E-01	2,18E+00	7,33E-03
540	Nitrogen, total	Zrak	mg	2,04E-01	1,02E+00	-8,14E-01	0,00E+00
541	Nitrogen, total	Voda	g	2,75E+01	5,49E+02	-5,22E+02	0,00E+00

542	NMVOC, non-methane volatile organic compounds, unspecified origin	Zrak	kg	2,82E+00	2,53E+00	-1,53E+00	1,82E+00
543	Noble gases, radioactive, unspecified	Zrak	kBq	4,69E+06	8,91E+04	-4,14E+04	4,65E+06
544	o-Cresol	Voda	mg	2,88E+01	2,88E+01	-2,51E-02	0,00E+00
545	o-Xylene	Voda	µg	2,08E+01	2,15E+01	-1,94E+00	1,24E+00
546	Occupation, arable	Sirovi materijal	mm2a	8,41E+01	2,34E+02	-1,50E+02	0,00E+00
547	Occupation, arable, non-irrigated	Sirovi materijal	m2a	5,00E-01	2,48E-01	-1,47E-01	3,98E-01
548	Occupation, construction site	Sirovi materijal	m2a	1,32E+00	2,57E-01	3,81E-01	6,81E-01
549	Occupation, dump site	Sirovi materijal	m2a	2,18E+01	2,29E+01	-1,82E+01	1,71E+01
550	Occupation, dump site, benthos	Sirovi materijal	m2a	3,64E-01	6,66E-02	-2,29E-02	3,20E-01
551	Occupation, forest	Sirovi materijal	mm2a	9,71E-03	2,70E-02	-1,73E-02	0,00E+00
552	Occupation, forest, intensive	Sirovi materijal	m2a	3,37E+00	4,41E+00	-2,18E+00	1,15E+00
553	Occupation, forest, intensive, normal	Sirovi materijal	m2a	7,48E+02	3,57E+01	-2,49E+01	7,37E+02
554	Occupation, forest, intensive, short-cycle	Sirovi materijal	cm2a	2,29E+02	1,56E+02	-9,52E+01	1,68E+02
555	Occupation, industrial area	Sirovi materijal	m2a	1,04E+01	2,71E+00	-2,10E+00	9,82E+00
556	Occupation, industrial area, benthos	Sirovi materijal	cm2a	3,96E+01	6,03E+00	-1,95E+00	3,55E+01
557	Occupation, industrial area, built up	Sirovi materijal	m2a	3,27E+00	2,91E+00	-2,44E+00	2,79E+00
558	Occupation, industrial area, vegetation	Sirovi materijal	m2a	3,77E+00	7,62E-01	-5,89E-01	3,59E+00
559	Occupation, mineral extraction site	Sirovi materijal	m2a	1,05E+01	2,11E+00	-1,30E+00	9,73E+00
560	Occupation, permanent crop, fruit, intensive	Sirovi materijal	cm2a	3,26E+02	2,33E+02	-1,39E+02	2,32E+02
561	Occupation, shrub land, sclerophyllous	Sirovi materijal	m2a	2,58E+00	1,20E-01	4,82E-01	1,98E+00
562	Occupation, traffic area	Sirovi materijal	m2a	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
563	Occupation, traffic area, rail embankment	Sirovi materijal	m2a	7,89E-01	3,97E-01	-1,78E-01	5,70E-01
564	Occupation, traffic area, rail network	Sirovi materijal	m2a	8,72E-01	4,39E-01	-1,97E-01	6,30E-01
565	Occupation, traffic area, road embankment	Sirovi materijal	m2a	7,82E+00	6,74E-01	-2,83E-01	7,43E+00
566	Occupation, traffic area, road network	Sirovi materijal	m2a	1,71E+01	6,01E+00	3,31E+00	7,77E+00
567	Occupation, urban, continuously built	Sirovi materijal	mm2a	6,89E+00	1,91E+01	-1,22E+01	0,00E+00
568	Occupation, urban, discontinuously built	Sirovi materijal	mm2a	6,67E+02	4,28E+02	-3,20E+02	5,59E+02
569	Occupation, water bodies, artificial	Sirovi materijal	m2a	9,17E+02	4,51E+00	-4,32E-01	9,13E+02
570	Occupation, water courses, artificial	Sirovi materijal	m2a	4,42E+01	9,17E+00	-1,29E+00	3,64E+01
571	Octadecane	Voda	mg	1,49E+01	1,49E+01	-1,30E-02	0,00E+00
572	Oil waste	Otpad	g	9,46E-01	2,63E+00	-1,68E+00	0,00E+00
573	Oil, crude, 41 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
574	Oil, crude, 42 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	kg	2,84E+00	5,67E+01	-5,39E+01	0,00E+00
575	Oil, crude, 42.6 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	mg	1,34E+02	3,74E+02	-2,39E+02	0,00E+00
576	Oil, crude, 42.7 MJ per kg, in ground	Sirovi materijal	g	8,51E+01	2,36E+02	-1,51E+02	0,00E+00
577	Oil, crude, in ground	Sirovi materijal	kg	6,68E+02	3,89E+02	-3,71E+01	3,16E+02
578	Oils, biogenic	Zemlja	g	8,24E+00	6,88E-01	-3,98E-01	7,95E+00
579	Oils, unspecified	Voda	kg	2,21E+00	1,47E+01	-1,37E+01	1,16E+00
580	Oils, unspecified	Zemlja	kg	1,50E+00	4,82E-01	-1,73E-01	1,19E+00
581	Olivine, in ground	Sirovi materijal	mg	4,00E+01	1,56E+01	-4,43E+00	2,88E+01
582	Orbencarb	Zemlja	mg	6,51E+00	1,05E+01	-9,37E+00	5,42E+00
583	Organic acids	Zrak	µg	1,78E+02	1,80E+02	-2,02E+00	0,00E+00
584	Organic substances, unspecified	Zrak	g	3,09E-01	4,19E+00	-3,88E+00	0,00E+00
585	Organic substances, unspecified	Voda	g	6,28E-01	1,26E+01	-1,19E+01	0,00E+00
586	Oxygen, in air	Sirovi materijal	kg	3,80E+00	7,60E+01	-7,22E+01	0,00E+00
587	Ozone	Zrak	kg	1,19E+00	4,12E-03	-1,66E-03	1,19E+00
588	p-Cresol	Voda	mg	3,11E+01	3,11E+01	-2,71E-02	0,00E+00

589	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Zrak	g	1,64E+00	5,74E-01	-4,67E-01	1,54E+00
590	PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons	Voda	mg	1,99E+02	5,47E+01	-1,74E+01	1,62E+02
591	Palladium, in ground	Sirovi materijal	pg	1,70E+00	4,73E+00	-3,03E+00	0,00E+00
592	Particulates	Zrak	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
593	Particulates, < 2.5 um	Zrak	kg	6,13E+00	2,26E+00	-2,00E+00	5,88E+00
594	Particulates, > 10 um	Zrak	kg	9,48E+00	1,88E+00	-1,54E+00	9,14E+00
595	Particulates, > 2.5 um, and < 10um	Zrak	kg	2,79E+00	2,48E+00	-2,25E+00	2,56E+00
596	Particulates, SPM	Zrak	mg	2,02E+01	5,62E+01	-3,60E+01	0,00E+00
597	Particulates, unspecified	Zrak	g	1,35E+02	5,15E+02	-3,81E+02	0,00E+00
598	Pd, Pd 2.0E-4%, Pt 4.8E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,42E+00	5,92E+00	-2,90E+00	4,06E-01
599	Pd, Pd 7.3E-4%, Pt 2.5E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	8,22E+00	1,42E+01	-6,97E+00	9,75E-01
600	Peat, in ground	Sirovi materijal	kg	1,57E+02	6,34E-02	-2,65E-02	1,57E+02
601	Pentane	Zrak	g	7,54E+01	1,63E+01	-4,89E+00	6,41E+01
602	Phenanthrene	Zrak	µg	4,54E+01	4,59E+01	-4,97E-01	0,00E+00
603	Phenanthrene	Voda	µg	2,69E+02	2,69E+02	-1,58E-01	0,00E+00
604	Phenanthrenes, alkylated, unspecified	Voda	µg	3,05E+02	3,06E+02	-1,37E-01	0,00E+00
605	Phenol	Zrak	mg	9,98E+01	1,33E+02	-7,56E+01	4,22E+01
606	Phenol	Voda	g	3,00E+00	1,43E+00	-2,61E-01	1,83E+00
607	Phenol, 2,4-dichloro-	Zrak	ng	2,78E+02	1,17E+02	-5,00E+01	2,11E+02
608	Phenol, 2,4-dimethyl-	Voda	mg	2,81E+01	2,81E+01	-2,45E-02	0,00E+00
609	Phenol, pentachloro-	Zrak	mg	6,66E+01	2,01E+00	-1,16E+00	6,58E+01
610	Phenols, unspecified	Zrak	mg	1,89E+01	1,90E+01	-1,26E-02	0,00E+00
611	Phenols, unspecified	Voda	g	3,64E-01	5,30E+00	-4,94E+00	0,00E+00
612	Phosphate	Zrak	µg	4,65E+00	2,32E+01	-1,86E+01	0,00E+00
613	Phosphate	Voda	kg	8,17E+00	2,79E+01	-2,61E+01	6,31E+00
614	Phosphine	Zrak	µg	3,59E+00	7,01E+00	-3,46E+00	4,19E-02
615	Phosphorus	Zrak	g	1,20E+01	9,80E-02	-5,00E-02	1,19E+01
616	Phosphorus	Voda	g	1,17E+00	1,16E+01	-1,09E+01	5,12E-01
617	Phosphorus	Zemlja	g	5,03E+01	3,22E-01	-1,19E-01	5,01E+01
618	Phosphorus pentoxide	Voda	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
619	Phosphorus, 18% in apatite, 12% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	1,05E+01	3,93E+01	-3,52E+01	6,46E+00
620	Phosphorus, 18% in apatite, 4% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	1,97E+01	8,62E+01	-7,93E+01	1,29E+01
621	Phosphorus, total	Voda	ng	7,45E-01	2,07E+00	-1,32E+00	0,00E+00
622	Phthalate, dioctyl-	Zrak	ng	5,92E+02	6,01E+02	-8,54E+00	0,00E+00
623	Pirimicarb	Zemlja	µg	7,90E+01	2,04E+01	-3,80E+00	6,23E+01
624	Plastic waste	Otpad	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
625	Platinum	Zrak	µg	4,50E+00	9,86E-02	-5,67E-02	4,46E+00
626	Platinum, in ground	Sirovi materijal	pg	3,33E+00	9,26E+00	-5,93E+00	0,00E+00
627	Plutonium-238	Zrak	µBq	6,66E+01	1,26E+00	-5,88E-01	6,59E+01
628	Plutonium-alpha	Zrak	µBq	1,53E+02	2,90E+00	-1,35E+00	1,51E+02
629	Polonium-210	Zrak	kBq	1,10E+00	1,68E-01	-9,97E-02	1,04E+00
630	Polonium-210	Voda	Bq	8,68E+02	3,92E+02	-3,55E+02	8,31E+02
631	Polychlorinated biphenyls	Zrak	mg	2,28E+00	1,58E+00	-1,30E+00	2,00E+00
632	Potassium	Zrak	g	9,39E+02	4,46E+00	-2,30E+00	9,37E+02
633	Potassium	Voda	mg	8,69E-01	2,41E+00	-1,54E+00	0,00E+00
634	Potassium	Zemlja	g	2,81E+02	2,08E+00	-7,54E-01	2,79E+02
635	Potassium-40	Zrak	Bq	1,03E+02	2,26E+01	-1,45E+01	9,45E+01
636	Potassium-40	Voda	Bq	9,89E+02	5,55E+01	-4,23E+01	9,75E+02
637	Potassium, ion	Voda	kg	2,29E+01	7,47E+01	-6,60E+01	1,42E+01
638	Production waste, not inert	Otpad	mg	3,87E+01	1,07E+02	-6,87E+01	0,00E+00
639	Propanal	Zrak	µg	3,77E+02	1,05E+02	-1,91E+01	2,90E+02
640	Propanal	Voda	µg	3,63E+00	5,55E+00	-4,93E+00	3,01E+00
641	Propane	Zrak	g	1,05E+02	1,76E+01	-5,88E+00	9,36E+01
642	Propene	Zrak	g	2,64E+00	1,38E+00	-8,43E-01	2,10E+00
643	Propene	Voda	g	9,09E-01	1,05E+00	-3,65E-01	2,26E-01
644	Propionic acid	Zrak	mg	5,33E+02	7,61E+01	-2,30E+01	4,80E+02

645	Propionic acid	Voda	µg	1,32E+00	5,11E-01	-2,08E-01	1,02E+00
646	Propylamine	Zrak	ng	6,06E+02	9,25E+02	-8,22E+02	5,02E+02
647	Propylamine	Voda	µg	1,45E+00	2,22E+00	-1,97E+00	1,21E+00
648	Propylene oxide	Zrak	mg	7,13E+01	9,35E+01	-3,38E+01	1,16E+01
649	Propylene oxide	Voda	mg	1,71E+02	2,25E+02	-8,12E+01	2,80E+01
650	Protactinium-234	Zrak	Bq	6,95E+01	1,32E+00	-5,77E-01	6,88E+01
651	Protactinium-234	Voda	kBq	1,28E+00	2,40E-02	-1,06E-02	1,27E+00
652	Pt, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Rh 2.0E-5%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Sirovi materijal	µg	6,57E+02	8,26E+00	-3,81E+00	6,52E+02
653	Pt, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Rh 2.4E-5%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	2,35E+00	2,96E-02	-1,37E-02	2,34E+00
654	Pyrene	Zrak	µg	5,55E+00	5,61E+00	-6,07E-02	0,00E+00
655	Radioactive species, unspecified	Voda	Bq	9,10E+00	2,53E+01	-1,62E+01	0,00E+00
656	Radioactive species, alpha emitters	Voda	mBq	1,99E+02	7,35E+02	-6,76E+02	1,39E+02
657	Radioactive species, Nuclides, unspecified	Voda	kBq	4,76E+02	1,05E+01	-4,22E+00	4,70E+02
658	Radioactive species, other beta emitters	Zrak	kBq	1,29E+00	2,05E-01	-8,69E-03	1,10E+00
659	Radioactive species, unspecified	Zrak	kBq	1,69E+03	1,57E+04	-1,40E+04	0,00E+00
660	Radionuclides (Including Radon)	Zrak	g	1,30E+00	1,31E+00	-1,47E-02	0,00E+00
661	Radium-224	Voda	kBq	1,22E+00	3,95E-01	-1,16E-01	9,41E-01
662	Radium-226	Zrak	kBq	2,40E+00	6,69E-02	-3,37E-02	2,37E+00
663	Radium-226	Voda	kBq	7,99E+02	1,58E+01	-7,01E+00	7,90E+02
664	Radium-226/kg	Voda	ng	3,62E+01	3,62E+01	-3,16E-02	0,00E+00
665	Radium-228	Zrak	Bq	6,84E+01	5,09E+01	-4,36E+01	6,12E+01
666	Radium-228	Voda	kBq	2,44E+00	7,91E-01	-2,32E-01	1,88E+00
667	Radium-228/kg	Voda	pg	1,85E+02	1,85E+02	-1,62E-01	0,00E+00
668	Radon-220	Zrak	kBq	1,13E+01	5,46E-01	-2,69E-01	1,10E+01
669	Radon-222	Zrak	kBq	9,18E+06	1,72E+05	-7,57E+04	9,08E+06
670	Rh, Rh 2.0E-5%, Pt 2.5E-4%, Pd 7.3E-4%, Ni 2.3E+0%, Cu 3.2E+0% in ore, in ground	Sirovi materijal	µg	3,96E+01	3,73E+00	-1,42E+00	3,73E+01
671	Rh, Rh 2.4E-5%, Pt 4.8E-4%, Pd 2.0E-4%, Ni 3.7E-2%, Cu 5.2E-2% in ore, in ground	Sirovi materijal	µg	1,24E+02	1,17E+01	-4,45E+00	1,17E+02
672	Rhenium, in crude ore, in ground	Sirovi materijal	µg	1,43E+01	4,61E+00	-1,24E+00	1,09E+01
673	Rhenium, in ground	Sirovi materijal	pg	9,71E-01	2,70E+00	-1,73E+00	0,00E+00
674	Rhodium, in ground	Sirovi materijal	pg	1,45E+00	4,04E+00	-2,59E+00	0,00E+00
675	Rubidium	Voda	mg	2,44E+02	7,89E+01	-2,32E+01	1,88E+02
676	Ruthenium-103	Zrak	µBq	1,14E+01	2,30E+00	3,26E-01	8,77E+00
677	Ruthenium-103	Voda	mBq	1,11E+01	2,23E+00	3,17E-01	8,52E+00
678	Salts, unspecified	Voda	µg	1,91E+02	5,32E+02	-3,40E+02	0,00E+00
679	Sand, unspecified, in ground	Sirovi materijal	kg	8,57E-01	1,95E+00	-1,24E+00	1,55E-01
680	Scandium	Zrak	mg	8,42E+02	1,70E+01	-8,06E+00	8,33E+02
681	Scandium	Voda	g	1,36E+01	4,49E+01	-4,27E+01	1,15E+01
682	Selenium	Zrak	g	5,70E-01	3,09E+00	-2,94E+00	4,26E-01
683	Selenium	Voda	g	1,29E+01	9,37E+01	-8,93E+01	8,44E+00
684	Shale, in ground	Sirovi materijal	mg	1,55E+02	1,01E+02	-3,15E+01	8,61E+01
685	Silicates, unspecified	Zrak	µg	1,38E+02	3,82E+02	-2,45E+02	0,00E+00
686	Silicon	Zrak	g	6,75E+01	1,51E+01	-1,19E+01	6,43E+01
687	Silicon	Voda	kg	6,59E+01	7,53E+01	-5,68E+01	4,74E+01
688	Silicon	Zemlja	g	4,20E+02	1,63E+00	-7,19E-01	4,19E+02
689	Silicon tetrafluoride	Zrak	µg	1,46E+02	6,46E+02	-5,97E+02	9,72E+01
690	Silver	Zrak	mg	3,52E+01	6,88E-01	-3,09E-01	3,48E+01
691	Silver	Voda	g	2,10E+00	2,11E+00	-1,83E-03	0,00E+00
692	Silver-110	Zrak	µBq	1,13E+02	2,28E+01	3,23E+00	8,69E+01
693	Silver-110	Voda	Bq	7,15E+02	1,77E+01	-3,24E+00	7,01E+02
694	Silver, 0.007% in sulfide, Ag 0.004%, Pb, Zn, Cd, In, in ground	Sirovi materijal	mg	3,26E+02	6,36E+02	-3,14E+02	4,10E+00
695	Silver, 3.2ppm in sulfide, Ag 1.2ppm, Cu and Te, in crude ore, in ground	Sirovi materijal	mg	2,33E+02	4,54E+02	-2,24E+02	2,93E+00
696	Silver, Ag 2.1E-4%, Au 2.1E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	2,15E+01	4,19E+01	-2,07E+01	2,70E-01
697	Silver, Ag 4.2E-3%, Au 1.1E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	4,91E+01	9,57E+01	-4,73E+01	6,17E-01
698	Silver, Ag 4.6E-5%, Au 1.3E-4%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	4,81E+01	9,38E+01	-4,63E+01	6,05E-01

699	Silver, Ag 9.7E-4%, Au 9.7E-4%, Zn 0.63%, Cu 0.38%, Pb 0.014%, in ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,17E+01	6,19E+01	-3,06E+01	3,99E-01
700	Silver, in ground	Sirovi materijal	µg	3,99E-01	1,11E+00	-7,10E-01	0,00E+00
701	Silver, ion	Voda	g	2,31E+00	6,84E+00	-4,97E+00	4,34E-01
702	Slags	Otpad	mg	3,82E+01	1,06E+02	-6,79E+01	0,00E+00
703	Sodium	Zrak	g	6,71E+01	1,75E+00	-6,84E-01	6,60E+01
704	Sodium	Zemlja	g	3,70E+01	1,90E+01	-5,09E+00	2,31E+01
705	Sodium-24	Voda	mBq	3,97E+02	8,01E+01	1,14E+01	3,06E+02
706	Sodium chlorate	Zrak	mg	7,64E+00	6,72E+00	-6,25E+00	7,17E+00
707	Sodium chloride, in ground	Sirovi materijal	kg	1,49E+01	1,21E+01	-3,58E+00	6,36E+00
708	Sodium dichromate	Zrak	mg	3,11E+00	1,98E+00	-7,87E-01	1,92E+00
709	Sodium formate	Zrak	mg	8,93E-01	2,11E+00	-1,38E+00	1,59E-01
710	Sodium formate	Voda	mg	2,15E+00	5,08E+00	-3,32E+00	3,83E-01
711	Sodium hydroxide	Zrak	mg	4,17E+01	8,13E+01	-4,02E+01	4,87E-01
712	Sodium nitrate, in ground	Sirovi materijal	µg	-3,69E+00	-6,81E+00	-8,76E-01	3,99E+00
713	Sodium sulphate, various forms, in ground	Sirovi materijal	g	3,16E+01	1,67E+02	-1,57E+02	2,14E+01
714	Sodium, ion	Voda	kg	5,45E+01	4,44E+01	-1,63E+01	2,64E+01
715	Solids, inorganic	Voda	kg	2,14E+00	6,67E-01	-3,22E-01	1,80E+00
716	Solved organics	Voda	µg	1,38E+01	3,82E+01	-2,45E+01	0,00E+00
717	Solved solids	Voda	kg	4,56E+01	4,84E+01	-3,51E+00	7,14E-01
718	Solved substances	Voda	mg	1,18E+00	3,29E+00	-2,11E+00	0,00E+00
719	Soot	Zrak	mg	2,06E+01	5,72E+01	-3,66E+01	0,00E+00
720	Stibnite, in ground	Sirovi materijal	µg	8,39E+01	1,33E+01	-5,61E-01	7,12E+01
721	Strontium	Zrak	g	1,18E+00	2,22E-01	-1,69E-01	1,13E+00
722	Strontium	Voda	kg	9,02E-01	2,17E+00	-1,96E+00	6,85E-01
723	Strontium	Zemlja	mg	1,41E+02	4,01E+01	-1,29E+01	1,13E+02
724	Strontium-89	Voda	Bq	3,01E+01	4,49E-01	-5,24E-02	2,97E+01
725	Strontium-90	Voda	kBq	2,61E+01	8,40E+00	-5,93E+00	2,37E+01
726	Styrene	Zrak	mg	-2,93E+02	-2,94E+02	-2,77E+00	4,52E+00
727	Sulfate	Zrak	g	2,62E+02	7,32E+00	-1,65E+01	2,71E+02
728	Sulfate	Voda	kg	2,17E+02	8,14E+02	-7,57E+02	1,61E+02
729	Sulfide	Voda	kg	7,47E-02	1,48E+00	-1,41E+00	4,36E-04
730	Sulfite	Voda	g	1,22E+01	8,39E-01	-3,02E-01	1,16E+01
731	Sulfur	Voda	g	6,86E+00	4,21E+00	-5,93E-01	3,24E+00
732	Sulfur	Zemlja	g	5,50E+01	2,58E+00	-8,71E-01	5,33E+01
733	Sulfur dioxide	Zrak	kg	1,77E+01	2,24E+01	-1,89E+01	1,42E+01
734	Sulfur hexafluoride	Zrak	mg	8,59E+01	5,33E+01	-1,49E+01	4,75E+01
735	Sulfur oxides	Zrak	kg	1,08E+00	5,23E+00	-4,15E+00	0,00E+00
736	Sulfur trioxide	Zrak	µg	5,20E+01	6,57E+01	-5,60E+01	4,22E+01
737	Sulfur trioxide	Voda	µg	1,14E+00	3,18E+00	-2,03E+00	0,00E+00
738	Sulfur, in ground	Sirovi materijal	g	4,06E+01	2,84E+01	-6,14E+00	1,83E+01
739	Sulfuric acid	Zrak	mg	8,72E+00	1,70E+01	-8,41E+00	1,03E-01
740	Sulfuric acid	Voda	g	1,61E-01	3,23E+00	-3,07E+00	0,00E+00
741	Sulfuric acid	Zemlja	µg	5,39E+00	1,05E+01	-5,19E+00	6,28E-02
742	Sulfuric acid, dimethyl ester	Zrak	ng	3,90E+02	3,95E+02	-5,62E+00	0,00E+00
743	Suspended solids, unspecified	Voda	kg	5,46E+00	3,13E+01	-2,70E+01	1,16E+00
744	Suspended substances, unspecified	Voda	mg	1,37E+00	3,79E+00	-2,43E+00	0,00E+00
745	Sylvite, 25 % in sylvinite, in ground	Sirovi materijal	g	1,32E+02	1,26E+02	-2,22E+01	2,81E+01
746	t-Butyl methyl ether	Zrak	mg	8,48E+00	9,19E-01	-5,28E-01	8,08E+00
747	t-Butyl methyl ether	Voda	mg	4,58E+01	1,46E+01	-5,31E+00	3,65E+01
748	t-Butylamine	Zrak	ng	9,91E+02	3,99E+02	-2,02E+02	7,95E+02
749	t-Butylamine	Voda	µg	2,38E+00	9,57E-01	-4,86E-01	1,91E+00
750	Talc, in ground	Sirovi materijal	g	1,44E+01	4,05E+01	-3,14E+01	5,38E+00
751	Tantalum, 81.9% in tantalite, 1.6E-4% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	mg	2,57E+02	5,02E+02	-2,48E+02	3,19E+00
752	Tar	Zrak	µg	1,47E+00	1,49E+00	-1,63E-02	0,00E+00

753	Tar	Voda	ng	2,10E+01	2,13E+01	-2,33E-01	0,00E+00
754	Tebutam	Zemlja	µg	2,83E+02	1,40E+02	-8,24E+01	2,25E+02
755	Technetium-99m	Voda	Bq	1,21E+00	2,44E-01	3,38E-02	9,30E-01
756	Teflubenzuron	Zemlja	µg	8,04E+01	1,29E+02	-1,16E+02	6,69E+01
757	Tellurium-123m	Voda	Bq	2,43E+01	3,35E-01	-1,29E-01	2,41E+01
758	Tellurium-132	Voda	mBq	3,04E+00	6,13E-01	8,70E-02	2,34E+00
759	Tellurium, 0.5ppm in sulfide, Te 0.2ppm, Cu and Ag, in crude ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,49E+01	6,81E+01	-3,36E+01	4,39E-01
760	Terpenes	Zrak	µg	7,41E+02	5,04E+02	-3,08E+02	5,45E+02
761	Tetradecane	Voda	mg	2,43E+01	2,43E+01	-2,12E-02	0,00E+00
762	Thallium	Zrak	mg	1,16E+01	1,65E+00	-1,25E+00	1,12E+01
763	Thallium	Voda	g	7,82E-01	1,15E+01	-1,11E+01	3,13E-01
764	Thiram	Zemlja	µg	3,37E+00	2,29E+00	-1,40E+00	2,48E+00
765	Thorium	Zrak	mg	1,64E+00	1,71E+00	-1,54E+00	1,47E+00
766	Thorium-228	Zrak	Bq	1,52E+01	6,58E+00	-4,69E+00	1,33E+01
767	Thorium-228	Voda	kBq	4,88E+00	1,58E+00	-4,66E-01	3,76E+00
768	Thorium-230	Zrak	Bq	2,57E+02	6,01E+00	-3,22E+00	2,54E+02
769	Thorium-230	Voda	kBq	1,75E+02	3,27E+00	-1,44E+00	1,73E+02
770	Thorium-232	Zrak	Bq	2,00E+01	6,71E+00	-4,11E+00	1,74E+01
771	Thorium-232	Voda	Bq	1,83E+02	4,86E+00	-2,82E+00	1,81E+02
772	Thorium-234	Zrak	Bq	6,95E+01	1,32E+00	-5,77E-01	6,88E+01
773	Thorium-234	Voda	kBq	1,28E+00	2,40E-02	-1,06E-02	1,27E+00
774	Tin	Zrak	g	3,60E-01	3,80E+00	-3,68E+00	2,46E-01
775	Tin	Voda	mg	2,13E+02	2,13E+02	-1,30E-01	0,00E+00
776	Tin	Zemlja	µg	9,52E+01	1,18E+02	-1,05E+02	8,19E+01
777	Tin, 79% in cassiterite, 0.1% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	1,36E+01	2,18E+01	-1,09E+01	2,79E+00
778	Tin, in ground	Sirovi materijal	ng	2,22E+02	6,16E+02	-3,95E+02	0,00E+00
779	Tin, ion	Voda	g	1,71E+02	1,11E+02	5,76E+01	2,49E+00
780	TiO2, 54% in ilmenite, 2.6% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	g	6,65E+02	6,99E+02	-2,97E+02	2,63E+02
781	TiO2, 95% in rutile, 0.40% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,75E+00	4,54E+00	-1,37E+00	5,83E-01
782	Titanium	Zrak	g	1,56E+01	6,21E-01	-4,22E-01	1,54E+01
783	Titanium	Zemlja	g	6,98E+00	1,73E-02	-7,77E-03	6,97E+00
784	Titanium, ion	Voda	g	3,46E+02	1,94E+02	-1,63E+02	3,15E+02
785	TOC, Total Organic Carbon	Voda	kg	1,63E+02	1,94E+00	1,59E+02	1,84E+00
786	Toluene	Zrak	g	2,19E+01	2,66E+00	-9,73E-01	2,02E+01
787	Toluene	Voda	g	4,63E+00	2,57E+00	-2,88E-01	2,34E+00
788	Toluene, 2-chloro-	Zrak	µg	2,11E+00	2,48E+00	-2,08E+00	1,70E+00
789	Toluene, 2-chloro-	Voda	µg	4,20E+00	5,13E+00	-4,34E+00	3,40E+00
790	Toluene, 2,4-dinitro-	Zrak	ng	2,27E+00	2,31E+00	-3,28E-02	0,00E+00
791	Transformation, from arable	Sirovi materijal	cm2	7,53E+02	2,32E+01	-1,91E+01	7,49E+02
792	Transformation, from arable, non-irrigated	Sirovi materijal	dm2	9,22E+01	4,57E+01	-2,69E+01	7,34E+01
793	Transformation, from arable, non-irrigated, fallow	Sirovi materijal	mm2	9,53E+02	6,35E+02	-5,70E+02	8,88E+02
794	Transformation, from dump site, inert material landfill	Sirovi materijal	sq.in	6,03E+02	8,65E+00	-1,05E+00	5,95E+02
795	Transformation, from dump site, residual material landfill	Sirovi materijal	cm2	1,36E+02	1,82E+02	-1,50E+02	1,04E+02
796	Transformation, from dump site, sanitary landfill	Sirovi materijal	sq.in	1,76E+02	1,01E-01	1,74E+02	1,64E+00
797	Transformation, from dump site, slag compartment	Sirovi materijal	mm2	3,15E+02	1,52E+01	6,76E+01	2,32E+02
798	Transformation, from forest	Sirovi materijal	dm2	6,83E+01	1,79E+01	-5,80E+00	5,62E+01
799	Transformation, from forest, extensive	Sirovi materijal	m2	5,71E+00	3,06E-01	-2,06E-01	5,61E+00
800	Transformation, from forest, intensive, clear-cutting	Sirovi materijal	mm2	8,18E+02	5,56E+02	-3,40E+02	6,02E+02
801	Transformation, from industrial area	Sirovi materijal	cm2	3,50E+02	1,25E+01	-4,65E+00	3,43E+02
802	Transformation, from industrial area, benthos	Sirovi materijal	mm2	4,79E+01	3,82E+00	-1,23E+00	4,53E+01
803	Transformation, from industrial area, built up	Sirovi materijal	mm2	6,90E+00	3,05E+01	-2,82E+01	4,59E+00
804	Transformation, from industrial area,	Sirovi	mm2	1,18E+01	5,21E+01	-4,81E+01	7,83E+00

	vegetation	materijal					
805	Transformation, from mineral extraction site	Sirovi materijal	sq.in	2,58E+02	6,48E+01	-3,05E+01	2,24E+02
806	Transformation, from pasture and meadow	Sirovi materijal	m2	1,06E+00	4,84E-02	1,03E-01	9,09E-01
807	Transformation, from pasture and meadow, intensive	Sirovi materijal	mm2	7,52E+02	3,72E+02	-2,19E+02	5,99E+02
808	Transformation, from sea and ocean	Sirovi materijal	sq.in	5,65E+02	1,05E+02	-3,63E+01	4,96E+02
809	Transformation, from shrub land, sclerophyllous	Sirovi materijal	dm2	7,38E+01	3,26E+00	8,96E+00	6,16E+01
810	Transformation, from tropical rain forest	Sirovi materijal	mm2	8,18E+02	5,56E+02	-3,40E+02	6,02E+02
811	Transformation, from unknown	Sirovi materijal	m2	7,01E+00	5,28E-01	-3,19E-01	6,80E+00
812	Transformation, to arable	Sirovi materijal	sq.in	1,57E+02	2,56E+01	-1,18E+01	1,44E+02
813	Transformation, to arable, non-irrigated	Sirovi materijal	dm2	9,23E+01	4,57E+01	-2,69E+01	7,35E+01
814	Transformation, to arable, non-irrigated, fallow	Sirovi materijal	cm2	2,40E+01	8,36E+00	-7,00E+00	2,27E+01
815	Transformation, to dump site	Sirovi materijal	sq.in	1,82E+02	2,67E+02	-2,53E+02	1,68E+02
816	Transformation, to dump site, benthos	Sirovi materijal	sq.in	5,64E+02	1,03E+02	-3,55E+01	4,96E+02
817	Transformation, to dump site, inert material landfill	Sirovi materijal	sq.in	6,03E+02	8,65E+00	-1,05E+00	5,95E+02
818	Transformation, to dump site, residual material landfill	Sirovi materijal	cm2	1,36E+02	1,82E+02	-1,50E+02	1,04E+02
819	Transformation, to dump site, sanitary landfill	Sirovi materijal	sq.in	1,76E+02	1,01E-01	1,74E+02	1,64E+00
820	Transformation, to dump site, slag compartment	Sirovi materijal	mm2	3,15E+02	1,52E+01	6,76E+01	2,32E+02
821	Transformation, to forest	Sirovi materijal	sq.in	9,31E+02	4,43E+01	1,50E+02	7,37E+02
822	Transformation, to forest, intensive	Sirovi materijal	cm2	2,25E+02	2,93E+02	-1,45E+02	7,66E+01
823	Transformation, to forest, intensive, clear-cutting	Sirovi materijal	mm2	8,18E+02	5,56E+02	-3,40E+02	6,02E+02
824	Transformation, to forest, intensive, normal	Sirovi materijal	m2	5,63E+00	2,73E-01	-1,89E-01	5,54E+00
825	Transformation, to forest, intensive, short-cycle	Sirovi materijal	mm2	8,18E+02	5,56E+02	-3,40E+02	6,02E+02
826	Transformation, to heterogeneous, agricultural	Sirovi materijal	cm2	3,57E+02	1,17E+02	-4,12E+01	2,81E+02
827	Transformation, to industrial area	Sirovi materijal	sq.in	3,31E+02	1,02E+02	-8,10E+01	3,09E+02
828	Transformation, to industrial area, benthos	Sirovi materijal	cm2	8,17E+00	1,12E+01	-5,60E+00	2,54E+00
829	Transformation, to industrial area, built up	Sirovi materijal	sq.in	2,46E+02	1,04E+02	-7,87E+01	2,21E+02
830	Transformation, to industrial area, vegetation	Sirovi materijal	sq.in	1,62E+02	2,54E+01	-1,85E+01	1,55E+02
831	Transformation, to mineral extraction site	Sirovi materijal	dm2	9,79E+01	2,56E+01	-1,04E+01	8,27E+01
832	Transformation, to pasture and meadow	Sirovi materijal	cm2	3,40E+01	9,35E+00	-4,86E+00	2,95E+01
833	Transformation, to permanent crop, fruit, intensive	Sirovi materijal	mm2	4,59E+02	3,28E+02	-1,96E+02	3,26E+02
834	Transformation, to sea and ocean	Sirovi materijal	mm2	4,79E+01	3,82E+00	-1,23E+00	4,53E+01
835	Transformation, to shrub land, sclerophyllous	Sirovi materijal	sq.in	8,00E+02	3,70E+01	1,50E+02	6,13E+02
836	Transformation, to traffic area, rail embankment	Sirovi materijal	cm2	1,84E+01	9,24E+00	-4,15E+00	1,33E+01
837	Transformation, to traffic area, rail network	Sirovi materijal	cm2	2,02E+01	1,02E+01	-4,56E+00	1,46E+01
838	Transformation, to traffic area, road embankment	Sirovi materijal	cm2	5,69E+02	3,80E+01	-2,11E+01	5,52E+02
839	Transformation, to traffic area, road network	Sirovi materijal	sq.in	5,53E+02	7,80E+01	1,77E+01	4,57E+02
840	Transformation, to unknown	Sirovi materijal	cm2	5,02E+02	2,47E+02	-1,26E+02	3,82E+02
841	Transformation, to urban, discontinuously built	Sirovi materijal	mm2	1,33E+01	8,53E+00	-6,38E+00	1,11E+01
842	Transformation, to water bodies, artificial	Sirovi materijal	m2	6,03E+00	3,37E-02	-2,22E-03	6,00E+00
843	Transformation, to water courses, artificial	Sirovi materijal	sq.in	7,97E+02	1,29E+02	-2,36E+01	6,91E+02
844	Tributyltin compounds	Voda	mg	8,11E+01	4,11E+01	-3,29E+01	7,29E+01
845	Triethylene glycol	Voda	mg	1,58E+02	6,73E+01	-2,24E+01	1,13E+02
846	Trimethylamine	Zrak	ng	7,92E+01	2,33E+01	-5,40E+00	6,13E+01
847	Trimethylamine	Voda	ng	1,90E+02	5,58E+01	-1,30E+01	1,47E+02
848	Tungsten	Zrak	mg	9,50E+01	1,78E+00	-7,83E-01	9,40E+01

849	Tungsten	Voda	g	9,58E+00	1,68E+02	-1,62E+02	3,12E+00
850	Ulexite, in ground	Sirovi materijal	g	1,54E+01	3,19E-01	-1,70E-01	1,53E+01
851	Uranium	Zrak	mg	1,98E+00	1,98E+00	-1,78E+00	1,79E+00
852	Uranium-234	Zrak	Bq	8,08E+02	1,63E+01	-7,76E+00	7,99E+02
853	Uranium-234	Voda	kBq	1,54E+00	2,87E-02	-1,27E-02	1,52E+00
854	Uranium-235	Zrak	Bq	3,92E+01	7,33E-01	-3,23E-01	3,88E+01
855	Uranium-235	Voda	kBq	2,54E+00	4,74E-02	-2,09E-02	2,51E+00
856	Uranium-238	Zrak	Bq	8,52E+02	3,44E+01	-1,87E+01	8,37E+02
857	Uranium-238	Voda	kBq	4,28E+00	2,07E-01	-1,53E-01	4,22E+00
858	Uranium alpha	Zrak	kBq	3,77E+00	7,06E-02	-3,11E-02	3,73E+00
859	Uranium alpha	Voda	kBq	7,38E+01	1,38E+00	-6,08E-01	7,30E+01
860	Uranium ore, 1.11 GJ per kg, in ground	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
861	Uranium oxide, 332 GJ per kg, in ore	Sirovi materijal	mg	9,14E+02	9,24E+02	-1,04E+01	0,00E+00
862	Uranium, 2291 GJ per kg, in ground	Sirovi materijal	mg	2,76E+01	5,51E+02	-5,24E+02	0,00E+00
863	Uranium, 451 GJ per kg, in ground	Sirovi materijal	µg	1,14E+01	3,16E+01	-2,02E+01	0,00E+00
864	Uranium, in ground	Sirovi materijal	g	2,83E+02	5,40E+00	-2,34E+00	2,79E+02
865	Urea	Voda	µg	4,28E+00	6,41E+00	-5,67E+00	3,54E+00
866	Vanadium	Zrak	g	8,00E+00	3,37E+00	-2,32E+00	6,95E+00
867	Vanadium	Voda	mg	2,72E+01	2,72E+01	-2,37E-02	0,00E+00
868	Vanadium	Zemlja	mg	2,00E+02	4,95E-01	-2,22E-01	2,00E+02
869	Vanadium, ion	Voda	g	4,61E+01	6,20E+01	-5,05E+01	3,46E+01
870	Vermiculite, in ground	Sirovi materijal	mg	7,45E+02	4,56E+02	-3,10E+01	3,20E+02
871	Vinyl acetate	Zrak	ng	6,17E+01	6,26E+01	-8,89E-01	0,00E+00
872	VOC, volatile organic compounds	Zrak	g	7,31E+01	2,41E+02	-1,68E+02	0,00E+00
873	VOC, volatile organic compounds, unspecified origin	Voda	g	1,18E+01	2,82E+00	-8,37E-01	9,77E+00
874	Volume occupied, final repository for low-active radioactive waste	Sirovi materijal	cm3	5,67E+02	1,08E+01	-4,79E+00	5,61E+02
875	Volume occupied, final repository for radioactive waste	Sirovi materijal	cm3	1,45E+02	2,72E+00	-1,23E+00	1,43E+02
876	Volume occupied, reservoir	Sirovi materijal	m3y	3,49E+04	2,20E+01	-3,28E+00	3,49E+04
877	Volume occupied, underground deposit	Sirovi materijal	cm3	2,55E+02	8,14E+01	-2,99E+01	2,03E+02
878	Waste, final, inert	Otpad	g	6,98E-01	1,94E+00	-1,24E+00	0,00E+00
879	Waste, from incinerator	Otpad	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
880	Waste, industrial	Otpad	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
881	Waste, inorganic	Otpad	g	2,32E+01	6,46E+01	-4,13E+01	0,00E+00
882	Waste, nuclear, high active/m3	Otpad	mm3	1,93E-03	5,36E-03	-3,43E-03	0,00E+00
883	Waste, nuclear, low and medium active/m3	Otpad	mm3	4,35E-01	1,21E+00	-7,73E-01	0,00E+00
884	Waste, unspecified	Otpad	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
885	Water	Zrak	kg	4,42E-01	1,98E+00	-1,89E+00	3,47E-01
886	Water, barrage	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
887	Water, cooling, unspecified natural origin/m3	Sirovi materijal	m3	2,14E+02	1,67E+01	-6,75E+00	2,04E+02
888	Water, lake	Sirovi materijal	dm3	7,84E+02	4,80E+02	-3,27E+01	3,36E+02
889	Water, river	Sirovi materijal	m3	1,09E+02	1,12E+01	-8,23E+00	1,06E+02
890	Water, salt, ocean	Sirovi materijal	m3	1,71E+01	4,39E-01	-1,97E-01	1,68E+01
891	Water, salt, sole	Sirovi materijal	dm3	3,03E+02	1,03E+02	-3,60E+01	2,35E+02
892	Water, turbine use, unspecified natural origin	Sirovi materijal	Nm3	5,68E+05	1,48E+04	-1,11E+04	5,64E+05
893	Water, unspecified natural origin/kg	Sirovi materijal	g	1,33E+02	3,68E+02	-2,36E+02	0,00E+00
894	Water, unspecified natural origin/m3	Sirovi materijal	m3	1,95E+01	4,35E+00	-2,58E+00	1,78E+01
895	Water, well, in ground	Sirovi materijal	m3	6,46E+00	2,18E+00	-6,99E-01	4,98E+00
896	Wood and wood waste, 9.5 MJ per kg	Sirovi materijal	g	7,07E+00	1,41E+02	-1,34E+02	0,00E+00
897	Wood, beech european	Sirovi materijal	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
898	Wood, hard, standing	Sirovi materijal	m3	1,16E+00	5,36E-03	-3,19E-03	1,16E+00

899	Wood, primary forest, standing	Sirovi materijal	cm3	8,47E+00	5,76E+00	-3,52E+00	6,23E+00
900	Wood, sawdust	Otpad	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
901	Wood, soft, standing	Sirovi materijal	m3	2,99E+00	2,06E-02	-1,19E-02	2,98E+00
902	Wood, soft, US SE, standing/m3	Sirovi materijal	cu.in	1,50E+02	7,49E+02	-5,99E+02	0,00E+00
903	Wood, unspecified, standing/kg	Sirovi materijal	mg	1,85E+01	5,13E+01	-3,28E+01	0,00E+00
904	Wood, unspecified, standing/m3	Sirovi materijal	cm3	1,13E+01	8,65E+00	-2,04E-01	2,83E+00
905	Xenon-131m	Zrak	kBq	1,16E+00	3,08E-01	-6,07E-02	9,12E-01
906	Xenon-133	Zrak	kBq	4,05E+01	1,03E+01	-1,49E+00	3,18E+01
907	Xenon-133m	Zrak	Bq	8,18E+01	3,21E+01	-1,74E+01	6,71E+01
908	Xenon-135	Zrak	kBq	1,63E+01	4,18E+00	-6,45E-01	1,28E+01
909	Xenon-135m	Zrak	kBq	1,01E+01	2,52E+00	-3,25E-01	7,90E+00
910	Xenon-137	Zrak	Bq	2,81E+02	5,99E+01	4,03E+00	2,17E+02
911	Xenon-138	Zrak	kBq	2,18E+00	4,89E-01	-7,79E-04	1,69E+00
912	Xylene	Zrak	g	4,30E+01	3,80E+00	-1,65E+00	4,08E+01
913	Xylene	Voda	g	3,33E+00	1,65E+00	-2,39E-01	1,92E+00
914	Yttrium	Voda	mg	6,75E+00	6,76E+00	-5,89E-03	0,00E+00
915	Zeolite, in ground	Sirovi materijal	µg	7,52E+00	2,09E+01	-1,34E+01	0,00E+00
916	Zinc	Zrak	g	2,79E+01	5,45E+01	-4,47E+01	1,82E+01
917	Zinc	Voda	g	1,91E+00	1,92E+00	-1,08E-03	0,00E+00
918	Zinc	Zemlja	g	1,00E+01	1,01E+00	-3,94E-02	9,04E+00
919	Zinc-65	Zrak	mBq	2,18E+00	4,40E-01	6,25E-02	1,68E+00
920	Zinc-65	Voda	Bq	5,38E+00	1,09E+00	1,54E-01	4,14E+00
921	Zinc, 9.0% in sulfide, Zn 5.3%, Pb, Ag, Cd, In, in ground	Sirovi materijal	kg	3,78E+00	3,82E+00	-1,74E-01	1,38E-01
922	Zinc, in ground	Sirovi materijal	µg	6,53E-01	1,82E+00	-1,16E+00	0,00E+00
923	Zinc, ion	Voda	kg	3,04E+00	6,53E+00	-3,82E+00	3,33E-01
924	Zirconium	Zrak	mg	3,05E+00	4,56E+00	-4,06E+00	2,55E+00
925	Zirconium-95	Zrak	mBq	2,13E+00	4,30E-01	6,11E-02	1,64E+00
926	Zirconium-95	Voda	mBq	6,23E+01	1,26E+01	1,78E+00	4,80E+01
927	Zirconium, 50% in zircon, 0.39% in crude ore, in ground	Sirovi materijal	mg	3,54E+02	6,91E+02	-3,41E+02	4,15E+00