

# Utjecaj sustava za upravljanje okolišem na životni ciklus proizvoda

---

**Glumpak, Ivica**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2009**

*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:235:813647>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-31**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Predrag Čosić

Ivica Glumpak

Zagreb, 2009.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**  
Odbor za diplomske ispite  
Povjerenstvo proizvodnog smjera



Zagreb, 10. studenog 2008.

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Ivica Glumpak**

Mat. br.: 0035144188

Naslov: **Utjecaj sustava za upravljanje okolišem na životni ciklus proizvoda**

Opis zadatka:

U zadatku treba dati prikaz sustava za upravljanje okolišem, prikaz ekoloških pristupa proizvodnji, moguće utjecaje procjene životnog ciklusa proizvoda (LCA) na projektiranje tehnološkog procesa proizvoda te sažeti prikaz utjecaja na procese konstrukcije, prodaje, menadžmenta, marketinga i benchmarkinga. U radu treba obraditi:

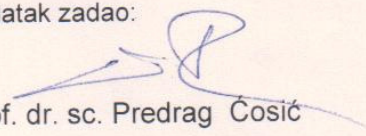
1. Pojam LCA (Life Cycle Assessment) i LCM (Life Cycle Management), primjena i utjecaji na cjelokupno poslovanje tvrtki
2. Prikaz utjecaja legislative, hrvatske i EU zajednice te povezanost sa održivim razvojem i primjenom LCA,
3. Dati prikaz najčešćih računalnih aplikacija iz područja LCA sa primjenom jedne od njih na odabranom primjeru
4. Prikaz plana intenziviranja primjene LCA u hrvatskom gospodarstvu i šire u društvu.

Zadatak zadan:  
15. siječnja 2009.

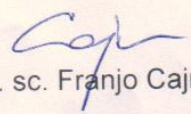
Rok predaje rada:  
19. ožujka 2009.

Predviđeni datum obrane:  
25. – 27. ožujka 2009.

Zadatak zadao:

  
Prof. dr. sc. Predrag Čosić

Predsjednik Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Franjo Cajner

## SAŽETAK

Ovim radom ukratko je prikazana ideja održivog razvoja u okvirima proizvodnje, uz osvrt na pojedine pristupe, koncepte i metode, osmišljene u cilju ostvarivanja navedene ideje.

Nadalje, predstavljena je LCA (*Life Cycle Assessment*) analiza kao analitički "alat" pogodan za primjenu u okviru većine koncepata i metoda razvijenih u cilju postizanja čišće proizvodnje (ili proizvodnje prema načelima održivog razvoja). U skladu sa zadatkom rada, kroz razradu primjera, prikazane su mogućnosti za primjenu LCA analize u okvirima projektiranja tehnološkog procesa proizvoda, a također i razne mogućnosti za primjenu razmatrane metode u sklopu raznih područja proizvodnje i poslovanja, poput upravljanja troškovima poslovanja, ili pak u sklopu ekološkog označavanja.

## IZJAVA:

Ovim izjavljujem da sam diplomski rad radio samostalno, koristeći znanja stečena tokom školovanja te korištenjem navedene literature.

**Ivica Glumpak**

## ZAHVALE

Zahvaljujem svom mentoru, Prof.dr.sc. Predragu Čosiću, na pruženoj pomoći, korisnim savjetima i informacijama potrebnim za izradu ovog rada.

## SADRŽAJ:

ZADATAK.....	ii
SAŽETAK .....	iii
IZJAVA.....	iv
ZAHVALE .....	v
SADRŽAJ .....	vi
POPIS SLIKA.....	viii
POPIS TABLICA.....	x
POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA.....	xi
POPIS STRANIH POJMOVA.....	xii
<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1 NEKE OD POSLJEDICA UZROKOVANIH EMISIJOM ŠTETNIH TVARI U OKOLIŠ [1], [2].....	3
<b>2. RAZVOJ IDEJE O ODRŽIVOM RAZVOJU.....</b>	<b>6</b>
2.1. DEFINICIJA [1], [3], [4].....	6
2.2. KRITERIJI ODRŽIVOG RAZVOJA [5].....	8
<b>3. EKOLOŠKI PRISTUPI PROIZVODNJI.....</b>	<b>10</b>
3.1. INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA [6] .....	10
3.2. EKOLOŠKI PRISTUPI PROIZVODNJI [2],[6].....	13
3.3. PROŠIRENI PROIZVODI (“EXTENDED PRODUCTS”)[8].....	15
3.4. EKO-KONSTRUIRANJE (“ECO-DESIGN”) [1], [11].....	18
3.5. ČISTIJA PROIZVODNJA (“CLEANER PRODUCTION”) [2], [12].....	21
3.6. EKO-EFIKASNOST (“ECO-EFFICIENCY”) [2].....	23
<b>4. SUSTAV UPRAVLJANJA OKOLIŠEM.....</b>	<b>25</b>
4.1. ISO NORME IZ SERIJE 14000 [14].....	27
4.2. ISO NORME IZ SERIJE 9000 [15].....	29
4.3. EMAS [15].....	30

<b>5. PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA</b>	
("LIFE CYCLE ASSESSMENT – LCA").....	32
5.1. POVIJESNI RAZVOJ LCA METODE [17].....	35
5.2. LCA U OKVIRU SERIJE NORMI ISO 14040 [18].....	36
5.3. FAZE LCA ANALIZE [16],[17],[18],[19], [20].....	38
5.4. OGRANIČENJA LCA METODE [17].....	50
<b>6. RAČUNALNE APLIKACIJE IZ PODRUČJA LCA.....</b>	<b>51</b>
6.1. ECO-it [21].....	51
6.2. Sima-Pro [2], [21].....	53
6.3. GaBi [22].....	56
6.4. EIO-LCA [23].....	58
6.5. IDEMAT [24].....	60
<b>7. LCA ANALIZA ODABRANOG PRIMJERA PROIZVODA.....</b>	<b>63</b>
7.1. METODA "ECO-INDICATOR 99" [21].....	64
7.2. ANALIZA NA PRIMJERU APARATA ZA KAVU [21].....	71
<b>8. MOGUĆNOST PRIMJENE LCA ANALIZE U HRVATSKOM</b>	
<b>GOSPODARSTVU.....</b>	<b>85</b>
8.1. LCA ANALIZA U SKLOPU ZAKONSKOG SUSTAVA RH [25].....	85
8.2. EU DIREKTIVE [26].....	88
8.3. PRAĆENJE I ANALIZA TROŠKOVA PROIZVODNJE [2], [12].....	92
8.4. EKO-OZNAČAVANJE [25].....	95
<b>9. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>97</b>
<b>LITERATURA.....</b>	<b>98</b>
<b>PRILOZI.....</b>	<b>101</b>
PRILOG I – POPIS NORMI IZ SERIJA ISO 14000 I ISO 9000 [18].....	102
PRILOG II – BAZA PODATAKA "ECO-INDICATOR 99" [21].....	104
PRILOG III – FORMULAR ZA UNOS PODATAKA U METODI	
ECO-INDICATOR 99 [21].....	110
PRILOG IV – POPIS VAŽNIJIH PROPISA RH U VEZI S OKOLIŠEM [25].....	111



## POPIS SLIKA:

### Poglavlje I

- Slika 1.1. Rast ljudske populacije od godine 10 000 p.n.e. do danas [1]
- Slika 1.2. Prikaz ulaznih i izlaznih tokova ("input-output") proizvodnog procesa [1]
- Slika 1.3. Promjena temperature, količine CO<sub>2</sub> i raspršenih čestica u zraku u proteklih 450 tisuća godina [1]
- Slika 1.4. Porast srednje godišnje temperature od 1855 do 2005. [1]

### Poglavlje II

- Slika 2.1 Sastavnice održivog razvoja i ciljevi ekološki prihvatljivog razvoja [4]
- Slika 2.2. Razvoj pristupa prema okolišu [4]

### Poglavlje III

- Slika 3.1. Linearni model proizvodnje – tip 1 [7]
- Slika 3.2. Model proizvodnje – tip 2 [7]
- Slika 3.3. Model proizvodnje – tip 3 [7]
- Slika 3.4. Shematski prikaz eko-industrijskog parka u Kalundborgu [7]
- Slika 3.5. Shematski prikaz pravaca djelovanja u svrhu smanjenja štetnog utjecaja proizvodnje [2]
- Slika 3.6. Shematski prikaz proširenog proizvoda [8]
- Slika 3.7. Povećanje udjela vrijednosti neopipljivog dijela proizvoda u ukupnoj vrijednosti [8]
- Slika 3.8. Podjela odgovornosti o proširenom proizvodu [8]
- Slika 3.9. Postupak eko-konstruiranja [11]
- Slika 3.10. Primjer grafičkog praćenja učinka eko-konstruiranja [11]
- Slika 3.11. Preduvjeti za uvođenje čistije proizvodnje [12]
- Slika 3.12. Kriteriji za stvaranje proizvoda prema konceptu eko-efikasnosti [2]

### Poglavlje IV

- Slika 4.1. Demingov krug [13]
- Slika 4.2. Uvođenje sustava ISO 14000 kao nadogradnje na ISO 9000 [14]
- Slika 4.3. Uvođenje sustava ISO 14000 ukoliko ne postoji sustav ISO 9000 [14]
- Slika 4.4. Službena oznaka EMAS norme [15]

### Poglavlje V

- Slika 5.1. Faze životnog ciklusa proizvoda [16]
- Slika 5.2. Faze životnog ciklusa proizvoda sa pripadajućim ulaznim i izlaznim tokovima [3]

- Slika 5.3. Lanac ponude i potražnje [17]
- Slika 5.4. Evolucija pristupa od EA do LCM [17]
- Slika 5.5. Različite varijante proizvoda za ispunjenje iste funkcije
- Slika 5.6. Struktura LCA metode prema ISO 14040.2 [2]
- Slika 5.7. Alternativna rješenja za zadovoljenje tražene funkcije [20]
- Slika 5.8. Pojednostavljeni postupak provođenja faze prikupljanja i analize podataka [19]
- Slika 5.9. Shematski prikaz pojedinačnog procesa sa svojim ulazima i izlazima [19]
- Slika 5.10. Pojednostavljena procedura za određivanje utjecaja na okoliš [20]

## **Poglavlje VI**

- Slika 6.1. Pojednostavljeni prikaz određivanja EKO-INDIKATORA [21]
- Slika 6.2. Prikaz rezultata analize u ECO-it računalnoj aplikaciji [21]
- Slika 6.3. Primjer pretraživanja baze podataka unutar ECO-it [21]
- Slika 6.4. Shematski prikaz principa rada "Sima-Pro" računalne aplikacije [2]
- Slika 6.5. Grafički prikaz proizvodnog sustava u računalnoj aplikaciji GaBi [22]
- Slika 6.6. Tablični prikaz rezultata LCA analize u računalnoj aplikaciji GaBi [22]
- Slika 6.7. Grafički prikaz usporedbe dvije alternative u računalnoj aplikaciji GaBi [22]
- Slika 6.8. Odabir modela, industrijske grupe i sektora u računalnoj aplikaciji EIO-LCA [23]
- Slika 6.9. Odabir kategorije utjecaja i prikaz 10 najznačajnijih rezultata u računalnoj aplikaciji EIO-LCA [23]
- Slika 6.10. Prikaz svojstava odabranog materijala u računalnoj aplikaciji IDEMAT [24]
- Slika 6.11. Grafička usporedba čvrstoće odabranih materijala u računalnoj aplikaciji IDEMAT [24]
- Slika 6.12. Tablična usporedba odabranih materijala u računalnoj aplikaciji IDEMAT [24]

## **Poglavlje VII**

- Slika 7.1. Aparat za kavu namijenjen za domaćinstvo [21]
- Slika 7.2. Usporedba životnih ciklusa papirnate vrećice i vrećice od LDPE po kategorijama utjecaja [21]
- Slika 7.3. Usporedba normaliziranih podataka o životnim ciklusima papirnate vrećice i vrećice od LDPE po kategorijama utjecaja [21]
- Slika 7.4. Usporedni rezultati u mikrobodovima životnih ciklusa papirnate vrećice i vrećice od LDPE po kategorijama utjecaja [21]
- Slika 7.5. Usporedni rezultati eko-indikatora u mikrobodovima životnih ciklusa papirnate vrećice i vrećice od LDPE [21]
- Slika 7.6. Shematski prikaz odnosa scenarija zbrinjavanja otpada [21]
- Slika 7.7. Pojednostavljeni shematski prikaz "stabla procesa" za promatrani primjer
- Slika 7.8. Upis kratkih informacija o proizvodu u ECO-it
- Slika 7.9. Unos procesa u okvir faze proizvodnje

- Slika 7.10. Prikaz rezultata faze proizvodnje pomoću histograma
- Slika 7.11. Unos procesa u okvir faze uporabe proizvoda
- Slika 7.12. Prikaz rezultata faze uporabe pomoću histograma
- Slika 7.13. Raspodjela otpadnog materijala na pet scenarija zbrinjavanja otpada
- Slika 7.14. Prikaz rezultata faze zbrinjavanja otpada pomoću histograma
- Slika 7.15. Prikaz rezultata za životni ciklus proizvoda

### **Poglavlje VIII**

- Slika 8.1. Postupak usklađivanja zakonodavstva RH s pravnom stečevinom EU u području zaštite okoliša [26]
- Slika 8.2. Shematski prikaz principa LCC metode [2]
- Slika 8.3. Prikaz raspodjele visine ulaganja u 21 projektu "čistije proizvodnje" [12]
- Slika 8.4. Povrat uložениh sredstava u 21 projektu "čistije proizvodnje" [12]
- Slika 8.5. Aktivnosti implementirane u 21 projektu "čistije proizvodnje" [12]
- Slika 8.6. Grafički prikaz hrvatskog znaka zaštite okoliša [25]
- Slika 8.7. Grafički prikaz znaka zaštite okoliša Europske unije [25]

## **POPIS TABLICA:**

### **Poglavlje I**

- Tablica 1.1. Projekcija povećanja prosječne kiselosti oceana [1]

### **Poglavlje III**

- Tablica 3.1. Prosječni godišnji učinak suradnje u eko-industrijskom parku u Kalundborgu [7]

### **Poglavlje VII**

- Tablica 7.1. Karakteristični faktori ocjenjivanja značaja kategorija utjecaja [21]
- Tablica 7.2. Razvrstavanje dijelova po scenarijima zbrinjavanja otpada

### **Poglavlje VIII**

- Tablica 8.1. Tablica za procjenu životnog ciklusa proizvoda [25]

POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA:

OZNAKA	MJERNA JEDINICA	OZNAČAVA
Cd	kn	troškovi odlaganja nakon životnog ciklusa
Ce	kn	troškovi energije
Cenv	kn	troškovi zagađenja okoline
Cic	kn	cijena nabave
Cin	kn	cijena instalacije
Cm	kn	troškovi održavanja i popravaka
Co	kn	operativni troškovi
Cs	kn	troškovi zastoja
E	t	količina emisije u tonama u kalendarskoj godini
EE	bezdimezionalna veličina	eko - efikasnost
ei <sub>i</sub>	bodova / kg	karakteristični eko-indikator za pojedini proces
EI <sub>i</sub>	bodova	eko-indikator za pojedini proces
kk	bezdimezionalna veličina	korektivni (poticajni) koeficijent pri izračunu visine naknade
LCC	kn	trošak tijekom životnog vijeka proizvoda
m <sub>i</sub>	kg	masa pojedinog dijela
N <sub>1</sub>	kn	jedinična naknada za emisiju štetne tvari u okoliš
Non	kn	iznos naknade na komunalni i/ili neopasni tehnološki otpad
Nem	kn	iznos naknade na emisiju CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> i NO <sub>2</sub>
O	t	količina odloženoga neopasnoga tehnološkog otpada u kalendarskoj godini
P	t	količina proizvedenog a neobrađenog ili neizvezenoga opasnog otpada
Q	kWh	energija
T	godine	vremenski period za koji se provodi procjena utjecaja na okoliš
V	m <sup>3</sup>	volumen
ρ	kg/m <sup>3</sup>	gustoća

## POPIS STRANIH POJMOVA:

### **C**

Cleaner production – čistija proizvodnja

### **E**

Eco-design – eko konstruiranje

Eco-efficiency – eko efikasnost

Eco-labeling – eko označavanje

Embodied energy, EE – ukupna energija

End-of-pipe - obrada i zbrinjavanje otpada nakon što je već stvoren

Environmental Assessment, EA – procjena okolišnih parametara

Environmental Management System, EMS – sustav upravljanja okolišem

Extended product – prošireni proizvod

Extended product responsibility, EPR – proširena proizvodna odgovornost

### **G**

Goal and scope definition – svrha i opseg provedbe LCA analize

Global Warming Potential, GWP – potencijal globalnog zagrijavanja

### **I**

Integrated Pollution Prevention and Control, IPPC – integrani pristup prevenciji i kontroli onečišćenja

### **L**

Land degradation – degradacija zemljišta

Life Cycle Assessment, LCA – procjena životnog ciklusa proizvoda

Life Cycle Costs, LCC – toškovi životnog ciklusa proizvoda

Life Cycle Impact Assessment, LCIA – određivanje utjecaja proizvoda na okoliš

Life Cycle Interpretation, LCI – faza interpretacije rezultata u LCA analizi

Life Cycle Inventory Analysis, LCI – faza popisivanja i analize podataka u LCA metodi

Life Cycle Management, LCM – upravljanje životnim ciklusom proizvoda

### **O**

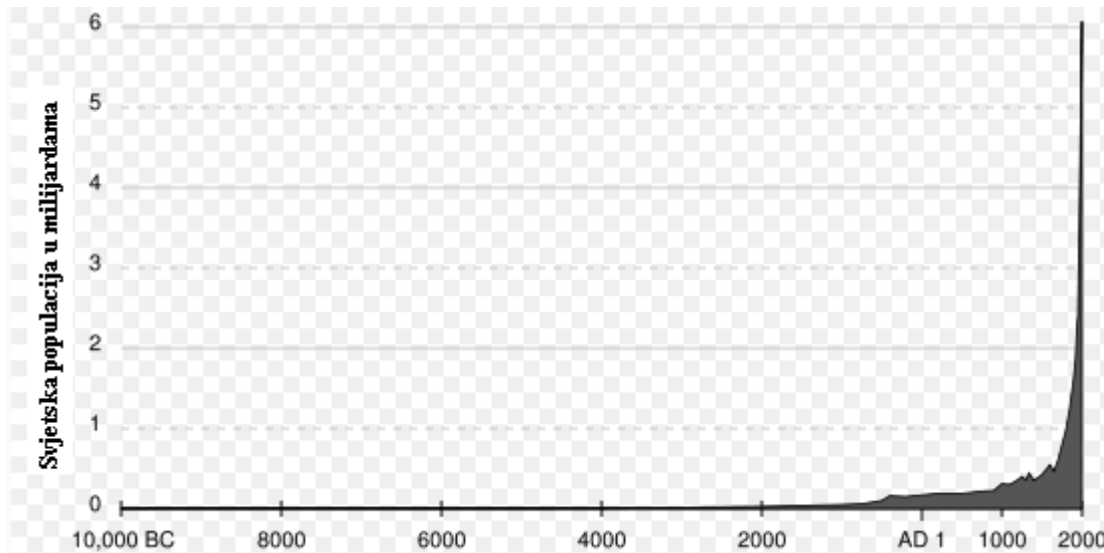
Ozone Depletion Potentials, ODP – oštećivanje ozonskog omotača

### **T**

Total material requirement, TMR – ukupna potreba za materijalom

## 1.UVOD

Prije otprilike 10 000 godina čovjek je načinio evolucijski iskorak koji će se pokazati kao ključan u kasnijem razvoju Zemlje. Kultiviranjem zemlje i pripitomljavanjem životinja počeo je prilagođavati okoliš svojim potrebama. Ta činjenica je omogućila brz razvoj civilizacije, te su se stvorili uvjeti za eksponencijalni rast populacije, što je prikazano na slici 1.1.

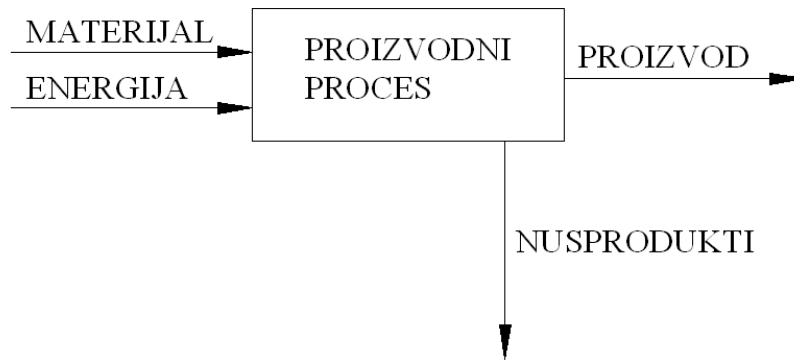


**Slika 1.1. Rast ljudske populacije od godine 10 000 p.n.e. do danas [1]**

Kako se kroz povijest povećavao broj ljudi, tako je bilo neophodno prilagođavati način privređivanja sve većim materijalnim potrebama (hrana, odjeća ...). U konačnosti, industrijski način proizvodnje je postao neophodan. Dostupnost prirodnih resursa, uz razvoj znanosti i tehnike, postupno je dovela do poboljšanja životnog standarda. Međutim, sve do druge polovice prošlog stoljeća u zapadnom razvijenom svijetu nije se vodilo računa o tome da prirodni sustav nije nepresušan izvor materijala i energije, te da emisije tvari koje su posljedice mnogih ljudskih aktivnosti mogu imati negativan utjecaj na okoliš. Može se reći da je do sad napredak bio nekontroliran (ili su se pitanja zagađenja namjerno zanemarivala u korist profita), te da je ostavio trajne posljedice na prirodni sustav. Neke od najznačajnijih posljedica su opisane u poglavlju 1.1.

Štetni utjecaj proizvodnje na okoliš mogao bi se sagledati iz dvije točke gledišta. Ako proizvodnju gledamo kao proces sa jednim ili više ulaza materijala i energije, i jednim ili više izlaza materijala i energije (slika 1.2.), tada kao točke gledišta možemo uzeti ulaz i izlaz. Jedan od primjera kako ulaz materijala u proizvodnju utječe na okoliš je drvena industrija. Naime, zbog pretjerane eksploatacije drva, sve je manje površina prekrivenih šumama, što dovodi do erozije tla, smanjene produkcije kisika itd. Na izlazu iz proizvodnog procesa postoje proizvodi i nusprodukti<sup>1</sup>. Pri tome možemo pretpostaviti da proizvod ima svoj vijek uporabe, te će se s vremenom pojaviti problem njegovog zbrinjavanja.

<sup>1</sup> Nusprodukti (nusproizvodi) su sekundarni ili nenamjerni proizvodi koji potječu od proizvodnog procesa ili kemijske reakcije, a nisu dio proizvoda (ili usluge) koji se primarno proizvodi tim procesom. Nusprodukti mogu biti iskoristivi u nekom drugom procesu, ili mogu imati negativan ekološki utjecaj ako se emitiraju u okoliš. [1]



**Slika 1.2. Prikaz ulaznih i izlaznih tokova ("input-output") proizvodnog procesa**

Tri su medija kroz koja štetne tvari dolaze u okoliš [2]:

### 1. Zemlja

Nekoliko primjera otpada koji se odlaže na zemlju:

- Otpadne tvari nastale uslijed procesa iskopavanja rude (jalovina)
- Kruti otpad koji nastaje kao nusprodukt proizvodnog procesa
- Pepeo i šljaka nastali uslijed spaljivanja krutih goriva
- Ambalaža
- Iskorišteni proizvodi

Otpad zbrinut na taj način može djelovati na okoliš na nekoliko načina. Na primjer, većina metala će tokom vremena korodirati, a produkti korozije će završiti u dubljim slojevima zemlje ili u podzemnim vodama (ovisno o vrsti tla). Dio produkata raspadanja otpada, kao što je biološki otpad, će završiti u atmosferi u obliku štetnih plinova. Postoji i dio otpada, kao što je većina polimernih materijala, koji nije podložan razgradnji (osim pod utjecajem UV zračenja). U tom slučaju ne govorimo o zagađenju, već o onečišćenju okoliša, jer jedini način na koji predmet od takvog materijala utječe na okoliš jest što zauzima prostor.

### 2. Zrak

Najčešći zagađivači zraka su:

- ugljični dioksid (CO<sub>2</sub>)
- ugljični monoksid (CO)
- dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>)
- sumporovi oksidi (SO<sub>x</sub>)
- lakohlapljive organske tvari
- fino raspršene čestice

Karakteristika spomenutih supstanci je vrlo visoka mobilnost, tako da se zagađenje zraka mora sagledati na globalnom nivou<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> Lokalni nivo- obuhvaća područje od nekoliko kilometara

Regionalni nivo- obuhvaća područje (radijus) od 100 do 1000 kilometara

Globalni nivo- obuhvaća područje cijele planete [2]

### 3. Voda

Najčešći zagađivači vode su:

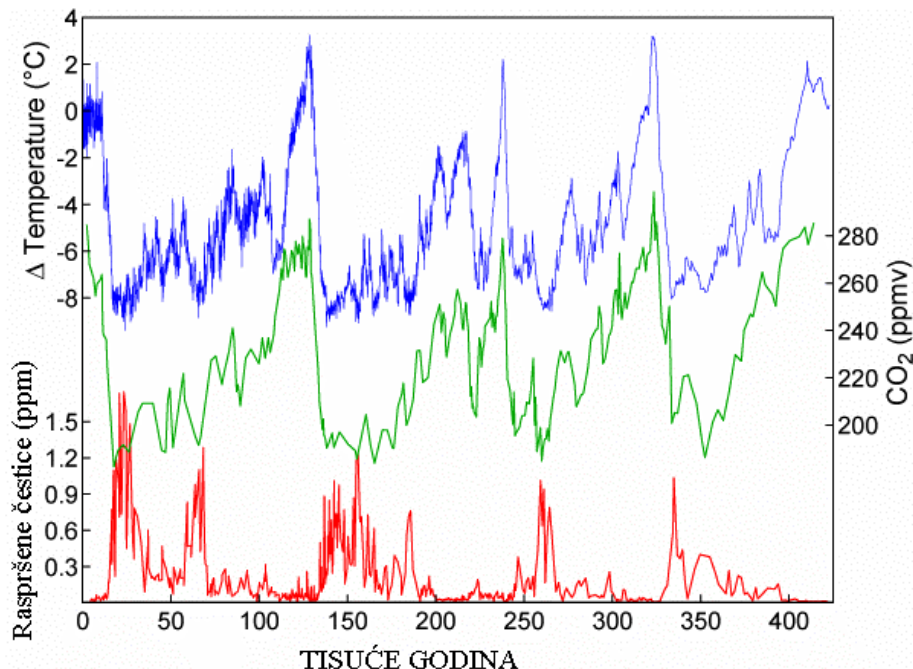
- Otopljene organske tvari
- Dušikovi spojevi

Voda se u industriji koristi na više načina. Kao vrlo dostupno otapalo, često se koristi kao sredstvo za pranje, čišćenje ili transport tvari koje se transportiraju otopljene, ili pak kao sredstvo za hlađenje u energetskim sustavima. Pri tim postupcima u vodi ostaju nečistoće koje mogu završiti u okolišu, ukoliko ne postoji sustav za pročišćavanje otpadnih voda. Voda se također koristi kao sredstvo za hlađenje postrojenja, čime se voda zagrijava. Ukoliko se voda u okoliš vraća zagrijana, ima negativne posljedice na lokalni ekosustav<sup>3</sup>.

## 1.1 NEKE OD POSLJEDICA UZROKOVANIH EMISIJOM ŠTETNIH TVARI U OKOLIŠ

### 1.1.1 GLOBALNO ZAGRIJAVANJE [1]

Globalno zatopljenje je ciklička pojava, koja se kroz povijest ponavlja u pravilnim razmacima (slika 1.3.). Međutim, postoji opravdan razlog vjerovati da je trenutni ciklus drugačiji od prethodnih, upravo zbog štetnih plinova koji se gomilaju u atmosferi. Glavni uzročnik globalnog zatopljenja su takozvani staklenički plinovi, pod koje spadaju: ugljični dioksid ( $\text{CO}_2$ ), metan ( $\text{CH}_4$ ), vodena para ( $\text{H}_2\text{O}$ ), dušični oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ ).



**Slika 1.3. Promjena temperature, količine  $\text{CO}_2$  i raspršenih čestica u zraku u proteklih 450 tisuća godina [1]**

<sup>3</sup> Prostor (biotop) naseljen organizmima i njihovim zajednicama, u kojem se neprekidno stvara primarna biomasa, koju troše i razgrađuju heterotrofni potrošači



Od ukupne količine sunčeve svjetlosti, koja dopiye do Zemlje, 30% se reflektira natrag u svemir. Ostalih 70% apsorbiraju tlo, zrak i oceani, te tako dolazi do zagrijavanja zemljine površine i atmosfere. Kako se zemaljska površina i zrak zagrijavaju, tako emitiraju infracrveno toplinsko zračenje, koje najvećim dijelom završava u svemiru, što omogućava hlađenje Zemlje. Nešto od ovog infracrvenog zračenja ponovno apsorbiraju vodena para, ugljični dioksid i drugi plinovi u atmosferi. Kao što staklo u staklenicima dopušta ulazak sunčeve svjetlosti, ali sprječava gubitak infracrvenog<sup>4</sup> toplinskog zračenja iz staklenika, tako i ovi plinovi, nazvani "staklenički plinovi", imaju sposobnost zarobljavanja topline u zemljinoj atmosferi. Ovaj proces također omogućava povoljne životne uvjete, jer bi bez njega prosječna temperatura na površini zemlje bila znatno niža (oko -18°C), nego što jest (+15°C).

Zadnjih godina čovječanstvo ispušta u atmosferu preko 8 milijardi tona CO<sub>2</sub> godišnje. Jedan dio CO<sub>2</sub> apsorbiraju šume i oceani (koji tako postaju kiseliji), a ostatak se gomila u atmosferi, pojačavajući tako efekt staklenika. Ostali značajni staklenički plinovi su metan i dušik-oksidi. Velike količine metana stvaraju velika krda stoke svojim procesom probave, a dušik-oksidi nastaju iz umjetnih gnojiva. Slika 1.4 prikazuje odstupanje od višegodišnjeg temperaturnog prosjeka u proteklih 150 godina.



Slika 1.4. Porast srednje godišnje temperature od 1855 do 2005. [1]

Staklenički plinovi ostaju u atmosferi dugo – vjerojatno desetljećima. Od početka industrijske revolucije, prije 250 godina, količina CO<sub>2</sub> u atmosferi povećala se 35%, a metana 148%. Kako je sastav zemljine atmosfere iz davne prošlosti prilično dobro poznat iz fosilnih uzoraka i iz uzoraka zraka iz mjehurića zarobljenih u ledu na polovima, pokazalo se da su CO<sub>2</sub> i metan u današnjoj atmosferi, na najvišoj razini, barem u posljednjih 650.000 godina.

<sup>4</sup> Elektromagnetsko zračenje valne duljine od 780 nm – 400 μm

### 1.1.2 ZAKISELJAVANJE OKOLIŠA [1]

Neki od spojeva koji uzrokuju zakiseljavanje okoliša su: kloridna kiselina (HCL), sulfatna kiselina (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sulfitna kiselina (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), nitratna kiselina (HNO<sub>3</sub>), fosfatna kiselina (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). Njihova karakteristika je da imaju sposobnost oslobađanja vodikovog iona H<sup>+</sup>, što dovodi do smanjenja pH vrijednosti, odnosno do povećanja kiselosti.

Osim navedenih spojeva, negativan utjecaj na kiselost ima i ugljikov dioksid iz atmosfere. Apsorpcijom CO<sub>2</sub>, u oceanima se povećava količina slobodnih iona H<sup>+</sup>, dolazi do povećanja kiselosti. Tablica 1.1 prikazuje povećanje prosječne kiselosti oceana od 18.stoljeća (predindustrijsko doba) do danas, te projekciju kretanja u bližoj budućnosti.

**Tablica 1.1. Projekcija povećanja prosječne kiselosti oceana [1]**

VRIJEME	pH VRIJEDNOST	PROMJENA pH VRIJEDNOSTI
18. stoljeće	8.179	0.000
1990.	8.104	-0.075
2050.	7.949	-0.230
2100.	7.824	-0.355

### 1.1.3 OBOGAĆIVANJE TLA HRANJIVIM TVARIMA [2]

Obogaćivanje tla hranjivim tvarima posljedica je emisija tvari koje se koriste u različitim aktivnostima. Neke od njih su:

- NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> - višak navedenih spojeva posljedica je pretjeranog korištenja umjetnih gnojiva u poljoprivredi
- Dušični oksidi – posljedica su sagorijevanja fosilnih goriva

Posljedica viška navedenih tvari u prirodi je pretjerani rast određenih biljaka na štetu ostalih, odnosno dolazi do narušavanja prirodne ravnoteže.

### 1.1.4 STVARANJE FOTOKEMIJSKOG SMOGA [2]

Fotokemijski smog nastaje reakcijom sunčevog zračenja sa dušikovim oksidima (uglavnom NO) i lakohlapljivim organskim spojevima. Navedeni spojevi najčešće su produkti sagorijevanja fosilnih goriva. Rezultirajuća mješavina se sastoji od više od 100 spojeva među kojima su najvažniji ozon (O<sub>3</sub>), peroksiacetonitril (PAN), dušikovi oksidi, aldehidi, ketoni i drugi.

Posljedice fotokemijskog smoga su: korozija metala, ubrzano starenje materijala, smanjenje vidljivosti, iritacija očiju i dišnog sustava, zakiseljavanje tla.

S povećanjem svijesti o navedenim problemima pojavljuju se i brojne organizacije koje ga na razne načine pokušavaju riješiti. Konačno je prepoznata ideja o održivom razvoju<sup>5</sup> kao jedinog garanciji kvalitetnog života budućih generacija.

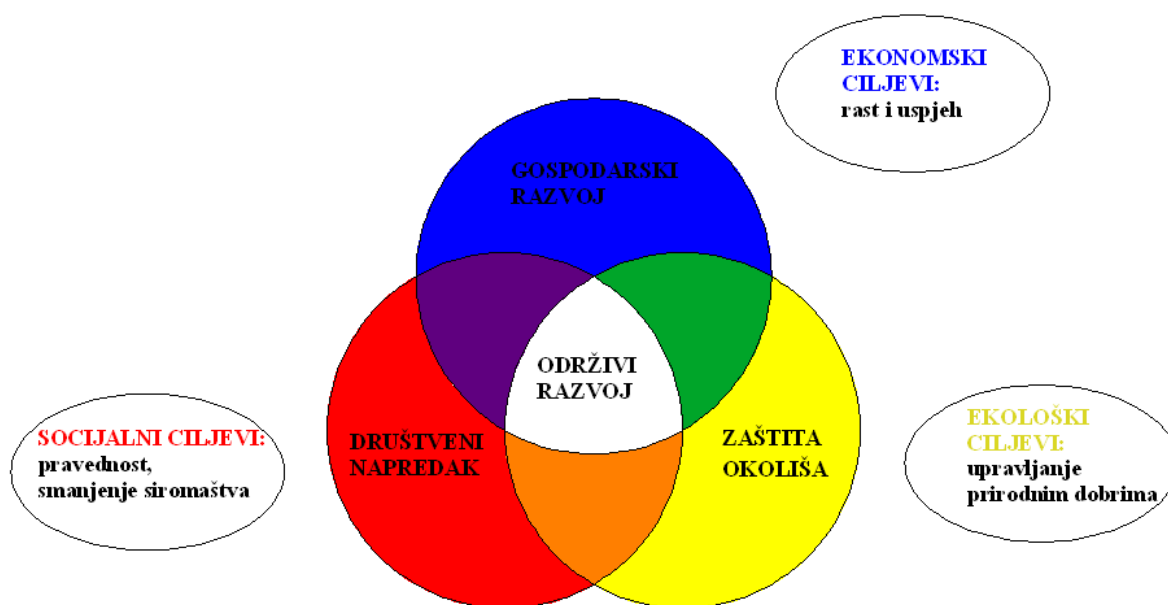
<sup>5</sup> Održivi razvoj- opširnije u poglavlju 2 "Razvoj ideje o održivom razvoju"

## 2. RAZVOJ IDEJE O ODRŽIVOM RAZVOJU

### 2.1. DEFINICIJA [1], [3], [4]

U općem smislu, održivost je sposobnost stanja ili procesa da traje neograničeno. Najraširenija definicija održivog razvoja jest: *zadovoljenje potreba sadašnje generacije bez da se ugrozi ispunjavanje potreba generacija koje dolaze*<sup>6</sup>. Ova definicija se najviše odnosi na održivost ekosustava, odnosno na sposobnost ekosustava da zadrži prirodne procese, funkcije, biološku raznolikost i produktivnost u budućnosti. Da bi bila zadovoljena održivost, prirodni resursi se moraju koristiti tempom kod kojeg se ti resursi mogu nadoknađivati prirodno. Jedan od primjera održivog raspolaganja prirodnim resursima je Zakon o šumama<sup>7</sup>, prema kojem se godišnje na nekom području ne smije posjeći veći volumen drva nego što iznosi godišnji prirast.

Održivi razvoj podrazumijeva nekoliko skupina pristupa (slika 2.1). Ekonomski pristup održivom razvoju je maksimiziranje neto dobiti iz gospodarskih aktivnosti uz održavanje ili povećavanje ekoloških i socijalnih vrijednosti, te osiguravanje dovoljno novca za zaštitu siromašnih i zadovoljavanje njihovih osnovnih potreba. Ekonomski ciljevi su rast i uspjeh, dok se ekološka pitanja nastoje svesti na pitanja upravljanja prirodnim resursima, a socijalna na pitanja jednakosti i smanjenja siromaštva.



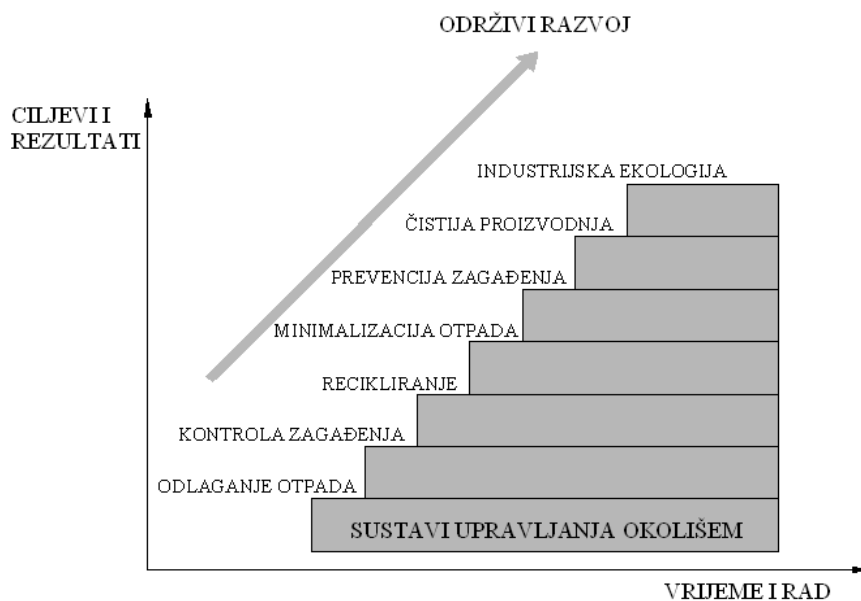
Slika 2.1 Sastavnice održivog razvoja i ciljevi ekološki prihvatljivog razvoja [4]

Ekonomski ciljevi (produktivnost, konkurentnost, gospodarski rast) optimiziraju se uz uvažavanje ekoloških ciljeva (integritet ekosustava, globalna pitanja, biološka raznolikost) i socijalnih zahtjeva (humanizacija rada, motiviranje, zajedničko upravljanje, kulturni identitet, socijalna pokretljivost, društveno staranje itd.) koji su u stalnoj međusobnoj (isprepletenoj) interakciji.

<sup>6</sup> Definicija Svjetske komisije za okoliš i razvoj (World Commission on Environment and Development), prihvaćena na konferenciji 1987.

<sup>7</sup> "Narodne novine", br. 54/83

Održivi razvoj je u središtu globalne gospodarske, tehnološke, društvene, političke i kulturne preobrazbe koja iznova određuje granice mogućeg i poželjnog. Za gospodarstvo to donosi duboke promjene: promjene ciljeva i pretpostavki koji upravljaju djelovanjem tvrtke, promjene svakodnevnih postupaka i sredstava. Daljnji gospodarski razvoj sada ovisi o korjenitom poboljšanju međudjelovanjem gospodarstva i okoliša. Upravljanje promjenama u tvrtkama tako da one istodobno pridonose gospodarskom razvoju i zaštiti okoliša je golem posao, ali barem ne polazimo od nule. Tvrtke su dokazale da su sposobne temeljito promijeniti svoj način planiranja i djelovanja tijekom “revolucije kvalitete”, koja je utjecala na praktički sve tvrtke i sve industrijske grane diljem svijeta. Ta je revolucija također pokazala da su tvrtke kadre istodobno ostvariti dva naizgled oprečna cilja – povećanje kvalitete i smanjenje troškova. Sredstva i procesi korišteni tijekom te revolucije, na kojima se i dalje radi, te stečeno iskustvo i postignuti rezultati temelj su na kojem poslovni ljudi mogu graditi održiv razvoj. Štoviše, mnoge tvrtke koje su prihvatile pristup totalne kvalitete (TQM<sup>8</sup>) kao svoju sveobuhvatnu poslovnu filozofiju, drže da je skrb za okoliš njezin prirodni nastavak.



Slika 2.2. Razvoj pristupa prema okolišu [4]

Da se omogući uspješno rješavanje problema kad dođe do sukoba interesa između slobodne trgovine i zaštite okoliša, trebalo bi u pravila slobodne trgovine uvesti sljedeća načela: [4]

- **Transparentnost:** Uvođenjem obveze obavješćivanja o ekološkim propisima, a ocjenu o tim propisima donio bi za to posebno osnovani forum.
- **Legitimnost:** Ekološke mjere koje ograničavaju trgovinu moraju biti znanstveno utemeljene, čija legitimnost bi se ispitala na međunarodnim panelima znanstvenika. Kod osobito ozbiljne i neizbježne ekološke opasnosti, mora se primijeniti načelo opreza.
- **Proporcionalnost:** Mjere koje ograničavaju trgovinu moraju se ograničiti na apsolutno nužnu razinu za postizanje željenog ekološkog rezultata prema međunarodno prihvaćenim kriterijima i mišljenju eventualnih savjetodavnih tijela.
- **Supsidijarnost:** Treba izbjegavati mjere koje utječu na trgovinu kada se isti cilj može postići i bez njihova uvođenja.

<sup>8</sup> Total Quality Management – upravljanje totalnom kvalitetom

## 2.2. KRITERIJI ODRŽIVOG RAZVOJA [5]

Prema UN-ovoj Komisiji za održivi razvoj (UN CSD, 1996.), održivi razvoj sadrži četiri dimenzije:

- **društvenu** (vještine, predanost, iskustvo ljudi...)
- **gospodarsku** (stvaranje dodane vrijednosti, povećanje životnog standarda)
- **ekološku** (suma svih bio-geoloških procesa i svih elemenata uključenih u njih)
- **institucionalnu** (sustav normi i zakona koji određuju odnos između članova društva)

Navedene četiri dimenzije mogu se analizirati zasebno, ali pri tom treba imati na umu njihovu trajnu međuovisnost. Svaka dimenzija ima različite interese koji se često međusobno isključuju. To znači da su potrebna ulaganja u svaku od njih kako bi se ti interesi pomirili. Većina modela, kojima se ocjenjuje održivost razvoja, fokusira se na razvojne strategije i s gospodarskog gledišta, te njihov utjecaj na zaposlenost i okoliš. Na taj su način pokrivena neke od značajaka iz sve četiri dimenzije održivog razvoja.

Kada se navedene dimenzije promatraju kao podsustavi održivog razvoja, može se reći da je njihova karakteristika nelinearna. To znači da postupno utjecanje na podsustave ne mora rezultirati postupnom promjenom njihovog stanja. Moguće je da neko vrijeme utječemo na podsustav, a on akumulira te utjecaje i ostaje nepromijenjen. Isto tako je moguće da manji utjecaj rezultira naglom reakcijom podsustava. Takvo ponašanje je nepredvidivo, i zahtjeva oprezan pristup kod primjene kriterija održivog razvoja. Stoga je potrebno definirati konkretne kriterije prema kojima se ocjenjuje održivost nekog scenarija. U proizvodnji se najčešće radi o kriterijima kao što su smanjenje protoka materijala i energije.

Nezaposlenost je jedan od najvećih socijalnih problema na području Hrvatske i okolice, pa smanjenje nezaposlenosti uzima kao socijalni kriterij. Često je mišljenje da su smanjenje utjecaja na okoliš i povećanje zaposlenosti u međusobnom konfliktu. To proizlazi iz činjenice da je porast zaposlenosti posljedica gospodarskog rasta, a gospodarski rast povećava utjecaj na okoliš. Može se zaključiti da postoji proporcionalan odnos između zapošljavanja, gospodarskog rasta i potrošnje resursa. Ključno pitanje je kako ukloniti tu vezu, odnosno "pomiriti" sve interese.

Ako sa **Y** označimo gospodarski prinos, a s **R** ukupnu količinu resursa, tada je **Y/R** produktivnost resursa. Produktivnost resursa može se podijeliti na učinkovitu upotrebu energije, materijala i zemljišta izraženo preko ukupne energije (embodied energy, EE), ukupne potrebe za materijalom (total material requirement, TMR), i degradacije zemljišta (land degradation) po jedinici bruto domaćeg proizvoda (BDP). Održivi razvoj će biti zadovoljen samo ako produktivnost resursa raste brže od gospodarskog prinosa, odnosno: [5]

$$dY < d\left(\frac{Y}{R}\right). \quad (1)$$

Navedena nejednadžba je nužan, ali ne i dovoljan uvjet održivosti.

Ako sa **L** označimo radnu snagu, tada je **Y/L** produktivnost radne snage. Broj zaposlenih u nekom vremenu može rasti samo ako gospodarski prinos raste brže od produktivnosti radne snage, odnosno:

$$dY > d\left(\frac{Y}{L}\right). \quad (2)$$

**Produktivnost radne snage** može se prikazati kao umnožak produktivnosti u vremenu i broja radnih sati po radnoj snazi:

$$\frac{Y}{L} = \frac{Y}{h} \times \frac{h}{L} \quad (3)$$

Zaključak je da je minimalni **uvjet održivog razvoja** kombinacija jednačbi (1) i (2), odnosno:

$$d\left(\frac{Y}{L}\right) < dY < d\left(\frac{Y}{R}\right), \quad (4)$$

**tj. gospodarski prinos treba rasti brže od produktivnost radne snage, a sporije od produktivnosti sredstava.**

Ovaj minimalni uvjet održivosti pomaže da se razlikuju razvojni planovi koji definitivno nisu održivi, od onih koji bi mogli biti. Za detaljniju analizu potrebni su detaljni podatci koji pokrivaju slijedeća područja:

- ekonomski rast
- razinu domaće potrošnje
- produktivnost radne snage
- prosječni broj radnih sati
- ukupnu potrošnju resursa
- produktivnost resursa

U nastavku će biti kratko opisani neki od modela prema kojima je moguće ocijeniti održivost razvoja. [5]

### 2.2.1. SuE (SUSTAINABLE EUROPE) [5]

SuE je model pomoću kojeg se analizira dugoročno ponašanje sustava. Ne temelji se na ekonomskim teorijama, već na tokovima materijala i energije. Naime, model koristi analizu protoka materijala i energije kroz neki proces, da bi se procijenio utjecaj na gospodarstvo, naravno za slučaj održivog korištenja prirodnih resursa. Ukupna energija se gleda kroz obnovljive i neobnovljive izvore koji se troše u proizvodnji neke količine dobara, i povezuje s ukupnom količinom materijala koja je ušla u tu proizvodnju.

### 2.2.2. PANTA RHEI [5]

PANTA RHEI, za razliku od SuE modela, simulira i predviđa gospodarski razvoj. Koristi se unaprijed definiranim modelima proizvodnje energije i zagađenja zraka. Razlikuje 29 načina proizvodnje energije i njihov utjecaj na 58 sektora proizvodnje i kućanstva. Također sadrži 8 načina zagađenja zraka i njihov odnos sa spomenutih 29 energetske modela.

### 3. EKOLOŠKI PRISTUPI PROIZVODNJI

#### 3.1. INDUSTRIJSKA EKOLOGIJA [6]

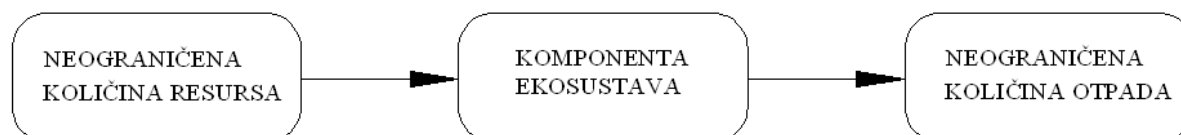
Razvoj industrijske ekologije je pokušaj pružanja novog konceptualnog okvira za razumijevanje utjecaja industrijskih sustava na okoliš. Taj novi okvir služi za identifikaciju, a zatim i implementaciju strategija za smanjenje utjecaja proizvoda i proizvodnih procesa na okoliš, uz krajnji cilj održivog razvoja. Industrijska ekologija je, u biti, znanost o fizičkim, kemijskim i biološkim interakcijama unutar i između industrijskih i ekoloških sustava. Osnovni princip industrijske ekologije je utvrđivanje i praćenje tokova materijala i energije kroz različite proizvodne sustave, te njihove interakcije s okolišem.

Postoji mnogo različitih definicija industrijske ekologije. Međutim, većina definicije sadrži slične karakteristike, a neke od njih su:

- Sustavno praćenje interakcija između proizvodnih sustava i okoliša
- Proučavanje tokova materijala i energije i njihove transformacije
- Multidisciplinarni pristup
- Orijehtacija prema budućnosti
- Prijelaz sa linearnih sustava proizvodnje na ciklički (otpad jednog procesa je ulazni materijal u drugi proces)
- Nastojanje da se smanji utjecaj industrijskih sustava na okoliš

Jedan od ciljeva industrijske ekologije je promjena linearne prirode sustava proizvodnje (gdje u proces ulazi sirovina i energija, a izlaze proizvodi, nusproizvodi i otpad), u cikličnu prirodu sustava. U cikličnom sustavu se otpad koristi kao izvor energije ili sirovog materijala u nekom drugom procesu.

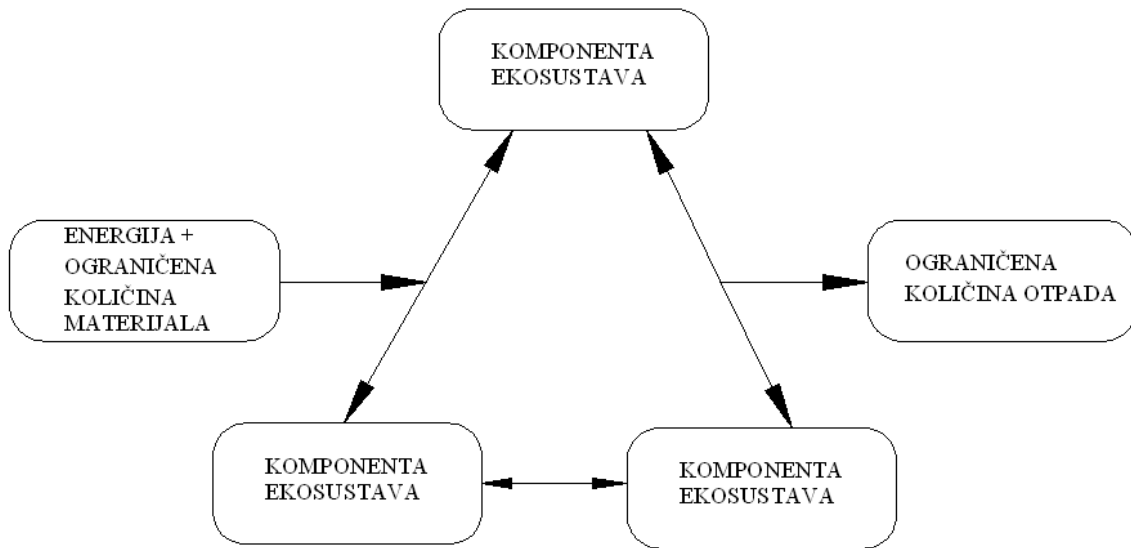
Taj razvoj je opisan pomoću tri tipična modela nazvanih; tip 1, tip 2, i tip 3. [7] Model tipa 1 (slika 3.1) je prikazan kao linearni proces, gdje materijal i energija ulaze na jednom dijelu sustava, a izlaze na drugom u obliku proizvoda, nusproizvoda ili otpada. Zbog toga što se nusprodukti i otpad ne oporabljaju<sup>9</sup>, sustav ovisio kontinuiranoj opskrbi sirovinom i energijom. Kako količina sirovine u prirodi nije beskonačna, a i sposobnost okoliša da akumulira otpad je konačna, takav sustav je izrazito neodrživ.



Slika 3.1. Linearni model proizvodnje – tip 1 [7]

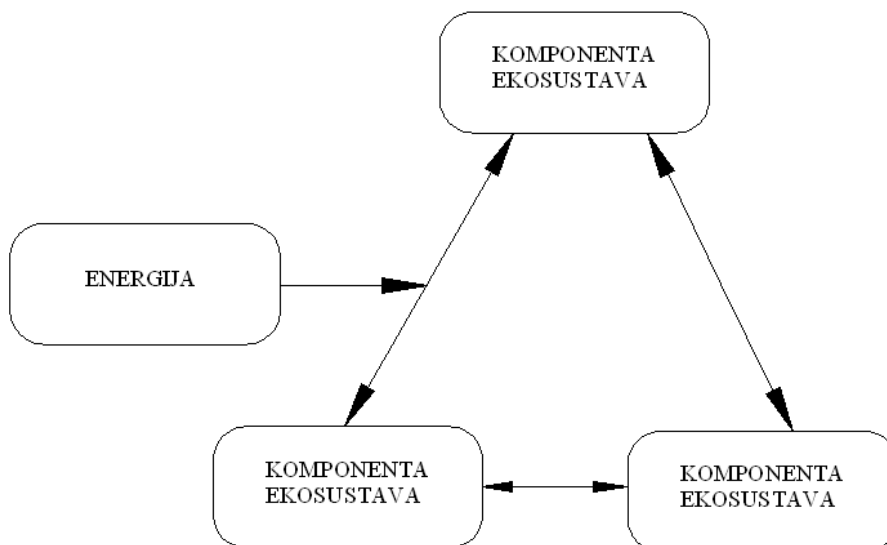
<sup>9</sup> Oporaba = recikliranje

Model tipa 2, koji predstavlja značajan dio današnje proizvodnje, pretpostavlja da se oporabljuje dio otpada (vraća ga se na početak ciklusa), dok se ostatak emitira u okoliš.



**Slika 3.2. Model proizvodnje – tip 2 [7]**

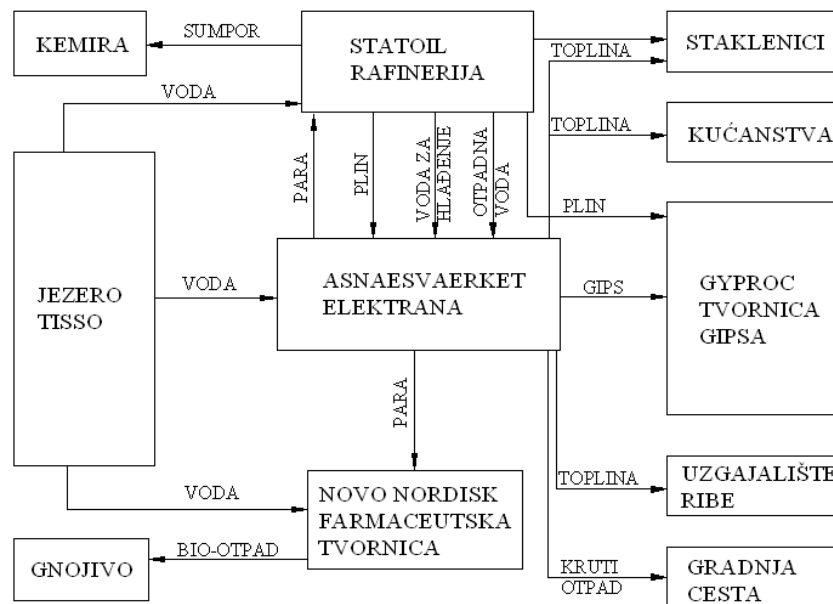
Model tipa 3 (slika 3.3) je ono čemu teži industrijska ekologija. U takvom sustavu teoretski nema disipacije materijala, već se cjelokupna količina otpada oporabljuje, odnosno vraća na ulaz sustava. Materijal bi u takvom idealnom sustavu trajno "cirkulirao", te bi takav sustav bio idealno održiv. Naravno, takav sustav u praksi nije moguće postići zbog degradacije materijala (većinu materijala je moguće reciklirati određeni broj puta, nakon toga gube bitna svojstva). Također treba uzeti u obzir i činjenicu da u svakom procesu postoji disipacija energije, te je praktički nemoguće energiju "raspršenu" unutar sustava sakupiti i vratiti na ulaz. Stoga je u svakom slučaju potrebna i kontinuirana opskrba energijom.



**Slika 3.3. Model proizvodnje – tip 3 [7]**



Jedan od najpoznatijih primjera praktične primjene industrijske ekologije je eko-industrijski park u Kalundborgu u Danskoj. Taj projekt "industrijske simbioze" ispočetka nije bio planiran, već je nastao kao rezultat postupne suradnje među susjednim tvornicama. U središtu projekta je termoelektrana na ugljen kapaciteta 1500 MW. Višak topline iz elektrane distribuira se lokalnim kućanstvima, te uzgajalištu riba, čiji se bio-otpad koristi kao gnojivo u poljoprivredi. Višak pare iz elektrane prodaje se farmaceutskoj tvornici, te se na taj način eliminirao utjecaj koji bi ta para imala na okoliš u vidu zagrijavanja morske vode. Nadalje, jedan od produkata izgaranja ugljena je sumporni dioksid, koji koristi obližnja tvornica u proizvodnji gipsa. Na taj način tvornica gipsa zadovoljava gotovo sve potrebe za sirovinom. Ostali kruti otpad iz elektrane koristi se kao materijal u gradnji cesta. Slika 3.4 prikazuje shematski industrijski park u Kalundborgu.



**Slika 3.4. Shematski prikaz eko-industrijskog parka u Kalundborgu [7]**

Glavni sudionici u projektu su:

- Asnaesvaerket, najveća elektrana u Danskoj, kapaciteta 1 500 MW, sa 600 zaposlenih
- Statoil rafinerija, najveća rafinerija nafte u Danskoj, kapaciteta 3 milijuna tona godišnje, sa 250 zaposlenih
- Gyproc A/S, proizvođač gipsanih ploča za potrebe građevinarstva, sa 175 zaposlenih
- Novo Nordisk, farmaceutska tvrtka koja drži oko 45% svjetskog tržišta inzulinom, i oko 50% svjetskog tržišta enzimima, oko 1 100 zaposlenih
- Okrug Kalundborg, koji pruža komunalne usluge tvrtkama i građanima

Da bi se ostvario takav simbiotički sustav, treba postojati niz preduvjeta, a neki od njih su:

- Sudionici se moraju baviti različitim djelatnostima, ali se moraju nadopunjavati u vidu ulaza i izlaza
- Svaki sudionik se ravna prema tržišnim principima
- Razvoj simbioze je dobrovoljan, ali u suradnji s autoritetom
- Geografska blizina sudionika

- Efektivna operativna komunikacija među sudionicima, stalna suradnja menadžmenta

Neki od rezultata suradnje u eko-industrijskom parku u Kalundborgu su dani u tablici 3.1.

**Tablica 3.1. Prosječni godišnji učinak suradnje u eko-industrijskom parku u Kalundborgu [7]**

<b>PROSJEČNI GODIŠNJI REZULTATI</b>	
<b>Smanjenje potrošnje resursa:</b>	
Nafta	19 000 tona/god.
Ugljen	30 000 tona/god.
Voda	1 200 000 m <sup>3</sup> /god.
<b>Smanjenje emisija:</b>	
CO <sub>2</sub>	130 000 tona/god.
SO <sub>2</sub>	25 000 tona/god.
<b>Ponovna uporaba otpadnih materijala:</b>	
Pepeo	135 000 tona/god.
Sumpor	2 800 tona/god.
Gips	80 000 tona/god.
Dušik iz bio-otpada	800 tona/god.
Fosfor iz bio-otpada	400 tona/god.

### 3.2. EKOLOŠKI PRISTUPI PROIZVODNJI [2],[6]

S obzirom na utjecaj na okoliš, danas postoje 4 pristupa proizvodnji:

#### 1. Tradicionalni

- Odlaganje otpada/razblaživanje
- "End-of-pipe" - obrada i zbrinjavanje otpada nakon što je već stvoren

#### 2. Preventivni

- Čišća proizvodnja uz minimiziranje otpada
- Sustav upravljanja okolišem (EMS - "Environmental Management System")
- Proizvodnja fokusirana na što efikasnije iskorištavanje raspoloživih resursa

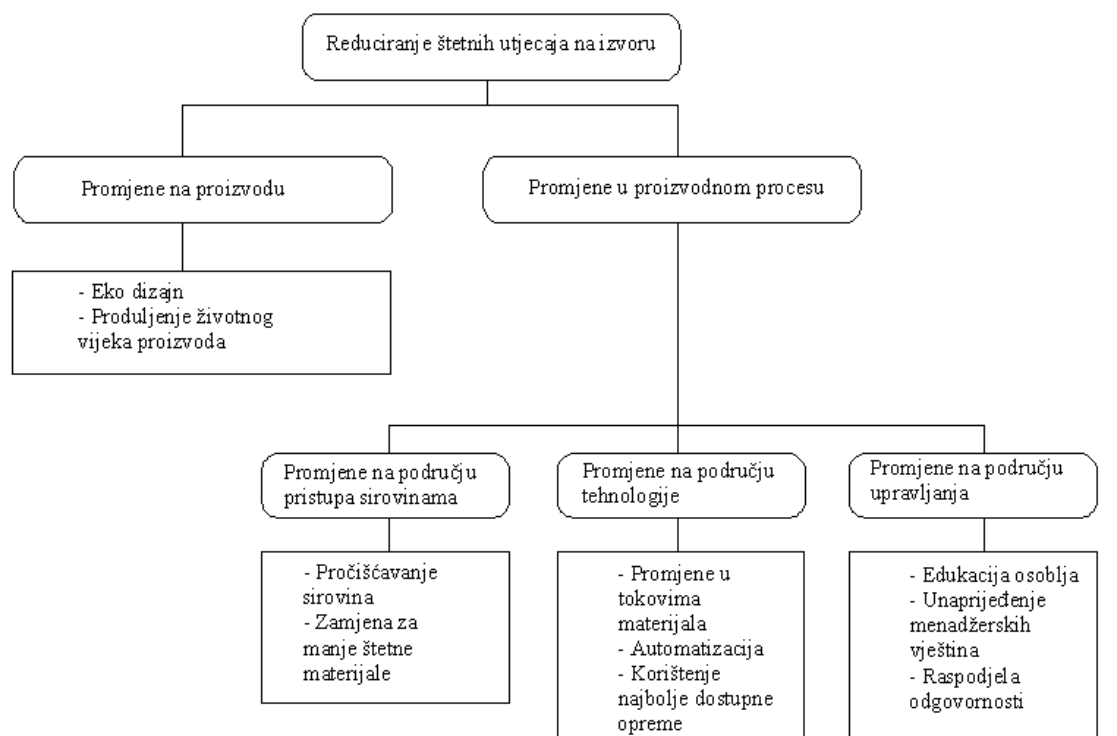
#### 3. Proizvodnja fokusirana na proizvod

- Eko-dizajn

#### 4. Dematerijalizacija

- Proizvodnja fokusirana na uslugu koja se putem proizvoda pruža potrošaču

Ovdje valja primijetiti da u svrhu minimalizacije štetnog utjecaja proizvodnje na samom izvoru, možemo djelovati u dva pravca: promjene u proizvodnom procesu i promjene na samom proizvodu. Detaljniji opis daje slika 3.5.



**Slika 3.5. Shematski prikaz pravaca djelovanja u svrhu smanjenja štetnog utjecaja proizvodnje [2]**

U svrhu što efikasnije provedbe principa industrijske ekologije razvijeno je niz konkretnih pristupa (alata). U slijedećim odlomcima bit će kratko opisani neki od njih, uz napomenu da će najrašireniji pristupi, LCA (Life Cycle Assessment) i LCM (Life Cycle Management), biti opširnije opisani u zasebnim poglavljima.

U ovom radu detaljnije će biti opisani alati koji su usmjereni na proizvod i uslugu koju pruža taj proizvod. Kod takvih pristupa štetan utjecaj treba sagledati kroz slijedeće kategorije:

- Konstrukcija (životni vijek proizvoda, kompleksnost, ...)
- Učinkovitost proizvodnje (iskorištenost materijala i energije, količina otpada, ...)
- Transport i logistika
- Interakcije s korisnikom
- Učinkovitost pri manipuliranju sa otpadom
- Štetni utjecaj tijekom eksploatacije proizvoda

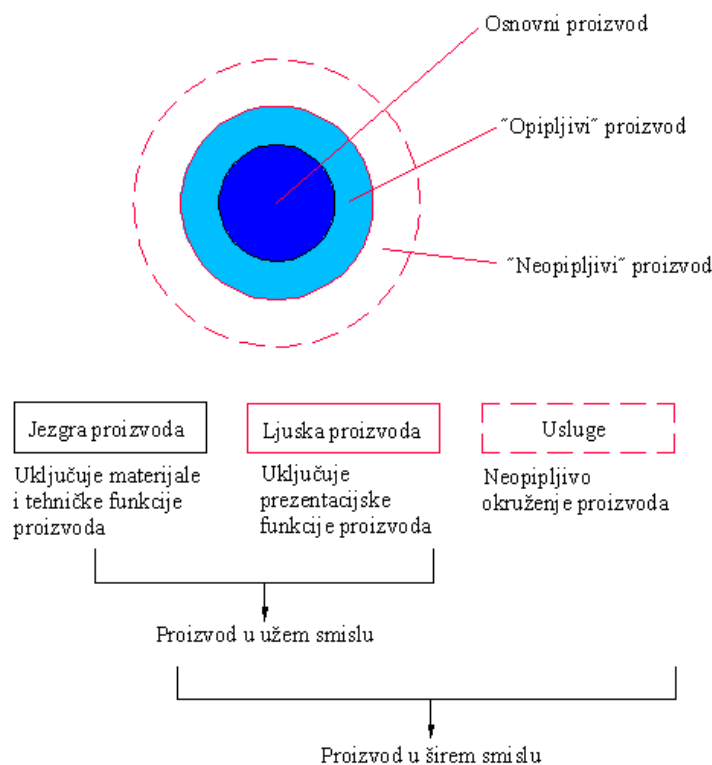
### 3.3. PROŠIRENI PROIZVODI (“EXTENDED PRODUCTS”)[8]

Prošireni proizvod (“extended product”) nešto što je više od osnovnog ili “opipljivog” proizvoda. Najbolje objašnjenje koncepta proširenih proizvoda pruža shematski prikaz na slici 3.6, koji je općenit i primjenjiv na većinu proizvoda.

Tri su karakteristična sloja za svaki prošireni proizvod. Unutarnji sloj predstavlja osnovni proizvod, odnosno predmet koji posjeduje traženu funkciju. U taj sloj spadaju samo oni dijelovi koji imaju zadaću ispuniti osnovnu zadaću proizvoda. Na primjeru automobila to su, na primjer, motor, kotači, itd.

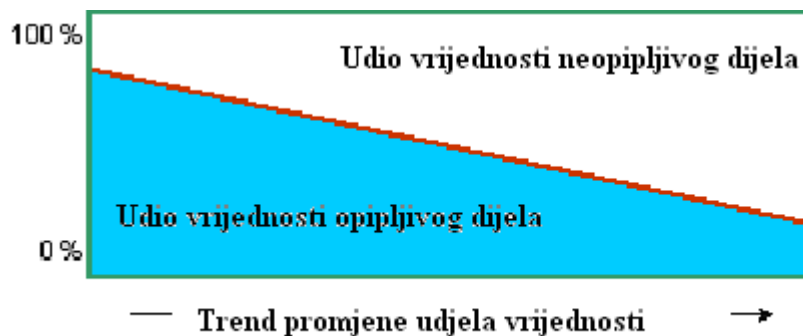
Srednji sloj podrazumijeva one opipljive dijelove koji nisu u primarnoj funkciji proizvoda. Pod tim se podrazumijevaju sve vrste ambalaže, ali i dijelovi proizvoda koji nemaju tehnički značaj, već samo estetski ili sličan značaj. Tu se može za primjer uzeti dva proizvođača automobila; Mercedes i Dacia. Osnovni proizvod u oba slučaja obavlja istu funkciju (unutarnji sloj), ali je ta osnovna funkcija očito različito “upakirana” u estetskom smislu, ali i u smislu dodataka koji nemaju direktno veze s primarnom funkcijom proizvoda (cestovni prijevoz putnika).

Vanjski sloj podrazumijeva sve neopipljive pogodnosti koje okružuju proizvod. Ako ponovo usporedimo dva proizvođača automobila, možemo zaključiti da Mercedes posvećuje više pažnje tom sloju. U taj sloj spadaju razne usluge proizvođača, kao što su mobilna jamstva, sudjelovanje kupca u definiranju nekih karakteristika proizvoda, itd. Dacia, s druge strane, ima strategiju čim manjih troškova u svrhu smanjenja cijena proizvoda, pa je i logično da je taj vanjski sloj proizvoda siromašniji.



Slika 3.6. Shematski prikaz proširenog proizvoda [8]

Slika 3.7 ilustrira trend promjene udjela vrijednosti opipljivog i neopipljivog dijela proizvoda. Može se primijetiti da je u proizvodu u širem smislu sve veći udio vrijednosti neopipljivog dijela, odnosno dijela koji se interakciju s kupcima (rješavanje problema, ili zadovoljavanje njihovih zahtjeva).



**Slika 3.7. Povećanje udjela vrijednosti neopipljivog dijela proizvoda u ukupnoj vrijednosti [8]**

Nije jednostavno formulirati konkretnu definiciju proširenih proizvoda, ali mogu se uočiti slijedeće karakteristike:

- Kombinacija materijalnog proizvoda i pripadajućih usluga/unaprjeđenja koje poboljšavaju položaj proizvoda na tržištu.
- Proširenim proizvodima se mogu smatrati i kompletno nematerijalni proizvodi, kao što su inženjerski projekti, software i slično.
- Korisnici se, uz sam opipljivi proizvod, sve više fokusiraju na beneficije vezane uz proizvod.

Prošireni proizvodi također mogu imati prednost u zadovoljavanju ekoloških zahtjeva. Naime, proizvođač je uključen u svaku fazu životnog ciklusa<sup>10</sup> proizvoda, stoga ima dostupne i informacije o kritičnim točkama s ekološkog gledišta. Osim toga, svijest potrošača o okolišnim pitanjima konstantno raste, te se sve češće traže proizvodi koji imaju dokazano manji štetan utjecaj na okoliš. Taj aspekt proizvoda također se može sagledati kao neopipljivo okruženje proizvoda, koje u određenim uvjetima može dati tržišnu prednost pred ostalim proizvodima.

Najčešći je slučaj da u pružanju usluga potrošaču ne sudjeluje samo poduzeće koje je proizvelo konačan opipljivi proizvod, već cijela mreža poduzeća (prijevoznici, službe za održavanje, pružatelji servisnih usluga, službe za odnose s javnošću, proizvođači pojedinih dijelova, itd.). Stoga je logično da svi oni i dijele odgovornost za svoj dio proizvoda ili usluge.

Detaljnije objašnjenje podjele odgovornosti, konkretno u slučaju smanjenja utjecaja na okoliš, dano je u slijedećem odlomku.

<sup>10</sup> Životni ciklus proizvoda je detaljnije opisan u poglavlju 5.

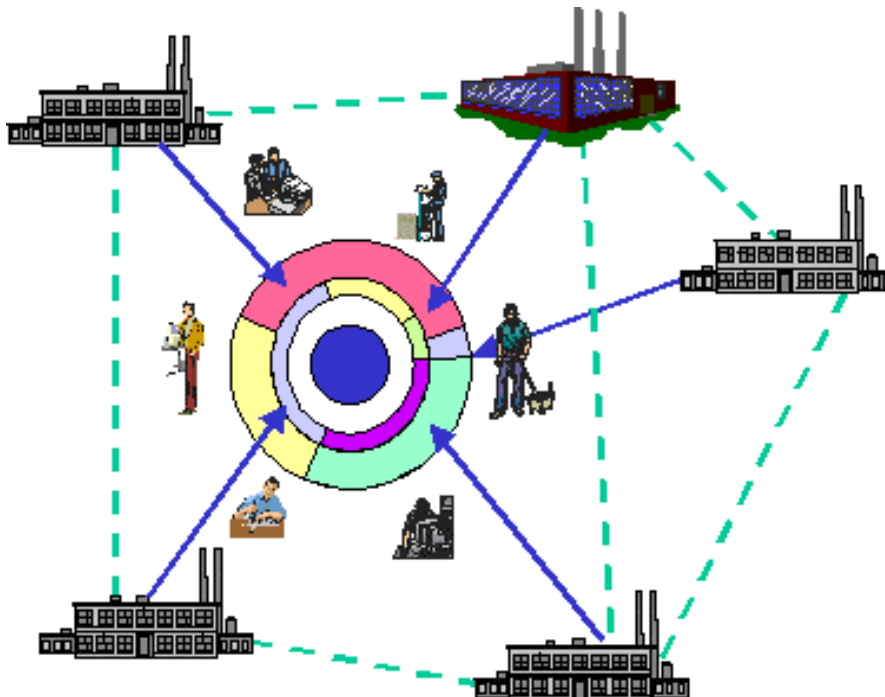
### 3.3.1. PROŠIRENA PROIZVODNA ODGOVORNOST [9],[10] (“EXTENDED PRODUCT RESPONSIBILITY”-EPR)

Princip proširene proizvodne odgovornosti (u daljnjem tekstu-EPR) leži u primjeni koncepta životnog ciklusa proizvoda, kako bi se identificirale mogućnosti eliminacije štetnog utjecaja na okoliš, i to u svakoj od faza životnog ciklusa proizvoda. Nakon identifikacije problema, potrebno je izvršiti promjene na konstrukciji proizvoda i/ili proizvodnom procesu. Svi sudionici u proizvodnom procesu dijele odgovornost za štetan utjecaj proizvoda, od ekstrakcije sirovog materijala, sve do zbrinjavanja iskorištenog proizvoda. Što je veća mogućnost utjecaja sudionika na ukupni ishod, trebala bi biti i veća odgovornost. Proizvođač, na primjer, može ispuniti svoj dio odgovornosti na način da smanji utjecaj na okoliš prilikom konstrukcije proizvoda, ili novčanim naknadama u slučaju da je taj utjecaj nemoguće izbjeći.

Ovaj koncept je nastao u Njemačkoj početkom 90-ih godina prošlog stoljeća, i to u početku kao sustav povrata ambalaže. U tom slučaju odgovornost za učinkovitost povrata ambalaže dijele proizvođači ambalaže, proizvođači pakiranih proizvoda i korisnici. Naravno, osjećaj odgovornosti se ne može postići računajući samo savjest sudionika, već je rezultat sustava zakona i novčanih poticaja, ali i senzibilizacije javnosti putem javnih medija.

Tri su glavna pravca na koje se fokusira EPR:

1. Raspodjela odgovornosti na faze životnog ciklusa, na kojima trenutno ne postoji odgovornost, ili nije u potpunosti definirana.
2. Stvaranje povratne veze u proizvodnom sustavu, s ciljem dobave informacija koje će se koristiti za konstrukciju “čistijeg” proizvoda.
3. Potpuno definiranje raspodjele odgovornosti unutar proizvodnog lanca.



Slika 3.8. Podjela odgovornosti o proširenom proizvodu [8]

### 3.4. EKO-KONSTRUIRANJE ("ECO-DESIGN") [1], [11]

**"Eco-design" je sustavna primjena razmatranja utjecaja proizvoda na okoliš u stadiju pripreme proizvodnje. Cilj jest izbjeći, ili barem umanjiti, najznačajnije štetne utjecaje proizvoda na okoliš, tijekom čitavog njegovog životnog ciklusa, a da se pri tome održi ili poboljša kvaliteta.<sup>11</sup>**

"Eco-design" je još jedna od metoda usmjerenih na proizvod. To je vještina konstruiranja proizvoda (objekata) koji su u skladu s principima održivog razvoja. Obuhvaća široko područje; od predmeta svakodnevne upotrebe, pa sve do građevina i čitavih gradova. "Eco-design" je trend u razvoju, a njegovi principi se sve više primjenjuju u različitim područjima ljudskog djelovanja, kao što su: strojarstvo, arhitektura, hortikultura, urbanizam, grafički dizajn, dizajn interijera, itd.

Bez obzira na područje, postoje zajedničke smjernice, poznate i kao "10 zlatnih pravila eko-konstruiranja":

1. Izbjegavati toksične supstance, odnosno kada je njihova upotreba neizbježna, osigurati njihovo sigurno zbrinjavanje.
2. Minimalizirati potrošnju energije i materijala u fazi proizvodnje.
3. Minimalizirati potrošnju energije i materijala u fazi upotrebe.
4. Poticati popravak i nadogradnju, umjesto zamjene za novi proizvod.
5. Produžiti vijek trajanja proizvoda, posebno proizvoda koji imaju štetan utjecaj na kraju životnog vijeka (štetne emisije prilikom raspadanja, nemogućnost recikliranja...)
6. Koristiti sastavne dijelove od kvalitetnijih materijala, kako bi se smanjila masa proizvoda, poštujući pri tome potrebna mehanička svojstva i funkcionalnost.
7. Koristiti kvalitetnije materijale, površinsku obradu i zaštitu, kako bi se proizvod zaštitio od prljavštine, korozije i trošenja.
8. Olakšati nadogradnju, popravak ili rastavljanje (zbog recikliranja), pomoću dostupnosti dijelova, označavanja, agregatne strukture, priručnika,...
9. Poticati nadogradnju, popravak i recikliranje, na način da se koristi što manje vrsta materijala, jednostavnih recikliranih materijala, umjesto mješavina materijala ili legura.
10. Koristiti što manje dijelova, a za spajanje koristiti standardne spojne elemente.

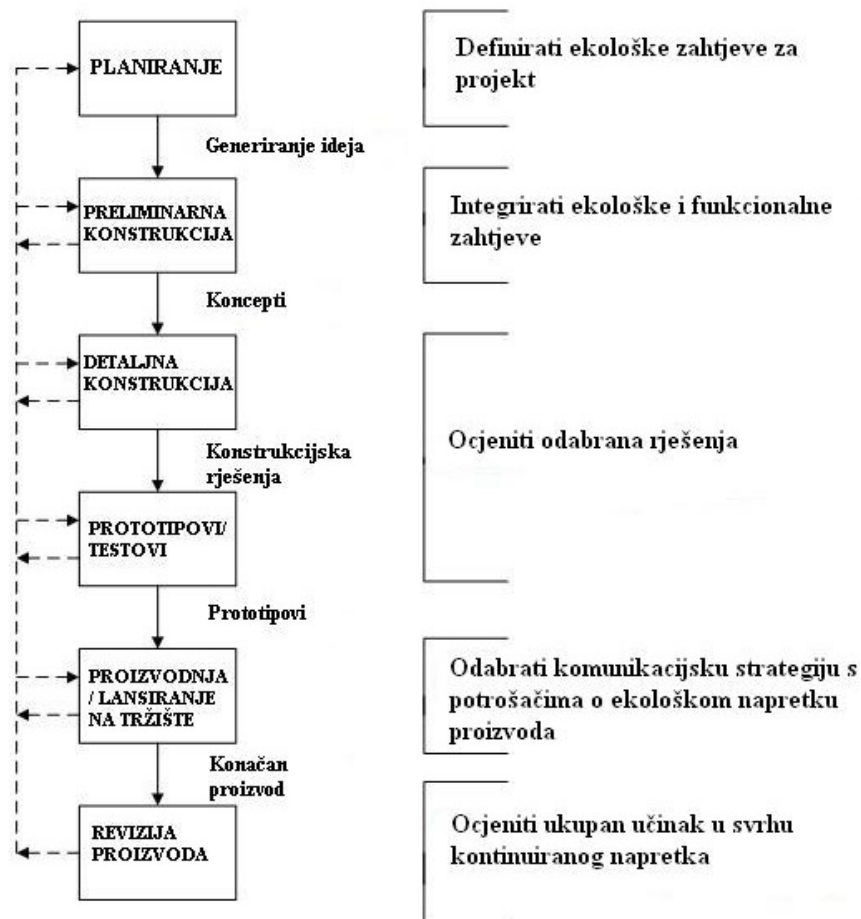
---

<sup>11</sup> Definicija prema standardima iz serije ISO 9001/14001, koji će biti detaljnije opisani kasnije

Princip eko-konstruiranja se također često sažima pomoću filozofije "6 RE", koja glasi:

- **Re-think** (promisli)- o izvedbi i funkciji proizvoda: može li se tražena funkcija ostvariti na prihvatljiviji način.
- **Re-duce** (smanji)- potrošnju materijala i energije kroz cijeli životni ciklus proizvoda.
- **Re-place** (zamijeni)- štetne komponente sa ekološki prihvatljivijima.
- **Re-cycle** (recikliraj)- odabiri materijale koje je jednostavno reciklirati, a proizvod sagradi na način da bude što jednostavnija demontaža.
- **Re-use** (ponovno upotrijebi)- dijelove koji su ispravni
- **Repair** (popravi)- omogućiti što lakši popravak, kako bi se produžio vijek trajanja proizvoda.

Cilj ovakvog načina konstruiranja je proizvodnja proizvoda i usluga na način koji smanjuje upotrebu neobnovljivih izvora energije i štetnog utjecaja na okoliš, i to pokušajem eliminacije problema u samom izvoru – u fazi konstrukcije. Slika 3.9 okvirno opisuje postupak integracije principa eko-konstruiranja u konvencionalni postupak konstruiranja.

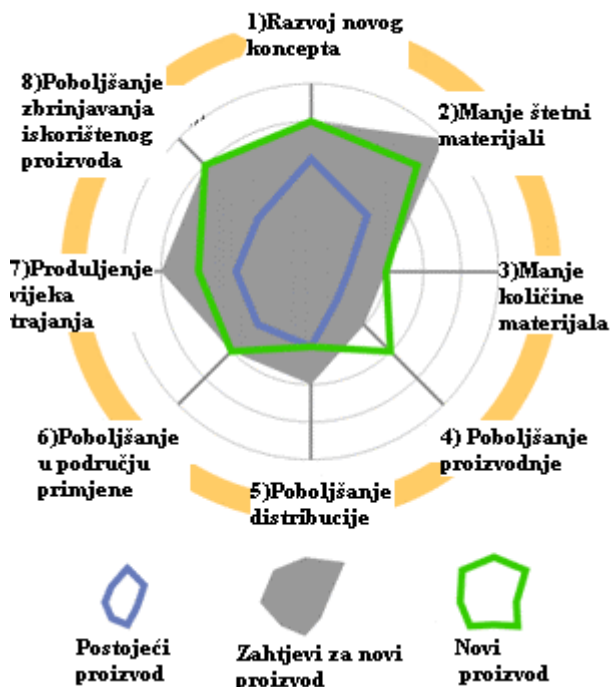


Slika 3.9. Postupak eko-konstruiranja [11]

Na slici se može primijetiti da iz svake faze konstruiranja postoji povratna veza u prethodne faze (iscrtkana crta). To znači da je u svakoj fazi potrebno izvršiti ocjenjivanje novog rješenja u odnosu na staro, te informacije koristiti za kontinuiran napredak.



Zaključeni je da je takav postupak kontinuiran, stoga je i važno kontinuirano pratiti rezultate, odnos učinke. Jedan od načina je grafički, kao što je prikazano na slici 3.10.



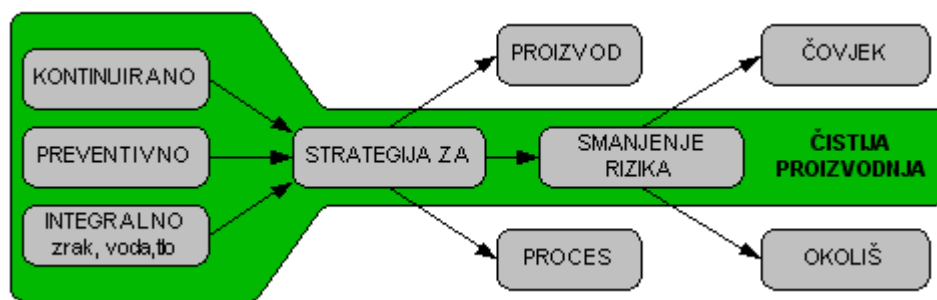
Slika 3.10. Primjer grafičkog praćenja učinka eko-konstruiranja [11]

Na slici je prikazano osam karakterističnih kategorija za ocjenjivanje napretka. Većinu elemenata je teško egzaktno odrediti, pa se ocjene o napretku svake od ovih osam kategorija donose prema iskustvu stručnog tima koji sudjeluje u projektu.

### 3.5. ČISTIJA PROIZVODNJA (“CLEANER PRODUCTION”) [2], [12]

Čistija proizvodnja je kontinuirana primjena sveobuhvatne preventivne strategije zaštite okoliša na proizvodne procese, proizvode i usluge, za povećanje efikasnosti i smanjenje rizika za ljude i okoliš. U proizvodnom procesu, čistija proizvodnja uključuje efikasnije korištenje sirovina i energije, sprečavanje nastanka otrovnih i opasnih materijala te smanjenje svih emisija i otpada na mjestu nastanka. Strategija čistije proizvodnje fokusira se i na sveukupno smanjenje utjecaja tijekom cijelog životnog ciklusa proizvoda i usluga, od konstruiranja do upotrebe i konačnog odlaganja.<sup>12</sup>

Čistija proizvodnja je vrlo općenita metoda, a iako je prvobitni cilj smanjenje štetnog utjecaja na okoliš, to nije i jedini cilj. Ovom metodom nastoji se ujediniti ekonomske i okolišne koristi, što se često smatra kontradiktornim funkcijama. Orijentira se na proizvodni proces (smanjenje potrošnje energije tijekom proizvodnog procesa, smanjenje štetnih emisija, upotreba najbolje dostupne tehnologije,...), na proizvod (smanjenje štetnog utjecaja kroz životni ciklus proizvoda), i na usluge (smanjenje štetnog utjecaja kroz upravljanje uslugama koje proizvod pruža).



Slika 3.11. Preduvjeti za uvođenje čistije proizvodnje [12]

Glavne komponente čistije proizvodnje su:

- **Smanjenje količine otpada** – efikasnija upotreba materijala, recikliranje
- **Energetska učinkovitost** – odrediti omjer utrošene energije po jedinici proizvoda, te ga nastojati smanjiti
- **Sigurna i zdrava radna okolina** – osiguravanje povoljnih radnih uvjeta s ciljem očuvanja zdravlja i zadovoljstva radnika, što će u konačnosti dovesti i do ekonomske koristi
- **Okolišno podobniji proizvod** – smanjiti utjecaj na okoliš kroz cijeli životni ciklus proizvoda

Prema UNEP-u, provođenje čistije proizvode odvija se u 5 faza, koje su niže navedene. Za svaku fazu postoje detaljne upute i obrasci, koji služe kao podloge u praktičnoj primjeni.

<sup>12</sup> Definicija UNEP-a (United Nations Environment Programme)

### **FAZA 1. Planiranje i organizacija**

- Osigurati potporu u menadžmentu
- Osnovati projektni tim
- Razviti strategiju i ciljeve
- Procijeniti okvirni plan

### **FAZA 2. Pred-procjena stanja**

- Napraviti projektnu organizacijsku strukturu i blok-dijagram projekta
- Utvrđivanje postojećeg stanja
- Utvrđivanje kritičnih točaka

### **FAZA 3. Procjena stanja**

- Prikupljanje kvantitativnih podataka (energetske i materijalne bilance i sl.)
- Identifikacija mogućnosti za napredak
- Određivanje više opcija postupanja

### **FAZA 4. Ocjenjivanje i studija o isplativosti**

- Preliminarno ocjenjivanje
- Tehničko ocjenjivanje
- Ekonomsko ocjenjivanje
- Ocjenjivanje utjecaja na okoliš

### **FAZA 5. Provedba**

- Pripremiti provedbeni plan
- Provesti odabrane mjere
- Pratiti učinak
- Ustrajati u aktivnostima

Kako je već napomenuto, kod čistije proizvodnje je vrlo važno ujedinjenje ekoloških i ekonomskih zahtjeva, a to se može postići, na primjer, smanjenjem gubitaka u proizvodnom procesu. U nastavku su navedene samo neke od mogućnosti utjecaja na gubitke u proizvodnom procesu;

- **Poboljšano rukovanje materijalom;** omogućava veću iskorištenost materijala, odnosno manje gubitke zbog oštećenja u transportu, izlivanja tekućina i sl.
- **Povećana učinkovitost proizvodnje;** smanjenje količine utrošene energije, materijala i vremena po jedinici proizvoda.
- **Zamjena materijala;** ako je moguće, toksične materijale treba zamijeniti manje opasnim, što dovodi do jednostavnijeg rukovanja, ušteda kod pročišćavanja otpada i sigurnijeg radnog okruženja
- **Upravljanje skladišnim sustavima;** smanjenje gubitaka zbog eventualnog istaka roka trajanja i sličnih problema.
- **Preventivno održavanje opreme;** sprječavanje štetnih emisija i zastoja u proizvodnji koji se mogu dogoditi prilikom kvara opreme.

Neke od koristi navedenih akcija su smanjenje operativnih troškova, smanjenje utjecaja na okoliš, poboljšanje ugleda tvrtke, poboljšanje radnih uvjeta.

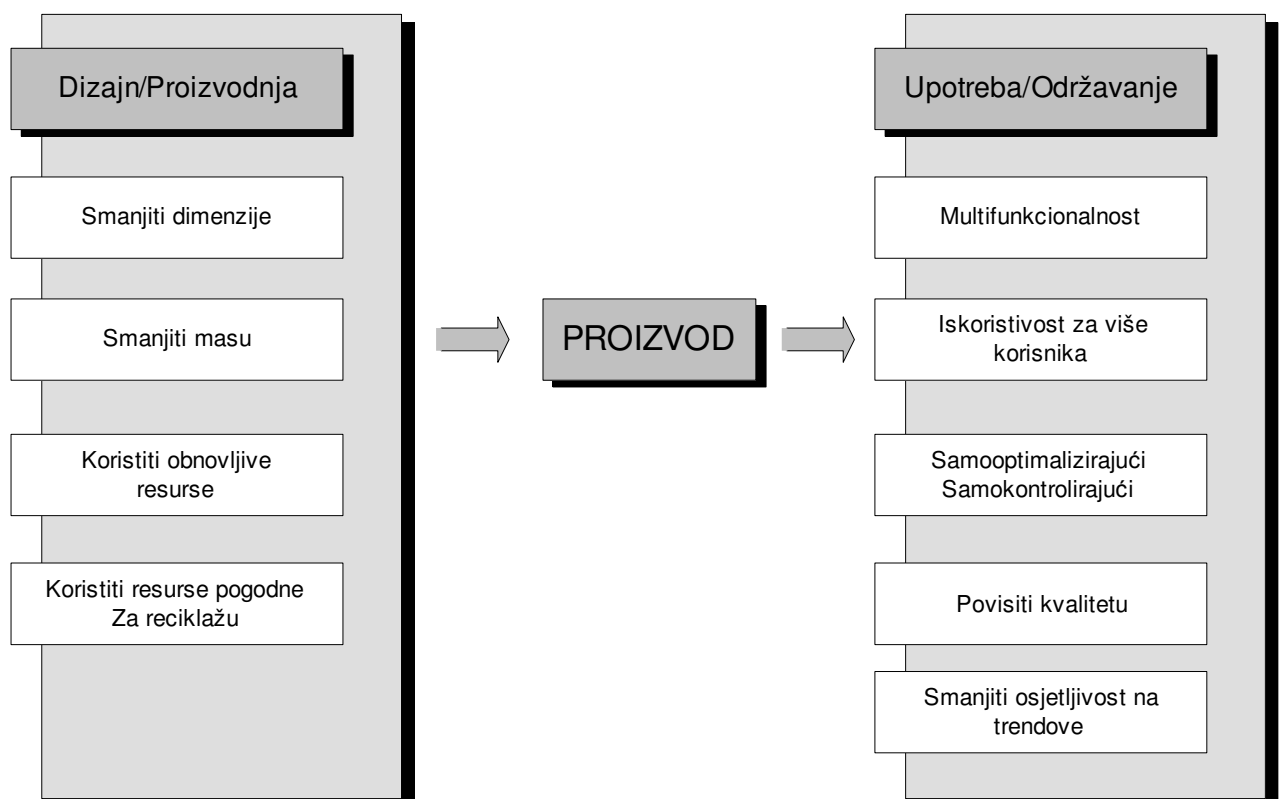
### 3.6. EKO-EFIKASNOST ("ECO-EFFICIENCY") [2]

Eko-efikasnost je još jedan od koncepata razvijenih s ciljem održivog razvoja. Kao i većina ostalih koncepata, eko-efikasnost teži smanjenju količine proizvedenih otpadnih tvari i potrošnje resursa. Međutim, težište ovog koncepta je dati što veću vrijednost iskorištenim resursima, odnosno povećati iskorištenost ulaznih parametara u proizvodnju.

Prema *Svjetskom poslovnom savjetu za održivi razvoj*<sup>13</sup>, glavni aspekti eko-efikasnosti su:

- Reducirati količinu materijala potrebnog da se ostvari željena usluga
- Reducirati količinu energije potrebne da se ostvari željena usluga
- Povećati stupanj uporabe u proizvodnji
- Maksimalizirati upotrebu obnovljivih resursa
- Produljiti trajnost proizvoda
- Povećati broj i kvalitetu usluga koje proizvod pruža

Slika 3.12 prikazuje ključne elemente eko-efikasnosti, te je vidljivo da su oni podijeljeni u dvije faze: fazu konstrukcije i proizvodnje, te fazu upotrebe proizvoda.



Slika 3.12. Kriteriji za stvaranje proizvoda prema konceptu eko-efikasnosti [2]

<sup>13</sup> World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)

Smanjenje utjecaja na okoliš se preslikava kao porast produktivnosti resursa, što se može iskoristiti kao prednost pred konkurencijom. Teorijski, eko-efikasnost se može definirati kao omjer ekološke dobiti i troškova proizvodnje:

$$EE = \frac{\text{Ekološka dobit}}{\text{Troškovi (ECU / kg)}}$$

ECU = *Economic Unit* (bilo koja ekonomska jedinica)

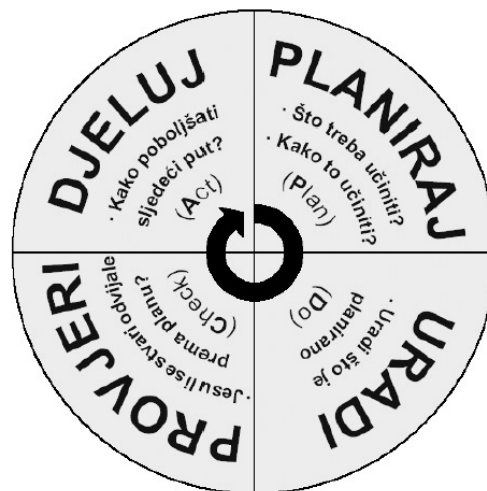
Kao ekološka dobit može se definirati bilo koja veličina koja ima ekološki značaj, na primjer smanjenje količine štetnih tvari odloženih u okoliš i slično. Kako je problematično kvantificirati i kontinuirano pratiti učinke eko-efikasnosti, u pripremi su ISO-standardi (ISO/TC 207 SC 5/WG 7 Eco-efficiency assessment) koji će metodološki pomoći u provedbi i ocjeni učinaka ove metode.

## 4. SUSTAV UPRAVLJANJA OKOLIŠEM

Kako bi se uspješno rješavali sve veći problemi s okolišem, nametnula se potreba za sustavnim pristupom. Takav sustavni pristup je *sustav upravljanja okolišem* ("Environmental Management System – EMS"). EMS je dio cjelovitog upravljačkog sustava zadužen za razvoj, realizaciju, postizanje, ocjenjivanje, održavanje i ažuriranje okolišne politike, a sastoji se od:

- Organizacijske strukture i planskih aktivnosti
- Odgovornosti, prakse i procedura
- Procesa i resursa

EMS je kontinuirani ciklus planiranja, realizacije, ocjenjivanja i unapređenja okolišnih performansi i organizacije (Demingov krug<sup>14</sup>, slika 4.1), te pomaže sustavnu integraciju uvažavanja okoliša u sve aspekte poslovanja.



Slika 4.1. Demingov krug [13]

Osnovni elementi EMS-a su: [2]

- Osiguravanje suglasnosti uprave o potrebi uvođenja sustava upravljanja kvalitetom
- Formuliranje politike prema okolišu
- Recenzija utjecaja na okoliš
- Izvještavanje i analiza
- Planiranje aktivnosti
- Provođenje planiranog
- Procjenjivanje rezultata
- Evoluiranje dostignutog
- Kontinuirano poboljšanje

<sup>14</sup> William Edwards Deming (1900-1993), američki znanstvenik koji se bavio unapređenjem kvalitete.

Glavni razlog za uvođenje EMS-a je značajno unapređenje okolišnih performansi poslovanja, ali to je, na žalost, rijetko i dovoljan razlog da se neka organizacija odluči na uvođenje to sustava. Međutim, EMS donosi i niz drugih pozitivnih posljedica na poslovanje, kao što su: [13]

- Podizanje kvalitete proizvoda
- Podizanje konkurentnosti
- Unapređenje proizvodnih procesa, inovativnosti i općenito upravljanja
- Podizanje produktivnosti (smanjenje troškova proizvodnje, zbrinjavanja otpada,...)
- Smanjenje okolišnih rizika (ušteda na osiguranjima, obeštećenjima, ...)
- Poboljšana prilagođenost potražnji na tržištu

Uvođenjem EMS-a tvrtka također postaje atraktivnija iz perspektive svih zainteresiranih strana: potrošača i partnera u proizvodnom lancu (rastuća svijest o okolišu), zaposlenika (zdravije radno mjesto, poticana kreativnost), investitora (manji okolišni rizik), lokalne zajednice (transparentnost, zdraviji okoliš) i javne uprave.

Danas u upravljanju zaštitom okoliša postoje dva priznata svjetska standarda: međunarodna norma ISO 14001, te Europska shema za ekoupravljanje EMAS (European Eco-Management and Audit Scheme) koja se primjenjuje u zemljama Europske Unije. Dosadašnja iskustva i praksa tvrtke u pitanjima zaštite okoliša su različita. Neke tvrtke su u tome jako napredne, a neke tek započinju razmišljati o tom aspektu svog poslovanja. Na prvoj su razini tvrtke koje tek počinju unapređivati svoj utjecaj na okoliš; na drugoj su razini tvrtke koje žele ostvariti više od osnovnih uvjeta; na trećoj su razini tvrtke kojima je cilj daljnje povećanje uspješnosti, a to znači: [13]

- Preuzeti obvezu stalnog unapređenja na području zaštite okoliša, te sustavno ocjenjivati točnost podataka i djelotvornost procesa i uspoređivati se s najboljom praksom.
- Sustav upravljanja okolišem certificirati po zahtjevima normi ISO 14001 ili EMAS.
- U procesu razvoja svojih proizvoda ili usluga, te pri donošenju strateških odluka o ulaganjima uzimati u obzir njihov mogući utjecaj na okoliš.
- Razvijati program za dobavljače, kako bi se uvela poboljšanja u sve dijelove vlastitog proizvodnog procesa.
- O svojim dostignućima obavještavati sve relevantne dionike, te s njima razviti dijalog.
- Razmjenjivati primjere najbolje prakse s drugima.
- Pregovarati s državnom upravom o stvaranju preduvjeta i infrastrukture za potpuni prelazak na koncept održivog razvoja.

Djelotvorno upravljanje okolišem, odnosno uspostava sustava upravljanja okolišem temeljni je preduvjet za smanjenje negativnih utjecaja na okoliš. To se može postići ukoliko se mjerenja provode tijekom životnog ciklusa, tj. ukoliko se postave kvantificirani pokazatelji. Nužno je kontinuirano pratiti utjecaj tvrtke na okoliš i na temelju toga poduzimati odgovarajuće akcije.

#### **4.1. ISO NORME IZ SERIJE 14000 [14]**

ISO<sup>15</sup> 14000 je međunarodni standard za zaštitu okoliša. ISO 14000 predstavlja seriju normi<sup>16</sup> kojima se u tvrtke uvodi sustav upravljanja okolišem. Certifikacija se vrši prema normi ISO 14001:2004. Sustavom upravljanja okolišem osiguravamo da su svi utjecaji na okoliš u tvrtci identificirani, nadzirani i usklađeni sa zakonskom regulativom. Raznim mehanizmima kroz vrijeme negativni utjecaji se ublažuju ili potpuno uklanjaju.

ISO 14000 serija sastoji se od 21 standarda namijenjenih organizaciji u rukovođenju njihovim ekološkim zahtjevima i osiguravanju da će njihova ekološka politika i praksa biti u skladu s ciljevima i misijom organizacije. Ekološki standardi mogu se podijeliti u šest kategorija:

- (1) sustav upravljanja okolišem;
- (2) ekološki audit;
- (3) ocjena djelovanja u odnosu na okolinu;
- (4) ekološko označavanje;
- (5) procjena životnog ciklusa proizvoda;
- (6) ekološki aspekti u standardima proizvoda.

Ova međunarodna norma može se primijeniti na svaku organizaciju koja želi uvesti, održavati i poboljšati sustav upravljanja okolišem, osigurati usklađenost sa zakonskom regulativom, povećati ugled u zajednici savjesnim odnosom prema okolišu, potvrditi odnosno certificirati svoj sustav upravljanja okolišem od strane međunarodnih certifikacijskih kuća.

U okvirima navedene serije normi također su definirana i tri alata koji su iznimno značajni za formiranje sustava upravljanja okolišem, a to su:

- Procjena životnog ciklusa proizvoda
- Procjena uspješnosti upravljanja okolišem i
- Ekološko označavanje ("eco-labeling")

---

<sup>15</sup> ISO-Međunarodna organizacija za normizaciju

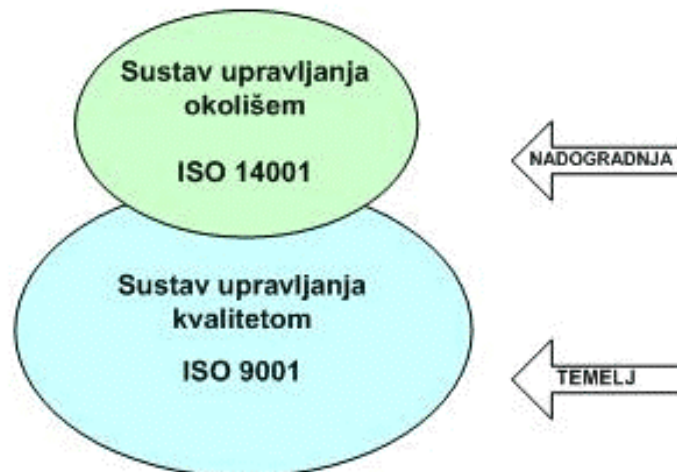
<sup>16</sup> Popis normi obuhvaćenih serijom ISO 14000 dan je u Prilogu I



## Moguća su dva načina uvođenja ISO 14 001;

1. Ukoliko tvrtka već ima uveden sustav upravljanja kvalitetom po normi ISO 9001, na postojeći sustav se nadograđuje sustav upravljanja okolišem (slika 4.2)

- Norme ISO 9001 : 2000 izrađena je kompatibilno s ostalim normama te sadrži iste principe i elemente sustava kao i norma ISO 14001
- Norme ISO 9001 i ISO 14001 zahtijevaju niz postupaka koji su praktički identični - upravljanje dokumentacijom, zapisi, interni auditi, popravne i zaštitne radnje itd. te se ove dvije norme mogu integrirati

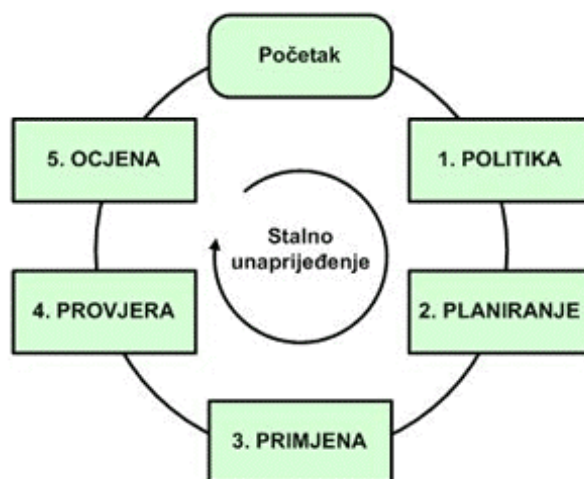


Slika 4.2. Uvođenje sustava ISO 14000 kao nadogradnje na ISO 9000 [14]

2. Ukoliko tvrtka nema uveden sustav upravljanja kvalitetom po normi ISO 9001, ISO 14001 se uvodi na slijedeći način;

Tvrtka koja uvodi ISO 14001 mora uspostaviti i održavati sustav upravljanja okolišem prema slijedećim zahtjevima;

1. **Politika upravljanja okolišem** - uprava određuje politiku upravljanja okolišem tvrtke
2. **Planiranje** - utvrđuju se aspekti okoliša i zakonska regulativa te na osnovu toga određuju ciljevi i programi upravljanja okolišem
3. **Primjena i rad** - sve planirano se stavlja u primjenu uspostavljanjem odgovornosti i komunikacije te provedbom edukacije
4. **Provjera i popravne radnje** - mehanizmima internih audita, popravnih i zaštitnih radnji te praćenjem nesukladnosti sustav se provjerava i unapređuje
5. **Ocjena uprave** - uprava se periodično informira o funkcioniranju sustava upravljanja okolišem



**Slika 4.3. Uvođenje sustava ISO 14000 ukoliko ne postoji sustav ISO 9000 [14]**

Treba još spomenuti da norme iz serije ISO 14000 samo definiraju način za sustavno uspostavljanje i upravljanje obavezama uvođenja. Drugim riječima, norme serije ISO 14000, upućuju na to "kako" postići cilj, a ne "što" taj cilj treba biti.

## 4.2. ISO NORME IZ SERIJE 9000 [15]

Serijsa ISO 9000:2000 obuhvaća slijedeće norme<sup>17</sup>:

- ISO 9000:2000 → Sistem upravljanja kvalitetom; Osnove i riječnik
- ISO 9001:2000 → Sistem upravljanja kvalitetom; Zahtjevi
- ISO 9004:2000 → Sistem upravljanja kvalitetom; Upute za poboljšanje djelotvornosti

Certifikat ISO 9001:2000 dokazuje da je vaš sustav upravljanja kvalitetom sukladan zahtjevima iz norme i da je usklađen sa propisima. Budući da ga izdaje neovisna certifikacijska kuća, certifikat klijentima daje do znanja da tvrtka ima implementirane nužne interne procese radi ispunjavanja obveza norme.

Međunarodno priznata norma ISO 9001:2000 je općenita. To nije norma nekog određenog proizvoda, već se primjenjuje na sve vrste proizvodnih i uslužnih djelatnosti. Uvela ju je Organizacija za standardizaciju (ISO) sa ciljem uspostave međunarodnih zahtjeva za sustave upravljanja kvalitetom.

<sup>17</sup> Opširniji popis normi iz serije ISO 9000 dan je u Prilogu I

### Glavne točke norme su slijedeće:

- Sustav upravljanja kvalitetom
- Odgovornost uprave
- Upravljanje sredstvima
- Realizacija proizvoda
- Mjerenje, analiza i poboljšanja

Kombinacijom normi iz serija ISO 9000 i ISO 14000 stvara se osnova za upravljanje tvrtkom na način koji će najbolje zadovoljiti potrebe potrošača sa aspekta kvalitete, a da se pri tome ne kompromitiraju okolišna pitanja.

### 4.3. EMAS [15]

Pravilo 761/2001, tj. *"Eco Management and Audit Scheme (EMAS)"* dobrovoljna je norma koji je primjenjiva, na razini *Europske Unije* i *Europske Ekonomske Zajednice*<sup>18</sup>, na sve javne ili privatne organizacije koje žele procijeniti i poboljšati svoje upravljanje okolišem.

Definirajući elemente sustava upravljanja okolišem, Pravilo 761/2001 se poziva na ISO 14001 koji u svakom pogledu predstavlja sastavni dio EMAS-a. Na taj je način maksimalno povećana sinergija za kombiniranu primjenu ISO 14001-EMAS u tvrtkama koje žele pokazati svoje ekološko dostignuće, te javnosti obznaniti svoje postavke za upravljanje okolišem.

EU je odgovorila na potrebe tvrtki za razvijanjem jednoga standarda za upravljanje okolišem objavljivanjem Pravila EMAS (761/2001). Ta norma u cijelosti preuzima filozofiju "V Programa politike i akcija za očuvanje okoliša i održivi razvoj" objavljenog 1993, u kojem je naglašena potreba za uvođenjem novih instrumenata kojima bi se na bolji način reguliralo stvaranje jednog novog odnosa između organizacije i okoliša. Takav je pristup potvrdio i ponovno lansirao "VI Program" koji se trenutačno ostvaruje, koji između ostaloga naglašava važnost obavještanja javnosti.

Deklaracija o čuvanju okoliša, koja ima presudan značaj za EMAS, predstavlja jedan od najnaprednijih instrumenata koje organizacije koriste za obavještanje zainteresiranih o svojim uslugama za upravljanje okolišem. Deklaracija o očuvanju okoliša, čiji oblik i sadržaj ovjerava ovlaštena osoba na razini države, omogućuje transparentno prezentiranje poslovanja organizacije i obveza koje preuzima u narednim godinama.

---

<sup>18</sup> Europska Ekonomska Zajednica uključuje zemlje Europske Unije i Island, Norvešku i Lihtenštajn

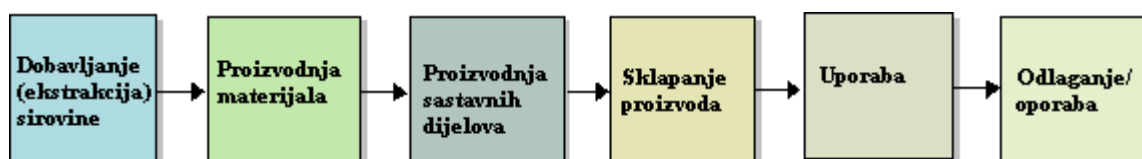


**Slika 4.4. Službena oznaka EMAS norme [15]**

U sljedećem poglavlju biti će detaljno opisan trenutno najznačajniji analitički alati, koji služe za ekološko unaprjeđenje proizvodnje, i to u svim njenim fazama, pa čak i izvan njenih okvira (npr. u fazama upotrebe i upravljanja otpadom). Riječ je o *procjeni životnog ciklusa proizvoda (LCA)* i *upravljanju životnog ciklusa proizvoda (LCM)*.

## 5. PROCJENA ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA ("LIFE CYCLE ASSESSMENT – LCA")

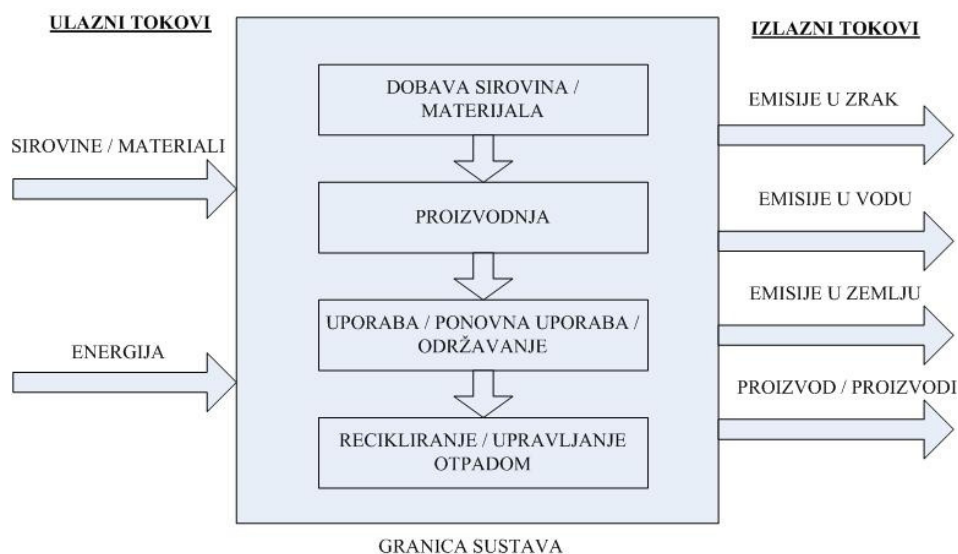
Procjena životnog ciklusa proizvoda (u daljnjem tekstu LCA) je set tehnika kombiniranih zajedno kao jedna objektivna, sistematična metoda za identificiranje, klasificiranje i kvantificiranje tereta zagađenja, utjecaja na okoliš, kao i materijalnih i energetskih resursa vezanih za neki proizvod, proces ili aktivnost od ideje pa sve do kraja životnog ciklusa (od kolijevke do groba). [16]



Slika 5.1. Faze životnog ciklusa proizvoda [16]

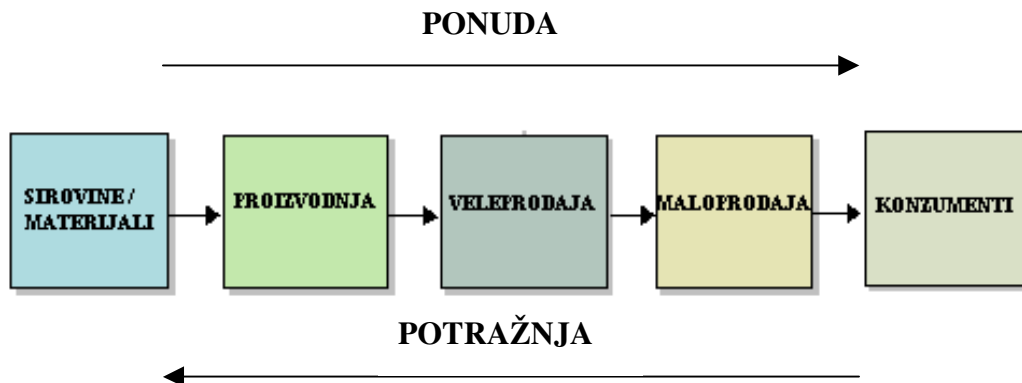
Ciklus "od kolijevke do groba" počinje ekstrakcijom sirovih materijala iz okoliša, a završava na način da se sav materijal vraća u okoliš. Pomoću LCA metode procjenjuje se utjecaj na okoliš u svim fazama životnog ciklusa, i to s interakcijskog gledišta. To znači da su sve faze u međusobnoj ovisnosti, tj. utjecajem na jednu fazu utječe se i na ostale. Dakle, kvalitetnim rješenjem u fazi konstrukcije proizvoda, ali i tehnološke pripreme, moguće je pozitivno utjecati na okolišne čimbenike u svim ostalim fazama.

Ovdje valja napomenuti ono što nije obuhvaćeno slikom 5.1, a to je energija i transport. Naime, između svake od navedenih faza, u najvećem broju slučajeva, postoji neki oblik transporta, koji također ima utjecaj na okoliš, i razmatra se zasebno. Također postoji i konzumacija energije u svakoj navedenoj fazi, te se treba uzeti u obzir energetska analiza životnog ciklusa. Točniji prikaz faza životnog ciklusa pruža slika 5.2.



Slika 5.2. Faze životnog ciklusa proizvoda sa pripadajućim ulaznim i izlaznim tokovima [3]

LCA pristup se bazira na približavanju fokusa što bliže uzroku štetnih utjecaja. Smatra se da je pravi put ka tome ulazak okolišnih zahtjeva u lanac ponude i potražnje, što je prikazano na slici 5.3. Naime, uz sustavnu primjenu ekoloških pristupa proizvodnji, kao i radom na senzibiliziranju konzumenata, utjecaj proizvoda na okoliš bi trebao postati konkurencijski parametar na tržištu, ravnopravan s cijenom i kvalitetom proizvoda. Ako se, na primjer, pojavi zahtjev konzumenta nekog proizvoda za ekološki prihvatljivijem proizvodom, taj zahtjev će se proširiti lancem ponude i potražnje na način da slijedeći član u lancu ispunjava svoj dio odgovornosti, a dio zahtjeva prenosi na prethodni član. Naravno, u takvom sustavu je svima u interesu procjenu okolišnih parametara napraviti prije nastanka samog proizvoda, s ciljem smanjenja troškova.

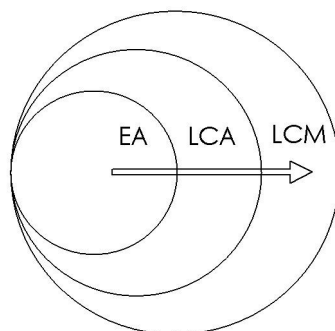


Slika 5.3. Lanac ponude i potražnje [17]

Gore navedena procjena okolišnih parametara ( "Environmental Assessment - EA" ) je jedan od najraširenijih alata u okvirima globalne politike prema okolišu. Iako nije izravno vezan uz proizvodnju, predstavlja osnovu koja je poslužila za razvoj LCA metode.

**DEF:** "Procjena okolišnih parametara(EA) predstavlja proces sistematskih analiza i procjena utjecaja na okoliš za određene planirane aktivnosti, na osnovu čijih rezultata je moguće ostvariti planirane aktivnosti uz minimaliziranje štetnih utjecaja na okoliš." [2]

S druge strane, LCA predstavlja širi pojam, odnosno metodu kojom se, za razliku od EA, sagledava kompletan problem. LCA omogućuje odgovornim strukturama da imaju pregled životnog ciklusa proizvoda sa stanovišta utjecaja na okoliš. Samo onaj koji na taj način "drži konce u rukama" može identificirati problematične faze u životnom ciklusu i kvalitetno utjecati na njih. U slučaju sustavnog napretka, koji je posljedica LCA analize, govorimo o *upravljanju životnim ciklusom proizvoda* ( "Life Cycle Menagement – LCM" ). To znači da je LCM širi pojam od LCA, pa se prema navedenim tvrdnjama grafički može prikazati evolucija pristupa od EA, preko LCA, do LCM (slika 5.4).



Slika 5.4. Evolucija pristupa od EA do LCM [17]

Kako je već opisano u poglavlju "3. Ekološki pristupi proizvodnji", postoje različiti načini pružanja neke usluge. Obrazloženo je da proizvod nije sam sebi svrha, već mu je svrha pružiti traženu uslugu. Kako bi bilo moguće usporediti različite načine pružanja te usluge, potrebno ju je prethodno definirati i po mogućnosti kvantificirati. Taj postupak zovemo određivanje **funkcijske jedinice proizvoda**. Funkcijska jedinica je zapravo referentan parametar kod LCA analize. Kod razmatranja alternativnih rješenja, sve osim funkcijske jedinice može biti varijabilno.

Na slici 5.5 prikazan je primjer kako različiti oblici proizvoda mogu ispunjavati istu funkciju. U ovom slučaju funkcija proizvoda je transport pića do korisnika. Neke od varijanti (prikazane na slici 5.5) su: staklena boca, boca od PET-a, višeslojna ambalaža (poznata kao Tetrapack), te poli-etilenska vrećica za piće. Kod ovakve odluke tvrtka može koristiti LCA metodu kako bi odabrala najpovoljnije rješenje s obzirom na okoliš. Naravno, treba uzeti u obzir i konkurentnost odabrane varijante, odnosno troškove proizvodnje, praktičnost, reakciju konzumenata i slično. Međutim, korištenje LCA u odabiru rješenja se može itekako iskoristiti u marketinške svrhe, što može dati određenu konkurentsku prednost.



**Slika 5.5. Različite varijante proizvoda za ispunjenje iste funkcije**

Neki proizvod ima utjecaj na okoliš samo ako postoji razmjena materije i/ili energije između proizvoda i okoliša. Ukoliko postoji takva razmjena, kaže se da je proizvod u nekom procesu. Prema tome, jedini način da se napravi procjena utjecaja na okoliš nekog proizvoda jest da se napravi analiza procesa u koje taj proizvod ulazi. Čak i najjednostavniji proizvodi ulaze u relativno velik broj procesa, od dobave sirovine, proizvodnje, uporabe, pa sve do raspadanja na otpadu ili recikliranja. LCA metoda integrira utjecaje na okoliš svih procesa u koje ulazi proizvod tijekom životnog ciklusa. Također treba imati u vidu da proizvodni sustav ima svoj glavni tok (koji rezultira proizvodom), ali i lateralne tokove, koji ne ulaze izravno u proizvod, ali su neophodni za proizvodnju. Ti lateralni tokovi mogu uključivati gorivo, tehnološke vode i slično, a za okoliš mogu biti jednako važni kao i glavni tok.

Područje primjene LCA metode je vrlo široko. Načelno, može se primijeniti kao potpora prilikom odlučivanja ili kao alat za obradu podataka, i to na političkom nivou i na nivou proizvodnje.

Na političkom nivou, LCA može poslužiti kao osnova za donošenje odluka u slijedećim slučajevima:

- **Kao osnova za informiranje javnosti;** na primjer, većina programa za eko-označavanje se bazira na LCA metodi

- **Kod rangiranja proizvoda;** na primjer kod određivanja poreznih stopa ili olakšica, dodjele poticajnih sredstava i slično
- **Kod određivanja razvojne strategije industrije na lokalnom ili državnom nivou**

S druge strane, značajne koristi od LCA metode imaju i proizvođači, i to:

- **Kod formiranja strategije odnosa s javnošću**
- **Kod konstrukcije i rekonstrukcije proizvoda**
- **Kod odluka o poboljšanjima u tehnološkom procesu**
- **Kod marketinga** (na primjer, isticanje korištenja LCA kao prednost pred konkurencijom, eko-označavanje i slično)

## 5.1. POVIJESNI RAZVOJ LCA METODE [17]

LCA se prvi puta pojavljuje u 60tim godinama prošlog stoljeća u SAD-u. Zabrinutost spoznajom o ograničenosti prirodnih izvora sirovina i energije potakla je interes za pronalaskom načina učinkovitog praćenja potrošnje, ali i predviđanja situacije u budućnosti. Prve analize rađene su za Coca Colu, u svrhu procjene ekološke prihvatljivosti različitih tipova ambalaže. U to vrijeme ta metoda je bila poznata kao REPA<sup>19</sup>, a fokusi analize bili su potrošnja energije i materijala, kao i generiranje otpada. U isto vrijeme u Europi se razvijala slična metoda zvana Ecobalance.

U periodu od 1970. do 1975. razvijeni su standardni protokoli, odnosno metodologije za provedbu analize. Ti protokoli su se provodili u više faza, a sadržali su niz pretpostavki, koje će kasnije biti revidirane od strane EPA<sup>20</sup> i predstavnika industrije, što će rezultirati evoluiranjem najkvalitetnijih postupaka.

Početakom 80 – tih, počeo je rasti interes za procjenu utjecaja proizvoda na okoliš, te su provedene prve LCA analize u nekim Europskim zemljama (ponovo je bila riječ o ambalaži). Pošto su baze podataka i metode bile raznovrsne, rezultati su bili teško usporedivi, i uglavnom nezadovoljavajući, te je uočena potreba za sistematičnijim pristupom u razvoju metodologije za procjenu životnog ciklusa proizvoda.

Od kraja 80 – tih pa do današnjih dana, raste interes prema LCA metodi, te nalazi sve širu primjenu u različitim područjima ljudskih djelatnosti (politika, proizvodnja, informiranje javnosti ...). Paralelno sa rastom interesa prema analizi životnog ciklusa

<sup>19</sup> Resource and Environmental Profile Analysis

<sup>20</sup> Environmental Protection Agency (Agencija za zaštitu okoliša vlade SAD-a)



proizvoda kao, sada već općeprihvaćenoj znanstvenoj metodi, razvijala se sve intenzivnije i metodološka osnova.

1990. godine Međunarodno udruženje kemičara i toksikologa (SETAC)<sup>21</sup> osnovalo je međunarodni forum sa ciljem stvaranja konzistentne metodološke osnove za provedbu LCA analize. Pokrenute aktivnosti rezultirale su 1993. godine (na radionici u Sesimbri), stvaranjem smjernica za provođenje LCA analize, koje su objavljene u izvještaju sa tog skupa, pod nazivom: "*Guidelines for Life – Cycle Assessment: A Code of Practice*".

Time je uspostavljen prvi čvrsti temelj na osnovu kojeg je LCA analiza razvijena u izuzetno moćan alat za procjenu utjecaja nekog proizvoda na okoliš. To je ujedno bila i preteča za stvaranje okvira unutar kojih se LCA analiza i danas provodi, a uspostavljeni su od strane Internacionalne organizacije za normizaciju (ISO) 1997. godine.

## 5.2. LCA U OKVIRU SERIJE NORMI ISO 14040 [18]

Serijske norme ISO 14040 standardiziraju LCA metodu, te opisuju principe i okvire za primjenu LCA metode. Metoda se provodi u četiri faze:

- **Određivanje svrhe i opsega analize**
- **Faza popisivanja i analiziranja podataka**
- **Određivanje utjecaja na okoliš**
- **Faza interpretacije**

Ove faze biti će detaljno opisane u slijedećim poglavljima.

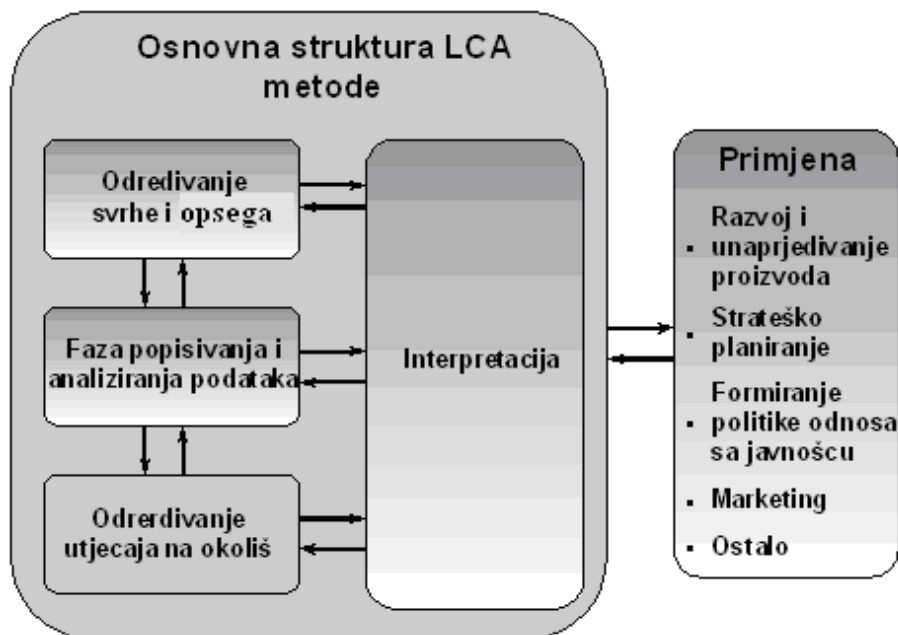
Osim navedenih faza u LCA analizi, ISO 14040 također definira i:

- Izvještavanje i kritički osvrt o provedenoj analizi
- Ograničenja LCA metode
- Odnose između faza u LCA analizi

Na slici 5.6 prikazana je osnovna struktura LCA analize prema normi ISO 14040.2.

---

<sup>21</sup> Society of Environmental Toxicology and Chemistry



**Slika 5.6. Struktura LCA metode prema ISO 14040.2 [2]**

Popis normi iz serije ISO 14040:

- ISO 14040: Opće smjernice za ocjenjivanje utjecaja proizvoda na okolinu (1997.)
- ISO 14041: Procjena životnog ciklusa — Definiranje cilja i opsega, analiza faze popisivanja (1998.)
- ISO 14042: Procjena životnog ciklusa — Procjena utjecaja (2000.)
- ISO 14043: Procjena životnog ciklusa — Interpretacija (2000.)
- ISO 14044: Procjena životnog ciklusa — 2006 ISO 14040,14041,14042 i ISO 14043 objedinjene su pod normom 14044
- CD 14047: CD sa primjerima primjene 14042 u tvrtkama, (u pripremi).
- CD 14048: CD sa primjerima predložaka formi za prikaz podataka, (u pripremi)
- TR 14049: Tehnički izvještaj koji predstavlja predložak za prikaz podataka iz analize faze popisivanja (1999.)

Važno je napomenuti kako ISO 14040 ne definira detaljno provedbu LCA analize u konkretnim slučajevima, već daje općenite smjernice i upute.

## 5.3. FAZE LCA ANALIZE

Slijedi detaljniji opis pojedinih faza u LCA analizi. Međutim, neće biti opisane sve pojedinosti, jer one ovise o konkretnom slučaju analize. Stoga će u poglavlju 6 biti opisana detaljna analiza na konkretnom slučaju. U literaturi postoje značajne razlike u opisu provedbe pojedinih faza analize, stoga su opisi koji slijede interpretacija autora, nastala na temelju navedene literature.

### ODREĐIVANJE SVRHE I OPSEGA PROVEDBE LCA ANALIZE ("Goal and scope definition") [16],[17],[18],[19]

#### 5.3.1.1. Svrha

Prvi korak u provedbi LCA analize je definiranje njene svrhe. Tim činom se jasno definira za koje slučajeve se provedena analiza smije, a za koje ne smije koristiti. Svrha provedbe analize će metodološki odrediti kasnije faze, stoga je potrebno kvalitetno definirati svrhu analize kako bi se izbjegle eventualne pogrešne interpretacije rezultata. Svakako je u prezentaciji provedene analize obavezno navesti svrhu zbog ispravne i nedvojbene interpretacije rezultata.

Dakle, na početku treba riješiti sve dvojbe oko slijedećih pitanja: [17],[19]

- Koja je osnovna namjena provedbe LCA analize?
- Za što će se rezultati analize koristiti?
- Koji su konkretni razlozi koji su nagnali na LCA analizu?
- Koje se odluke mogu donijeti na temelju provedene analize?
- Do kojih će konkretno doći promjena, koje su izravno vezane na odluke koje se temelje na LCA analizi?

Često se u literaturi navodi kako se u ovoj fazi određuje hoće li LCA analize biti: [18]

- **DESKRIPTIVNA**, odnosno napravljena kao pregled postojećeg stanja; Ova vrsta analize se najčešće koristi na političkoj razini, kao osnova za odluke o obavezama i/ili pravima određenih subjekata, a ponekad služi samo za senzibilizaciju javnosti za neko pitanje.
- **ORIJENTIRANA KA PROMJENAMA**; Ova vrsta analize se uglavnom koristi na proizvodnoj razini, iz razloga što je upravo proizvođač odgovoran za svoj proizvod, a promjene su mu u interesu iz raznih razloga, koji će biti detaljnije objašnjeni kasnije.

### 5.3.1.2. Opseg

Zadaća definicije opsega analize jest identificiranje predmeta analize, kao i definiranje granica koje će obuhvatiti sve ono što je bitno, odnosno ono što je definirano svrhom analize.

U ovom koraku potrebno je definirati slijedeće: [17],[19]

- **PROIZVODNI SUSTAV KOJI JE PREDMET ANALIZE;** [17]

Proizvodni sustav podrazumijeva sve procese kroz koje prolazi proizvod kroz svoj životni ciklus, počevši od ekstrakcije sirovina, pa sve do njegovog odlaganja na otpad ili recikliranja (slika 5.1.). Čak i najjednostavniji proizvod prolazi kroz relativno velik broj procesa. Međutim, rijetko će se u analizi obuhvatiti cijeli proizvodni sustav, već se postavljaju granice sustava s obzirom na specifične potrebe analize.

- **FUNKCIJSKU JEDINICU;** [17]

Funkcijska jedinica je već definirana u uvodu 5.poglavlja kao referentan parametar LCA analize, a određuje ga usluga koju pruža neki proizvod. Funkcijska jedinica u stvari predstavlja kvantifikaciju usluge koju proizvod pruža, što je potrebno da bi se osigurala usporedivost rezultata analize, te svakako mora sadržati vrijeme trajanja usluge. Također postoji i kvalitativna komponenta unutar funkcijske jedinice, koja određuje razinu kvalitete usluge, a služi za usporedbu sa proizvodom slične razine kvalitete.

U svrhu objašnjenja funkcijske jedinice, dan je slijedeći primjer:

Potrebno je osvijetliti neku prostoriju. Funkcijska jedinica je određena kao osvijetljavanje prostorije tijekom 1000 sati, svjetlosnim tokom od 1250 lumena. Alternative su prikazane na slici 5.7 kao različiti oblici rasvjetnih tijela.



Slika 5.7. Alternativna rješenja za zadovoljenje tražene funkcije [20]

- **IZBOR REFERENTNOG PROIZVODA;**[17]

U velikoj većini slučajeva novi proizvod predstavlja tek mali napredak u odnosu na postojeći proizvod. To znači da će velik dio životnog ciklusa novog proizvoda (proizvoda u nastajanju) već biti poznat preko postojećih. Na taj je način moguće predvidjeti velik dio (procjenjuje se između 80 i 90%) utjecaja na okoliš novog proizvoda koristeći već postojeće iskustvo.

Načelno postoje dvije vrste referenci: **referentna usluga** (ili referentni proizvod), koja uzima gotovo rješenje (postojeći proizvod) koji ima istu funkciju, i **referentni podaci**, ukoliko ne postoji gotovo rješenje koje se može uzeti kao referenca, uzimaju se

kompatibilni dijelovi iz nekih drugih sustava, a koji mogu predstavljati utjecaj na okoliš proizvoda u nastajanju.

- **GRANICE SUSTAVA;** [17],[19]

Granice sustava definiraju procese u koje ulazi promatrani proizvod, ali samo one koji će biti obuhvaćeni analizom. U idealnom slučaju granice sustava biti će postavljene tako da su ulazi i izlazi kroz granicu sustava najprimitivniji mogući elementi (na primjer, ulaz u proizvodnju aluminijskog radijatora bio bi iskop boksitne rude). Međutim, ne treba trošiti resurse na kvantifikaciju ulaza i izlaza koji ionako neće znatnije utjecati na rezultat analize.

Izbor granica sustava uvelike ovisi o svrsi analize, namjeni, korisnicima, postavljenim pretpostavkama, raspoloživosti podataka, ograničenjima u troškovima, te kriterijima odluka o značajnosti određenih procesa. Izbor granica sustava je presudan za stupanj pouzdanosti rezultata analize. Definirani sustav se najčešće prikazuje pomoću dijagrama toka.

Kod postavljanja granica sustava potrebno je uzeti u obzir slijedeće: [19]

- Dobava sirovina
- Ulazi i izlazi unutar proizvodnih procesa
- Distribucija/transport
- Proizvodnja i uporaba energenata (goriva, električna energija, toplina...)
- Uporaba i održavanje proizvoda
- Odlaganje otpada nastalog prilikom proizvodnje i iskorištenih proizvoda
- Oporaba iskorištenih proizvoda (što uključuje ponovnu uporabu, recikliranje materijala ili korištenje za proizvodnju energije)
- Proizvodnja pomoćnih materijala (alati, naprave, pomoćna sredstva u transportu i sl.)
- Proizvodnja, održavanje i rastavljanje kapitalne opreme (strojeva, proizvodnih linija i sl.)
- Dodatne operacije, kao što su grijanje i osvjetljenje proizvodnog pogona i sl.

- **ALOKACIJSKE PROCEDURE;**

U sistemu nekog proizvoda vrlo često se javljaju procesi koji doprinose ostvarivanju više različitih funkcija proizvoda. Pitanje koje se postavlja jest: Kojoj funkciji, procesu ili podprocesu promatranog proizvoda valja dodijeliti određeni utjecaj na okoliš, proizšao kao posljedica spomenutog procesa ( primjer – termoelektrana proizvodi i toplinu i električnu energiju sagorijevajući ugljen; koliki udio u potrošnji ugljena treba pripisati proizvodnji topline, a koliki proizvodnji električne energije?). [2]

U ovoj fazi analize se utvrđuje potreba i metodologija provođenja alokacijskih procedura, dok se sama procedura provodi u fazi popisivanja podataka. Stoga će i detaljniji opis tih procedura biti dan u poglavlju "5.3.2. Faza popisivanja i analiziranja podataka".

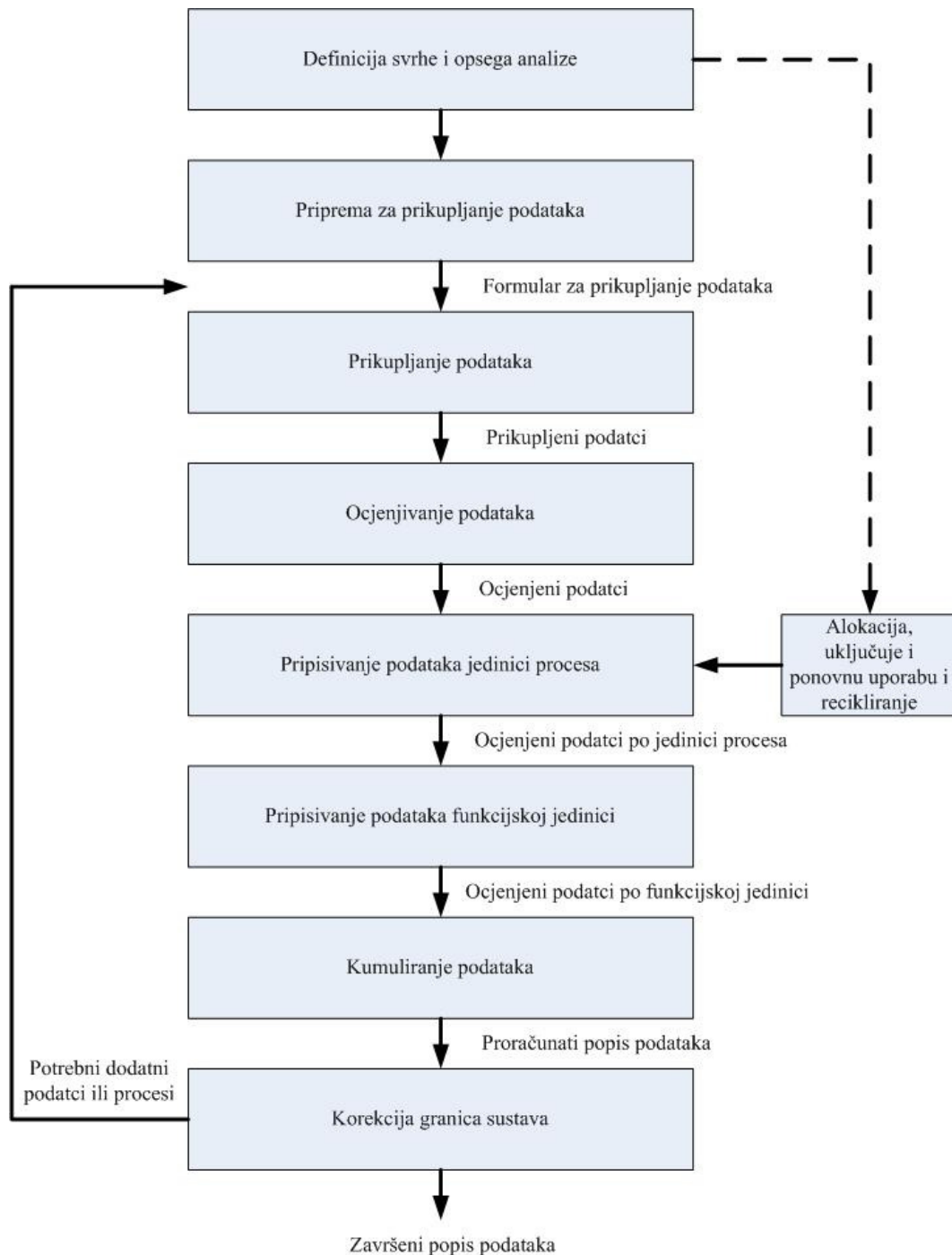
- **METODOLOGIJA LCIA<sup>22</sup> I TIPOVI UTJECAJA NA OKOLIŠ;** [17],[19]  
 Gotovo je nemoguće odrediti koje će i koliki će neki proizvod stvarno imati na okoliš. Stoga postoje iskustvene kategorije utjecaja na okoliš, koje su u uzročno-posljedičnoj vezi s ranijim fazama u životnom ciklusu proizvoda. Ovdje se također samo utvrđuje metodologija, tako da bude u skladu s svrhom analize, a detaljniji opis postupka odabira tipova utjecaja biti će dan u poglavlju 5.3.3.
  
- **TIPOVI I IZVORI PODATAKA;** [19]  
 Podatci potrebni za provedbu LCA analize mogu biti prikupljeni u proizvodnim pogonima koji su povezani s proizvodnjom promatranog proizvoda (naravno, unutar definiranih granica sustava), ili mogu biti nabavljeni ili izračunati na neki drugi način. U praksi, podatci mogu biti mješavina izmjera, izračunatih ili procijenjenih veličina. Potrebno je također razlikovati ulazne i izlazne veličine.
  
- **ZAHTJEVI ZA KVALITETOM PODATAKA;** [19]  
 Zahtjevi za kvalitetom podataka moraju odgovarati definiranoj svrsi analize, te bi trebali obuhvaćati sljedeće:
  - Vremenski okviri: starost podataka, minimalno vrijeme prikupljanja podataka i sl.
  - Geografski okviri: geografsko područje na kojem trebaju biti prikupljeni podatci kako bi se zadovoljila svrha analize.
  - Tehnološki okviri: korištenje određene tehnologije ili kombinacije tehnologija
  - Preciznost: po mogućnosti statistički obraditi podatke
  - Kompletnost: npr. koji je postotak nekog protoka obuhvaćen mjerenjem
  - Reprezentativnost: procjena koliko dobro zapravo prikupljeni podatci opisuju postojeće stanje
  - Izvori podataka
  - Pouzdanost: potrebno je navest jesu li podatci nastali na temelju nekog modela, pretpostavke i sl.
  
- **POTREBA ZA KRITIČKOM REVIZIJOM ANALIZE;** [19]  
 U fazi definiranja opsega analize potrebno je odrediti i da li je potrebna kritička revizija analize, te ako da, tko je treba provesti.

---

<sup>22</sup> Life cycle impact assessment – Određivanje utjecaja na okoliš

### 5.3.2. FAZA POPISIVANJA I ANALIZE PODATAKA ("Life cycle inventory analysis – LCI") [16],[17],[18],[19]

Ova faza u LCA analizi, kao i sve ostale, ovisi o definiciji svrhe i opsega analize, te je okvirno opisana dijagramom toka na slici 5.8. Valja uzeti u obzir kako je postupak iterativan, te se postupak na slici ne treba shvatiti doslovno.



Slika 5.8. Pojednostavljeni postupak provođenja faze prikupljanja i analize podataka [19]

Cilj je ove faze prikupiti sve ekološki relevantne podatke unutar definiranih granica sustava. To uključuje:

- Prikupljanje podataka i određivanje *jedinice procesa*<sup>23</sup>
- Popis izmjena tvari i energije s okolišem unutar proizvodnog sustava ograničenog granicama sustava
- Presentacija podataka na transparentan način

### 5.3.2.1. Prikupljanje podataka

Prikupljanje podataka je aktivnost koja zahtjeva najviše vremena u cijeloj LCA analizi, što naravno ovisi o eventualnom postojanju prethodno napravljenim bazama podataka i dostupnim računalnim programima. Kako je već ranije napomenuti, podatci mogu biti izmjereni, izračunati ili procijenjeni, a njihov karakter može biti kvalitativan ili kvantitativan.

Izvori podataka načelno se dijele u četiri kategorije: [17]

- **Elektronske baze podataka;** postoje brojne baze podataka, koje su najčešće sastavni dio računalnih programa za LCA analizu, neke će biti navedene u poglavlju 6.; baze podataka nastaju na temelju već provedenih analiza, te se preporuča njihovo korištenje (ukoliko postoje podatci unutar baze koji su kompatibilni s promatranim procesom) zbog uštede u vremenu i troškovima
- **Podatci iz literature;** na primjer, znanstveni radovi, postojeći LCA izvještaji i slično
- **Podatci dobiveni od proizvođača, laboratorija i slično**
- **Izmjereni i/ili izračunati podatci;** korištenje ove vrste podataka će dati najtočnije rezultate, ali zahtjeva najviše vremena i ulaganja

Ulazne podatke je relativno lako odrediti, to su uglavnom potrošnja energije i materijala, te ih je moguće pronaći u već postojećoj poslovnoj dokumentaciji. Međutim, izlazni podatci (kao što su emisije u zrak, vodu i zemlju) zahtijevaju puno više truda.

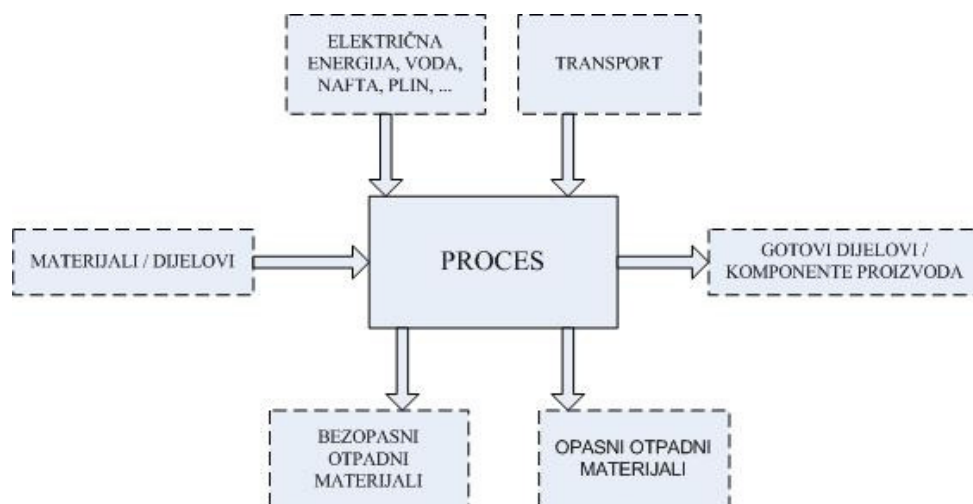
### 5.3.2.2. Izračun podataka [17]

Proizvodni sustav je suma pojedinih procesa. Svaki proces ima svoje ulazne i izlazne veličine, za koje možemo pretpostaviti da su poznate. Takav pojedini proces je grafički prikazan na slici 5.8. Često se podatci za pojedine procese koriste kako bi se došlo do ukupnih ulaznih veličina (potrošnje resursa), ili ukupnih izlaznih veličina (emisije u zrak, vodu, zemlju, ili radnu okolinu). Taj proces možemo nazvati *sastavljanje*, a krajnje ulazne i izlazne veličine (koji presijecaju granice sustava) možemo nazvati *terminalnim izmjenama*.

---

<sup>23</sup> Jedinica procesa je veza između proizvodnog procesa i izmjene tvari i energije s okolišem, tj., veličina o kojoj najviše ovisi izmjena. Npr., kod metalnih proizvoda to je najčešće masa, pa se izmjene izražavaju po kilogramu proizvoda. Kod kompleksnih postoji više različitih jedinica procesa. [17]





**Slika 5.9. Shematski prikaz pojedinačnog procesa sa svojim ulazima i izlazima [19]**

Tako se svaka od terminalnih izmjena može izraziti po funkcijskoj jedinici na slijedeći način: [17]

$$Q_i = T \cdot \sum_{up} Q_{i,up} + \frac{T}{L} \cdot \sum_p Q_{i,p}$$

Gdje je:

$Q_i$  – suma terminalnih izmjena po funkcijskoj jedinici

$T$  - trajanje funkcijske jedinice u godinama

$L$  - životni vijek proizvoda u godinama

$Q_{i,p}$  – izmjena svih pojedinih procesa unutar granica sustava, p označava sve procese osim u fazi uporabe proizvoda

$Q_{i,up}$  – godišnja izmjena svih procesa u fazi uporabe proizvoda

Ovaj postupak je moguće napraviti za cijeli proizvodni sustav, pojedinu fazu životnog ciklusa, određeni pod-sklop proizvoda i slično. Vrlo je važno za razvoj proizvoda da se pregledno prikaže doprinos pojedinih procesa u okolišnoj izmjeni tvari i energije, kako bi se što lakše identificirale kritične točke u životnom ciklusu proizvoda.

### 5.3.2.3. Alokacija [17], [19]

Kako je već navedeno, alokacija je pripisivanje pojedinih utjecaja na okoliš pojedinom procesu. Alokacija predstavlja jedan od većih problema u LCA analizi. Postoje mnogi slučajevi kada ulazne veličine u neki proizvodni sustav potječu iz drugog proizvodnog sustava (ili više njih), kao i kad se izlazne veličine iz proizvodnog sustava nastavljaju u drugom proizvodnom sustavu (ili više njih). To znači da neki procesi spadaju u više proizvodnih sustava, te se utjecaj na okoliš tih procesa treba podijeliti između usluga koje pružaju proizvodi iz tih sustava. [17]

Uzmimo, na primjer, proces rafiniranja sirove nafte. U tom procesu nastaje više proizvoda (benzin, LPG plin, razna maziva,...). Kako raspodijeliti utjecaj na okoliš između navedenih proizvoda, a koji je nastao u zajedničkim procesima? Može se postaviti pitanje zašto uopće vršiti raspodjelu utjecaja. Odgovor je; zbog kvalitetne usporedbe utjecaja na okoliš istovrsni proizvoda.

Načelno postoje dva načina na koji proces može doprinijeti nastanku više od jedne usluge: [17]

- U slučaju da više proizvoda nastaje iz istog procesa
- U slučaju uporabe materijala ili pod-sklopa proizvoda

Ovaj se problem rješava, prema normi ISO 14044, na slijedeća tri načina: [19]

**1) Kad god je to moguće, nastojati izbjeći alokaciju;**

Pokušati podijeliti sporne procese na više pod-procesa, ili prilagoditi granice sustava da se izbjegne alokacija.

2) Kada nije moguće izbjeći alokaciju, a proizvodi nastali iz zajedničkih procesa se mogu okarakterizirati istom funkcijskom jedinicom, **utjecaj treba podijeliti u omjeru proizvedene funkcijske jedinice**. Na primjer, u već navedenom primjeru rafiniranja nafte, proizvodi su i loživo ulje i mazut, koji služe kao energenti koji se koriste za grijanje, ali imaju različitu ogrjevnu vrijednost. U tom slučaju utjecaj na okoliš valja podijeliti po omjeru energije koju daju ta dva energenta prilikom izgaranja. Drugim riječima, pretpostavimo da u jedinici vremena kroz promatrani proces prođe određena količina nafte. To će u konačnosti rezultirati količinom loživog ulja u vrijednosti od 60 kJ i mazuta u vrijednosti od 40 kJ. Stoga se od ukupnog utjecaja u tom procesa, 60% pripisuje loživom ulju, a 40% mazutu.

3) Ako se proizvodi ne mogu okarakterizirati zajedničkom funkcijskom jedinicom, valja pronaći neku drugu osnovu za raspodjelu. Na primjer, osnova za raspodjelu može biti masa proizvoda ili ekonomska vrijednost,

### **5.3.3. ODREĐIVANJE UTJECAJA NA OKOLIŠ**

(**“Life cycle impact assessment – LCIA”**) [2],[17],[18],[19]

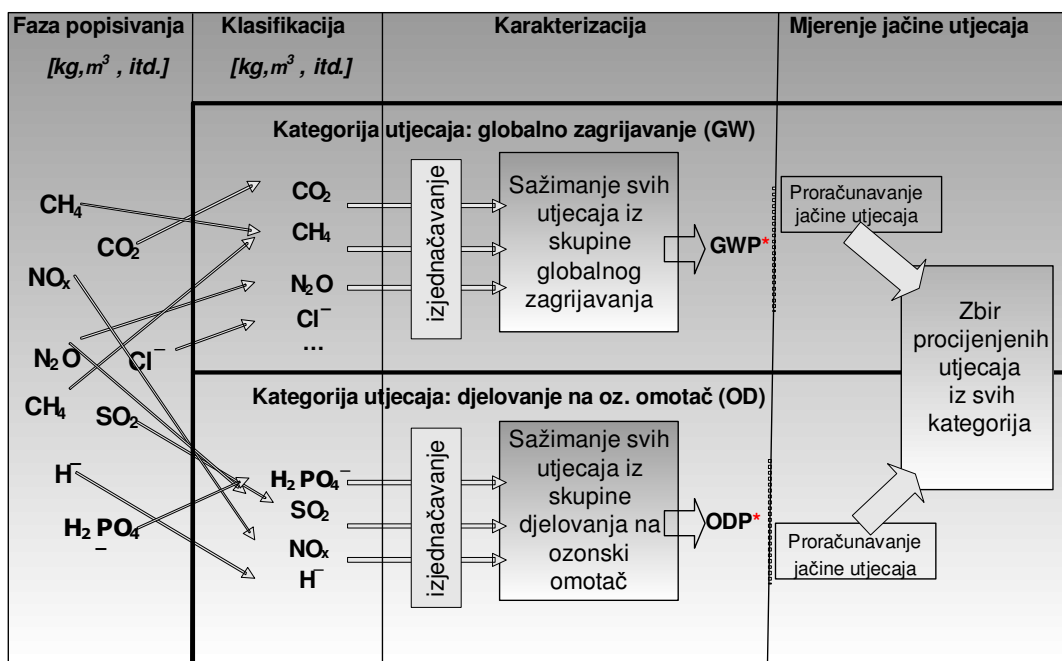
U ovoj fazi LCA analize određuju se potencijalni utjecaji na okoliš, kao i na ljudsko zdravlje, i to na temelju podataka o potrošnji resursa i emisija u okoliš, dobivenih u prethodnoj fazi (fazi popisivanja i analize podataka – LCI). Pod utjecajem se podrazumijeva, osim štetnih emisija, i osiromašenje prirodnih resursa. Ova faza u analizi pokušava dati vezu između proizvoda ili procesa i njihovog potencijalnog utjecaja na okoliš. Na primjer, kakav utjecaj ima 9 000 tona ugljik-dioksida ili 5 000 tona metana ispuštenih u atmosferu? Koji slučaj je gori? Koji je njihov potencijalni utjecaj na nastanak smoga? Koji je njihov potencijalni utjecaj na globalno zatopljenje?

Dakle, LCIA prikazuje usporedbu potencijalnih utjecaja na okoliš za različita alternativna rješenja.

Procedura provođenja LCIA faze također se razlikuje, ovisno o interpretaciji autora. Često se u literaturi navodi slijedećih sedam koraka u provođenju LCIA faze: [17]

- 1) **Izbor i definiranje kategorija utjecaja;** identifikacija relevantnih kategorija utjecaja na okoliš (npr., globalno zatopljenje, zakiseljavanje tla i sl.)
- 2) **Klasifikacija;** pripisivanje rezultata iz faze LCI kategorijama utjecaja (npr., pripisivanje emisije ugljik-dioksida globalnom zatopljenju)
- 3) **Karakterizacija;** modeliranje podataka dobivenih u LCI fazi unutar kategorija utjecaja pomoću konverzijskih faktora (npr., određivanje kvantitativne vrijednosti potencijalnog utjecaja ugljik-dioksida na globalno zatopljenje)
- 4) **Normalizacija;** izražavanje potencijalnih utjecaja na način da se mogu uspoređivati (npr., usporedba potencijalnog utjecaja na globalno zatopljenje ugljik-dioksida i metana.)
- 5) **Grupiranje;** sortiranje utjecaja na okoliš (npr., sortiranje utjecaja na geografskoj osnovi: lokalno, regionalno ili globalno)
- 6) **Ocjenjivanje;** određivanje najznačajnijih potencijalnih utjecaja na okoliš
- 7) **Elaboriranje rezultata LCIA faze;**

Prema normi ISO 14042, prvi tri koraci su obavezni prilikom provođenja LCIA, dok su ostali opcionalni, te njihovo provođenje ovisi o definiciji svrhe i opsega analize. Pojednostavljena procedura za provođenje LCIA faze u LCA analizi prikazana je na slici 5.10.



Slika 5.10. Pojednostavljena procedura za određivanje utjecaja na okoliš [2]

\*GWP, ODP – međunarodne kratice za potencijal na području globalnog zagrijavanja, te oštećivanja ozonskog omotača<sup>24</sup>.

U nastavku slijedi detaljniji opis navedenih 7 koraka u provedbi određivanja utjecaja na okoliš.

### 5.3.3.1. Izbor i definiranje kategorija utjecaja na okoliš [17], [19]

Prvi korak u sklopu LCIA faze jest odabir kategorija utjecaja na okoliš, koje će biti promatrane kao dio ukupne LCA analize. Ukoliko je to moguće, ovaj korak bi se trebao napraviti istodobno sa prvom fazom analize (definiranjem svrhe i opsega analize), kako bi se olakšala faza prikupljanja podataka. Kategorije utjecaja uključuju potencijalne negativne utjecaje na okoliš, kao i na ljudsko zdravlje.

U ovoj fazi, utjecaji se definiraju kao posljedice koje mogu biti uzrokovane ulaznim i izlaznim tokovima proizvodnog sustava na ljudsko zdravlje, biljni i životinjski svijet, ili buduću dostupnost prirodnih resursa. Tako se utjecaji mogu podijeliti u tri kategorije: ljudsko zdravlje, zdravlje eko-sustava i osiromašenje izvora resursa.

### 5.3.3.2. Klasifikacija [17], [19]

Svrha klasifikacije je organiziranje, odnosno svrstavanje, rezultata dobivenih u fazi popisivanja i analize podataka u prethodno definirane kategorije. Naravno, jedna veličina se može svrstati u više kategorija utjecaja. Za one veličine koje doprinose samo jednoj kategoriji utjecaja, postupak je jednostavan. Međutim, u slučaju da jedna veličina doprinosi dvama ili više kategorija, potrebno je ustanoviti pravilo za klasifikaciju. Prema normi ISO 14042, dva su načina na koja to učiniti: [19]

- Podijeliti veličinu dobivenu u LCI fazi na reprezentativne dijelove, te zatim dijelove svrstati u kategorije utjecaja. To se prakticira u slučaju da su kategorije utjecaja u međusobnoj ovisnosti.
- Cjelokupne veličine svrstati u sve kategorije na koje imaju utjecaj. To se prakticira u slučaju da kategorije utjecaja nisu u međusobnoj ovisnosti.

Na primjer, dušikov-dioksid negativno utječe na stvaranje ozona, ali i na zakiseljavanje tla. Kako te dvije pojave nisu u međusobnoj ovisnosti, potrebno je čitavu količinu dušikovog-dioksida svrstati u obje kategorije.

### 5.3.3.3. Karakterizacija [17], [19]

U karakterizaciji utjecaja koriste se konverzijski faktori, odnosno karakterizacijski faktori, koji su nastali na temelju znanstvenih analiza. Ti faktori služe kako bi se veličine dobivene u LCI fazi analize prevele u reprezentativne *indikatore utjecaja* na zdravlje ljudi i eko-sustava. Dakle, karakterizacija se koristi kako bi se različite veličine prevele u indikatore utjecaja. Na primjer, karakterizacija može omogućiti procjenu relativnih utjecaja na zagađenje tla emisijom različitih količina olova, kroma i cinka.

---

<sup>24</sup> GWP - Global Warming Potentia  
ODP - Ozone Depletion Potentials

*Indikatori utjecaja* (ponekad se koristi i naziv *potencijali utjecaja*) mogu se okarakterizirati slijedećom jednadžbom:

$$\Sigma \text{ Indikatora utjecaja} = \Sigma \text{ Količine tvari} \times \text{Karakterizacijski faktor}$$

Karakterizacija stavlja različite količine tvari u isto mjerilo, što omogućuje određivanje utjecaja koji svaka od njih ima na neku kategoriju utjecaja. Tako, na primjer, proračuni prikazuju da 10 kilograma metana ima veći utjecaj na globalno zatopljenje od 20 kilograma kloroforma.

Karakterizacijske faktore treba koristiti s oprezom, jer za neke kategorije utjecaja još nisu konvencionalno definirani, te se obavezno mora navesti njihov izvor.

#### **5.3.3.4. Normalizacija** [17], [19]

Ovaj korak služi kako bi se indikatori utjecaja mogli uspoređivati unutar kategorija utjecaja. Normalizacija se vrši na način da se dobiveni indikatori utjecaja podijele sa odabranom referentnom vrijednošću. Postoje mnoge metode odabira referentnih vrijednosti, koje se neće opisivati u ovom radu. Važno je napomenuti da se normalizirani podatci ne mogu uspoređivati sa podacima iz druge kategorije utjecaja.

#### **5.3.3.5. Grupiranje** [17], [19]

U ovom koraku se grupira više kategorija utjecaja s ciljem što bolje interpretacije rezultata analize, koji te tiču nekog interesnog područja. Prema normi ISO 14042 grupiranje se vrši na slijedeća dva načina:

- Sortiranje indikatora utjecaja prema karakteristikama kao što su emisija (u vodu, zrak ili zemlju), i geografski utjecaj (lokalni, regionalni, globalni)
- Sortiranje indikatora prema prioritetu. Prioriteti se odabiru na temelju definicije svrhe i opsega LCA analize.

#### **5.3.3.6. Ocjenjivanje** [17], [19]

U ovom koraku pripisuju se relativne vrijednosti različitim kategorijama utjecaja na temelju njihovih procijenjenih važnosti. Naime, štetne emisije u atmosferu mogu biti od većeg značaja u području gdje je zrak već prilično onečišćen, nego u području gdje je veća kvaliteta zraka. Kako ocjenjivanje nije egzaktan proces, vrlo je važno jasno elaborirati kriterije prema kojima je provedeno ocjenjivanje.

#### **5.3.3.7. Elaboriranje rezultata** [17], [19]

Kada su poznati svi rezultati faze određivanja utjecaja na okoliš (LCIA), potrebno je provjeriti njihovu točnost, koja mora zadovoljiti definiciju svrhe analize. Prilikom elaboriranja rezultata, potrebno je detaljno opisati metodologiju korištenu prilikom analize, kao i analizirani sustav, postavljene granice sustava, te sve pretpostavke postavljene u analizi.

### **5.3.4. INTERPRETACIJA** **(“Life cycle interpretation”)** [17],[18],[19]

Ova faza u LCA analizi uključuje skup metoda za identificiranje, kvantificiranje, provjeravanje i ocjenjivanje informacija dobivenih u prethodne dvije faze (LCI i LCIA). Iz svih dobivenih informacija potrebno je generirati kvalitetne zaključke.

Prema normi ISO 14043, faza interpretacije se fokusira na slijedeće:[19]

- Analiza rezultata, donošenje zaključaka, objašnjenje ograničenja, donošenje preporuka aktivnosti na temelju provedene analize, izvještavanje o rezultatima interpretacije rezultata na transparentan način;
- Jasna, kompletna i konzistentna prezentacija kompletne LCA analize, u skladu sa definicijom svrhe i opsega analize.

Interpretacija rezultata LCA analize najčešće nije jednostavna na način da se može reći kako je dva bolje od jedan, pa je bolje odabrati opciju dva. U nekim slučajevima čak nije moguće odrediti koja alternativa je bolja zbog nepouzdanosti krajnjih rezultata, ili iz nekog drugog razloga. Međutim, to ne znači da je analiza provedena uzalud. Provedena LCA analiza će ipak dati detaljan uvid u utjecaj na okoliš svakog od alternativnih rješenja, što je već velik korak ka poboljšanju postojećeg stanja.

Prema normi ISO 14043, faza interpretacije se sastoji od slijedeća tri koraka, koji se neće detaljno opisivati u okviru ovog rada: [19]

- 1) Identifikacija ključnih pitanja na temelju rezultata iz faza LCI i LCIA
- 2) Procjena rezultata koja uključuje kompletnost, osjetljivost i dosljednost
- 3) Zaključci, preporuke i izvještaji.

## 5.4. OGRANIČENJA LCA METODE [17]

Iako je LCA metoda trenutno jedan od najznačajnijih alata unutar industrijske ekologije, postoje brojna ograničenja i nedostaci u njenoj primjeni. U nastavku je dan popis nekih od nedostataka:

- Troškovi provođenja LCA analize mogu biti preveliki, pogotovo za manja poduzeća,
- Vrijeme potrebno za analizu često premašuje ukupno vrijeme razvoja proizvoda,
- Često je problematično ili čak nemoguće odrediti funkcijsku jedinicu prilikom usporedbe više konstrukcijskih rješenja,
- Alokacijske procedure nisu egzaktne, stoga nose sustavne greške, što će se odraziti na ukupan rezultat analize,
- Za analizu kompleksnih proizvoda (na primjer automobila) potrebno je mnogo resursa (vremena, radnih sati,...),
- Dostupnost podataka je često ograničena,
- Podatci često nisu zadovoljavajuće kvalitete,
- Još uvijek ne postoje usuglašeni karakterizacijski faktori za sve vrste utjecaja na okoliš,
- Odgovorne osobe (osobe koje donose odluke) često ne posjeduju dovoljno stručnog znanja iz područja ekologije, da bi donijele kvalitetne odluke na temelju provedene analize.

U nastavku slijedi popis i kratak opis najčešće korištenih računalnih aplikacija koji se koriste u svrhu što brže i jednostavnije provedbe LCA analize.

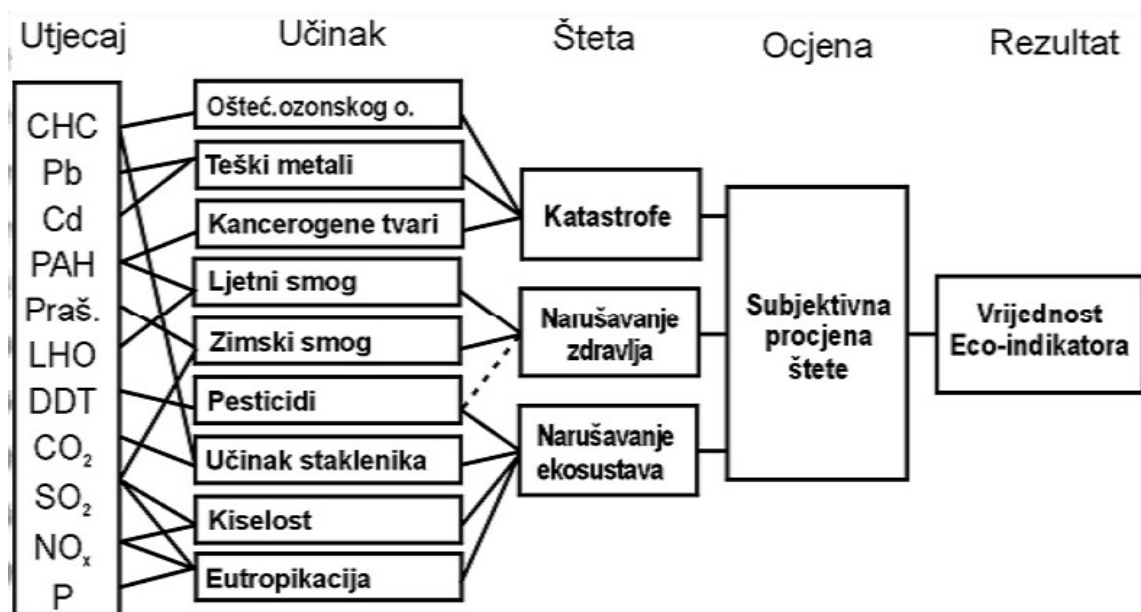
## 6. RAČUNALNE APLIKACIJE IZ PODRUČJA LCA

### 6.1. ECO-it [21]

ECO-it je računalna aplikacija proizvedena u nizozemskoj tvrtci PRé Consultants, koja pruža usluge iz područja održivog razvoja. To je aplikacija koja pruža tzv. brzi pregled<sup>25</sup> (engl. quick screening) životnog ciklusa proizvoda. Relativno kompleksne proizvodne sustave je moguće analizirati doslovno u nekoliko minuta. Naravno, brzina je često u kontradikciji sa točnošću rezultata, stoga je potreban oprez kod odluka o korištenju rezultata.

ECO-it izračunava ekološki relevantne parametre, te prikazuje koji dijelovi životnog ciklusa proizvoda imaju najveći utjecaj na okoliš. Te informacije se mogu iskoristiti za značajno ekološko unapređenje proizvoda.

Utjecaj na okoliš se određuje metodom EKO-INDIKATOR, koja je nastala u okvirima nizozemskih vlasti. Radi se o ponderiranoj metodi koja procjenjuje štetni utjecaj na ekosustav i ljudsko zdravlje prema europskoj skali. Metoda je bazirana na LCA metodi, komparativna, a raspolaže s više od 200 indikatora na okoliš za najčešće materijale i procese. Slika 6.1 prikazuje pojednostavljeni prikaz određivanja vrijednosti EKO-INDIKATORA.



Slika 6.1. Pojednostavljeni prikaz određivanja EKO-INDIKATORA [21]

ECO-it je alat koji je namijenjen kao potpora konstruktorima proizvoda i pakiranja. Za rad sa ovom aplikacijom nije potrebno opsežno ekološko znanje, te je jednostavna za uporabu. Na slici 6.2 dan je prikaz rezultata analize na primjeru proizvodnje aparata za kavu u kućanstvu. Može se primijetiti da se za svaki dio proizvoda procjenjuje utjecaj utroška materijala i utjecaj procesa izrade dijela.

<sup>25</sup> Prema opsežnosti, LCA analiza se dijeli na: brzi pregled, kratku internu LCA studiju, detaljnu studiju i kontinuiranu LCA



Item	Amount	Unit	Number	Score
Model 'Coffee-it'	1	p	1	1
Housing	1	p	1	1
PP	1	kg	1	1
Injection moulding (1)	1	kg	1	1
Glass jug	1	p	1	1
Glass (white)	0,4	kg	1	1
Heat gas (ind.furn.)	4	MJ	1	1
Aluminium riser pipe	1	p	1	1
Aluminium 0% Rec.	100	g	1	1
Extrusion - aluminium	100	g	1	1
Hot plate	1	p	1	1
Steel	0,3	kg	1	1
Cold roll into sheet	0,375	dm2	1	1

Slika 6.2. Prikaz rezultata analize u ECO-it računalnoj aplikaciji [21]

ECO-it koristi bazu podataka koja se sastoji od više od 200 eko-indikatora za najčešće korištene materijale (metale, polimere, papir, drvo, staklo,...), kao i najčešće procese u proizvodnji, transportu, dobavi energije i obradi otpada. Slika 6.3 pokazuje primjer pretraživanja baze podataka.

Category	Sub-category	Name	Unit	Prod.	Munic.	House	Rec.	Incin.	Land.
Materials	Metals	Blow foil extrusion PE	kg	2,1					
Energy	Plastics	Calendering PVC foil	kg	3,7					
Transport		Injection moulding (1)	kg	21					
Processing		Injection moulding (2)	kg	44					
		Milling,turning,drilli	dm3	6,4					
		Pressure forming	kg	6,4					
		React.Inj.Moulding-PUR	kg	12					
		Ultrasonic welding	m	0,098					
		Vacuum-forming	kg	9,1					

Comment: per kg PE, PP, PS, ABS, without production of material

Description: [4]

Slika 6.3. Primjer pretraživanja baze podataka unutar ECO-it [21]

U verziji programa ECO-edit, moguće je uređivanje vlastite baze podataka pomoću različitih metoda ocjenjivanja utjecaja na okoliš.

## 6.2. Sima-Pro [2], [21]

Sima-Pro je također proizvod tvrtke PRé Consultants, ali je znatno napredniji od ECO-it. To je profesionalan alat namijenjen prvenstveno većim sustavima, a služi za prikupljanje, analizu i praćenje utjecaja na okoliš proizvoda i usluga. Pomoću ove aplikacije moguće je modelirati životne cikluse vrlo kompleksnih proizvoda, pri tome u potpunosti poštujući zahtjeve međunarodnih normi iz serije ISO 14040. Sima-Pro se danas smatra najuspješnijim softwareom u području LCA, sa korisnicima u više od 60 zemalja svijeta.

Sima-Pro omogućuje rad u 3 različite verzije, ovisno o potrebama i ciljevima korisnika: [2]

### 1. Sima-Pro Compact

Verzija "*Compact*" vrlo je jednostavna za uporabu te je pogodna za upoznavanje sa aplikacijom.

*"System for Integrated Environmental Assessment of Products"*

### 2. Sima-Pro Analyst

Sima-Pro "*Analyst*" je verzija pogodna za uporabu od strane LCA eksperata, u slučaju kada je neophodno obraditi sve detalje životnog ciklusa promatranog proizvoda. Uz dodatne mogućnosti (kao što su analiza scenarija i Monte Carlo analiza), u odnosu na "*Compact*" verziju, glavna značajka joj je fleksibilnost.

### 3. Sima-Pro Developer

"*Developer*" verzija pogodna je za korištenje od strane konzultanata i LCA eksperata, u slučaju kada je potrebno razviti specijalno prilagođeni alat za točno specificirane potrebe proizvodnje, što omogućuju direktne Excel/ASP veze kojima je ova verzija nadograđena u odnosu na "*Analyst*" verziju. Excel/ASP veze omogućuju neposredno unošenje podataka iz baza kojima tvrtka raspolaže.

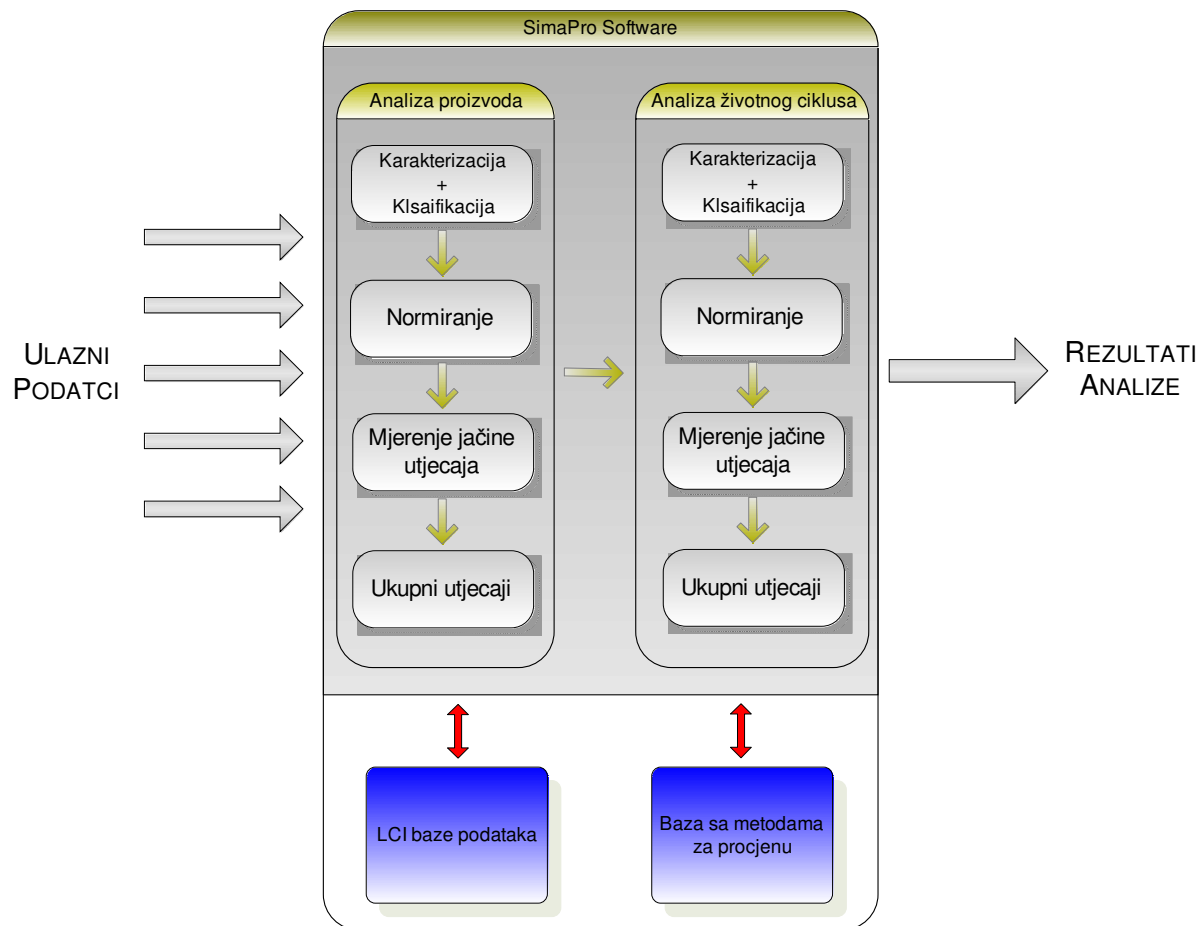
Ova verzija nadograđena je također i opcijom za izradu prilagođenih "*Wizarda*"<sup>26</sup> te COM sučeljem<sup>27</sup>.

Sve tri navedene verzije sadrže veći broj baza sa podacima koji obuhvaćaju veliki broj procesa (Ecoinvent v1.2, ETH-ESU 96, BUWAL 250, ...), te najznačajnije metode za procjenu utjecaja na okoliš (Eco-indicator 99, Eco-indicator 95, CML 92, ...).

---

<sup>26</sup> Wizard (čarobnjak) predstavlja određenu vrstu sučelja između korisnika i samog programa, koje korisniku pruža mogućnost da unese podatke o proizvodu prema kojima Wizard automatski modelira životni ciklus promatranog proizvoda te omogućuje postizanje traženih rezultata.

<sup>27</sup> Služi za povezivanje sa drugim računalnim aplikacijama (npr. CAD aplikacije).



**Slika 6.4. Shematski prikaz principa rada "Sima-Pro" računalne aplikacije [2]**

#### ULAZNI PODATCI [2]

- Definirana funkcionalna jedinica
- Definirana svrha i cilj provođenja analize
- Definirane granice sistema promatranog proizvoda
- Podatci o proizvodu i svim relevantnim procesima vezanim uz njega

Ulazni podaci su podaci koje definira i unosi korisnik, s tim da je moguće, za podatke navedene u posljednjoj točki – podatci o proizvodu i relevantnim procesima vezanim uz njega, upotrijebiti predefinirane baze koje su sastavni dio programskog paketa "SimaPro" (Ecoinvent v1.2, ETH-ESU 96, BUWAL 250, ...).

Nadalje, bitno je napomenuti kako, u slučaju da je cilj provođenja analize usporedba dva proizvoda ili pak samo analiza kritičnih točaka utjecaja na okoliš, a ne modeliranje i razmatranje cijelog životnog ciklusa proizvoda, nije potrebno realizirati prvu od gore navedenih točaka (definiranje funkcionalne jedinice).

#### REZULTATI ANALIZE (IZLAZNI PODATCI) [2]

Izlazni podaci, u okviru "SimaPro" kompjuterske aplikacije, proračunavaju se prema metodi ekoloških indikatora i prikazuju u vidu dijagrama ili pak tablica, za svaki od standardnih koraka LCA analize.

### LCI BAZE PODATAKA KOJE KORISTI SIMA-PRO : [21]

- Ecoinvent v2
- Japanese Input Output database
- US Input Output database
- Danish Input Output database
- Dutch Input Output database
- Industry data
- LCA food database
- ETH-ESU 96
- BUWAL 250
- IDEMAT 2001
- Franklin US LCI database
- Data archive
- IVAM database

### METODE PROCJENE UTJECAJA NA OKOLIŠ: [21]

- Eco-indicator 99
- Eco-indicator 95
- CML 1992
- CML 2 baseline method (2000)
- EDIP/UMIP (*Environmental Design of Industrial Products*)
- EPS 2000 (*Environmental Priority Strategies in product design*)
- Ecopoints 1997
- TRACI
- Impact 2002+
- Cumulative Energy Demand (CED)
- IPCC Greenhouse gas emissions

"SimaPro" računalna aplikacija za provedbu LCA analize pruža korisnicima slijedeće mogućnosti: [2]

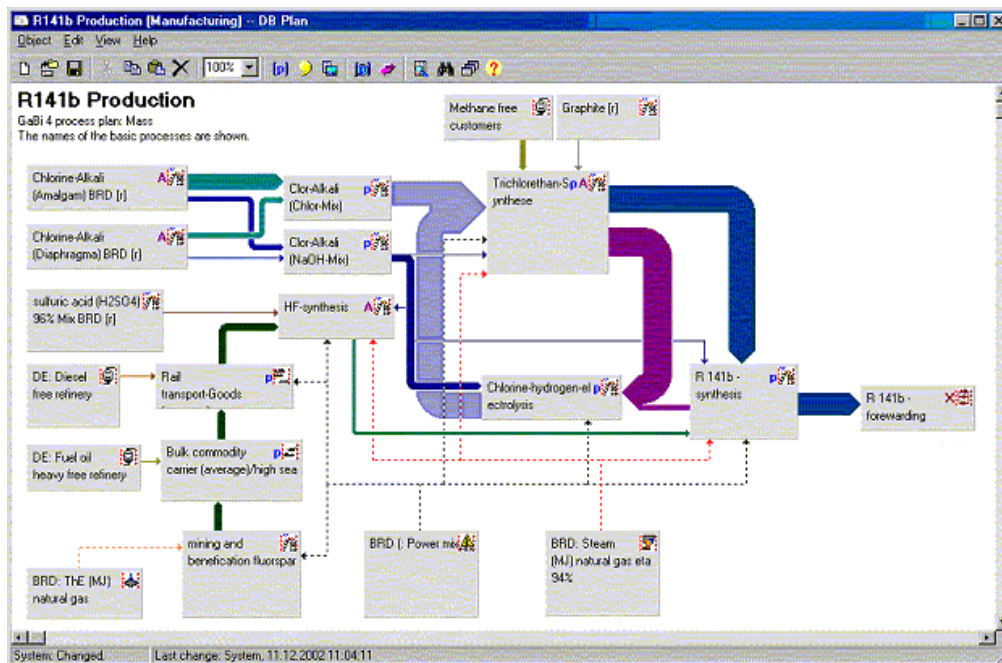
- Analiza proizvoda (uzima se u obzir samo faza proizvodnje i pripadajući procesi te njihov sadržaj)
- Analiza cijelog životnog ciklusa proizvoda
- Usporedba dva ili više proizvoda
- Procjena neizvjesnosti i osjetljivosti rezultata pomoću metode Monte Carlo

### 6.3. GaBi [22]

GaBi je računalna aplikacija nastala suradnjom njemačke tvrtke PE Europe GmbH i Sveučilišta u Stuttgartu, prije petnaestak godina. Od tada se kontinuirano razvija i danase se primjenjuje praktički u cijelom svijetu.

GaBi koristi metodu procjene utjecaja na okoliš zvanu EDIP (*Environmental Design of Industrial Products*), te istoimenu bazu podataka, oboje nastale pod okriljem institucija danske vlade.

Kao i ranije spomenute aplikacije, korisnik modelira proizvodni sustav pomoću grafičkog sučelja, u obliku dijagrama toka, kao što je pokazano primjerom na slici 6.5. Manipulacijom dijagrama toka korisnik određuje hoće li se analizirati cijeli proizvodni sustav, ili koji od njegovih dijelova, te hoće li se prikazati tokovi energije, materije ili oboje.



Slika 6.5. Grafički prikaz proizvodnog sustava u računalnoj aplikaciji GaBi [22]

GaBi je pogodan za sve razine opsežnosti LCA analize, te je zbog preglednosti rezultata analize jednako pogodan za internu uporabu, kao i za prezentaciju vanjskim zainteresiranim stranama. Rezultati analize prikazuju se tablično (slika 6.6), ili grafički pomoću Monte Carlo simulacije (slika 6.7).

R141b Production [Balances] - Balance

Object Edit View Tools Help

Name: R141b Production Rows: 3 Columns: All

Quantity Evaluation Quantity view Unit Normalization In/out aggregation Absolute values

Mass kg not filtered

LCA LCC LCWT

Inputs

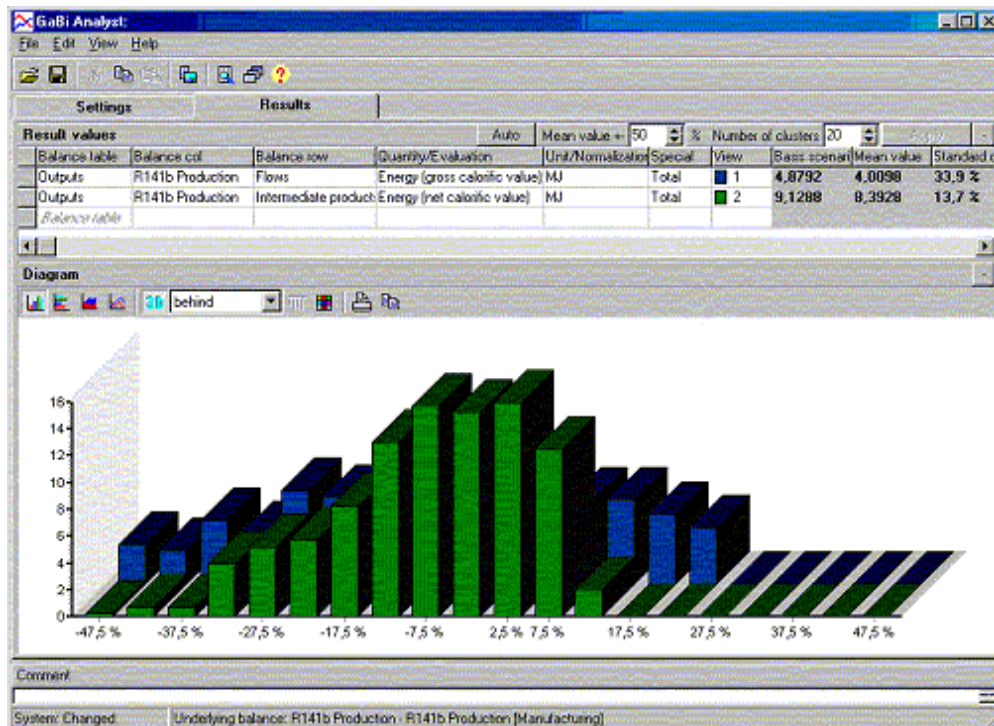
	R141b Production	BRD (AL+NL)	BRD: Steam (I)	BRD: The (M)	Bulk: commodi	Chlorine-Alkali	Chlorine-Alkali	Chlorine-Alkali
Flows	459,78	199,78	0,35694	0,0090401	2,2393E-5	203,18	45,999	1,89E
Resources	347,45	199,78	0,35694	0,0090401		107,08	34,441	
Energy resources	3,1644	1,5511	0,26888	0,0082826		0,65531	0,22372	
Material resources	344,29	198,22	0,088068	0,00075742		106,42	34,217	
Valuable substances	112,33				2,2393E-5	96,103	11,557	1,89E
Materials	112,33					96,103	11,557	1,89E

Outputs

	R141b Production	BRD (AL+NL)	BRD: Steam (I)	BRD: The (M)	Bulk: commodi	Chlorine-Alkali	Chlorine-Alkali	Chlorine-Alkali
Flows	349,02	197,12	0,60919	0,021229	7,4410E-5	103,27	32,953	1,1
Deposited goods	24,14	17,745	0,00025781	7,9426E-6		4,1986	1,4064	
Consumer waste	0,053323	0,0024681	0,00023013	7,0898E-6		0,034164	0,011935	
Hazardous waste	0,024217	0,00014818	5,4572E-9	1,6000E-10		0,010543	0,0036686	
Radioactive waste	0,0075278	0,0048569				0,0019141	0,00065243	
Stockpile goods	24,055	17,737	2,7679E-5	8,5263E-7		4,152	1,3902	
Emissions to air	25,135	2,0142	0,61201	0,018076	7,4410E-5	13,298	2,5116	0,1
Heavy metals to air	4,7487E-5	1,2174E-5	2,3511E-9	7,2422E-11		7,1857E-6	1,5579E-6	
Inorganic emissions to air	6,9475	2,009	0,6116	0,018838	7,4317E-5	1,234	0,41865	8,1
Organic emissions to air (group VOC)	3,1476	0,0041965	0,0011763	3,624E-5	5,5904E-8	0,005136	0,0017435	
Other emissions to air	15,038					12,058	2,0911	
Particles to air	0,0022683	0,00098338	3,1925E-5	9,8366E-7	4,4787E-8	0,00051967	0,00017908	
Emissions to water	294,70	177,34	0,076127	0,0023453		84,101	20,597	0,1
Analytical measures to water	0,0010328	0,00020697	0,0002393	7,3727E-6		0,00013377	4,465E-5	
Heavy metals to water	3,4159E-5	1,7104E-5	7,6382E-10	2,3532E-11		1,1252E-5	3,8835E-6	

System: Changed. Last change: System, 11.12.2002 12:16:22

Slika 6.6. Tablični prikaz rezultata LCA analize u računalnoj aplikaciji GaBi [22]



Slika 6.7. Grafički prikaz usporedbe dvije alternative u računalnoj aplikaciji GaBi [22]

## 6.4. EIO-LCA [23]

EIO-LCA (the Economic Input-Output Life Cycle Assessment) je prvenstveno metoda koja procjenjuje potrebe resursa (materijala i energije), kao i emisije u okoliš, koje su rezultati aktivnosti u okviru ekonomije nekog područja. Ovu metodu je razvio američki ekonomist Wassily Leontief 70ih godina prošlog stoljeća, te je za nju dobio Nobelovu nagradu iz područja ekonomije. Metoda je pretvorena u računalnu aplikaciju na američkom sveučilištu Carnegie Mellon University.

EIO-LCA alat se koristi i on-line okruženju, za brzu i jednostavnu ekološko-ekonomsku procjenu proizvoda i usluga, kao i njihovih kompletnih dobavnih lanaca (odnosno proizvodnih sustava). Korištenje alata je besplatno za nekomercijalnu upotrebu.

Valja napomenuti kako EIO-LCA izračunava utjecaj na okoliš proizvodnje nekog novčanog iznosa proizvoda (ili usluge). Najčešće se uzima analiza utjecaja na okoliš nekog proizvoda u vrijednosti od milijun američkih dolara. Kako su ekonomije različitih zemalja po svojoj naravi specifične, napravljeni su različiti modeli za različite zemlje. Za sada su dostupni modeli za nekoliko saveznih država SAD-a, Kanadu, Njemačku i Španjolsku.

Upotrebu alata će biti ukratko opisana na slijedećem primjeru: Traži se emisija stakleničkih plinova kod proizvodnje strojeva za savijanje čeličnog lima u vrijednosti od milijun dolara. Odabran je model njemačke ekonomije, zbog geografske bliskost. Potrebno je odabrati industrijsku grupu *strojogradnja* (Engines and Machinery), zatim sektor *proizvodnje strojeva za deformaciju metala* (Metal forming machine tool manufacturing), što je prikazano na slici 6.8.

The screenshot displays the EIO-LCA application interface. At the top, there are two buttons: "Browse Models" and "Create Custom Model". Below them, the text reads "Industry Benchmark US Dept of Commerce EIO model from 1997 (491 x 491)". A dropdown menu shows "German EIO Model" with a "Change Model" button next to it. A search box for sectors is present with a "Search" button. On the right, there is a "Documentation" section with links to "The sectors of the economy used in this model", "The environmental, energy, and other data used and their sources", and "About the EIO-LCA method.". A note states "This sector list was contributed by Green Design Institute." Below this is a "Browse Sectors" section with a "Select this Sector and Display Model" button. It features two columns: "Industry Group List" and "Industry Sectors". The "Industry Group List" includes categories like Construction, Food, Beverage, and Tobacco, Textiles, Apparel, and Leather, Wood, Paper, and Printing, Petroleum, Coal, and Basic Chemical, Resin, Rubber, Artificial Fibers, Agric. and Pharm., Paint, Coating, Adhesives, Cleaning and Other Chem., Plastic, Rubber and Nonmetallic Mineral products, Ferrous and Nonferrous Metal Production, Cutlery, Handtools, Structural and Metal Containers, Ordnance and Other Metal Products, Engines and Machinery (highlighted), Computers, Audio, Video and Communications Equipment, Semiconductors, Electronic Equipment, Media Reproduction, and Lighting, Elec. Components, Batteries and Other. The "Industry Sectors" column lists various manufacturing sectors, with "Metal forming machine tool manufacturing" highlighted.

Slika 6.8. Odabir modela, industrijske grupe i sektora u računalnoj aplikaciji EIO-LCA [23]

Nakon odabira specifičnog sektora, odabire se željena kategorija utjecaja. Ponuđene kategorije su: ekonomska aktivnost, konvencionalni zagađivači zraka, staklenički plinovi, energija, toksične emisije i zaposlenost. U ovom koraku odabiremo kategoriju *staklenički plinovi*, što je prikazano slikom 6.9.

**Sector** #333513: Metal forming machine tool manufacturing (*View Description*)

**Economic Activity:** \$1 Million Dollars

1 Million Dollars

**Displaying:** Greenhouse Gases

- Economic Activity
- Conventional Air Pollutants
- Greenhouse Gases
- Energy
- Toxic Releases
- Employment

**Number of Sectors:** Top 10

Top 10

Select

**Documentation:**

[The sectors of the economy used in this model.](#)

[The environmental, energy, and other data used and their sources.](#)

[Frequently asked questions about EIO-LCA.](#)

**This sector list was contributed by Green Design Institute.**

	<b>Sector</b>	<b>GWP</b> <small>MTCO2E</small>	<b>CO2</b> <small>MTCO2E</small>	<b>CH4</b> <small>MTCO2E</small>	<b>N2O</b> <small>MTCO2E</small>	<b>CFCs</b> <small>MTCO2E</small>
	<i>Total for all sectors</i>	487.	426.	42.4	4.64	13.9
221100	Power generation and supply	148.0	146.0	0	0	1.78
331111	Iron and steel mills	81.8	81.8	0	0	0
333513	Metal forming machine tool manufacturing	61.5	61.5	0	0	0
484000	Truck transportation	25.3	24.9	0.039	0.348	0
562000	Waste management and remediation services	21.7	3.42	18.2	0.026	0
212100	Coal mining	11.5	0.767	10.8	0	0
327410	Lime manufacturing	8.77	8.77	0	0	0
481000	Air transportation	8.56	8.46	0.011	0.091	0
211000	Oil and gas extraction	7.57	1.27	6.30	0	0
S00202	State and local government electric utilities	6.34	6.34	0	0	0

[Download](#)

[View map](#)

**Slika 6.9.** Odabir kategorije utjecaja i prikaz 10 najznačajnijih rezultata u računalnoj aplikaciji EIO-LCA [23]

Kao rezultat biti će prikazano 10 sektora (broj sektora definira korisnik) koji najviše utječu na odabranu kategoriju utjecaja. U kategorije stakleničkih plinova dani su podatci (izraženi u tonama ekvivalenta ugljik-dioksida) za slijedeće: GWP (Global Warming Potential – potencijal globalnog zagrijavanja), CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CFC.

Prvi redak u tablici rezultata daje ukupnu procijenjenu emisiju pojedinog plina. U promatranom slučaju, prema EIO-LCA alatu, 10 najznačajnijih procesa po kriteriju emisije stakleničkih plinova su: *proizvodnja i dobava energije* (1), *proizvodnja čelika u čeličanicama* (2), *proizvodnja strojeva za deformiranje čelika* (3), *transport kamionima* (4), *upravljanje otpadom* (5), *iskop ugljena* (6), *proizvodnja vapna za potrebe čeličane* (7), *transport zrakom* (8), *ekstrakcija nafte i zemnog plina* (9), *državna ili lokalna električna infrastruktura* (10).

Ovi podatci mogu se koristiti kao osnova za odluke na koja se je područja potrebno fokusirati pri razvoju novog proizvoda. U navedenom primjeru, očito je da je potrebno u prvom redu poraditi na energetskej učinkovitosti proizvodnog procesa, kao i samog proizvoda u fazi uporabe.



## 6.5. IDEMAT [24]

IDEMAT je računalna aplikacija nastala na nizozemskom sveučilištu "Delft University of Technology". To je alat koji služi za odabir materijala u procesu konstrukcije. Iako ne daje pregled cijelog životnog ciklusa, može biti koristan u provedbi LCA analize. IDEMAT sadrži vlastitu bazu podataka sa svim relevantnim svojstvima materijala, s naglaskom na njihov utjecaj na okoliš. Pomoću ove aplikacije može se relativno jednostavno uspoređivati svojstva različitih materijala, ili pretraživati materijale na temelju definiranih zahtjeva.

Slika 6.10 prikazuje primjer prikaza svojstava odabranog materijala. Na raspolaganju su podatci o cijeni, mehaničkim svojstvima, električnim svojstvima, kao i podatci o njihovom utjecaju na okoliš. Naravno, podatci se mogu uređivati i nadopunjavati. Između ostalog, ova aplikacija koristi i već spomenutu metodu ocjenjivanja utjecaja na okoliš EKO-INDIKATOR.

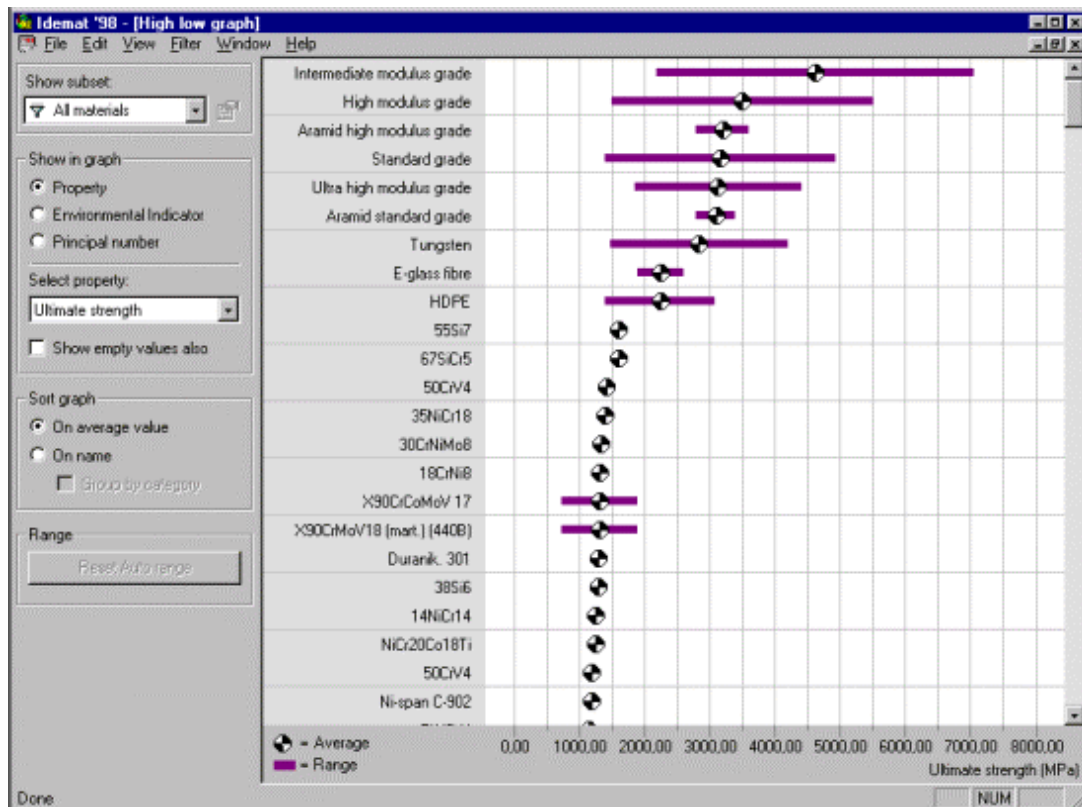
The screenshot shows the IDEMAT software interface. On the left is a tree view of materials, with 'Aluminium (wrought)' > 'Al99.9 (1090)' selected. The main window displays a table of properties for this material, including mechanical, physical, and electrical characteristics. To the right, an 'Environmental indicator' table shows scores for various indicators like Eco indicator 95, EPS, and Energy content. Below the indicators are progress bars for 'Quality environm. data' and 'Reliability', and a note that the material is 'quality very suited for anodising'.

Property	Min	Max	Unit
Price	2,45	2,73	NLG
Youngs modulus	70000	70000	MPa
Shear modulus	27000	27000	MPa
Ultimate strength	40,00	100,00	MPa
Ultimate strain	5,00	33,00	
Compressive strength			
Creep strength			
Fatigue			
Flexible strength			
Hardness	15,00	25,00	Brinell
Impact strength			
Yield strength	70,00	80,00	MPa
Thermal expansion	24,00	24,00	e-6/K
Thermal conductivity	220,00	220,00	W/m.K
Specific heat	960,00	960,00	J/kg.K
Melting temperature	658	660	°C
Glass temperature			
Service temperature			
Density	2710,00	2710,00	kg/m³
Resistivity	2,800e-002	2,800e-002	Ohm.mm²/m
Breakdown potential			
Electrochemical potential	-1,66	-1,66	V
Dielectric loss factor			
Friction coefficient			
Refraction index			
Thickness			
Shrinkage			

Environmental indicator *	Score
Eco indicator 95	19,60 mPt
EPS	2990 ELU
Exergy In / Exergy Out	4,86 MJ/MJ
Energy content (GER)	155,00 MJ
Raw materials input	8,91 kg
Solid	0,08 kg

Slika 6.10. Prikaz svojstava odabranog materijala u računalnoj aplikaciji IDEMAT [24]

Usporedbu svojstava različitih materijala moguće je prikazati grafički (slika 6.11), ili tablično, gdje je moguće istovremeno usporediti veći broj svojstava materijala (slika 6.12).



Slika 6.11. Grafička usporedba čvrstoće odabranih materijala u računalnoj aplikaciji IDEMAT [24]

Name	Price	Yield strength	Eco indicator 95
Aramid high modu...	60,00 <> 80,00 ...	2800,00 <> 360...	28,30 mPt
Aramid standard g...	40,00 <> 50,00 ...	2800,00 <> 340...	28,30 mPt
HDPE	60,00 <> 120,00...	1400,00 <> 309...	
Decor glass	2,08 <> 5,95 NLG		
Float glass	4,92 <> 8,05 NLG		
Thermal toughen...	12,78 <> 19,88 ...		
Wire glass	2,68 <> 10,74 N...		
Glare1 3/2-0.3	< 80,00 NLG	333,00 <> 545,0...	31,90 mPt
Glare3 3/2-0.2		283,00 <> 305,0...	27,10 mPt
Glare3 6/5-0.4			24,10 mPt
Glare4 6/5-0.4			85,30 mPt
UP 25% gl.mat			
UP 45% gl.mat			
Hylike 2/1-0.2 (soft)	< 16,60 NLG	35,00 MPa	18,60 mPt
Hylike 2/1-0.2 (hard)	< 20,00 NLG	100,00 MPa	18,60 mPt
SMC			
GG-15	1,75 <> 2,01 NLG		2,02 mPt
GG-35	1,75 <> 2,01 NLG		2,02 mPt
GTS-35-10	7,00 <> 7,52 NLG	200,00 MPa	2,02 mPt
GTS-65-02	7,00 <> 7,52 NLG	380,00 <> 430,0...	2,02 mPt
GTS-70-02	7,00 <> 7,52 NLG	500,00 <> 550,0...	2,02 mPt
GGG 40	3,85 <> 4,20 NLG	250,00 MPa	2,02 mPt
GGG 60	3,85 <> 4,20 NLG	340,00 <> 360,0...	2,02 mPt
GGG 70	3,85 <> 4,20 NLG	380,00 <> 400,0...	2,05 mPt
GGL-NiCr15 6 2			20,40 mPt
GGG-NiCr20 2		210,00 MPa	25,20 mPt
GGG-NiCr20 4 2		220,00 MPa	25,20 mPt
X7CrAl13 (ferr.) (4...	6,13 <> 7,00 NLG	250,00 <> 400,0...	4,38 mPt
X8Cr17 (ferr.) (430)	6,13 <> 7,00 NLG	290,00 <> 430,0...	4,44 mPt
X10Cr13 (mart.) (4...	8,75 <> 11,03 N...	300,00 <> 450,0...	4,93 mPt
X12Cr13 (mart.) (4...	6,13 <> 7,88 NLG	275,00 <> 700,0...	4,35 mPt
X20Cr13 (mart.) (4...	4,99 <> 7,00 NLG	350,00 <> 550,0...	4,39 mPt
X22CrNi17 (mart.)...	6,13 <> 7,88 NLG	600,00 MPa	7,95 mPt
X30CrMoV18 (ma...	11,90 <> 14,00 ...	425,00 <> 1850...	4,51 mPt
X12CrNi 17 7 (au...	9,97 <> 11,90 N...	280,00 <> 970,0...	4,35 mPt
X10CrNiS 18 9 (a...	6,13 <> 7,88 NLG	240,00 <> 520,0...	21,10 mPt
X5CrNi18 10 (au...	6,13 <> 7,88 NLG	290,00 <> 550,0...	23,00 mPt

Slika 6.12. Tablična usporedba odabranih materijala u računalnoj aplikaciji IDEMAT [24]

Broj računalnih aplikacija iz područja procjene životnog ciklusa proizvoda konstantno raste. Korisno je spomenuti još neke od češće korištenih, kao što su: TEAM (proizvod tvrtke ECOBILAN), UMBERTO (proizvod njemačke tvrtke IFU). Postoje i brojne aplikacije koje su specijalizirane za određeno područje primjene. Tako je, na primjer, KCL-LCA specijalizirana za LCA analize u industriji papira.

## 7. LCA ANALIZA ODABRANOG PRIMJERA PROIZVODA

U ovom poglavlju biti će provedena LCA analiza na odabranom primjeru, aparatu za kavu namijenjenom za kućanstvo, prikazanom na slici 7.1.



**Slika 7.1. Aparat za kavu namijenjen za domaćinstvo [21]**

U analizi je korištena računalna aplikacija ECO-it (detaljnije opisana u poglavlju 6.2). ECO-it se bazira na metodi procjene utjecaja na okoliš zvanj ECO-INDICATOR. Općenito se smatra da je ta metoda puno korisnija za konstruktore nego za ekološke stručnjake. To je iz razloga što ta metoda daje procjenu ukupnog utjecaja na okoliš, bez diferenciranja na koje se kategorije utjecaja odnosi, te u kojim omjerima. Takva informacija daje konstruktoru brz uvid u "problematične" dijelove proizvoda ili proizvodnog procesa, te mu daje mogućnost pravovremene reakcije.

ECO-it je aplikacija vrlo pristupačna korisniku, jednostavna za uporabu, ali valja biti oprezan u interpretaciji rezultata, upravo zbog navedenih nedostataka metode ECO-INDICATOR. Za detaljnije analize pogodniji je, na primjer Sima-Pro, koji razvrstava ukupni utjecaj nekog procesa na specifične kategorije utjecaja (npr. doprinos globalnom zatopljenju, zakiseljavanje tla,...).

U nastavku slijedi detaljniji opis metode procjene utjecaja na okoliš "ECO-INDICATOR 99".

## 7.1. METODA "ECO-INDICATOR 99" [21]

Prvobitna metoda ECO-INDICATOR 95 je osmišljena kao metoda za ocjenjivanje utjecaja na okoliš (treća faza procjene životnog ciklusa, LCIA), i to kao potpora za razvoj proizvoda, sa svrhom postizanja čistije proizvodnje. Ono što je rezultat ove metode naziva se eko-indikator, što je bezdimenzionalni broj (izražava se u bodovima), koji označava ukupni procjenjeni utjecaj na okoliš nekog procesa. Jedan bod je ekvivalent jedne tisućine godišnjeg opterećenja okoliša prosječnog Europljanina.

Metoda ECO-INDICATOR 99 predstavlja unapređenje starije ECO-INDICATOR 95, gdje se uzima u obzir više kategorija utjecaja na okoliš, te je ocjenjeno više procesa. Tablice sa popisom eko-indikatora za određene procese nalaze se u Prilogu II. Već je spomenuto da je iz samog eko-indikatora nemoguće isčitati na koje se kategorije utjecaja dijeli, i u kojim omjerima. Iako se ta diferencijacija itekako uzima u obzir prilikom određivanja eko-indikatora, cilj je pojednostavniti upotrebu ove metode onome kome je namjenjena, a to su osobe zadužene za razvoj proizvoda.

### 7.1.1. METODOLOGIJA ODREĐIVANJA EKO-INDIKATORA PREMA METODI "ECO-INDICATOR 99" [21]

Da bi se izračunala vrijednost eko-indikatora, provode se slijedeći tri koraci (slika 6.1.):

1. Popisivanje svih relevantnih emisija, ekstrakcija sirovina i iskorištavanja zemljišta u svim procesima koji sačinjavaju životni ciklus proizvoda.
2. Izračunavanje svih šteta koje ti procesi uzrokuju ljudskom zdravlju, kvaliteti ekosustava i prirodnim resursima.
3. Donošenje ocjene o utjecaju na ljudsko zdravlje, kvalitetu ekosustava i prirodne resurse.

Ad 1.

Ovdje su u najvećoj mjeri korištene već postojeće baze podataka, koje su napravljene na nacionalnim razinama nekoliko europskih zemalja. Rezultat je oko 200 eko-indikatora za najčešće korištene procese.

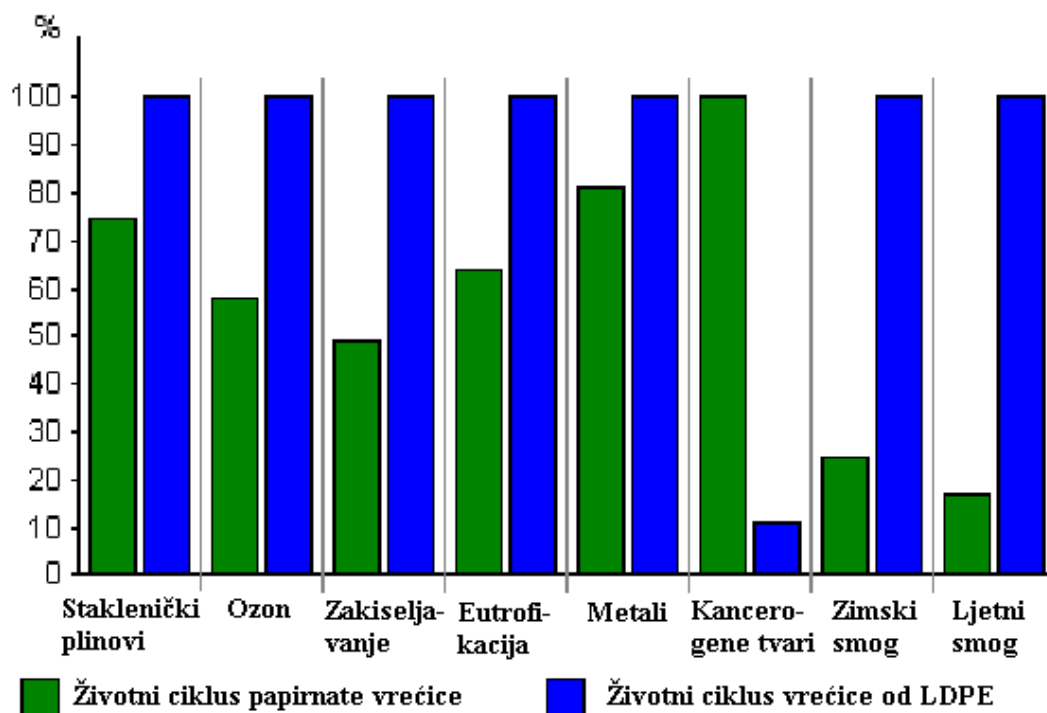
Ad 2.

Postoje konkretni modeli proračunavanja utjecaja većine emisija štetnih tvari, ali i ostalih tokova materijala i energije, specifičnih za određeni proces.

Ad 3.

LCA analiza najčešće definira desetak ili više kategorija utjecaja na okoliš. Delegiranje tokova materijala i energije po tim kategorijama je vremenski zahtjevan i stručan posao. Stoga metoda ECO-INDICATOR 99 svodi sve na tri karakteristične kategorije: utjecaj na ljudsko zdravlje, štetu načinjenu ekosustavu i osiromašenje prirodnih resursa.

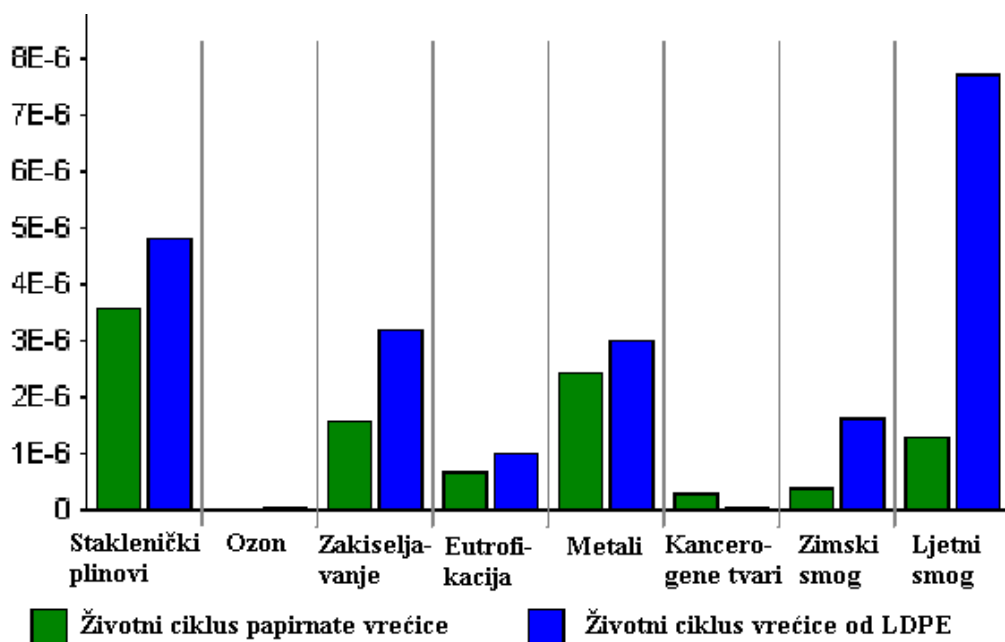
Da bi se prikazao proces određivanja eko-indikatora, može se promotriti primjer usporedbe životnih ciklusa papirnate vrećice i vrećice od polimernog materijala LDPE (polietilen niske gustoće). Na temelju rezultata faze popisivanja i analize podataka, određen je niz kategorija utjecaja na okoliš (efekt staklenika, osiromašenje ozonskog omotača, ...). Slika 7.2 prikazuje usporedbu životnih ciklusa ta dva proizvoda po kriterijima utjecaja, s tim da je značajnijem utjecaju dodijeljena vrijednost od 100 %. Taj postupak naziva se **klasifikacija**.



**Slika 7.2. Usporedba životnih ciklusa papirnate vrećice i vrećice od LDPE po kategorijama utjecaja [21]**

Vidljivo je da je u većini kategorija papirnata vrećica bolja, ali tijekom životnog ciklusa uzrokuje oko deset puta veću emisiju kancerogenih tvari od druge vrećice. Stoga se ne može sa sigurnošću tvrditi da je ona bolja opcija.

Slijedeći korak je **normalizacija** podataka. Skala od 100% je prilično beskorisna, jer ne određuje radi li se o vrlo malom ili vrlo velikom utjecaju na okoliš. Zbog toga se u ovom koraku podatci izražavaju u dijelovima utjecaja koji uzrokuje prosječan Europljanin u jednoj godini (slika 7.3). Tako se može isčitati da 1000 papirnatih vrećica uzrokuje oko 0.3% emisije stakleničkih plinova u odnosu na doprinos prosječnog Europljanina kroz godinu dana.



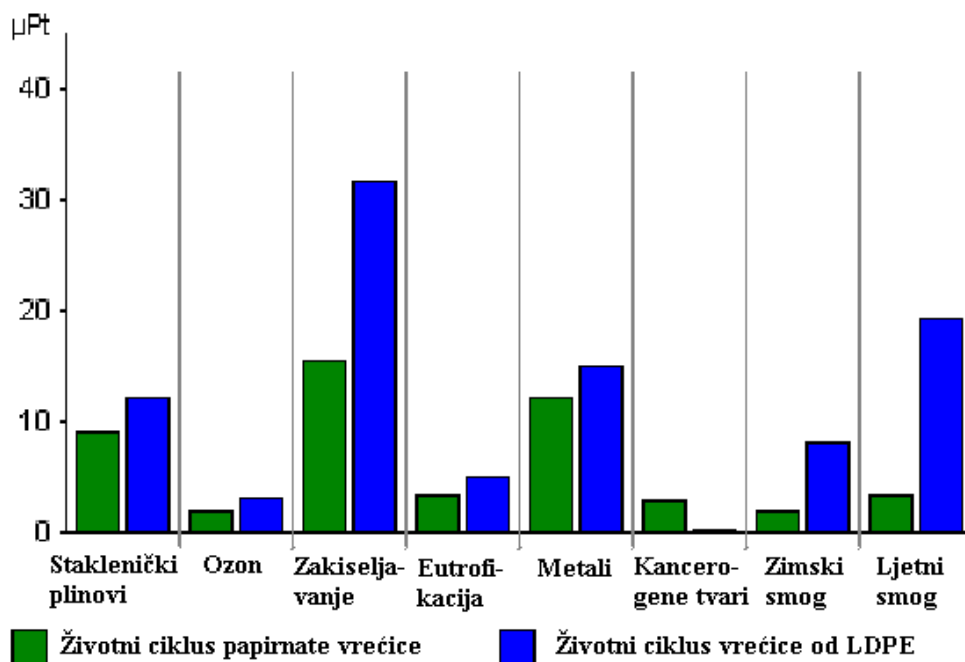
**Slika 7.3. Usporedba normaliziranih podataka o životnim ciklusima papirnate vrećice i vrećice od LDPE po kategorijama utjecaja [21]**

Normalizirani podatci još uvijek ne mogu dati usporedbu različitih kategorija utjecaja, jer nije poznato koja kategorija ima veću važnost. Zbog toga su napravljene **faktori ocjenjivanja** značaja određenih kategorija utjecaja, koji su konvencionalno usvojeni od ekoloških stručnjaka. Neki karakteristični faktori ocjenjivanja dani su u tablici 7.1.

**Tablica 7.1. Karakteristični faktori ocjenjivanja značaja kategorija utjecaja [21]**

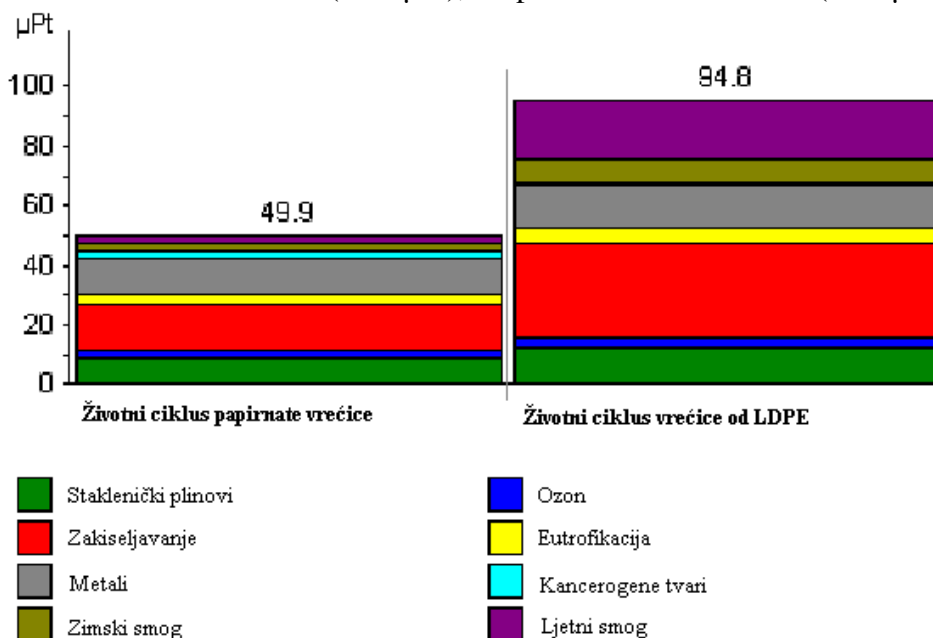
Kategorija utjecaja	Faktor ocjenjivanja
Efekt staklenika	2.5
Osiromašenje ozona	100
Zakiseljavanje okoliša	10
Eutrofikacija	5
Ljetni smog	2.5
Zimski smog	5
Pesticidi	25
Raspršeni teški metali	5
Kancerogene tvari	10

Dakle, kada se broj dobiven u fazi normalizacije pomnoži sa faktorom ocjenjivanja, dobije se tzv. bod (Pt). Utjecaji na okoliš izraženi u bodovima prikazani su grafički na slici 7.4. Pomoću ovakvih podataka različite kategorije utjecaja su sada usporedive.



Slika 7.4. Usporedni rezultati u mikrobodovima životnih ciklusa papirnate vrećice i vrećice od LDPE po kategorijama utjecaja [21]

Takvi rezultati pojedinih kategorija utjecaja sada se mogu zbrojiti, te se dobije iznos eko-indikatora izražen u bodovima, odnosno u ovom slučaju u mikrobodovima. Na slici 7.5 vidljivo je da je papirnata vrećica ekološki prihvatljivija, jer je njezin životni ciklus ocjenjen sa manjim iznosom eko-indikatora (49.9 µPt), naspram vrećice od LDPE (94.8 µPt).



Slika 7.5. Usporedni rezultati eko-indikatora u mikrobodovima životnih ciklusa papirnate vrećice i vrećice od LDPE [21]



### 7.1.2. OPIS STANDARDNIH EKO-INDIKATORA [21]

Osobe zadužene za razvoj proizvoda, a koje žele koristiti LCA analizu s ciljem ekološkog unaprjeđenja proizvoda, suočene su sa slijedećim problemima: [21]

1. Prikupljanje ekološki relevantnih podataka vezanih za životni ciklus proizvoda je kompleksan i dugotrajan posao, te često nadilazi vrijeme potrebno za razvoj proizvoda.
2. Rezultate LCA analize relativno je teško interpretirati na način da se može sa sigurnošću reći da je jedna opcija bolja od druge. Najčešće se događa da je jedna opcija bolja za neke kategorije utjecaja, dok je za ostale lošija.

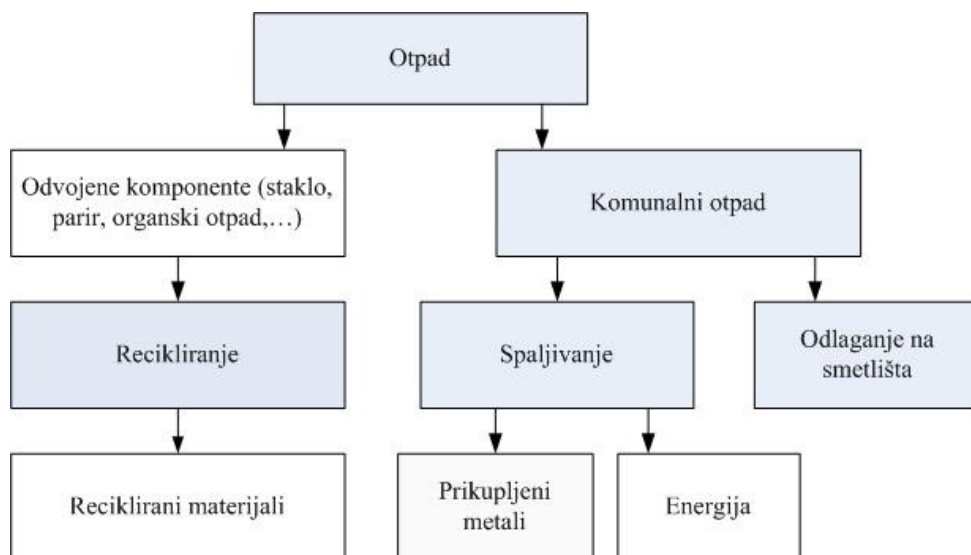
Metoda ECO-INDICATOR je osmišljena da riješi te probleme na slijedeće načine: [21]

1. Podatci su prikupljeni iz postojećih baza podataka za najčešće korištene procese i materijale, te su pomoću njih određene vrijednosti eko-indikatora. Na taj način se povećala brzina i jednostavnost analize, ali na štetu točnosti rezultata (npr., proces lijevanja aluminijske legure uzrokuje različite emisije u različitim uvjetima, ovisno o opremi, organizaciji proizvodnje, podneblju i sl.). Materijali i procesi su definirani tako da se slažu poput blokova, bez mogućnosti da se neka izmjena tvari ili energije u analizi izostavi, ili uvrsti više puta. Tako, na primjer, postoji zasebni eko-indikator za proizvodnju kilograma materijala poli-etilena (granulata), njegovo injekcijsko prešanje, te njegovo spaljivanje, itd.
2. Određeni su faktori ocjenjivanja značaja svake kategorije utjecaja na okoliš, pomoću kojih se dobije jedinstven rezultat, eko-indikator. U tablici 7.1 dani su primjeri faktora ocjenjivanja za nekoliko karakterističnih kategorija utjecaja na okoliš.

Vrijednosti standardnih "eko-indikatora 99" su dostupne za slijedeće skupine procesa: [21]

- **Proizvodnja materijala.** Indikatori se baziraju na proizvodnim procesima potrebnim za dobivanje jednog kilograma materijala. Ti procesi uključuju sve od ekstrakcije sirovine, do rezultirajućeg poluproizvoda. Za polimerne materijale to najčešće uključuje sve procese od vađenja sirove nafte, do dobivanja polimernog granulata ekstrudiranjem. U slučaju čeličnog lima, ti procesi sežu od iskopa ruda, do valjanja čelika u limene trake. Transportni procesi se uzimaju u obzir. Proizvodnja kapitalnih dobara (strojeva, građevina i sl.) potrebnih za proizvodnju materijala se ne uzimaju u obzir, jer bi u tom slučaju granice sustava bile preopsežne, što bi previše zakompliciralo analizu.
- **Proizvodni procesi.** Uključuju procese prerade i obrade materijala, u iznimnim slučajevima i montažu. Svaki proces se izražava u primjerenim jedinicama. Na primjer, eko-indikator za proces ekstrudiranja polimera se izražava u bodovima po kilogramu (Pt/kg). Ovdje se uzimaju u obzir tokovi koje uzrokuju sami procesi, kao i tokovi kod proizvodnje potrebne energije te transportnih procesa između faza unutar proizvodnog procesa. Proizvodnja kapitalnih dobara se ne uzima u obzir.
- **Transportni procesi.** Ovdje se razmatra transport između faza životnog ciklusa, npr. transport materijala između skladišta proizvođača materijala i proizvodnog pogona u kojem se materijal obrađuje. Transportni procesi izražavaju se u bodovima po toni i kilogramu (Pt/t kg). U obzir se uzimaju tokovi koji nastaju prilikom ekstrakcije i proizvodnje potrebnog goriva, kao i tokovi koji nastaju prilikom samog transporta.

- **Procesi proizvodnje energije.** Ovi procesi uključuju tokove nastale prilikom ekstrakcije i prerade goriva potrebnih za proizvodnju energije (uzimaju se prosječne vrijednosti za neko područje), kao i tokovi nastali prilikom same konverzije i distribucije energije.. Eko-indikatori za ove procese se izražavaju se u bodovima po isporučenoj jedinici energije (električne, toplinske,...), npr Pt/MJ ili Pt/kWh.
- **Procesi zbrinjavanja otpada.** Zbrinjavanje otpada je podjeljeno na pet mogućih scenarija. Scenarij *kućanskog otpada* predviđa manji dio otpada koji se odvaja za reciklažu, dok ostatak odlazi u komunalni otpad (uzeti su podaci o prosječnom europskom kućanstvu). Scenarij *komunalnog otpada* predviđa da će dio otpada biti spaljen, a dio odložen na smetlište. Transport komunalnog otpada također se uzima u obzir. Scenarij *spaljivanja komunalnog otpada* uzima u obzir podatke o prosječnoj švicarskoj spalionici otpada iz 2000. godine. Ovdje je potrebno uzeti u obzir (osim štetnih emisija) i mogućnost uporabe produkata izgaranja (mogu se izdvojiti neki metali, te se može iskoristiti toplina za dobivanje električne energije). Scenarij *odlaganja na smetlišta* je također baziran na švicarskom sustavu smetlišta, sa filtracijom voda i izolacijom smetlišta od kontakta sa okolišnom zemljom. Scenarij *recikliranja otpada* uključuje i pozitivne i negativne učinke recikliranja. Naime, procesi koje zahtjeva recikliranje nekog materijala također imaju štetan učinak na okoliš. Međutim, imaju i značajan pozitivan učinak jer njihovo korištenje sprečava učinak koji bi uzrokovala proizvodnja zamjenskog materijala. Tako su vrijednosti eko-indikatora za procese recikliranja često negativne, jer ustvari u konačnosti predstavljaju ekološki dobitak. Odnos različitih scenarija prikazan je na slici 7.6, gdje sivi blokovi predstavljaju opisane scenarije zbrinjavanja otpada, a bijeli resurse dobivene nekim od scenarija.



**Slika 7.6. Shematski prikaz odnosa scenarija zbrinjavanja otpada [21]**

### 7.1.2. UPUTE ZA KORIŠTENJE METODE "ECO-INDICATOR 99" [21]

Metoda "ECO-INDICATOR 99" predstavlja kranje pojednostavljenu LCA metodu, a provodi se u slijedećih pet koraka:

#### **KORAK 1. Odrediti svrhu određivanja eko-indikatora određenog proizvoda.**

U ovom koraku potrebno je za početak opisati proizvod ili njegov dio koji je predmet analize. Nakon toga potrebno je odrediti radi li se analiza učinka na okoliš jednog proizvoda (s ciljem unapređenja kritičnih procesa), ili se radi usporedba više varijanti proizvoda. U analizu ne trebaju biti uključeni svi dijelovi proizvoda, odnosno svi procesi. Ta odluka ovisi o procjeni osobe koja provodi analizu, ali treba uzeti u obzir da o njoj ovisi točnost rezultata.

#### **KORAK 2. Definirati životni ciklus proizvoda.**

Potrebno je napraviti shematski prikaz (dijagram toka) životnog ciklusa proizvoda, obraćajući pažnju jednako na sve faze životnog ciklusa (proizvodnja, uporaba, zbrinjavanje otpada).

#### **KORAK 3. Kvantificirati materijale i procese.**

U ovom koraku najprije je potrebno odrediti funkcijsku jedinicu proizvoda (postupak određivanja funkcijske jedinice opisan je u poglavlju 5. Procjena životnog ciklusa proizvoda). To je pogotovo važno kod usporedbe različitih proizvoda. Naime, potrebno je usporediti istu količinu funkcijske jedinice proizvoda, a nikako ne neke druge jedinice (npr., količinu, masu, volumen,...). Nakon određivanja funkcijske jedinice potrebno je kvantificirati sve relevantne procese prikazane dijagramom iz 2. koraka. Na primjer, za procese koji su u bazi podataka eko-indikatora izraženi u bodovima po kilogramu (npr., proizvodnja čelika), potrebno je definirati masu tvari koja prolazi kroz proces. U slučaju nedostatka podataka potrebno je donijeti čim kvalitetnije pretpostavke.

#### **KORAK 4. Ispuniti formular.**

Standardni formular za metodu "ECO-INDICATOR 99" nalazi se u Prilogu III. U formular je potrebno unijeti popis materijala i procesa definiranih životnim ciklusom proizvoda, te njihove količine. Nakon toga treba pronaći odgovarajuću vrijednost eko-indikatora u bazi podataka (prilog II). Rezultat izražen u bodovima (Pt) za svaki materijal i proces dobije se množenjem ta dva prethodno upisana broja. Ukupni rezultat dobije se zbrajanjem bodova svih materijala i procesa. Naravno, u slučaju da se koristi računalna aplikacija bazirana na ovoj metodi (npr., Eco-it), formular nije potrebno ispunjavati ručno, već se koristi ponuđeno grafičko sučelje.

#### **KORAK 5. Interpretirati rezultate.**

U ovom koraku potrebno je odrediti koji procesi imaju najveći utjecaj na okoliš, te probati ponuditi alternativu. Također je potrebno provjeriti koliki utjecaj imaju pretpostavke (donešene zbog nedostatka podataka) na konačan rezultat. To se može napraviti variranjem tih pretpostavki i promatranjem koliki utjecaj variranje ima na rezultat. Na kraju je potrebno donijeti zaključak da li je svrha iz koraka 1 zadovoljena.

## 7.2. ANALIZA NA PRIMJERU APARATA ZA KAVU [21]

U analizi primjera aparata za kavu namijenjenog za kućanstvo (slika 7.1) korištena je računalna aplikacija ECO-it 1.3, nizozemskog proizvođača Pre-Consultants. ECO-it u potpunosti prati principe metode "ECO-INDICATOR", za koju je već obrazloženo da je vrlo pojednostavljena LCA metoda, namijenjena kao potpora u donošenju ekoloških odluka u fazi razvoja proizvoda. Prednost ove aplikacije jest što korisnik ne treba provoditi detaljnu LCA analizu (kako je to opisano u poglavlju 5.), već prati pet jednostavnih koraka (opisanih u poglavlju 7.1.2). Najveći dio druge i treće faze LCA analize (popisivanje i analiza podataka, određivanje utjecaja na okoliš) je predefiniiran pomoću eko-indikatora. U slučaju da u bazi podataka na postoje podatci za traženi proces, moguće je pomoću aplikacije ECO-edit izračunati vrijednost eko-indikatora za isti. Naravno, pri tome je potrebno strogo slijediti upute za izračunavanje eko-indikatora.

Dakle, u nastavku slijedi postupak analize primjera, na način kako je to definirano metodom "ECO-INDICATOR 99".

### 7.2.1. KORAK 1 – ODREĐIVANJE SVRHE ANALIZE

Svrha analize je odrediti ukupni eko-indikator životnog ciklusa aparata za kavu, te odrediti koji procesi imaju najznačajniji utjecaj na okoliš. Svrha nije usporediti utjecaj na okoliš dva proizvoda iste funkcije, već pokušati dati prijedlog unapređenja jednog. Promatrní proizvod (aparat za kavu) je hipotetski, a količine materijala i energije su procjenjene na temelju ponuđenog primjera u sklopu aplikacije ECO-it, te iskustveno.

Aparat za kavu sastoji se od slijedećih dijelova:

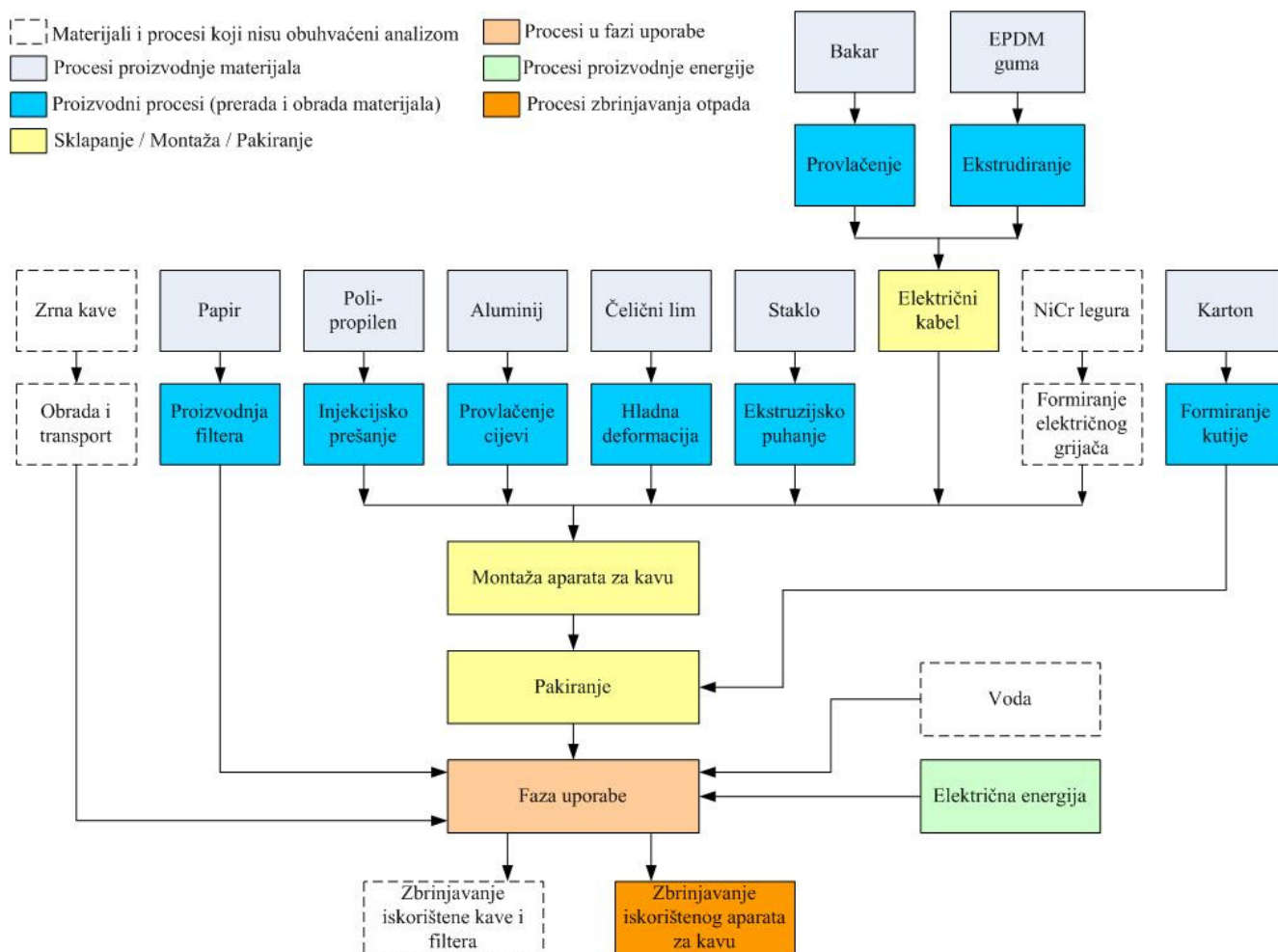
- Kućište od polipropilena (PP)
- Staklena posuda
- Aluminijska cijev za dovod vruće vode
- Spremnik za vodu od nehrđajućeg čelika
- Papirnati filter za kavu
- Električni grijač
- Električni kabel
- Spojni elementi, vijci, matice, podložne pločice, prekidači, signalne lampice i sl.

U analizi neće biti obuhvaćeni svi procesi koji ulaze u životni ciklus aparata za kavu, iz razloga pojednostavljenja analize, nedostatka podataka i sl. Na primjer, neće biti uzeti u obzir razni spojni elementi, jer je procijenjeno da je njihov utjecaj relativno malen u odnosu na neke značajnije procese, na primjer injekcijskog prešanja kućišta.

U slijedećem koraku su detaljnije opisani materijali i procesi koji su obuhvaćeni granicama sustava, te njihov odnos.

## 7.2.2. KORAK 2 – DEFINIRANJE ŽIVOTNOG CIKLUSA PROIZVODA

Na slici 7.7 prikazano je pojednostavljeno stablo procesa za promatrani primjer. Tim prikazom nisu ni približno prikazani svi procesi koje uključuje životni ciklus aparata za kavu. Dobar dio procesa je izostavljen zbog pretpostavke malog utjecaja, ili pak zbog nedostatka podataka. Primjera radi, na slici su prikazani neki procesi koji nisu uključeni u analizu (bijeli blokovi). Prema procjeni autora, u analizu su uključeni najznačajniji procesi.



Slika 7.7. Pojednostavljeni shematski prikaz "stabla procesa" za promatrani primjer [21]

Već je napomenuto da metoda "ECO-INDICATOR 99" razlikuje procese proizvodnje materijala (sirovina, poluproizvoda) od procesa njihove prerade, odnosno obrade. Iz tog razloga su ti procesi odvojeni i na shemi sa slike (sivi i plavi blokovi).

U sklopu trećeg koraka slijedi kratak opis pojedinih procesa, kako bi se bolje objasnile odabrane granice sustava, te pretpostavke donijete s ciljem pojednostavljenja analize. Također će biti određene potrebne veličine za određivanje eko-indikatora.

### 7.2.3. KORAK 3 – KVANTIFICIRANJE MATERIJALA I PROCESA

**FUNKCIJSKA JEDINICA: Aparat za kavu se koristi tijekom pet godina, radi dva puta dnevno po pola litre kave, te se kava održava toplom u vremenu od 30 minuta.**

Eko-indikator za promatrani pojedini proces računa se na način da se tablični eko-indikator (najčešće izražen u bodovima po kilogramu neke tvari, ili bodovima po megadžulu proizvedene energije) pomnoži sa količinom tvari (ili energije) koja je karakteristična za promatrani proces:

$$EI_n = ei_n \cdot m_n \quad \text{ili} \quad EI_n = ei_n \cdot e_n$$

Gdje je:

$EI_n$  – eko-indikator za promatrani proces

$ei_n$  – tablični eko indikator (izražen po karakterističnoj veličini za neki proces)

$m_n$  – masa tvari u promatranom procesu

$e_n$  – iznos energije u promatranom procesu

Napomena: karakteristične veličine mogu biti i druge osim mase i energije (npr., obrađena površina, volumen odvojenih čestica, ....)

#### FAZA PROIZVODNJE:

- **Zrna kave / Obrada i transport;** Ovi procesi nisu uključeni u analizu, za njih ne postoje podatci u bazi podatka Eco-indicator 99. Sama proizvodnja kave nije izravno povezana s proizvodnjom aparata za kavu, njezina potrošnja se javlja tek u fazi uporabe aparata. U slučaju vrlo detaljne analize može se promatrati cjelokupni životni ciklus kave, od utjecaja njezina uzgoja na plantažama, sve do utjecaja u fazi zbrinjavanja otpada.
- **Papir / Proizvodnja filtera;** Životni ciklus papirnatih filtera je u najvećem dijelu odvojen od životnog ciklusa aparata (filter se koristi jednokratno u fazi uporabe aparata). Iz tog razloga će ti procesi biti promatrani kao zasebni životni ciklus. Metodom "Eco indicator 99" oblikovanje papira u potrebnu formu je integrirano sa proizvodnjom papira, pa se ova dva procesa uzimaju kao jedan.

EKO-INDIKATOR:  $ei_1 = 96 \cdot 10^{-3}$  bodova / kg [21]

U ovom slučaju eko-indikator je izražen u bodovima po kilogramu, stoga je potrebno odrediti ukupnu masu filtera upotrijebljenih tijekom životnog ciklusa aparata. Koristi se dva filtera dnevno tijekom pet godina (prema funkcijskoj jedinici). To znači da će biti upotrijebljeno ukupno 3650 komada. Masa jednog filtera iznosi 2 grama [21].

MASA:  $m_1 = 3650 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 7.3$  kg

Ukupni iznos eko-indikatora za konkretan proces dobije se množenjem eko-indikatora sa ukupnom masom upotrijebljenog papira:

EKO-INDIKATOR ZA PROMATRANI PROCES:  $EI_1 = ei_1 \cdot m_1 = 0.701$  bodova

- **Polipropilen / Injekcijsko prešanje;** Ovo uključuje procese (od ekstrakcije sirove nafte) koji rezultiraju granulatom polipropilena, te injekcijsko prešanje kućišta i ručke staklene posude. Ukupna masa ta dva dijela iznosi 1 kg [21].

MASA:  $m_2 = m_3 = 1 \text{ kg}$

EKO-INDIKATOR za proizvodnju granulata polipropilena:  $ei_2 = 330 \cdot 10^{-3} \text{ bodova / kg}$   
[21]

$$EI_2 = ei_2 \cdot m_2 = 0.33 \text{ bodova}$$

EKO-INDIKATOR za injekcijsko prešanje plastomera:  $ei_3 = 21 \cdot 10^{-3} \text{ bodova / kg}$

$$EI_3 = ei_3 \cdot m_3 = 0.021 \text{ bodova}$$

- **Aluminij / Provlačenje cijevi;** Uključuje procese koji rezultiraju aluminijskim poluproizvodom (šipka), te izvlačenje u cijevi potrebnih dimenzija. Cijevi se koriste za transport vruće vode unutar sustava. Masa te cijevi iznosi 0.1 kg. [21]

MASA:  $m_4 = m_5 = 0.1 \text{ kg}$

EKO-INDIKATOR za proizvodnju aluminija(0% recikliranog): $ei_4 = 780 \cdot 10^{-3} \text{ bodova/kg}$   
[21]

$$EI_4 = ei_4 \cdot m_4 = 0.078 \text{ bodova}$$

EKO-INDIKATOR za izvlačenje aluminija:  $ei_5 = 72 \cdot 10^{-3} \text{ bodova / kg}$  [21]

$$EI_5 = ei_5 \cdot m_5 = 0.0072 \text{ bodova}$$

- **Čelični lim / Hladna deformacija;** Uključuje procese koji rezultiraju blokom od nehrđajućeg čelika, zatim hladnu deformaciju (valjanje) u lim, te konačno deformaciju lima u željeni oblik (prešanje). Ukupna masa čelika iznosi 0.3 kg .[21]

MASA:  $m_6 = m_7 = m_8 = 0.3 \text{ kg}$

EKO-INDIKATOR za proizvodnju čeličnog bloka (visokolegiranog):  
 $ei_6 = 910 \cdot 10^{-3} \text{ bodova/kg}$  [21]

$$EI_6 = ei_6 \cdot m_6 = 0.273 \text{ bodova}$$

EKO-INDIKATOR za hladno valjanje čelika u lim:  $ei_7 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ bodova / kg}$  [21]

$$EI_7 = ei_7 \cdot m_7 = 0.009 \text{ bodova}$$

EKO-INDIKATOR prešanje metala:  $ei_8 = 23 \cdot 10^{-3}$  bodova / kg [21]

$$EI_8 = ei_8 \cdot m_8 = 0.0069 \text{ bodova}$$

- **Staklo / Ekstruzijsko puhanje;** Uključuje sve procese koji rezultiraju sirovinom za proizvodnju stakla (silicijev dioksid sa dodatcima sode i vapnenca), taljenje u pećima, te oblikovanja staklene posude. Ovdje se koristi eko-indikator za proizvodnju ambalažnog stakla (pretpostavlja se da sadrži 55% recikliranog materijala), te eko-indikator za proizvodnju topline pomoću plinske industrijske peći. [21]

MASA:  $m_9 = 0.4$  kg

EKO-INDIKATOR za proizvodnju ambalažnog stakla:  $ei_9 = 58 \cdot 10^{-3}$  bodova / kg [21]

$$EI_9 = ei_9 \cdot m_9 = 0.0232 \text{ bodova}$$

ENERGIJA POTREBNA ZA TALJENJE 0.4 KG STAKLA:  $e_{10} = 4$  MJ

EKO-INDIKATOR proizvodnju topline u plinskoj peći:  $ei_{10} = 5.3 \cdot 10^{-3}$  bodova / MJ [21]

$$EI_{10} = ei_{10} \cdot m_{10} = 0.0212 \text{ bodova}$$

- **Bakar / Provlačenje;** Proizvodnja bakrenog poluproizvoda, te izvlačenje u žicu potrebnu za proizvodnju električnog kabela. Kabel je dužine 1 m, te sadrži tri bakrene žice promjera 1 mm. Gustoća bakra iznosi  $8960 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Proračunavši navedene veličine dobije se da ukupna masa bakrenih žica iznosi 0.021 kg.

MASA:  $m_{11} = m_{12} = 0.021$  kg

EKO-INDIKATOR za proizvodnju bakra u obliku blokova:  $ei_{11} = 1400 \cdot 10^{-3}$  bodova / kg [21]

$$EI_{11} = ei_{11} \cdot m_{11} = 0.0294 \text{ bodova}$$

EKO-INDIKATOR za izvlačenje bakra u žicu:  $ei_{12} = 72 \cdot 10^{-3}$  bodova / kg [21]  
(uzeta je vrijednost za izvlačenje aluminija, jer ne postoji podatak za bakar, a postupci su slični)

$$EI_{12} = ei_{12} \cdot m_{12} = 0.0015 \text{ bodova}$$



- **EPDM guma / Ekstrudiranje;** Proizvodnja etilen-propilenski elastomer, te izrada izolacije ekstrudiranjem. Potrebna dužina izolacije je 1 m. Vanjski promjer kabla je 6 mm, a površina poprečnog presjeka je umanjena za površinu tri bakrene žice koje kroz njega prolaze. Gustoća EPDM gume iznosu  $1000 \text{ kg} / \text{m}^3$ . Proračunavši navedene vrijednosti, dobije se da masa gume iznosi 0.026 kg.

MASA:  $m_{13} = 0.026 \text{ kg}$

EKO-INDIKATOR za proizvodnju EPDM gume (uključuje i njenu preradu):  
 $ei_{13} = 360 \cdot 10^{-3} \text{ bodova} / \text{kg}$  [21]

$$EI_{13} = ei_{13} \cdot m_{13} = 0.0094 \text{ bodova}$$

- **Električni kabel;** U analizu nije uključena izrada utikača i raznih pomoćnih spojnih i sličnih elemenata.
- **NiCr legura / Formiranje električnog grijača;** NiCr (nikal, krom) je legura koja se koristi za električne grijače zbog svoje kombinacije električnih i toplinskih svojstava. Toplina se javlja zbog električnog otpora, a grijači se obično formiraju u obliku zavojnica ili sličnih elemenata. Ovi procesi nisu obuhvaćeni analizom zbog nedostatka podataka.
- **Karton / Formiranje kutije;** Pretpostavlja se da se jedna kutija od valovitog papira (kartona) koristi za pakiranje jednog proizvoda. Masa jedne kutije iznosi približno 0.25 kg (ovaj iznos dobiven je mjerenjem mase kutije sličnih dimenzija).

MASA:  $m_{14} = 0.25 \text{ kg}$

EKO-INDIKATOR za proizvodnju ambalažnog kartona (uključuje i njegovo oblikovanje u kutiju):  $ei_{14} = 69 \cdot 10^{-3} \text{ bodova} / \text{kg}$  [21]

$$EI_{14} = ei_{14} \cdot m_{14} = 0.0173 \text{ bodova}$$

- **Montaža aparata za kavu;** Pretpostavlja se da sam proces montaže ne uzrokuje nikakvu štetu po okoliš. Štetu uzrokuje samo proizvodnja dijelova koji ulaze u tu montažu.
- **Pakiranje;** Za sam proces pakiranja proizvoda također se pretpostavlja da ne uzrokuje štete po okoliš. Međutim, ovaj proces za sobom povlači dodatnu potrošnju materijala i energije (proizvodnja kartonskih kutija), što nikako nije zanemarivo.

### **FAZA UPORABE:**

U fazi uporabe aparata za kavu koristi se slijedeće: kava, papirnati filtri, voda i električna energija. Pretpostavlja se da kava i filtri ne uzrokuju nikakvu štetu po okoliš u fazi uporabe proizvoda, ali njihovi životni ciklusi ovise o toj fazi. Stoga će životni ciklus papirnatih filtera biti uključen u analizu u fazi uporabe, kao zasebni životni ciklus.

U ovoj fazi biti će uzeta u obzir samo potrošnja električne energije, i to za potrebe zagrijavanja vode do njenog vrelišta, te posebno za održavanje kave toplom. Tijekom svog vijeka uporabe, aparat će napraviti 3650 ciklusa. Prema procjeni proizvođača, aparat će trošiti 0.0685 kWh električne energije po ciklusu za zagrijavanje vode (250 kWh u vijeku uporabe), te 0.0342 kWh po ciklusu za održavanje temperature (125 kWh u vijeku uporabe). Dakle, potrebno je ukupno 375 kWh električne energije tijekom vijeka uporabe aparata.

**ELEKTRIČNA ENERGIJA:**  $Q_{15} = 375 \text{ kWh}$

**EKO-INDIKATOR** za proizvodnju električne energije po europskom niskonaponskom modelu:  $ei_{15} = 26 \cdot 10^{-3} \text{ bodova / kWh}$  [21]

$$EI_{15} = ei_{15} \cdot Q_{15} = 9.75 \text{ bodova}$$

### **FAZA ZBRINJAVANJA OTPADA:**

Otpad od kave i papirnatih filtera nastaje tijekom cijele faze uporabe aparata za kavu. Za otpadnu kavu ne postoje podatci o štetnosti utjecaja na okoliš, pa ona neće biti obuhvaćena analizom. Filtri i dijelovi iskorištenog aparata biti će uvršteni u analizu, i to raspoređeni na pet scenarija zbrinjavanja otpada. Zbog preglednosti, u tablici 7.2 su razvrstani pojedini dijelovi po scenarijima zbrinjavanja otpada, kao i pripadajući eko-indikatori. Scenariji zbrinjavanja otpada su odabrani prema slobodnoj procjeni autora, budući da ne postoje podatci o odnosu količine otpada po pojedinom scenariju za Hrvatsku.

U ovoj fazi iznos eko-indikatora se računa slijedeći način:

$$EI = m \cdot \sum (y_i \cdot ei_i)$$

Gdje je:

EI – eko-indikator za određeni otpadni materijal

$Y_i$  – udio otpada koji je zbrinut određenim scenarijem zbrinjavanja otpada

$ei_i$  – tablični eko-indikator za određeni materijal i određeni scenarij zbrinjavanja otpada

m – masa otpadnog materijala

**Tablica 7.2. Razvrstavanje dijelova po scenarijima zbrinjavanja otpada**

Materijal	Komunalni otpad / ei	Kućanski otpad / ei	Recikliranje / ei	Spaljivanje / ei	Odlagalište / ei	Masa m <sub>n</sub>	EI <sub>n</sub>
PP	100% / -0.13 bodova/kg	0% / -	0% / -	0% / -	0% / -	m <sub>16</sub> = 1 kg	EI <sub>16</sub> = <b>-0.13</b> bodova
Staklo	50% / 2.2 bodova/kg	0% / -	25% / -15 bodova/kg	25% / 5.1 bodova/kg	0% / -	m <sub>17</sub> = 0.4 kg	EI <sub>17</sub> = <b>-0.55</b> bodova
Aluminij	100% / -23 bodova/kg	0% / -	0% / -	0% / -	0% / -	m <sub>18</sub> = 0.1 kg	EI <sub>18</sub> = <b>-2.3</b> bodova
Čelik	100% -5.9 bodova/kg	0% / -	0% / -	0% / -	0% / -	m <sub>19</sub> = 0.3 kg	EI <sub>19</sub> = <b>-1.77</b> bodova
Bakar*	50% / -	0% / -	50% / -	0% / -	0% / -	m <sub>20</sub> = 0.021 kg	EI <sub>20</sub> = ---
EPDM*	100% / -	0% / -	0% / -	0% / -	0% / -	m <sub>21</sub> = 0.026 kg	EI <sub>21</sub> = ---
Karton	100% / 0.71 bodova/kg	0% / -	0% / -	0% / -	0% / -	m <sub>22</sub> = 0.25 kg	EI <sub>22</sub> = <b>0.18</b> bodova
Papir	100% / 0.71 bodova/kg	0% / -	0% / -	0% / -	0% / -	m <sub>23</sub> = 7.3 kg	EI <sub>23</sub> = <b>5.183</b> bodova

\* Ne postoje eko-indikatori za zbrinjavanje ovih vrsta otpada, pa će oni biti izostavljeni iz ovog dijela analize.

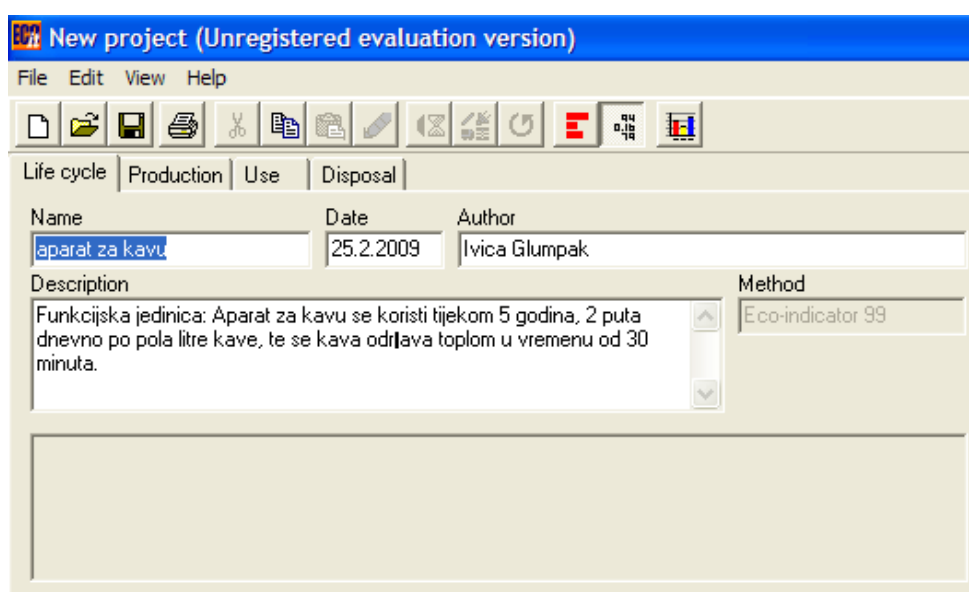
Ukupni eko-indikator za životni ciklus aparata za kavu iznosi:

$$\sum EI = EI_1 + EI_2 + \dots + EI_{23} \approx 11.891 \text{ bodova}$$

#### 7.2.4. KORAK 4 – UNOS PODATAKA U RAČUNALNU APLIKACIJU ECO-it

U ovom koraku koristi se računalna aplikacija ECO-it 1.3, koja služi za brzu provedbu metode "ECO-INDICATOR". Iako je metodu lako provesti i bez primjene računala (na način kako je to napravljeno u prethodnom poglavlju), ECO-it je pogodan za različite grafičke prikaze rezultata analize. Kod njegove primjene treba uzeti u obzir već objašnjena ograničenja kod metode ECO-INDICATOR. U bazi podataka se nalaze eko-indikatori za otprilike dvjesto procesa, te se često događa da za promatrani proces ne postoje podatci. Primjenom aplikacije ECO-edit korisnik može dodavati procese u bazu, ali taj proces zahtjeva relativno visoku razinu stručnog znanja, te mnogo vremena.

Na početku je potrebno upisati nekoliko osnovnih informacija o proizvodu u za to predviđena polja, kako je to prikazano na slici 7.8. Uglavnom se ovdje kratko opisuju osobine proizvoda, funkcijska jedinica, ograničenja u analizi i slično.



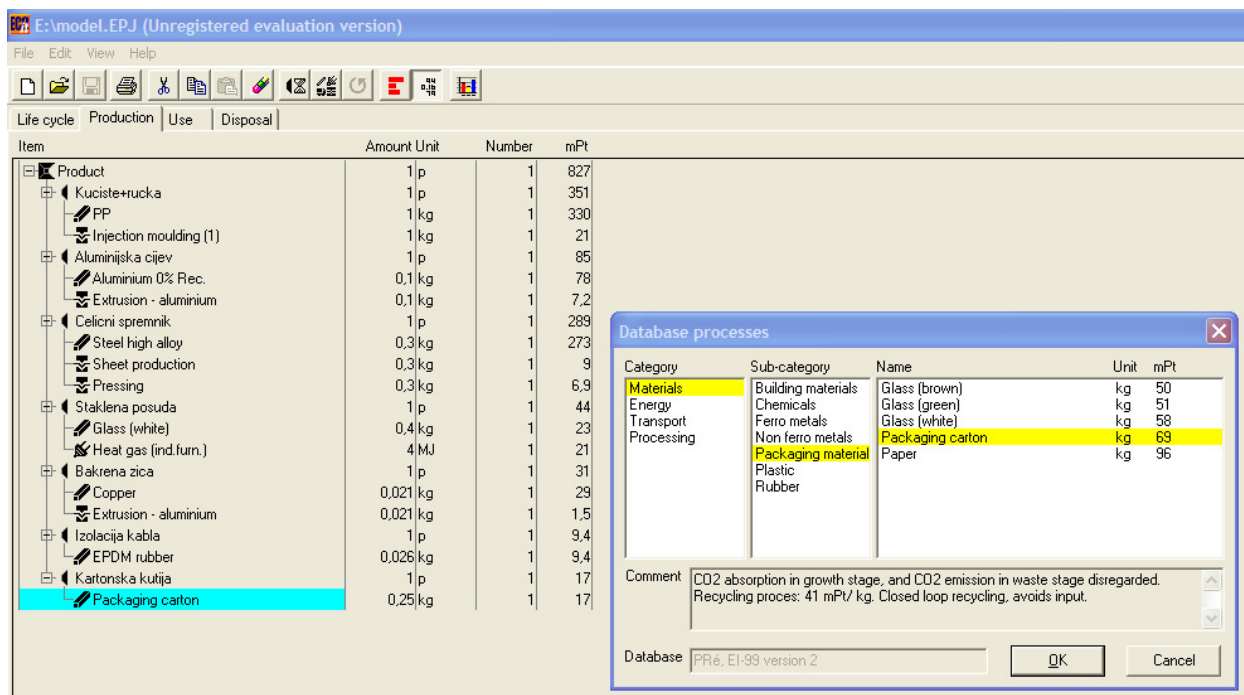
Name	Date	Author
aparāt za kavu	25.2.2009	Ivica Glumpak

Description: Funkcijska jedinica: Aparat za kavu se koristi tijekom 5 godina, 2 puta dnevno po pola litre kave, te se kava održava toplom u vremenu od 30 minuta.

Method: Eco-indicator 99

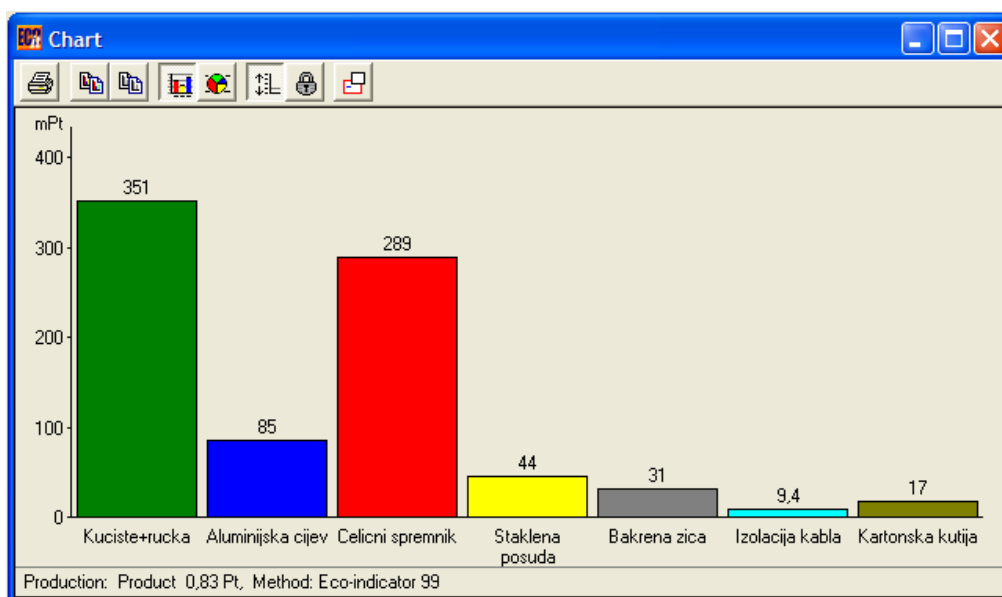
Slika 7.8. Upis kratkih informacija o proizvodu u ECO-it

U okvir faze proizvodnje ("Production") se zatim unose dijelovi proizvoda, te se odabiru pripadajući procesi iz baze podataka. Taj proces je prikazan na slici 7.9. Ovdje se također unose karakteristične veličine za procese ("Amount"), te njihove mjerne jedinice ("Unit") i potrebni broj komada ("Number"). Uslijed navedenih informacija aplikacija računa iznos eko-indikatora za svaki proces, dio proizvoda i cijeli proizvod, ali naravno samo u fazi proizvodnje. Iznosi eko-indikatora su izraženi u milibodovima (mPt), a mogu se grafički prikazati na više načina (na slici 7.9 odabran je brojčani prikaz rezultata).



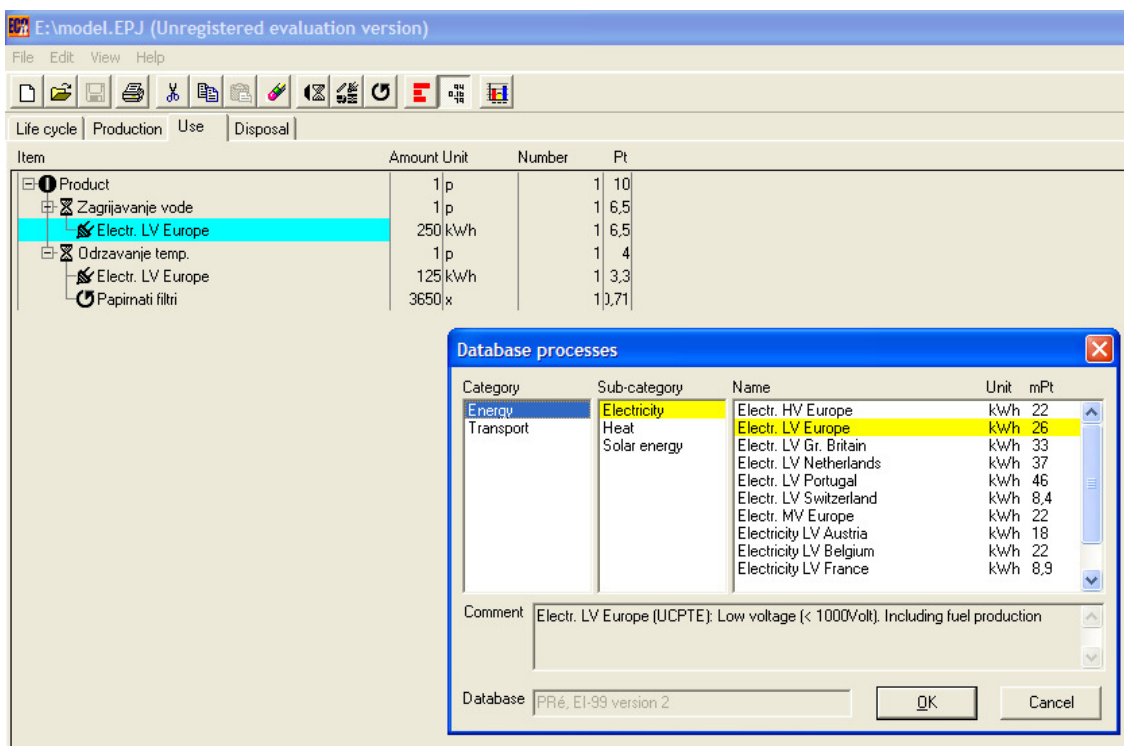
Slika 7.9. Unos procesa u okvir faze proizvodnje

Rezultate je moguće prikazati, između ostalog, pomoću histograma, što je prikazano na slici 7.10.

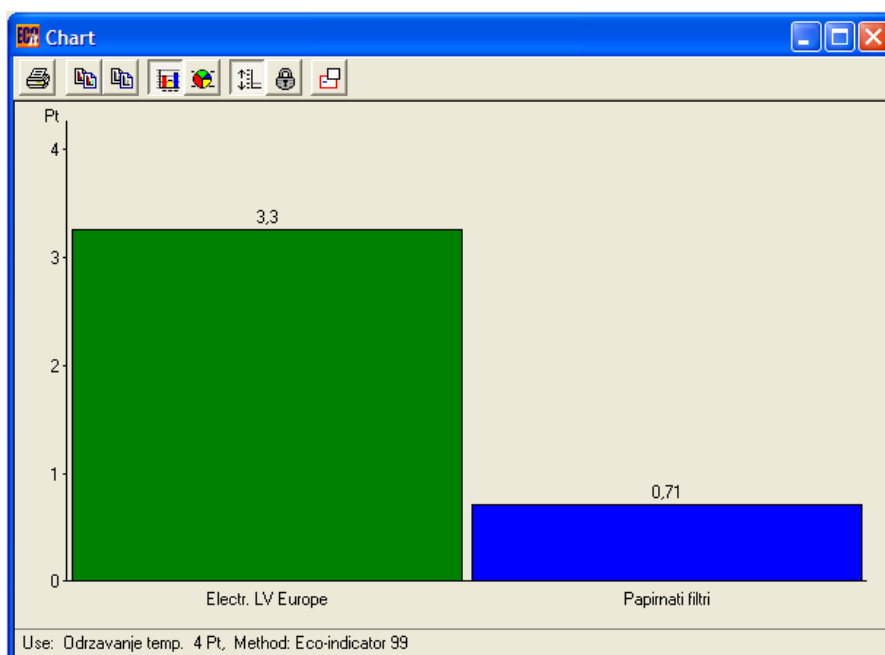


Slika 7.10. Prikaz rezultata faze proizvodnje pomoću histograma

Slijedi unos procesa u fazi uporabe proizvoda ("Use"). Ranije je napomenuto da se u toj fazi koristi električna energija u dva procesa: zagrijavanje vode potrebne za kuhanje kave, te održavanje temperature kave kroz 30 minuta. U fazi uporabe se također troše papirnati filtri, pa su oni pridodani analizi u fazi uporabe kao zasebni životni ciklusi. Slika 7.11 prikazuje unos podataka za fazu uporabe proizvoda, dok slika 7.12 prikazuje histogram rezultata faze uporabe.



**Slika 7.11. Unos procesa u okvir faze uporabe proizvoda**



**Slika 7.12. Prikaz rezultata faze uporabe pomoću histograma**

U fazi zbrinjavanja otpada ("Disposal") računalna aplikacija automatski upisuje materijale, te njihove količine koje su definirane u proizvodnje i uporabe. Korisnik treba samo raspodjeliti pojedini materijal na pet ranije opisanih scenarija zbrinjavanja otpada: komunalni otpad ("Municipal"), kućanski otpad ("Household"), recikliranje ("Recycling"), spaljivanje ("Incineration"), odlaganje na smetlište ("Landfill"). Slika 7.13 prikazuje takvu raspodjelu, dok slika 7.14 prikazuje rezultate analize za fazu zbrinjavanja otpada.

Napomena: znak (#) označava nedostatak podataka u bazi za promatrani proces.

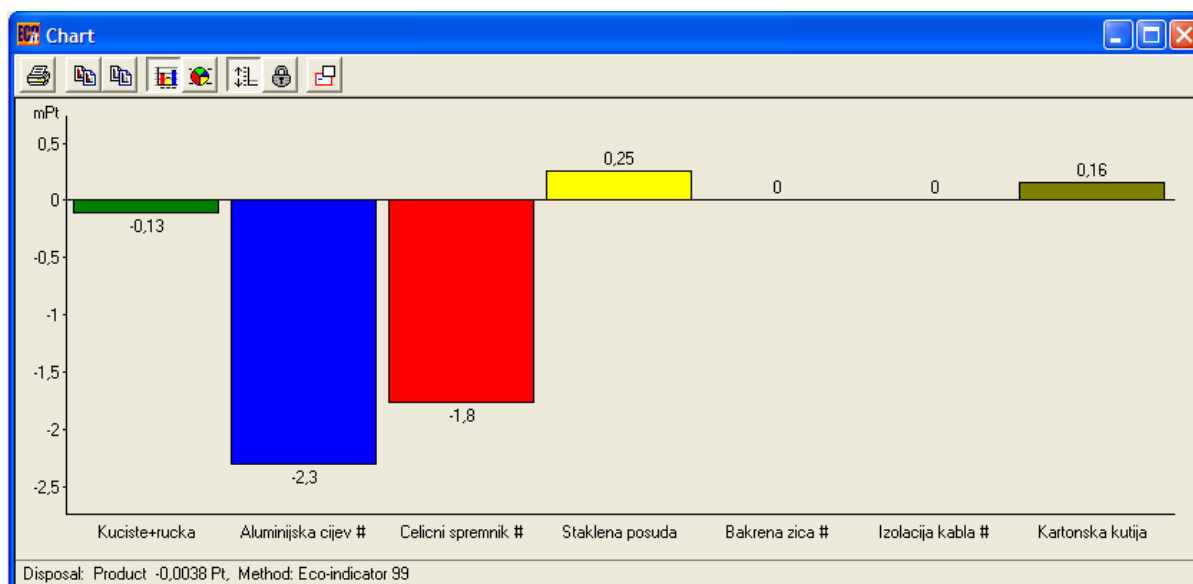
E:\model.EPJ (Unregistered evaluation version)

File Edit View Help

Life cycle Production Use Disposal

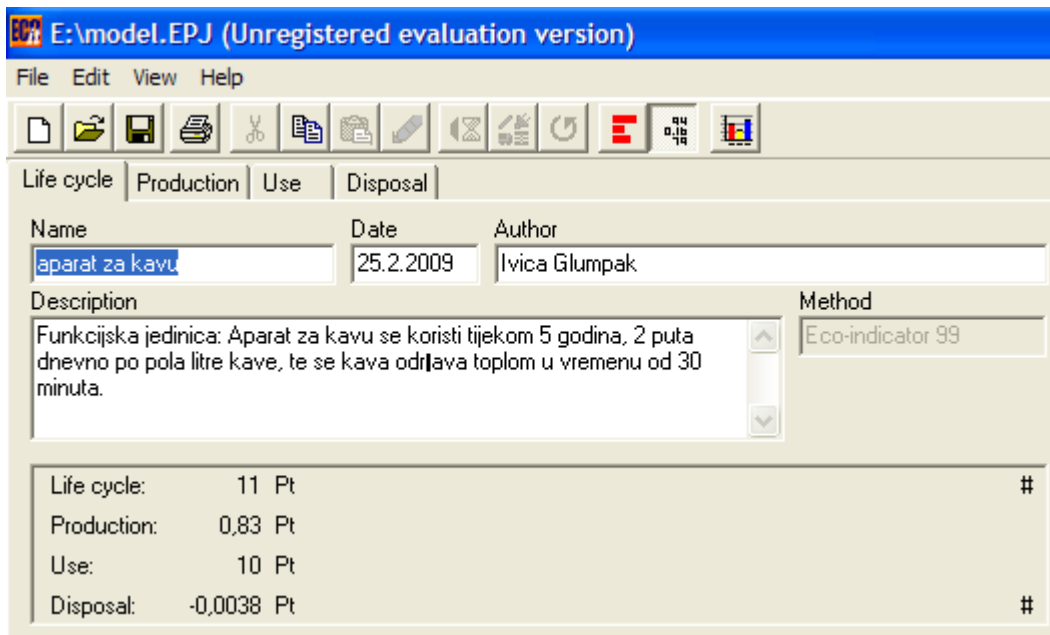
Item	Municipal Household	Recycling	Incineration	Landfill	Pt
Product	100 %#	0 %#	0 %#	0 %#	-0,0038 #
Kuciste+rucka	100 %	0 %	0 %	0 %	-0,00013
PP	100 %	0 %	0 %	0 %	-0,00013
Aluminijska cijev	100 %	0 %#	0 %	0 %	-0,0023 #
Aluminium 0% Rec.	100 %	#	0 %	0 %	-0,0023 #
Celicni spremnik	100 %	0 %#	0 %	0 %	-0,0018 #
Steel high alloy	100 %	#	0 %	0 %	-0,0018 #
Staklena posuda	50 %	0 %	25 %	25 %	0,00025
Glass (white)	50 %	0 %	25 %	25 %	0,00025
Bakrena zica	100 %#	0 %#	0 %#	0 %#	0 #
Copper	#	#	#	#	0 #
Izolacija kablova	100 %#	0 %#	0 %#	0 %#	0 #
EPDM rubber	#	#	#	#	0 #
Kartonska kutija	100 %	0 %	0 %	0 %	0,00016
Packaging carton	100 %	0 %	0 %	0 %	0,00016

Slika 7.13. Raspodjela otpadnog materijala na pet scenarija zbrinjavanja otpada



Slika 7.14. Prikaz rezultata faze zbrinjavanja otpada pomoću histograma

Konačno su poznati rezultati za cjelokupni životni ciklus aparata za kavu. Na slici 7.15 može se vidjeti da ukupni eko-indikator promatranog proizvoda iznosi 11 bodova. U prethodnom koraku je računskim putem dobiven ukupni rezultat 11.891. Razlika u rezultatima je rezultat nekih pretpostavki donijetih u prethodnom koraku, a koje je nemoguće provesti unutar aplikacije ECO-it.



Slika 7.15. Prikaz rezultata za životni ciklus proizvoda

#### 7.2.5. KORAK 4 – INTERPRETACIJA REZULTATA

Na slici 7.15 može se primijetiti da najveći utjecaj na okoliš promatrani proizvod ima u svojoj fazi uporabe (10 bodova od ukupnih 11 cjelokupnog životnog ciklusa). Od toga se najveći dio odnosi na potrošnju električne energije tijekom uporabe proizvoda. Faza proizvodnje ima mnogo manji utjecaj na okoliš (0.83 bodova), dok odabrani scenariji u fazi zbrinjavanja otpada čak predstavljaju malu okolišnu dobit (-0.0038 bodova). Ovdje treba još jednom napomenuti da su eko-indikatori za zbrinjavanje otpada napravljeni po švicarskom modelu zbrinjavanja, gdje se značajan dio energije dobiva spaljivanjem otpada i značajan udio materijala se oporabljuje. Hrvatski model, da postoji, bi zasigurno pokazao bitno veći broj bodova u fazi zbrinjavanja otpada.

U nastavku slijedi nekoliko prijedloga za poboljšanje raspoređenih po fazama životnog ciklusa:

- **Faza proizvodnje**

Na slici 7.10 vidi se da su kritični procesi u ovoj fazi vezani za proizvodnju kućišta i ručke od polipropilena (0.351 bod) i čeličnog spremnika za vodu (0.289 bodova). Kućište se može proizvesti od drugog materijala, na primjer PVC-a koji ima oko 20% manji eko-indikator od polipropilena. Isto tako se konstrukcijskim izmjenama može smanjiti masa kućišta i ručke. Alternative za ostale dijelove su ograničene, može se jedino utjecati na masu potrebnih materijala pomoću konstrukcijskih izmjena na proizvodu.

- **Faza uporabe**

Već je napomenuto da je ova faza najkritičnija zbog relativno velike potrošnje električne energije. Na taj problem se može utjecati odabirom što učinkovitijeg električnog grijača i toplinskom izolacijom sustava grijač-spremnik za vodu.



- **Faza zbrinjavanja otpada**

Prema slici 7.14 kritični dijelovi u ovoj fazi su kartonska kutija (0.16 bodova) i staklena posuda (0.25 bodova), s tim da bakrena žica i izolacija kabela nisu uključeni u ovaj dio analize zbog nedostatka podataka. Rezultati u ovoj fazi uvelike ovise o odabiru scenarija zbrinjavanja otpada. Isti dio može rezultirati negativnim eko-indikatorom u slučaju odabira scenarija recikliranja, odnosno pozitivnim eko-indikatorom u slučaju odabira odlaganja na deponij. Odluke o takvoj raspodjeli bi se trebale donositi na temelju statističkih podataka o načinu zbrinjavanja određene vrste otpada na lokalnom nivou.

## **8. MOGUĆNOST PRIMJENE LCA METODE U HRVATSKOM GOSPODARSTVU**

Tijekom ovog rada mnogo puta su istaknute koristi provođenja LCA analize, a koje se uglavnom odnose na okoliš. Međutim, u većini slučajeva konkretan napredak zahtjeva značajna ulaganja, a povrat uloženi sredstava je dugotrajan te upitne ekonomske opravdanosti. Kako je već napomenuto, LCA analiza vrlo složen i dugotrajan proces, pogotovo u fazi prikupljanja i analize podataka. Moguća su pojednostavljenja, ali na štetu točnosti rezultata. Može se zaključiti da su kvalitetne analize u mogućnosti provoditi samo veliki sustavi, prvenstveno veliki industrijski proizvođači, pod uvjetom da ljudi koji provode analizu posjeduju stručne vještine s područja LCA, kao i potpuno razumijevanje tehnološkog procesa.

Velikih industrijskih sustava ima malo u Hrvatskoj. Stoga je osobno mišljenje autora ovog rada da je mnogo korisnije korištenje usluge LCA analize. Takvu uslugu može pružiti specijalizirana certificirana tvrtka, sa multidisciplinarnim osobljem iz područja tehnike, biologije, ekonomije, itd. Korisnici takve usluge mogu biti gospodarski subjekti (proizvođači ili pružatelji usluga), strukture vlasti, ali i nevladine udruge i sl. Više o mogućim razlozima korištenja takvih usluga prikazano je u nastavku 8. poglavlja.

Cilj je ovog poglavlja odrediti koje su mogućnosti korištenja LCA analize u Hrvatskoj, trenutno i u bližoj budućnosti. Prvenstveno će biti predstavljeni ekonomski aspekti i zakonski okviri primjene LCA metode.

### **8.1. LCA ANALIZA U SKLOPU ZAKONSKOG SUSTAVA RH [25]**

Hrvatska čini napore i ostvaruje rezultate u promicanju održivog razvitka sukladno usvojenim svjetskim standardima, kako u institucionalnoj izgradnji tako i u praktičnoj primjeni zaštite okoliša, ma kolikogod još pred nama stoje visokozahjevni, od Republike Hrvatske prihvaćeni a još neispunjeni, ekološki standardi međunarodnih svjetskih i regionalnih integracija i institucija. Hrvatska jednako tako ima suradnju i aktivnosti s institucijama međunarodnog okruženja. Naime, kao i sve europske zemlje u tranziciji, ona mora u procesima približavanja i učlanjenja u EU izvršiti pravnu i političku prilagodbu svih područja prema zahtjevima "acquis communautaire"<sup>28</sup> i duhu EU Agende 2000<sup>29</sup>, što se naglašeno odnosi i na probleme okoliša.

Očuvanje prirode i ljudskog okoliša su među temeljnim vrijednostima koje je Sabor ugradio u Ustav i Deklaraciju o zaštiti okoliša. Zaštita okoliša uređuje se prije svega zakonima iz područja zaštite okoliša i propisima koji su temeljem njih doneseni te posebnim propisima iz pravnog sustava čije pojedine odredbe uređuju određena pitanja zaštite okoliša iz svoje nadležnosti.

---

<sup>28</sup> Pravna stečevina Europske Unije

<sup>29</sup> Dokument Europske komisije koji sadržava program aktivnosti vezanih za razvoj EU te financijski okvir za proširenje novim državama članicama u razdoblju od 2000. do 2006. godine.

Uglavnom su oblikovane tri općenite skupine instrumenata politike okoliša:

- **naredbodavno-nadzorni instrumenti**, koji izravno reguliraju zabrane i dozvole u proizvodnji i potrošnji dobara i usluga, te lokaciji ljudskih aktivnosti u totalitetu;
- **ekonomski instrumenti izravne i neizravne regulacije** (porezi, kazne, naknade, subvencije i drugi oblici ekonomskih poticaja i opterećenja) upravljanja okolišem;
- **dobrovoljni instrumenti proizašli iz spoznaje i htijenja proizvođača, potrošača i države u promicanju ekološke ravnoteže**, kao što su: integralno planiranje s naglaskom na održivi razvitak, ekološka odgovornost proizvođača za vrijeme životnog vijeka proizvoda (može se kombinirati s opozivom životnog ciklusa proizvoda ili tehnologije proizvodnje), sporazumi i mjere kontrole te ocjenjivanje stanja okoliša (razine zagađivanja), sustavi informiranja javnosti o stanju i problemima okoliša (kombinirani s javnim moralnim pritiscima).

Ekonomski su instrumenti u odnosu na naredbodavne i nadzorne instrumente slabije zastupljeni. Među oblicima ekonomskih instrumenata najzastupljenija je naknada. Propisane su i primjenjuju se: korisničke naknade (za korištenje prirodnih resursa, komunalnih usluga i sl.) i naknade za emisiju/ispuštanje onečišćujućih tvari kao što je naknada za zaštitu voda. Propisani su i posebni porezi na određene proizvode čija je uporaba štetna za okoliš kao što su naftni derivati ili duhanski proizvodi.

Jedna od čestih primjedbi na politiku prema okolišu jest uvođenje poreza na dodanu vrijednost, što je dokinulo prethodno diferenciranje, kada su od poreza na promet bili izuzeti ekološki "podobni" proizvodi. Međutim, i tada je postojao problem određivanja što je ekološki podobno, a što ne. Zadržana su jedino izuzeća od carine na neke vrste uvozne opreme potrebne u zaštiti okoliša koje se ne proizvode u Hrvatskoj. Drugi poticajni ekonomski instrumenti nisu nikad niti uvedeni, iako Zakon o zaštiti okoliša (Narodne novine 82/94 i 128/99) predviđa uvođenje poticaja, izuzeća od poreza, carina i drugih državnih potraživanja na osnovu posebnih zakona ili vladinih odluka, za upotrebu tehnologija i proizvodnju proizvoda koji bi bili ekološki prihvatljiviji od dosadašnjih ili npr. za korištenje obnovljivih izvora energije.

Pored navedenih ekonomskih instrumenata čije uvođenje predviđa naš zakon, osobito važnu ulogu u politici okoliša trebao bi imati tek osnovani Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost. Fond je osnovan s ciljem financiranja pripreme, provedbe i razvoja programa, projekata i sličnih aktivnosti u području:

- očuvanja, održivog korištenja, zaštite i unaprjeđivanja okoliša,
- energetske učinkovitosti i korištenja obnovljivih izvora energije.

Fond se najvećim dijelom financira iz već spomenutih naknada, koje će detaljnije biti obrazložene u poglavlju 8.1.1.

Što se tiče same *procjene životnog ciklusa proizvoda* (LCA), njeno korištenje je zakonski predviđeno u dva slučaja. Prvi slučaj je, prema Zakonu o zaštiti okoliša ("Narodne novine", broj 110/2007), prilikom postupka izdavanja uporabne dozvole za nova postrojenja. Naime, u tom postupku ovlaštena osoba (ovlaštena od resornog ministarstva), prilaže elaborat o štetnim emisijama postrojenja, te pri tome djelomično koristi LCA analizu, odnosno principe norme ISO 14040. Valja primijetiti da je u takvom slučaju LCA analiza vrlo ograničena, jer se ona provodi na razini postrojenja, a ne na razini proizvoda (kako je to

uobičajeno). Životni ciklus proizvoda se nikada ne odvija u samo jednom postrojenju. Ovakvom uredbom se, doduše, utječe na smanjenje štetnih emisija u smislu da se tvrtke prisiljavaju na ulaganja u najbolju dostupnu tehnologiju (BAT princip) i slično. Međutim, na taj način ne utječe se mnogo na sam izvor problema, a to je faza konstrukcije i projektiranja tehnološkog procesa. Da bi se obrazložila ta tvrdnja, može se iskoristiti jedan općeniti primjer:

U konstrukciji je određeno da je ambalaža nekog proizvoda od polimernog materijala. To, između ostalog, zahtjeva proizvodnju polimernog materijala preradom nafte u nekom postrojenju. To se može odraditi u boljem ili lošijem postrojenju (gledano s aspekta utjecaja na okoliš), ali razlika nije spektakularna. Međutim, ako se konstrukcijom odredi, na primjer, papirna ambalaža, ili se ona uopće izbjegne, rezultat u odnosu na okoliš će biti puno bolji. Takve odluke se zakonom ne stimuliraju (niti destimuliraju), a mogu imati vrlo značajne efekte.

Drugi slučaj korištenja LCA analize u zakonskom sustavu RH jest također u sklopu Zakona o zaštiti okoliša ("Narodne novine", broj 110/2007), prilikom postupka dodjele znaka o zaštiti okoliša. Taj postupak će detaljnije biti objašnjen u poglavlju 8.4. Eko-označavanje.

Popis važnijih propisa RH u vezi s okolišem sa stajališta provedbe u gospodarstvu dan je u Prilogu IV.

### 8.1.1. OKOLIŠNE NAKNADE [25]

Prema Zakonu o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost ("Narodne novine", broj 107/03), okolišne naknade se dijele na četiri kategorije:

**1. Naknada onečišćivača okoliša** – naknade na emisije ugljičnog dioksida, oksida sumpora i oksida dušika u okoliš. Ove naknade se plaćaju prema količini emisije u tonama, a izračunavaju se prema izrazu:  $N = N_1 \times E \times k_k$

u kojem je:

N – iznos naknade na emisiju CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> ili NO<sub>2</sub> u kunama,

N<sub>1</sub> – naknada za jednu tonu emisije CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>

E – količina emisije u tonama u kalendarskoj godini,

k<sub>k</sub> – korektivni poticajni koeficijent ovisan o količini i podrijetlu emisije.

**2. Naknada korisnika okoliša** – naknada za građevine za koje je propisana obveza provođenja postupka procjene utjecaja na okoliš. Iznos naknade korisnika okoliša za pojedinu građevinu izračunava se prema izrazu:  $N = Zz_1z_2z_3 \times N_1 \times k_k$

u kojem je:

N – iznos naknade korisnika okoliša u kunama,

Zz<sub>1</sub>z<sub>2</sub>z<sub>3</sub> – prostorna, tehnička i tehnološka značajka građevine ili građevne cjeline u kojoj je z<sub>1</sub> prostorna, z<sub>2</sub> tehnička, a z<sub>3</sub> tehnološka značajka izražena u odgovarajućoj mjernoj jedinici,

N<sub>1</sub> – naknada za mjernu jedinicu prostorne, tehničke i tehnološke značajke,

k<sub>k</sub> – korektivni koeficijent ovisan o stupnju utjecaja građevine ili građevne cjeline na okoliš.

### 3. Naknade za opterećivanje okoliša otpadom

Naknada na komunalni otpad i/ili neopasni tehnološki otpad izračunava se prema izrazu:

$$N = N_1 \times O$$

u kojem je:

N – iznos naknade na komunalni i/ili neopasni tehnološki otpad u kunama,  
N<sub>1</sub> – naknada za jednu tonu odloženoga komunalnog i/ili neopasnoga tehnološkog otpada,  
O – količina odloženoga komunalnog i/ili neopasnoga tehno-loškog otpada u kalendarskoj godini.

Iznos naknade na opasni otpad izračunava se prema izrazu:

$$N = N_1 \times P \times k_k$$

u kojem je:

N – iznos naknade na opasni otpad u kunama,

N<sub>1</sub> – naknada za jednu tonu proizvedenog a neobrađenog ili neizvezenoga opasnog otpada,

P – količina proizvedenog a neobrađenog ili neizvezenoga opasnog otpada u kalendarskoj godini,

k<sub>k</sub> – korektivni koeficijent ovisan o karakteristikama opasnog otpada.

**4. Posebne naknade na vozila na motorni pogon** – plaćaju se pri registraciji vozila, a izračunavaju se prema izrazu:  $PN = N_o \times k_k$

u kojem je:

PN – iznos posebne naknade u kunama,

N<sub>o</sub> – osnovna naknada za pojedinu vrstu vozila (u daljnjem tekstu: jedinična naknada),

k<sub>k</sub> – korektivni koeficijent ovisan o vrsti motora i pogonskoga goriva, radnom obujmu ili snazi motora i starosti vozila.

Jedan od glavnih ciljeva spomenutih mjera jest dovesti štetne emisije u okvire propisane Zakonom o zaštiti zraka ("Narodne novine", br. 178/2004 i 60/2008).

## 8.2. EU DIREKTIVE [26]

Prihvatanje europskih standarda i kriterija u zaštiti okoliša kao obveze Republike Hrvatske proizašle su potpisivanjem *Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju* (SSP). SSP je dokument kojeg je Europska unija (EU) ponudila državama jugoistočne Europe obuhvaćenim Procesom stabilizacije i pridruživanja, među kojima je i Hrvatska. SSP državi potpisnici daje status pridruženog člana i potencijalnog kandidata za članstvo u EU.

Sporazumom o stabilizaciji i pridruživanju se uređuju opća načela, politički dijalog, regionalna suradnja, slobodno kretanja roba, kretanje radnika, osnivanje pravnih osoba, pružanje usluga i kapitala, usklađivanje zakona, provedba zakona i pravila tržišnog natjecanja, pravosuđe i unutarnji odnosi, politike suradnje i financijska suradnja. Ciljevi su tog sporazuma:

- razvijanje političkog dijaloga između EU i zemlje potpisnice sporazuma,
- početak postupnog usklađivanja nacionalnog zakonodavstva zemlje potpisnice s pravnom stečevinom Europske unije,
- promicanje gospodarskih odnosa dviju strana,
- postupno razvijanje zone slobodne trgovine dviju strana,
- poticanje regionalne suradnje.

Od potpisivanja SSP-a u listopadu 2001.godine Vlada RH je počela ispunjavati preuzete obveze prema *Planu provedbe Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju*, koji je usvojen neposredno prije potpisivanja SSP-a i od tada je na snazi. Planom se utvrđuju mjere potrebne za uspješnu provedbu preuzetih obveza, te on ujedno odgovara na ključna pitanja vezana za provedbu Sporazuma: što se mora učiniti, tko je odgovoran za pojedinačnu provedbu, kako i u kojim rokovima će se Sporazum provoditi.

Za većinu međunarodnih dokumenata o zaštiti okoliša kojima je potpisnik, i za većinu programa koje provodi, Republika Hrvatska mora učiniti promjene u zakonodavnom sustavu, osigurati resurse za implementaciju (budući da se često odnose na ograničavanje emisija u pojedinim tehnološkim procesima, prilagodbu novim tehnologijama, a najčešće na adaptaciju tehnoloških sustava modernijim i zahtjevnijim načinima proizvodnje), a često i inicirati administrativno-institucionalne promjene u postojećem sustavu zaštite okoliša, kako bi se obveze mogle provesti.

U Republici Hrvatskoj donesen je *Nacionalni plan djelovanja za okoliš*. On sadrži: konkretne ciljeve, mjere za ostvarivanje ciljeva, razinu djelovanja (državna, lokalna,...), odgovorne nositelje (ministarstva i druga tijela državne uprave, regionalnu samoupravu,...), vrijeme potrebno za provedbu mjera i aktivnosti radi ostvarivanja ciljeva (kratkoročno, srednjoročno, dugoročno), te moguće financijske izvore (državni proračun, gospodarski sektor, lokalna uprava ili samouprava, i međunarodni izvori). Kao mjerila za određivanje prioritetnih planova istaknuti su prije svega: održivost, socio-ekonomska i ekološka korist, financijska i tehnička provedivost projekta, ali i potreba za ispunjenjem prioritetnih obveza Republike Hrvatske u procesu pridruživanja EU, npr. obveze iz tzv. Bijele knjige<sup>30</sup>.

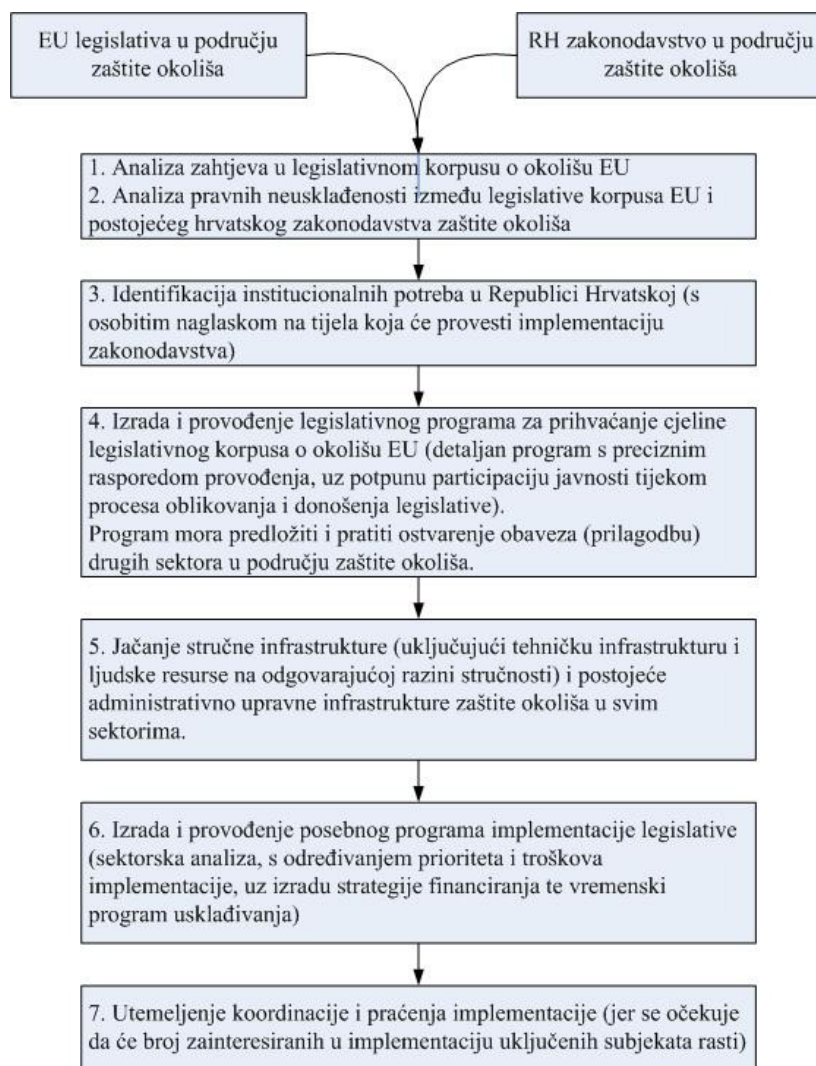
Dvije su teme posebno važne i dugoročno će imati velik utjecaj na zaštitu okoliša u RH. Kao prvo, to je prilagodba RH konceptu održivog razvoja, a drugo je približavanje i priključenje RH Europskoj uniji. Koncept održivog razvoja mora postati dominantna odrednica strategije razvoja Republike Hrvatske. Žele li se ispuniti sve pretpostavke u odnosu na okoliš koje se zemlji kandidatu nameću, onda se mora s obzirom na opsežnost posla, za taj korak imati program i plan. Naime, eventualna integracija nije samo puko prepisivanje legislative EU, ona traži implementaciju europskih standarda i kriterija u zaštiti okoliša.

Potpisivanjem Sporazuma o stabilizaciji i pridruživanju s EU, Hrvatska se obvezuje na postupno usklađivanje zakonodavstva s pravnom stečevinom Europske unije. Tijela državne uprave u pripremi zakonodavnih akata kojima se usklađuje zakonodavstvo RH s pravnom stečevinom Unije obavezna su uz zakonodavni akt priložiti ispunjenu *Izjavu o usklađenosti* i *Usporedni prikaz podudarnosti* odredaba prijedloga akta s odredbama relevantnih propisa Europske unije.

Postupak usklađivanja zakonodavstva Republike Hrvatske s pravnom stečevinom Europske unije, i to u području zaštite okoliša, prikazan je na slici 8.1.

---

<sup>30</sup> Bijela knjiga je dokument kojeg je sačinila Europska komisija kao dio strategije za pripremu zemalja kandidata srednje i istočne Europe za integraciju na unutarnje tržište. To je zapravo vodič pridruženim zemljama srednje i istočne Europe u procesu usklađivanja zakonodavstva u području uređenja unutarnjeg tržišta.



**Slika 8.1. Postupak usklađivanja zakonodavstva RH s pravnom stečevinom EU u području zaštite okoliša [26]**

Direktiva Europske unije u području zaštite okoliša ima relativno mnogo. Jedan primjer je direktiva o smanjenju štetnih emisija motora s unutarnjim izgaranjem, Direktiva 97/68/EZ. Međutim, za područje obuhvaćeno ovim radom, najznačajnija je tzv. IPPC direktiva, koja je u nastavku detaljnije opisana.

### **8.2.1. IPPC DIREKTIVA [27] (Integrated Pollution Prevention and Control)<sup>31</sup>**

"Cilj IPPC Direktive je postizanje integralnog pristupa; sprečavanja i kontrole onečišćenja koje potiče od širokog spektra industrijskih i poljoprivrednih aktivnosti. U Aneksu I Direktive navedeni su industrije i djelatnosti koje potpadaju pod IPPC Direktivu. Integralni pristup (sprečavanje i kontrola onečišćenja) podrazumijeva i promjenu sustava izdavanja dozvola za rad tvrtke. Osnovno načelo Direktive je da i onaj koji donosi propise i nadzire njihovu provedbu, kao i onaj koji ih provodi, moraju sagledati svaku industriju kao cjelinu i njen sveukupni (zrak, voda, tlo) utjecaj na okoliš, prije poduzimanja bilo kakvih

<sup>31</sup> Integrirani pristup prevenciji i kontroli onečišćenja

tehnoloških mjera, koje su nužne da bi se postigla tražena razina zaštite okoliša. Cilj takve dozvole je da se izbjegne selidba onečišćenja iz jednog medija u drugi i da se potaknu preventivne mjere sprečavanja nastajanja otpada na izvoru prvenstveno mjerama čistije proizvodnje i primjenom najboljih raspoloživih tehnologija (BAT<sup>32</sup>). Duh Direktive **potiče da se otpad čije se nastajanje nije moglo izbjeći, reciklira ili obradi nekom od BAT tehnologija i zbrine na okolišno prihvatljiv način**. Direktiva i predložene BAT tehnologije također doprinose racionalnom korištenju energije i štednji resursa, smanjuju rizik od akcidenata i omogućavaju da se lokacija nakon što industrija prestane s radom, lakše dovede u prvobitno stanje (sanira)". [27]

Smisao IPPC Direktive može se sažeto iznijeti slijedećim dvjema rečenicama:

- U svojoj biti IPPC Direktiva se bavi minimiziranjem onečišćenja kroz integrativni pristup mjera *prevencije* i *end of pipe* rješenja.
- Direktiva sadrži osnovna pravila za izdavanje jedne integrirane dozvole, koja regulira cjelokupni utjecaj industrijskog postrojenja na okoliš (emisije u zrak, vodu, tlo, proizvodnju otpada, korištenje sirovina, energetska efikasnost, buku, prevencija akcidenata - sigurnost na radu...).

Vežu između IPPC Direktive i LCA analize najlakše je uočiti razmotri li se što je sve nužno priložiti prijavi za ishodovanje jedinstvene dozvole za postrojenje u skladu sa Zakonom o IPPC direktivi: [27]

- A. Osnovni podaci o podnositelju zahtjeva
- B. Podaci o postrojenju i njegovoj lokaciji
- C. Popis sirovina, pomoćnih i ostalih materijala i energije potrebne ili proizvedene pri radu postrojenja
- D. Opis mjesta na kojima se pojavljuju emisije i projekcija vrsta i količina emisija iz postrojenja u svaki od medija/recipienta uz određivanje značaja utjecaja na okoliš ili ljudsko zdravlje**
- E. Opis i analiza utjecaja na okoliša na lokaciji postrojenja**
- F. Opis i karakteristike postojećih ili planiranih tehnologija i ostalih za prevenciju ili ukoliko nije moguće za smanjenje emisija iz postrojenja**
- G. Opis i karakteristike postojećih ili planiranih mjera za sprečavanje ili smanjenje i uporabu otpada iz postrojenja**
- H. Opis i karakteristika postojećih ili planiranih mjera i tehničke opreme za nadzor postrojenja i emisija u okoliš
- I. Detaljna usporedba postrojenja s najboljom dostupnom tehnikom (BAT)
- J. Opis i karakteristike ostalih planiranih mjera, posebno mjera za poboljšanje energetske učinkovitosti, mjera koje smanjuju rizike za okoliš i smanjuju opasnosti od nesreća i njihovih posljedica**
- K. Opis mjera koje će se poduzeti nakon trajne obustave aktivnosti kako bi se izbjegao rizik od onečišćenja ili negativnih utjecaja na ljudsko zdravlje i dovela lokacija u prihvatljivo stanje
- L. Sažetak podataka navedenih pod A do K pripremljen kao informacija za javnost

---

<sup>32</sup> Best Available Technology – Najbolja dostupna tehnologija



M. Uvjeti za dobivanje dozvole

**N. Identifikacija svih dionika koji bi mogli biti izloženi štetnom djelovanju u slučaju da postojeće ili novo postrojenje ima prekogranični utjecaj**

LCA analiza i u ovom slučaju predstavlja "alat" koji omogućava prikupljanje i obradu informacija potrebnih za ispunjavanje gore istaknutih zahtjeva.

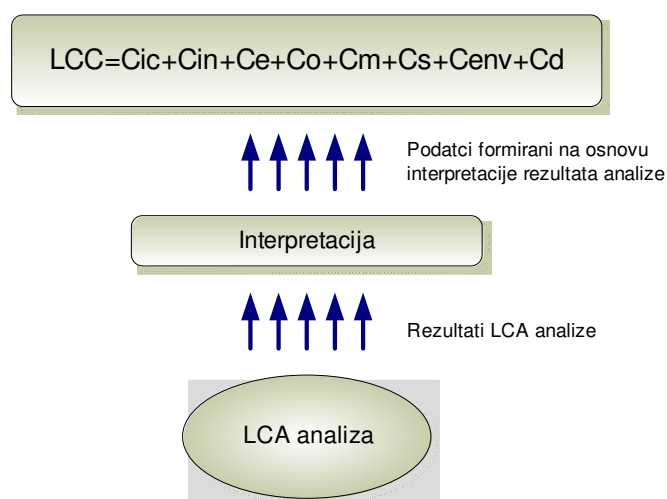
### 8.3. PRAĆENJE I ANALIZA TROŠKOVA PROIZVODNJE [2], [12]

Iako se najčešće pretpostavlja da su ekološki napredak i smanjenje troškova proizvodnje dvije oprečne funkcije, te ne mora u pravilu biti tako. Naime, rezultati LCA analize mogu ukazati na problematične dijelove životnog ciklusa, kako u ekološkom, tako i u ekonomskom smislu. Na osnovu rezultata dobivenih LCA analizom moguće je značajno utjecati na troškove proizvodnje, ali i ukupnog poslovanja, najčešće u slijedećim područjima: [2]

- Troškovi vezani uz potrošnju energije i materijala
- Troškovi onečišćenja okoliša (naknade za emisije štetnih tvari)
- Troškovi sanacije u slučaju ekoloških incidenata
- Troškovi upravljanja otpadom

LCA analiza također može poslužiti u planiranju proizvodnje, kao osnova za tehnološku i operativnu pripremu proizvodnje. Na taj način se mogu i kvalitetno predvidjeti troškovi proizvodnje, što je važan strateški čimbenik poslovanja.

Često se u literaturi spominje i metoda LCC ("Life Cycle Costs", troškovi životnog ciklusa), kojom se na temelju rezultata LCA analize procjenjuju troškovi kroz sve faze životnog ciklusa proizvoda (ili usluge). Osnovni princip LCC metode je prikazan shemom na slici 8.2.



Slika 8.2. Shematski prikaz principa LCC metode [2]

Pri tome je :

- LCC-*Life Cycle Cost* (trošak tijekom životnog vijeka proizvoda)
- Cic - cijena nabave
- Cin - cijena instalacije
- Ce - troškovi energije
- Co - operativni troškovi (radna snaga, nadgledanje)
- Cm - troškovi održavanja i popravaka
- Cs - troškovi zastoja
- Cenv - troškovi zagađenja okoline
- Cd – troškovi odlaganja nakon životnog ciklusa

Kao pozitivan primjer istovremenog smanjenja štetnog utjecaja na okoliš i troškova proizvodnje, može se navesti projekt Vlade Republike Hrvatske pod nazivom "Stvaranje preduvjeta za čistiju proizvodnju". Ovaj projekt je proveden od 1997.-1999. godine pod pokroviteljstvom UNIDO-a<sup>33</sup>. Osnovni cilj projekta bio je osposobljavanje domaćih stručnjaka koji će kao predavači i konzultanti promovirati koncept i širu implementaciju "čistije proizvodnje" u industriji i gospodarstvu, te kontinuirano provoditi konkretne projekte i nakon završetka projekta. Principi "čistije proizvodnje" su već prikazani u poglavlju 3.5, a važno je napomenuti kako je LCA analiza uvelike primjenjiva u takvom pristupu proizvodnji.

U projektu je sudjelovalo 18 hrvatskih tvrtki, odnosno proveden je 21 konkretan projekt "čistije proizvodnje", a uspješnost se ocjenjivala kroz ekonomske učinke (ostvarene uštede) i pozitivne učinke na okoliš (smanjenje otpada i emisija, racionalnu potrošnju energije, vode i sirovina).

Ukupne koristi za okoliš ostvarene ovim projektom su: [12]

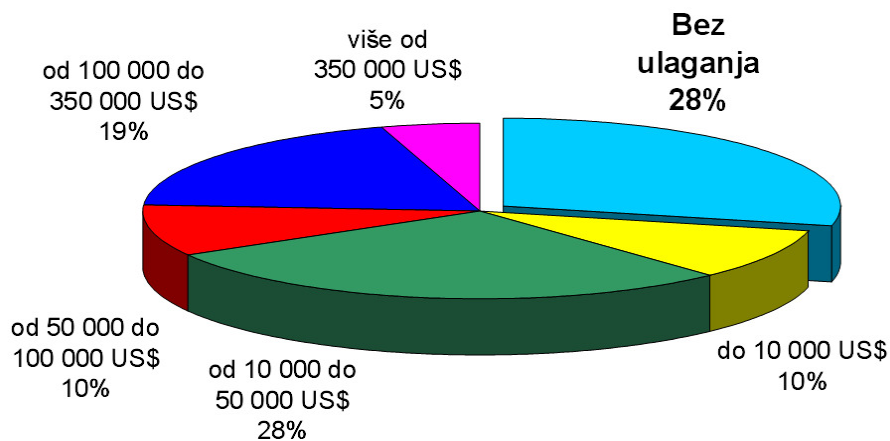
- Smanjenje volumena otpadnih voda za 2.4 milijuna m<sup>3</sup>/godinu
- Smanjenje opterećenja otpadnih voda (kemijska potrošnja kisika) za 54.6 tona O<sub>2</sub>/god.
- Smanjenje emisija u zrak (organska otapala, dimni plinovi, čestice) za 33.2 tona/god.
- Smanjenje ukupne količine krutog tehnološkog otpada za 16540 tona/god.
- Ušteda svježe vode poboljšanjem iskorištenja sirovina i internim recikliranjem, 2.37 milijuna m<sup>3</sup>/god.
- Ušteda ostalih sirovina , 1564 tona/god.

Ono što je važno istaknuti jest da je uslijed ulaganja u ovaj projekt, ostvarena ukupna godišnja financijska ušteda od 3.89 milijuna USD (oko 29.6 milijuna kuna), uz prosječno vrijeme povrata uloženi sredstava od 1.1 godine. [12]

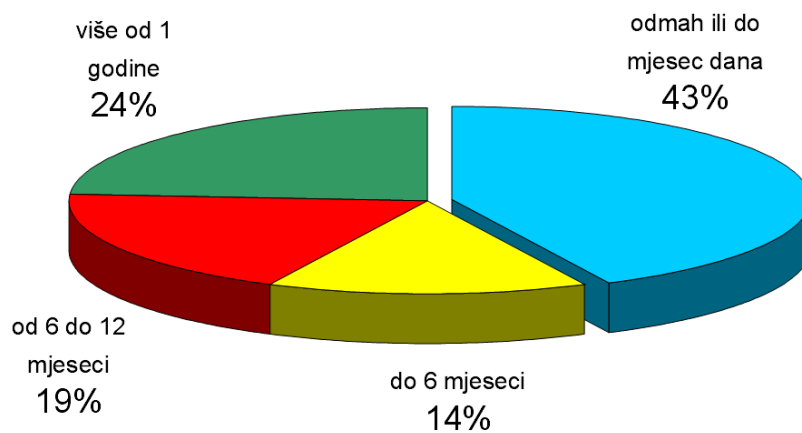
Slika 8.3 prikazuje raspodjelu visina ulaganja u 21 projektu "čistije proizvodnje". Može se primijetiti da u većini slučajeva nisu uložena značajna sredstva, a rezultati su u odnosu na uložena sredstva značajni. Povrat sredstava je bio vrlo brz, u nekim slučajevima čak i momentalan, što je vidljivo na slici 8.4. Na slici 8.5 su prikazane aktivnosti koje su provedene u sklopu projekta. Valja imati na umu da je ovaj projekt samo ogledan primjer, te samo puno veći obujam, i kontinuirana primjena ovakvih akcija može dati konkretne rezultate.

---

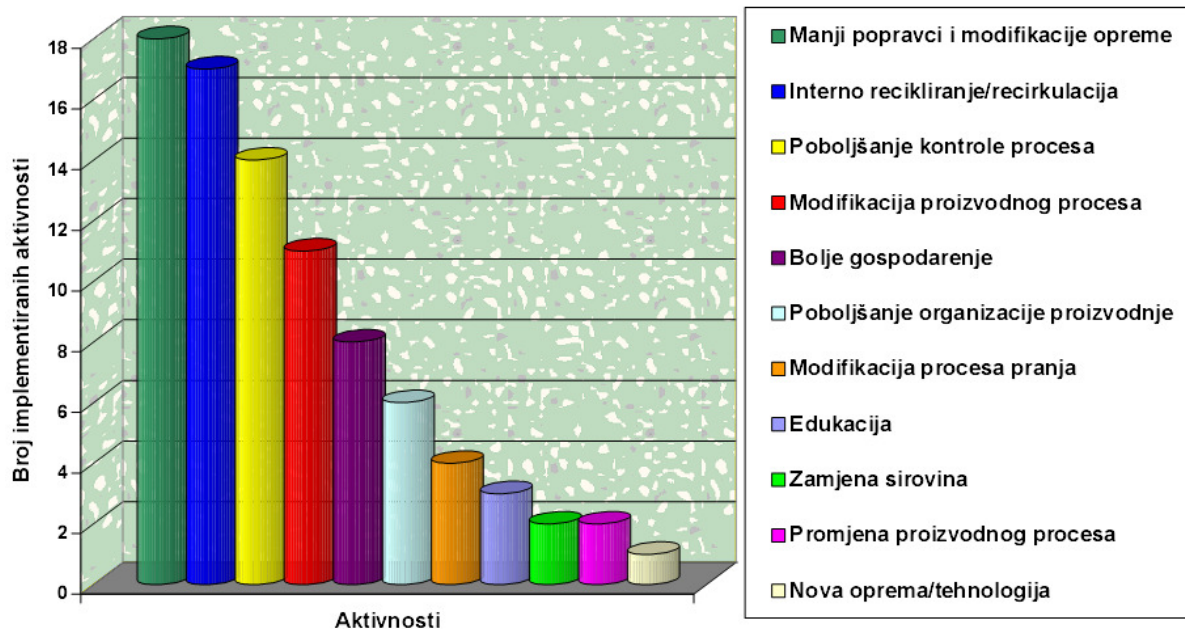
<sup>33</sup> Organizacija Ujedinjenih naroda za industrijski razvoj



Slika 8.3. Prikaz raspodjele visine ulaganja u 21 projektu "čistije proizvodnje"[12]



Slika 8.4. Povrat uložениh sredstava u 21 projektu "čistije proizvodnje"[12]



Slika 8.5. Aktivnosti implementirane u 21 projektu "čistije proizvodnje"[12]

## 8.4. EKO-OZNAČAVANJE [25]

Dodjela znaka zaštite okoliša regulirana je Zakonom o zaštiti okoliša ("Narodne novine", br. 110/07), odnosno Pravilnikom o znaku zaštite okoliša, kojeg donosi Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva. Cilj dodjele znaka zaštite okoliša je promicanje proizvoda kojima se smanjuje nepovoljan utjecaj proizvoda na okoliš u odnosu na ostale istovrsne proizvode, čime se pridonosi učinkovitom korištenju prirodnih dobara, višem stupnju zaštite okoliša, te informiranju potrošača o takvim proizvodima. Ministarstvo dodjeljuje znak zaštite okoliša za proizvod koji tijekom životnog ciklusa bitno manje opterećuje okoliš u odnosu na druge proizvode iz iste skupine proizvoda. Grafički prikaz hrvatskog znaka zaštite okoliša prikazan je na slici 8.6.



Slika 8.6. Grafički prikaz hrvatskog znaka zaštite okoliša [25]

Ministarstvo je također nadležno za dodjelu znaka zaštite okoliša Europske unije, sukladno Uredbi br. 1980/2000 Europskog parlamenta i Vijeća iz 2000. godine o revidiranom programu dodjele znaka zaštite okoliša Europske unije. Taj znak je prikazan na slici 8.7.



Slika 8.7. Grafički prikaz znaka zaštite okoliša Europske unije [25]

Odluke o dodjeli znaka zaštite okoliša donosi Povjerenstvo za dodjelu znaka zaštite okoliša, na temelju definiranih mjerila koja sadrže:

- Opis skupine proizvoda,
- Pokazatelje zaštite okoliša,
- Uvjete zaštite okoliša za pojedini pokazatelj zaštite okoliša,
- Uvjete za uporabu znaka i
- Razlog dodjele znaka zaštite okoliša.

Pri izradi mjerila razmatra se utjecaj proizvoda na okoliš u svom cjelokupnom životnom ciklusu u skladu s međunarodno priznatim metodama, a gdje je to moguće primjenjuju se norme ISO 14040 i ISO 14024. Kod određivanja pokazatelja zaštite okoliša utvrđuju se vrste utjecaja na okoliš, i to prema propisanoj tablici 8.1. Može se primijetiti da tablica prati proizvod kroz cijeli životni ciklus (u tom dijelu poštuje LCA principe), ali je vrlo oskudna i pretpostavlja kvalitativne ocjene od osobe koja radi procjenu (ovlaštenik). Dakle, tablica treba biti ispunjena na temelju detaljnog elaborata, kojeg izrađuje ovlaštenik. Elaborat se zatim zajedno sa zamolbom predaje Povjerenstvu koje konačno odlučuje o dodjeli znaka.

**Tablica 8.1. Tablica za procjenu životnog ciklusa proizvoda [25]**

Pokazatelji zaštite okoliša	Robe					Usluge		
	Predproizvodnja/sirovine	Proizvodnja	Distribucija (uključuje pakiranje)	Uporaba	Oporaba/reciklaža/odlaganje	Nabava proizvoda za davanje usluge	Izvedba usluge	Upravljanje/postupanje s otpadom
Kakvoća zraka								
Kakvoća vode								
Zaštita tla								
Smanjenje otpada								
Ušteda energije								
Upravljanje prirodnim izvorima								
Sprječavanje globalnog zagrijavanja								
Zaštita ozonskog sloja								
Ekološka sigurnost								
Buka								
Biološka raznolikost								

## 9. ZAKLJUČAK

Svrha ovog rada jest prikazati mogućnosti primjene procjene utjecaja životnog ciklusa proizvoda na okoliš (LCA analize), ali i sličnih metoda vezanih za industrijsku ekologiju i održivi razvoj. LCA analiza je prikazana prvenstveno sa gledišta primjene u području strojarstva, konkretno razvoja proizvoda, a obrazložene su i druge mogućnosti njene primjene.

Istaknute su brojne prednosti i nedostaci LCA metode. Jedan od najznačajnijih nedostataka svakako je kompleksnost analize (pogotovo u fazi prikupljanja i analize podataka) i relativno dugo vrijeme potrebno za njenu provedbu, koje često nadmašuje vrijeme potrebno za razvoj proizvoda. Iz tog razloga su razvijene pojednostavljene metode koje se baziraju na LCA analizi, kao što su "ECO-INDICATOR 95" i "ECO-INDICATOR 99" pomoću koje je i provedena analiza na odabranom primjeru, aparatu za kavu namijenjenom za potrebe kućanstva.

Nadalje je dan pregled mogućnosti primjene LCA analize u hrvatskom gospodarstvu. Zaključeno je da je njena primjena u nas za sada relativno skromna u odnosu na potencijalne ekološke i ekonomske prednosti koje je na taj način moguće postići. Opći je dojam kako vlasti RH premalo potiču primjenu LCA i sličnih metoda. Značajan dio poticajnih sredstava iz fondova Europske Unije je namijenjen za proizvodne projekte koji se, između ostalog, orijentiraju na ekološki napredak u proizvodnji. Odgovornost je podjednako na strukturama vlasti i gospodarskim subjektima da ta ponuđena sredstva iskoriste u svrhu općeg (ne samo ekološkog) napretka proizvodnje.

Zaključno, može se reći kako je LCA analiza vrlo dobar analitički "alat", koji ima širok spektar mogućnosti primjene na području RH, pogotovo ako se ima u vidu predstojeće priključenje EU, ali uz nužno dodatno obrazovanje i upoznavanje visokog *managemanta* hrvatskih proizvodnih tvrtki sa idejom održivog razvoja u sklopu proizvodnje, te cjelokupnog poslovanja.

## LITERATURA

[ 1 ]		<a href="http://en.wikipedia.org/">http://en.wikipedia.org/</a>	"Wikipedia", internet enciklopedija
[ 2 ]	Karašić, M.	Utjecaj procjene životnog ciklusa proizvoda pri projektiranju tehnološkog procesa proizvoda	Diplomski rad, FSB Zagreb, 2007.
[ 3 ]		<a href="http://www.epa.gov/sustainability">http://www.epa.gov/sustainability</a>	SAD, stranice vladine agencije za zaštitu okoliša, "Environmental Protection Agency"
[ 4 ]	Lazibat, T. Baković, T.	Primjena međunarodnih normi u hrvatskoj šumarskoj i drvenoj industriji	Ekonomski fakultet- Zagreb, 2005.
[ 5 ]	Bockermann, A. Meyer, B. Omann, I. Spangenberg, J.	Science direct, Modelling sustainability comparing an econometric (PANTA RHEI) and a systems dynamics model (SuE), Broj 27 (2005), stranice 189-210	Članak iz časopisa "Science Direct"
[ 6 ]		<a href="http://www.umich.edu/">http://www.umich.edu/</a>	Internet stranice "University of Michigan"
[ 7 ]	Allenby, B.	Industrial Ecology: The Material Scientist in an Environmental Constrained World	MRS, Boston, 1992.
[ 8 ]		<a href="http://www.biba.uni-bremen.de">http://www.biba.uni-bremen.de</a>	Internet stranice Instituta za proizvodnju i logistiku, Bremen
[ 9 ]	Davis, G. Wilt, C.	Extended product responsibility: A new principle for product-oriented pollution prevention	The University of Tennessee, 1997.
[ 10 ]		<a href="http://virtual.vtt.fi/">http://virtual.vtt.fi/</a>	Internet baza ekoloških projekata, Finska

[ 11 ]		<a href="http://www.higherlevel.nl/forum/attachments/10_goldenrules_in_eco-design.pdf">http://www.higherlevel.nl/forum/attachments/10_goldenrules_in_eco-design.pdf</a>	Nizozemski Internet forum posvećen ekološkim pitanjima
[ 12 ]		<a href="http://www.cro-cpc.hr/">http://www.cro-cpc.hr/</a>	Internet stranice Hrvatskog centra za čistiju proizvodnju
[ 13 ]	Čizmić, V.	Goriva i maziva, Sustav upravljanja okolišem- preduvjet za smanjenje štetnog utjecaja na okoliš, Br. 47, 2008., stranice 153-161	Članak iz časopisa "Goriva i maziva"
[ 14 ]		<a href="http://appono.hr">appono.hr</a>	Internet stranice konzultantske tvrtke Appono, Split
[ 15 ]		<a href="http://www.dnv.hr/">http://www.dnv.hr/</a>	Internet stranice fondacije Det Norske Veritas (DNV)
[ 16 ]		<a href="http://www.howproductsimpact.net/">http://www.howproductsimpact.net/</a>	
[ 17 ]	Wenzel; H., Hauschild, M. Alting, L	Environmental Assessment of Products (Vol.1) "Methodology, tools and case studies in product development"	<i>Chapman &amp; Hall,</i> London, 1997.
[ 18 ]		<a href="http://www.iso.org/iso">http://www.iso.org/iso</a>	Internet stranice Međunarodne organizacije za normizaciju (ISO)
[ 19 ]		Međunarodna norma ISO 14044:2006 Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework	
[ 20 ]		<a href="http://www.unep.org/publications/">http://www.unep.org/publications/</a>	Internet stranice UN-ove organizacije UNEP (United Nations Environment Programme)
[ 21 ]		<a href="http://www.pre.nl/">http://www.pre.nl/</a>	Internet stranice nizozemske tvrtke PRé Consultants
[ 22 ]		<a href="http://www.lca-center.dk">http://www.lca-center.dk</a>	Internet stranice danskog centra za LCA
[ 23 ]		<a href="http://www.eiolca.net/">http://www.eiolca.net/</a>	Internet stranice sveučilišta "Carnegie Mellon University"



[ 24]		<a href="http://www.idemat.nl">http://www.idemat.nl</a>	Internet stranice sueučilišta "Delft University of Techology"
[ 25]		<a href="http://www.hrpsor.hr/">http://www.hrpsor.hr/</a>	Internet stranice Hrvatskog poslovnog savjeta za održivi razvoj
[ 26]	Lulić, Z. Mahalec, I. Kozarac, D.	Štetna emisija motora s unutarnjim izgaranjem – implementacija EU Direktive 97/68 u hrvatsko zakonodavstvo	Zbornik radova, Hrvatski inženjerski savez, 2005.
[ 27]		<a href="http://www.mzopu.hr/">http://www.mzopu.hr/</a> Pilot prijava za okolišnu dozvolu korištena u projektu MZOPUG i Hrvatskog centra za čistiju proizvodnju	Internet stranice Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva

# PRILOZI

## **PRILOG I – POPIS NORMI IZ SERIJA ISO 14000 i ISO 9000 [18]**

### **Popis normi iz serije ISO 14000**

ISO 14001	Sustav upravljanja okolišem — Specifikacije sa smjernicama za korištenje
ISO 14004	Sustav upravljanja okolišem — Opće smjernice o principima, sustavima i tehnikama za podršku
ISO 14010	Smjernice za reviziju upravljanja okolišem – Opći principi revizije
ISO 14011	Smjernice za reviziju upravljanja okolišem — Revizijske procedure 1. dio: Revizija sustava za upravljanje okolišem
ISO 14012	Smjernice za reviziju upravljanja okolišem — Kvalifikacijski kriteriji za revizore upravljanja okolišem
ISO 14020	Ekološko označavanje — Opći principi
ISO 14021	Ekološko označavanje — Zahtjevi za samo-deklaraciju — Uvjeti i definicije
ISO 14022	Ekološko označavanje — Zahtjevi za samo-deklaraciju — Simboli
ISO 14023	Ekološko označavanje — Metodologije testiranja i verifikacije
ISO 14024	Ekološko označavanje — Programi prakse — Smjernice, praksa i procedure certificiranja programa višestrukih kriterija (Tip I)
ISO 14025	Ekološke naljepnice i deklaracije — Profili ekoloških informacija — Tip III smjernice i procedure
ISO 14031	Procjena ekoloških performansi sustava upravljanja i njegov odnos prema okolišu
ISO 14040	Procjena životnog ciklusa — Principi i okviri
ISO 14041	Procjena "životnog ciklusa" — Analiza faze popisivanja
ISO 14042	Procjena životnog ciklusa — Odrdeđivanje utjecaja na okoliš
ISO 14043	Procjena životnog ciklusa — Interpretacija
ISO 14050	Uvjeti i definicije

## **Popis normi iz serije ISO 9000**

ISO 9000 Upravljanje kvalitetom i osiguranje kvalitete — smjernice za izbor i uporabu.

ISO 9001 Sustav kvalitete — Model za osiguranje kvalitete kod projektiranja, razvoja, proizvodnje, ugradnje i servisiranja.

ISO 9002 Sustav kvalitete — Model za osiguranje kvalitete u fazama proizvodnje i ugradnje.

ISO 9003 Sustavi kvalitete u završnoj kontroli i ispitivanju.

ISO 9004 Upravljanje kvalitetom i elementi sustava kvalitete — smjernice.

## **Dopunske norme iz serije ISO 9000**

ISO 9000.1 Norme upravljanja kvalitetom i osiguranjem kvalitete — Dio 1: smjernice za izbor i uporabu.

ISO 9000.2 Norme upravljanja kvalitetom i temelji osiguranja kvalitete, dio 2.

ISO 9000.3 Norme upravljanja kvalitetom i osiguranja kvalitete — Dio 3: Smjernice za primjenu ISO 9001 za razvoj, nabavu i održavanje softvera.

ISO 9004.1 Upravljanje kvalitetom i elementi sustava kvalitete — Dio 1: Smjernice.

ISO 9004.2 Upravljanje kvalitetom i elementi sustava kvalitete — Dio 2: Smjernice za usluge.

ISO 9004.4 Upravljanje kvalitetom i elementi sustava kvalitete — Dio 4: Smjernice za poboljšanje kvalitete

## PRILOG II – BAZA PODATAKA "ECO-INDICATOR 99" [21]

### Production of ferro metals (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Cast iron	240	Casting iron with > 2% carbon compound	1
Converter steel	94	Block material containing only primary steel	1
Electro steel	24	Block material containing only secondary scrap	1
Steel	86	Block material containing 80% primary iron, 20% scrap	1
Steel high alloy	910	Block material containing 71% primary iron, 16% Cr, 13% Ni	1
Steel low alloy	110	Block material containing 93% primary iron, 5% scrap, 1% alloy metals	1

### Production of non ferro metals (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Aluminium 100% Rec.	60	Block containing only secondary material	1
Aluminium 0% Rec.	780	Block containing only primary material	1
Chromium	970	Block, containing only primary material	1
Copper	1400	Block, containing only primary material	1
Lead	640	Block, containing 50% secondary lead	1
Nickel enriched	5200	Block, containing only primary material	1
Palladium enriched	4600000	Block, containing only primary material	1
Platinum	7000000	Block, containing only primary material	1
Rhodium enriched	12000000	Block, containing only primary material	1
Zinc	3200	Block, containing only primary material (plating quality)	1

### Processing of metals (in millipoints)

	Indicator	Description	
Bending – aluminium	0.000047	one sheet of 1mm over width of 1 metre; bending 90°	4
Bending – steel	0.00008	one sheet of 1mm over width of 1 metre; bending 90°	4
Bending – RVS	0.00011	one sheet of 1mm over width of 1 metre; bending 90°	4
Brazing	4000	per kg brazing, including brazing material (45% silver, 27% copper, 25% tin)	1
Cold roll into sheet	18	per thickness reduction of 1 mm of 1 m <sup>2</sup> plate	4
Electrolytic Chromium plating	1100	per m <sup>2</sup> , 1 µm thick, double sided; data fairly unreliable	4
Electrolytic galvanising	130	per m <sup>2</sup> , 2.5 µm thick, double sided; data fairly unreliable	4
Extrusion – aluminium	72	per kg	4
Milling, turning, drilling	800	per dm <sup>3</sup> removed material, without production of lost material	4
Pressing	23	per kg deformed metal. Do not include non-deformed parts!	4
Spot welding – aluminium	2.7	per weld of 7 mm diameter, sheet thickness 2 mm	4
Shearing/stamping –aluminium	0.000036	per mm <sup>2</sup> cutting surface	4
Shearing/stamping – steel	0.00006	per mm <sup>2</sup> cutting surface	4
Shearing/stamping – RVS	0.000086	per mm <sup>2</sup> cutting surface	4
Sheet production	30	per kg production of sheet out of block material	4
Band zinc coating	4300	(Sendzimir zink coating) per m <sup>2</sup> , 20-45 µm thick, including zinc	1
Hot galvanising	3300	per m <sup>2</sup> , 100 µm thick, including zinc	1
Zinc coating (conversion um)	49	per m <sup>2</sup> , 1 extra µm thickness, including zinc	1

## Production of plastic granulate (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
ABS	400		3
HDPE	330		1
LDPE	360		1
PA 6.6	630		3
PC	510		1
PET	380		3
PET bottle grade	390	used for bottles	3
PP	330		3
PS (GPPS)	370	general purposes	3
PS (HIPS)	360	high impact	1
PS (EPS)	360	expandable	3
PUR energy absorbing	490		3
PUR flexible block foam	480	for furniture, bedding, clothing	3
PUR hardfoam	420	used in white goods, insulation, construction material	1
PUR semi rigid foam	480		3
PVC high impact	280	Without metal stabilizer (Pb or Ba) and without plasticizer (see under Chemicals)	1
PVC (rigid)	270	rigid PVC with 10% plasticizers (crude estimate)	1*
PVC (flexible)	240	Flexible PVC with 50% plasticizers (crude estimate)	1*
PVDC	440	for thin coatings	3

## Processing of plastics (in millipoints)

	Indicator	Description	
Blow foil extrusion PE	2.1	per kg PE granulate, but without production of PE. Foil to be used for bags	2
Calandring PVC foil	3.7	per kg PVC granulate, but without production of PVC	2
Injection moulding – 1	21	per kg PE, PP, PS, ABS, without production of material	4
Injection moulding – 2	44	per kg PVC, PC, without production of material	4
Milling, turning, drilling	6.4	per dm <sup>3</sup> machined material, without production of lost material	4
Pressure forming	6.4	per kg	4
React. Inj. Moulding-PUR	12	per kg, without production of PUR and possible other components	4
Ultrasonic welding	0.098	per m welded length	4
Vacuum-forming	9.1	per kg material, but without production of material	4

## Production of rubbers (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
EPDM rubber	360	Vulcanised with 44% carbon, including moulding	1

## Production of packaging materials (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Packaging carton	69	CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1
Paper	96	Containing 65% waste paper, CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1
Glass (brown)	50	Packaging glass containing 61% recycled glass	2
Glass (green)	51	Packaging glass containing 99% recycled glass	2
Glass (white)	58	Packaging glass containing 55% recycled glass	2

## Production of chemicals and others (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Ammonia	160	NH <sub>3</sub>	1
Argon	7.8	Inert gas, used in light bulbs, welding of reactive metals like aluminium	1
Bentonite	13	Used in cat litter, porcelain etc.	1
Carbon black	180	Used for colouring and as filler	1
Chemicals inorganic	53	Average value for production of inorganic chemicals	1
Chemicals organic	99	Average value for production of organic chemicals	1
Chlorine	38	Cl <sub>2</sub> . Produced with diaphragm production process (modern technology)	1
Dimethyl p-phthalate	190	Used as plasticizer for softening PVC	1
Ethylene oxide/glycol	330	Used as industrial solvent and cleaning agent	1
Fuel oil	180	Production of fuel only. Combustion excluded!	1
Fuel petrol unleaded	210	Production of fuel only. Combustion excluded!	1
Fuel diesel	180	Production of fuel only. Combustion excluded!	1
H <sub>2</sub>	830	Hydrogen gas. Used for reduction processes	1
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	22	Sulphuric acid. Used for cleaning and staining	1
HCl	39	Hydrochloric acid, used for processing of metals and cleaning	1
HF	140	Fluoric acid	1
N <sub>2</sub>	12	Nitrogen gas. Used as an inert atmosphere	1
NaCl	6.6	Sodium chloride	1
NaOH	38	Caustic soda	1
Nitric acid	55	HNO <sub>3</sub> Used for staining metals	1
O <sub>2</sub>	12	Oxygen gas.	1
Phosphoric acid	99	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> . Used in preparation of fertiliser	1
Propylene glycol	200	Used as an anti-freeze, and as solvent	1
R134a (coolant)	150	Production of R134a only! Emission of 1 kg R134a to air gives 7300 mPt	1
R22 (coolant)	240	Production of R22 only! Emission of 1 kg R22 to air gives 8400 mPt	1
Silicate (waterglass)	60	Used in the manufacture of silica gel, detergent manufacture and metal cleaning	1
Soda	45	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> . Used in detergents	1
Ureum	130	Used in fertilisers	1
Water decarbonized	0.0026	Processing only; effects on groundwater table (if any) disregarded	1
Water demineralized	0.026	Processing only; effects on groundwater table (if any) disregarded	1
Zeolite	160	Used for absorption processes and in detergents	1

## Production of building material (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
Alkyd varnish	520	Production + emissions during use of varnish, containing 55% solvents	5
Cement	20	Portland cement	1
Ceramics	28	Bricks etc.	1
Concrete not reinforced	3.8	Concrete with a density of 2200 kg/m <sup>3</sup>	1
Float glass coated	51	Used for windows, Tin, Silver and Nickel coating (77 g/m <sup>2</sup> )	1
Float glass uncoated	49	Used for windows	1
Gypsum	9.9	Selenite. Used as filler.	1
Gravel	0.84	Extraction and transport	1
Lime (burnt)	28	CaO. Used for production of cement and concrete. Can also be used as strong base	1
Lime (hydrated)	21	Ca(OH) <sub>2</sub> . Used for production of mortar	1
Mineral wool	61	Used for insulation	1
Massive building	1500	Rough estimate of a (concrete) building per m <sup>3</sup> volume (capital goods)	1
Metal construction building	4300	Rough estimate of a building per m <sup>3</sup> volume (capital goods)	1
Sand	0.82	Extraction and transport	1
Wood board	39	European wood (FSC criteria); CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1*
Wood massive	6.6	European wood (FSC criteria); CO <sub>2</sub> absorption in growth stage disregarded	1*
Land-use	45	Occupation as urban land per m <sup>2</sup> yr	*

## Heat (in millipoints per MJ)

	Indicator	Description	
		Including fuel production	
Heat coal briquette (stove)	4.6	Combustion of coal in a 5-15 kW furnace	1
Heat coal (industrial furnace)	4.2	Combustion of coal in a industrial furnace (1-10MW)	1
Heat lignite briquet	3.2	Combustion of lignite in a 5-15kW furnace	1
Heat gas (boiler)	5.4	Combustion of gas in an atmospheric boiler (<100kW) with low NOx	1
Heat gas (industrial furnace)	5.3	Combustion of gas in an industrial furnace (>100kW) with low NOx	1
Heat oil (boiler)	5.6	Combustion of oil in a 10kW furnace	1
Heat oil (industrial furnace)	11	Combustion of oil in an industrial furnace	1
Heat wood	1.6	Combustion of wood; CO <sub>2</sub> absorption and emission disregarded	1*

## Solar energy (in millipoints per kWh)

	Indicator	Description	
Electricity facade m-Si	9.7	Small installation (3kWp) with mono-crystalline cells, used on building facade	1
Electricity facade p-Si	14	Small installation (3kWp) with polycrystalline cells, used on building facade	1
Electricity roof m-Si	7.2	Small installation (3kWp) with mono-crystalline cells, used on building roof	1
Electricity roof p-Si	10	Small installation (3kWp) with polycrystalline cells, used on building roof	1

## Electricity (in millipoints per kWh)

	Indicator	Description	
		Including fuel production	
Electr. HV Europe (UCPTE)	22	High voltage (> 24 kV)olt)	1
Electr. MV Europe (UCPTE)	22	Medium voltage (1 kV – 24 kV)olt)	1
Electr. LV Europe (UCPTE)	26	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV Austria	18	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV Belgium	22	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV Switzerland	8.4	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV Great Britain	33	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV France	8.9	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV Greece	61	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV Italy	47	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV the Netherlands	37	Low voltage (< 1000V)olt)	1
Electricity LV Portugal	46	Low voltage (< 1000V)olt)	1



## Transport (in millipoints per tkm)

	Indicator	Description	
		<b>Including fuel production</b>	
Delivery van <3.5t	140	Road transport with 30% load, 33% petrol unleaded, 38% petrol leaded, 29% diesel (38% without catalyst) (European average including return)	1
Truck 16t	34	Road transport with 40% load (European average including return)	1
Truck 28t	22	Road transport with 40% load (European average including return)	1
Truck 28t (volume)	8	Road transport per m <sup>3</sup> km. Use when volume in stead of load is limiting factor	1*
Truck 40t	15	Road transport with 50% load (European average including return)	1
Passenger car W-Europe	29	Road transport per km	1
Rail transport	3.9	Rail transport, 20% diesel and 80% electric trains	1
Tanker inland	5	Water transport with 65% load (European average including return)	1
Tanker oceanic	0.8	Water transport with 54% load (European average including return)	1
Freighter inland	5.1	Water transport with 70% load (European average including return)	1
Freighter oceanic	1.1	Water transport with 70% load (European average including return)	1
Average air transport	78	Air transport with 78% load (Average of all flights)	6
Continental air transport	120	Air transport in a Boeing 737 with 62% load (Average of all flights)	6
Intercontinental air transport	80	Air transport in a Boeing 747 with 78% load (Average of all flights)	6
Intercontinental air transport	72	Air transport in a Boeing 767 or MD 11 with 71% load (Average of all flights)	6

## Recycling of waste (in millipoints per kg)

	Indicator			Description	
	Total	Process	Avoided product		
				<b>Environmental load of the recycling process and the avoided product differs from case to case. The values are an example for recycling of primary material.</b>	
Recycling PE	-240	86	-330	if not mixed with other plastics	7*
Recycling PP	-210	86	-300	if not mixed with other plastics	7*
Recycling PS	-240	86	-330	if not mixed with other plastics	7*
Recycling PVC	-170	86	-250	if not mixed with other plastics	7*
Recycling Paper	-1,2	32	-33	Recycling avoids virgin paper production	2*
Recycling Cardboard	-8,3	41	-50	Recycling avoids virgin cardboard production	2*
Recycling Glass	-15	51	-66	Recycling avoids virgin glass production	2*
Recycling Aluminium	-720	60	-780	Recycling avoids primary aluminium.	1*
Recycling Ferro metals	-70	24	-94	Recycling avoids primary steel production	1*

## Waste treatment (in millipoints per kg)

	Indicator	Description	
<b>Incineration</b>		<b>Incineration in a waste incineration plant in Europe. Average scenario for energy recovery. 22% of municipal waste in Europe is incinerated</b>	
Incineration PE	-19	Indicator can be used for both HDPE and LDPE	2*
Incineration PP	-13		2*
Incineration PUR	2,8	Indicator can be used for all types of PUR	2*
Incineration PET	-6,3		2*
Incineration PS	-5,3	Relatively low energy yield, can also be used for ABS, HIPS, GPPS, EPS	2*
Incineration Nylon	1,1	Relatively low energy yield	2*
Incineration PVC	37	Relatively low energy yield	2*
Incineration PVDC	66	Relatively low energy yield	2*
Incineration Paper	-12	High energy yield CO <sub>2</sub> emission disregarded	2*
Incineration Cardboard	-12	High energy yield CO <sub>2</sub> emission disregarded	2*
Incineration Steel	-32	40% magnetic separation for recycling, avoiding crude iron (European average)	2*
Incineration Aluminium	-110	15% magnetic separation for recycling, avoiding primary aluminium	2*
Incineration Glass	5,1	Almost inert material, indicator can be used for other inert materials	2

<b>Landfill</b>		Controlled landfill site. 78% of municipal waste in Europe is landfilled	
Landfill PE	3,9		2
Landfill PP	3,5		2
Landfill PET	3,1		2
Landfill PS	4,1	Indicator can also be used for landfill of ABS	2
Landfill EPS foam	7,4	PS foam, 40 kg/m <sup>3</sup> , large volume	2*
Landfill foam 20kg/m <sup>3</sup>	9,7	Landfill of foam like PUR with 20kg/m <sup>3</sup>	2*
Landfill foam 100kg/m <sup>3</sup>	4,3	Landfill of foam like PUR with 100kg/m <sup>3</sup>	2*
Landfill Nylon	3,6		2*
Landfill PVC	2,8	Excluding leaching of metal stabilizer	2
Landfill PVDC	2,2		2
Landfill Paper	4,3	CO <sub>2</sub> and methane emission disregarded	2
Landfill Cardboard	4,2	CO <sub>2</sub> and methane emission disregarded	2
Landfill Glass	1,4	Almost inert material, indicator can also be used for other inert materials	2
Landfill Steel	1,4	Almost inert material on landfill, indicator can be used for ferro metals	2
Landfill Aluminium	1,4	Almost inert material on landfill, indicator is valid for primary and recycled alu.	2
Landfill of 1 m <sup>3</sup> volume	140	Landfill of volume per m <sup>3</sup> , use for voluminous waste, like foam and products	*
<b>Municipal waste</b>		In Europe, 22% of municipal waste is incinerated, 78% is landfilled. Indicator is not valid for voluminous waste and secondary materials	
Municipal waste PE	-1,1		2*
Municipal waste PP	-0,13		2*
Municipal waste PET	1		2*
Municipal waste PS	2	Not valid for foam products	2*
Municipal waste Nylon	3,1		2*
Municipal waste PVC	10		2*
Municipal waste PVDC	16		2*
Municipal waste Paper	0,71		2*
Municipal waste Cardboard	0,64		2*
Municipal waste ECCS steel	-5,9	Valid for primary steel only!	2*
Municipal waste Aluminium	-23	Valid for primary aluminium only!	2*
Municipal waste Glass	2,2		2*
<b>Household waste</b>		Separation by consumers of waste for recycling (average European scenario)	
Paper	-0,13	44% separation by consumers	2*
Cardboard	-3,3	44% separation by consumers	2*
Glass	-6,9	52% separation by consumers	2*

**PRILOG III – FORMULAR ZA UNOS PODATAKA U METODI  
"ECO-INDICATOR 99" [21]**

Product or component	Project
Date	Author
Notes and conclusions	

Product or component	Project
Date	Author
Notes and conclusions	

Production			
Materials, processing, transport and extra energy			
material or process	amount	indicator	result
Total			

Production			
Materials, processing, transport and extra energy			
material or process	amount	indicator	result
Total			

Use			
Transport, energy and any auxiliary materials			
process	amount	indicator	result
Total			

Use			
Transport, energy and any auxiliary materials			
process	amount	indicator	result
Total			

Disposal			
Disposal processes per type of material			
material and type of processing	amount	indicator	result
Total			
<b>TOTAL (all phases)</b>			

Disposal			
Disposal processes per type of material			
material and type of processing	amount	indicator	result
Total			
<b>TOTAL (all phases)</b>			

**PRILOG IV – POPIS VAŽNIJIH PROPISA RH U VEZI S OKOLIŠEM [25]**

Propis	Broj NN
<b>Zaštita okoliša</b>	
Deklaracija o zaštiti okoliša u RH	34/92
Zakon o zaštiti okoliša	82/94, 128/99
Nacionalna strategija zaštite okoliša	46/02
Nacionalni plan djelovanja za okoliš	46/02
Izvešće o stanju okoliša u republici Hrvatskoj (sažetak)	88/98
Uredba o uvjetima za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša	7/97
Program statističkih istraživanja Republike Hrvatske za 2000. do 2002.	66/2000
Uredba o informacijskom sustavu zaštite okoliša	74/99, 79/99
Pravilnik o katastru emisija u okoliš	36/96
Pravilnik o znaku zaštite okoliša	64/96
Pravilnik o priznanjima i nagradama za dostignuća na području zaštite okoliša	26/02 i 36/02
Naputak o obrascu, sadržaju i načinu vođenja očevidnika o obavljenim inspekcijskim pregledima inspektora zaštite okoliša	79/95
Popis pravnih osoba koje imaju suglasnost za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša	124/02
Zakon o Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost	107/03
-Uredba o jediničnim naknadama, korektivnim koeficijentima i pobližim kriterijima i mjerilima za utvrđivanje posebne naknade za okoliš na vozila na motorni pogon	
- Pravilnik o obliku sadržaju i načinu vođenja očevidnika obveznika plaćanja posebne naknade za okoliš na vozila na motorni pogon	
- Pravilnik o načinu i rokovima obračunavanja i plaćanja posebne naknade za okoliš na vozila na motorni pogon	
<i>Zaštita voda</i>	
Zakon o vodama	107/95
Uredba o kategorizaciji vodotoka	15/81
Uredba o klasifikaciji voda	77/98
Pravilnik o izdavanju vodopravnih akata	28/96
Uredba o opasnim tvarima u vodama	78/98
Pravilnik o graničnim vrijednostima pokazatelja opasnih i drugih tvari u otpadnim vodama	40/99, 6/01 i 14/01
<i>Lokalni propisi o vodama</i>	
Uputstvo za vođenje evidencije o učestalosti ispuštanja u vode opasnih i štetnih tvari, količini i sastavu tih tvari i načinu dostavljanja podataka javnim vodoprivrednim poduzećima	9/90
Popis ovlaštenih laboratorija	107/00
Državni plan za zaštitu voda	8/99
Zakon o financiranju vodnog gospodarstva	107/95, 19/96 i 88/98
Pravilnik o obračunavanju i plaćanju naknade za zaštitu voda	62/00
Odluka o visini naknade za zaštitu voda	58/00
<i>Zaštita atmosfere</i>	
Zakon o zaštiti zraka	48/95
Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka	101/96 i 2/97
Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora	140/97, 105/02
Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski omotač	7/99 i 20/99 (ispr.)
Obračunska razina za tvari koje oštećuju ozonski omotač	30/01
<i>Energija</i>	
Zakon o energiji	68/2001

<i>Postupanje s otpadom</i>	
Zakon o otpadu	34/95
Zakon o otpadu	151/03
Pravilnik o vrstama otpada	27/96
Uredba o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom	32/98
Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom	123/97 i 112/01
Pravilnik o postupanju s ambalažnim otpadom	53/96
Popis stručnih institucija koje imaju ovlast za izdavanje izvješća o ispitivanju fizikalnih i kemijskih svojstava otpada	51/96 i 93/96
Pravilnik o popisu pravnih i fizičkih osoba koje se bave djelatnošću izvoza neopasnog otpada	151/03
<i>Lokalne odluke u vezi s odvozom i odlaganjem otpada</i>	
<i>Postupanje s opasnim tvarima i otrovima</i>	
Zakon o otrovima	27/99, 55/99
Pravilnik o mjerilima za razvrstavanje otrova u skupine	47/99
Lista otrova koji se mogu stavljati u promet	34/99
Pravilnik o označavanju i obilježavanju otrova koji se stavljaju u promet	47/99
Pravilnik o načinu uništavanja neupotrijebljenih otrova i ambalaže koja je upotrebljena za pakiranje otrova te o načinu povlačenja otrova iz prometa	53/91 (SL SFRJ 7/83)
Pravilnik o uvjetima i načinu skladištenja otrova skupine I. koji djeluju u obliku plina	92/99, 72/00
Pravilnik o posebnim uvjetima koje moraju ispunjavati pravne osobe koje se bave proizvodnjom, prometom, uporabom ili zbrinjavanjem otrova i o uvjetima koje moraju ispunjavati fizičke osobe koje obavljaju promet na malo ili rabe otrove	92/99
Pravilnik o načinu vođenja očevidnika o otrovima te načinu dostave podataka iz očevidnika	NN 78/02
Pravilnik o uvjetima i načinu stjecanja te provjere znanja o zaštiti od otrova	62/99
Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima	108/95
Pravilnik o zapaljivim tekućinama	54/99
Zakon o prijevozu opasnih tvari	97/93
<i>Zaštita na radu i sanitarna zaštita</i>	
Zakon o sanitarnoj inspekciji	27/99
Zakon o zaštiti na radu	59/96, 94/96
Pravilnik o zaštiti na radu za radne i pomoćne prostorije	6/84, 55/85
Pravilnik o maksimalno dopustivim koncentracijama štetnih tvari u atmosferi radnih prostorija i prostora i o biološkim graničnim vrijednostima	92/93
<i>Zaštita od buke i zaštita od zračenja</i>	
Zakon o zaštiti od buke	20/03
Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave	37/90
Zakon o zaštiti od ionizirajućeg zračenja	27/99
Zakon o zaštiti od neionizirajućeg zračenja	105/99
<i>Zaštita od opasnosti i postupanje u slučaju opasnosti i izvanrednih situacija</i>	
Zakon o zaštiti od požara	58/93
Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda	73/97
Pravilnik o izradi procjene opasnosti	48/97
Plan intervencija u zaštiti okoliša	82/99, 86/99
Plan intervencija kod iznenadnog onečišćenja mora u RH	8/97
<i>Procjena utjecaja na okoliš - Prostorno uređenje – Građenje – Komunalno gospodarstvo</i>	
Pravilnik o procjeni utjecaja na okoliš	59/00
Zakon o prostornom uređenju	30/94, 68/98, 61/00
Pravilnik o određivanju zahvata u prostoru za koje se ne izdaje lokacijska dozvola	98/99
Uredba o javnoj raspravi u postupku donošenja prostornih planova	101/98
Program prostornog uređenja RH	50/99
<i>Prostorni planovi i dr. dokumenti prostornog uređenja</i>	

Zakon o gradnji	52/99, 75/99, 117/01
Zakon o komunalnom gospodarstvu	36/95, 70/97, 128/ 99, 57/00, 129/00 i 59/01; 150/02 pročišćeni tekst 26/03
<i>Lokalne odluke o komunalnom redu, načinu plaćanja komunalnih usluga i dr.</i>	