



Univerzitet u Nišu
Fakultet zaštite na radu

ANALIZA ŽIVOTNOG CIKLUSA INDUSTRIJSKIH PROIZVODA

LIFE CYCLE ASSESSMENT - LCA

Prof. dr Srđan Glišović

LCA – metod i alat

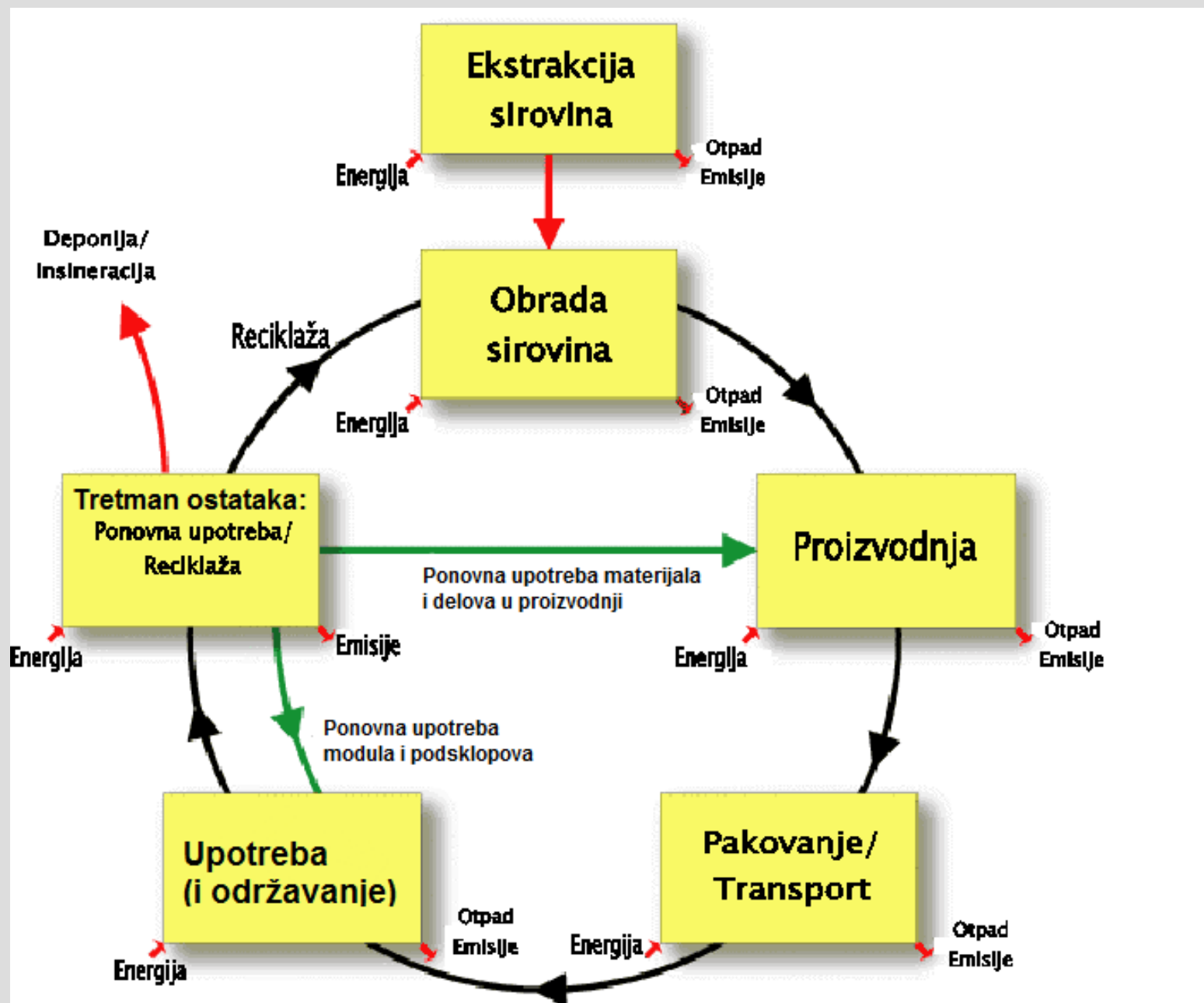
- Preventivni pristup u zaštiti životne sredine podrazumeva **traganje za preventivnim merama i rešenjima, umesto primene mera sanacije posledica**, za koje je utvrđeno da ne pružaju zadovoljavajuće rezultate, iako zahtevaju velika ulaganja.
- Analiza životnog ciklusa (*Life Cycle Assessment - LCA*) predstavlja metod, ali i alat za primenu koncepta o održivom razvoju i njegovu primenu u industrijskim sistemima.



Razvoj LCA

- 1960. - Coca-Cola vrši komparaciju ambalaže tragajući za alternativama za staklene boce.
- 1990. - na konferenciji SETAC (Asocijacija za toksikologiju i hemiju životne sredine), **došlo se do zajedničkog metodološkog okvira** za do tada različito sprovedene i neuporedive analize. (Mnoge institucije su primenjivale razne metode za dolaženje do podataka, a ovi su bili iskazivani u različitim, često nekompatibilnim jedinicama.)
- 1992. – na narednom zasedanju SETAC-a realizovalo se detaljnije usaglašavanje postupka i metode analize LCA.
- 1997.- publikovan je standard ISO 14040 od koga postepeno nastaju standardi ISO 14041, 14042, 14043 itd.

Životni ciklus proizvoda



Svrha primene LCA metoda

LCA se, kao **metod** i alat, upotrebljava za **utvrđivanje ukupnog uticaja (ili mogućih uticaja) industrijskog proizvoda (ili procesa) na životnu sredinu tokom celokupnog životnog ciklusa proizvoda** - od ekstrakcije sirovina, preko proizvodnje i upotrebe, pa do tretmana ostataka po prestanku njegove upotrebne vrednosti.



Svrha primene LCA:

- 1) - Kvantifikacija uticaja na životnu sredinu
- 2) - Čistija proizvodnja
- 3) - Eko marketing
- 4) - Izveštavanje o zaštiti životne sredine
- 5) - Korporativna društvena odgovornost
- 6) - Eko-dizajn
- 7) - Označavanje proizvoda o zaštiti žs
- 8) - Energetska efikasnost



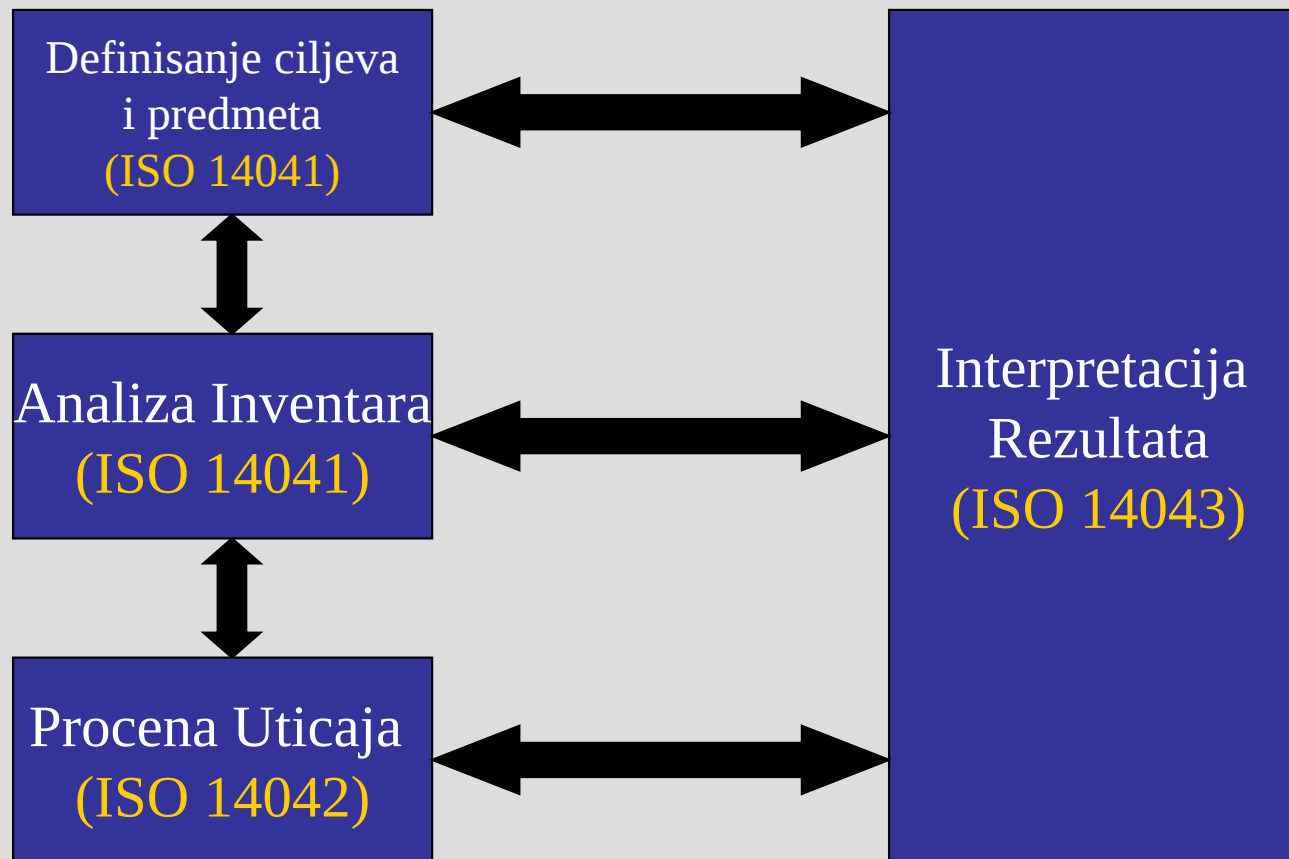
Koraci u sprovođenju LCA

LCA se sprovodi u 4 osnovna koraka:

- 1) Definisanje ciljeva i predmeta studije
- 2) Formiranje inventara životnog ciklusa (LCI)
- 3) Procena uticaja životnog ciklusa proizvoda (LCIA)
- 4) Interpretacija rezultata studije



LCA i ISO 14000



1. Definisanje cilja i predmeta studije

Cilj i predmet LCA studije moraju se jasno definisati i u skladu sa nameravanom primenom.

Cilj studije

Neophodno je da autor studije nedvosmisleno nameravanu primenu LCA, razloge za izradu studije i korisnike kojima treba da se saopšte rezultati studije.

Predmet studije

Prilikom definisanja predmeta LCA studije moraju se razmotriti i jasno opisati sledeće stavke:

- funkcije proizvoda;
- **funkcionalna jedinica;**
- struktura sistema proizvoda koji se ispituje;
- **granice sistema proizvoda;**

Predmet istraživanja treba tako definisati da obezbedi da obim i detaljnost studije budu usklađeni i dovoljni za postizanje utvrđenog cilja.

1.1. Jedinica funkcije i granice sistema

Funkcija i funkcionalna jedinica

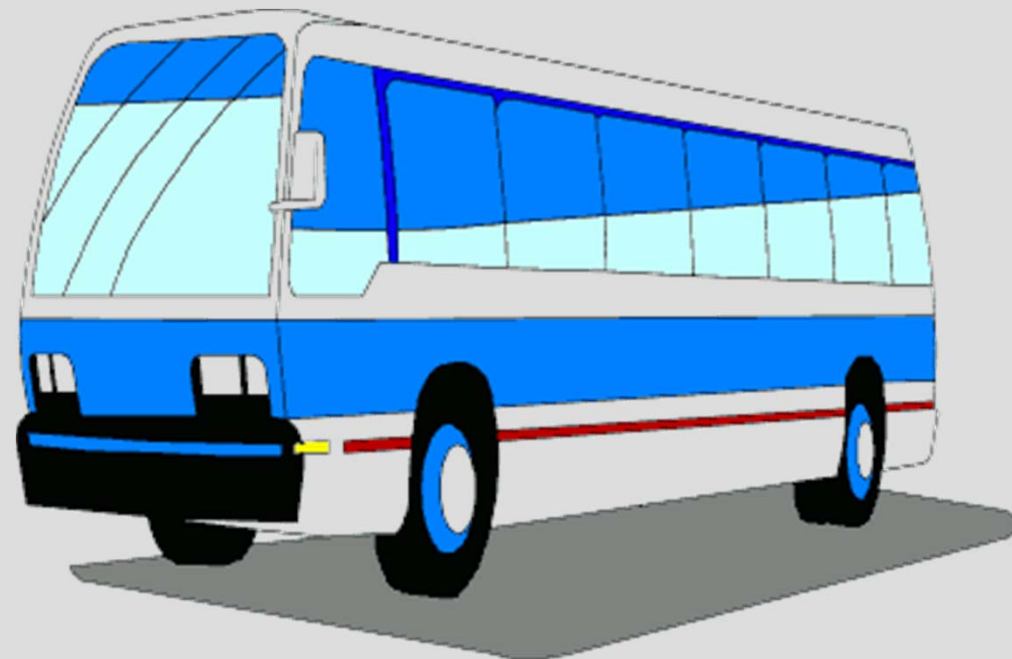
- Funkcionalna jedinica (ili, ispravnije, jedinica funkcije) je **osnovna mera učinka koji proizvod treba da ostvari**.
- Potrebno je obezbediti uslove **da se poređenja različitih proizvoda sprovode na zajedničkoj osnovi**.
- Odgovarajuća funkcionalna jedinica mora da bude prepoznatljiva i merljiva.

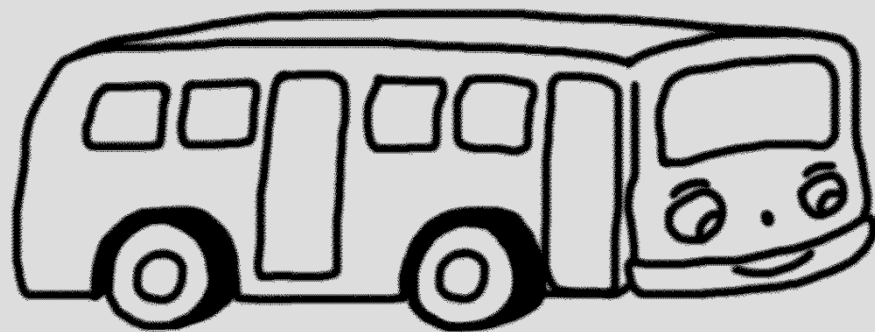
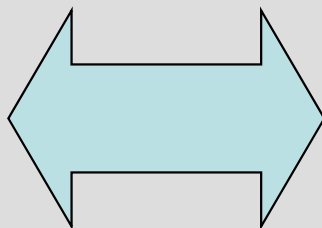
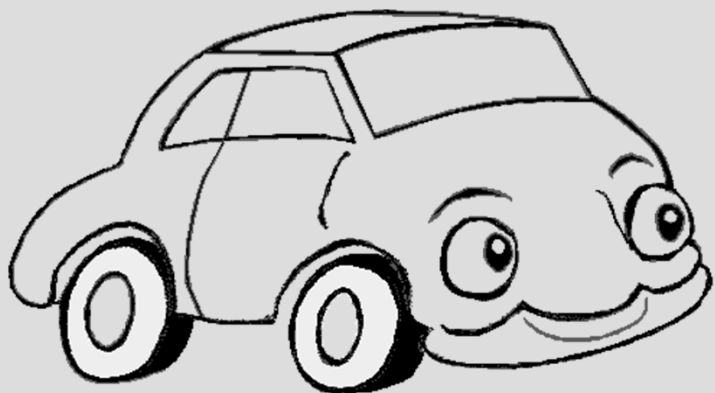
Granice sistema

- Granicama sistema određuju se jedinični procesi koji se moraju uključiti u LCA.
- Granice sistema određuje nekoliko faktora:
 - nameravana primena studije,
 - usvojene pretpostavke,
 - kriterijumi za isključivanje iz razmatranja,
 - ograničenja u pogledu podataka i troškova,
 - korisnici za koje se studija radi.



ODREĐIVANJE JEDINICE FUNKCIJE ZA KOMPARATIVNU LCA STUDIJU AUTOMOBIL VS. AUTOBUS





radni vek (vreme u upotrebi)

10 godina

12 godina

kilometraža

130,000 km tokom radnog veka
(13,000 km/godišnje)

960,000 km tokom radnog veka
(80,000 km/godišnje)

broj putnika

4 osobe

0.052×10^6 putnik-
kilometara/godišnje

100 osoba

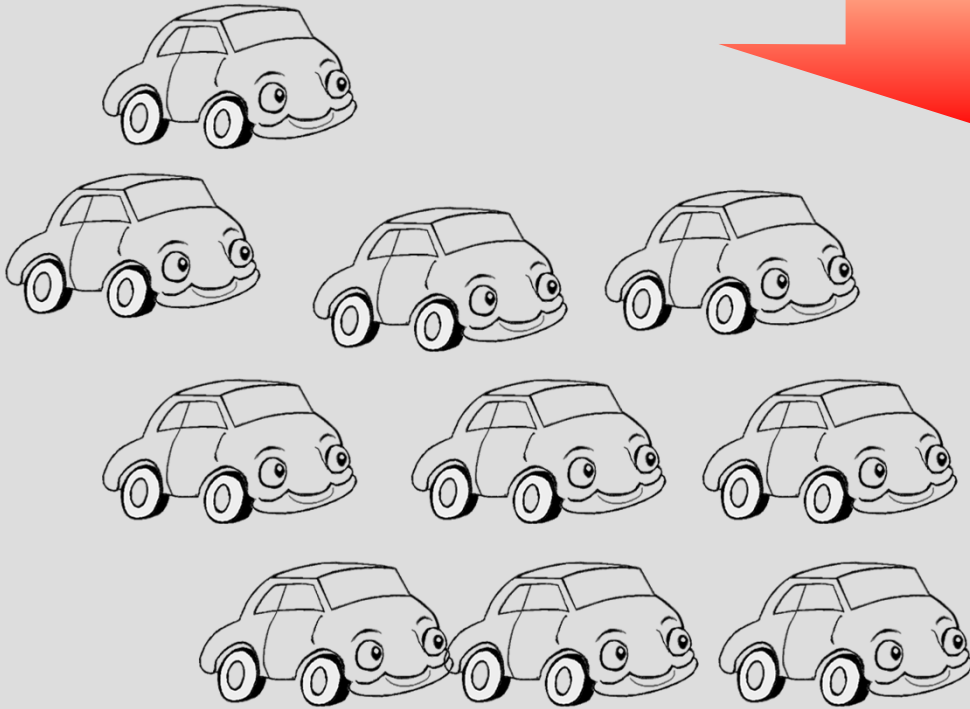
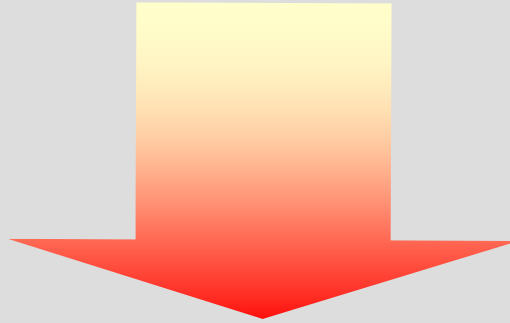
8×10^6 putnik-
kilometara/godišnje

“Funkcionalna jedinica” (jedinica funkcije)

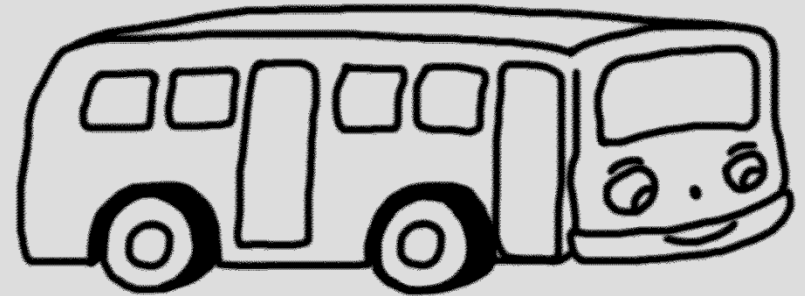
- **proizvode upoređujemo u odnosu na svrhu koju treba da ispune**, uzevši u obzir jednaku količinu servisa koju oba proizvoda treba da isporuče.
- u ovom slučaju, to je prevoz istog broja putnika na istom rastojanju tokom jedne godine
- upoređenje proizvoda vrši se u odnosu na veličinu “putnik-kilometar godišnje”
- na taj način dolazimo do količina proizvoda koje su neophodne za ispunjenje zadatka, na jedan ili drugi način



$$8 \times 10^6 / (0.052 \times 10^6)$$



=



154 automobila

1 autobus

2. Analiza inventara životnog ciklusa

Analiza inventara obuhvata postupke:

- prikupljanja podataka i
- proračuna radi kvantitativnog iskazivanja odgovarajućih ulaza i izlaza sistema proizvoda.

Ulazi i izlazi moraju da obuhvate upotrebu sirovina, kao i emisije u vazduh, vodu i zemljište.

Na osnovu ovih podataka, u zavisnosti od ciljeva i predmeta LCA, vrši se interpretacija. Ti podaci takođe služe kao ulazni podaci za ocenjivanje uticaja životnog ciklusa.

Količine upotrebljenih materijala u proizvodnji

Upotrebljeni materijali	Automobil	Autobus
Čelik	710 kg	6603 kg
Bakar	10 kg	93 kg
Aluminijum	70 kg	651 kg
Plastika	31 kg	288 kg
Staklo	35 kg	326 kg
Radni fluidi	120 kg	1116 kg
Ne-električna energija	95 kWh	884 kWh
Električna energija	650 kWh	5200 kWh
Katalitički konvertori	1 jedinica	2 jedinice

3. Ocenjivanje uticaja životnog ciklusa

Faza ocenjivanja uticaja LCA ima za cilj da se, na bazi rezultata analize inventara životnog ciklusa, vrednuje značaj mogućih uticaja na životnu sredinu.

Taj proces obuhvata povezivanje podataka inventara sa specifičnim uticajima na životnu sredinu i pokušaj razumevanja tih uticaja.

Stepen detaljnosti, izbor uticaja koji se vrednuju i metodologije koja se upotrebljava, zavise od cilja i predmeta studije.

Korak “**ocenjivanja uticaja životnog ciklusa**”, između ostalog, uključuje i elemente kao što su:

- svrstavanje podataka inventara u kategorije uticaja (**klasifikacija**);
- preračunavanje podataka inventara u okviru kategorija uticaja (**karakterizacija**);
- poredjenje dobijenih vrednosti sa poznatim, jedinичnim uticajima na životnu sredinu, radi sagledavanja njihovog značaja (**normalizacija**);
- objedinjavanje rezultata u jedinstvenu ocenu, u specifičnim slučajevima najčešće radi komparacije reprojektovanog i postojećeg proizvoda (**dodela težinskih koeficijenata, ponderisanje**).

4. Interpretacija rezultata

Interpretacija je faza LCA u kojoj se kombinuju nalazi analize inventara i ocenjivanja uticaja, a zatim usklađuju sa utvrđenim ciljem izrade LCA studije, radi donošenja zaključaka i preporuka.

Rezultati interpretacije, koji se dostavljaju donosiocima odluka, mogu da se daju u formi zaključaka i preporuka koje su usklađene sa ciljem i predmetom istraživanja.



Primena rezultata LCA studije (1)

- Utvrđivanje mogućnosti za **poboljšanje ekoloških svojstava proizvoda** u različitim fazama životnog ciklusa;
- **Identifikacija i analiza “slabih tačaka”** u životnom ciklusu proizvoda ili procesa, i **izmena postojećeg stanja**;
- **Poređenje postojećih proizvoda ili procesa i modela budućih proizvoda**;
- **Analiza troškova kroz životni ciklus proizvoda i procesa** (npr. troškovi tokova sirovina i energije, zaposlenog osoblja, proizvodnih linija, odlaganja otpada, reciklaže, ponovne upotrebe, itd.);
- ...



Primena rezultata LCA studije (2)

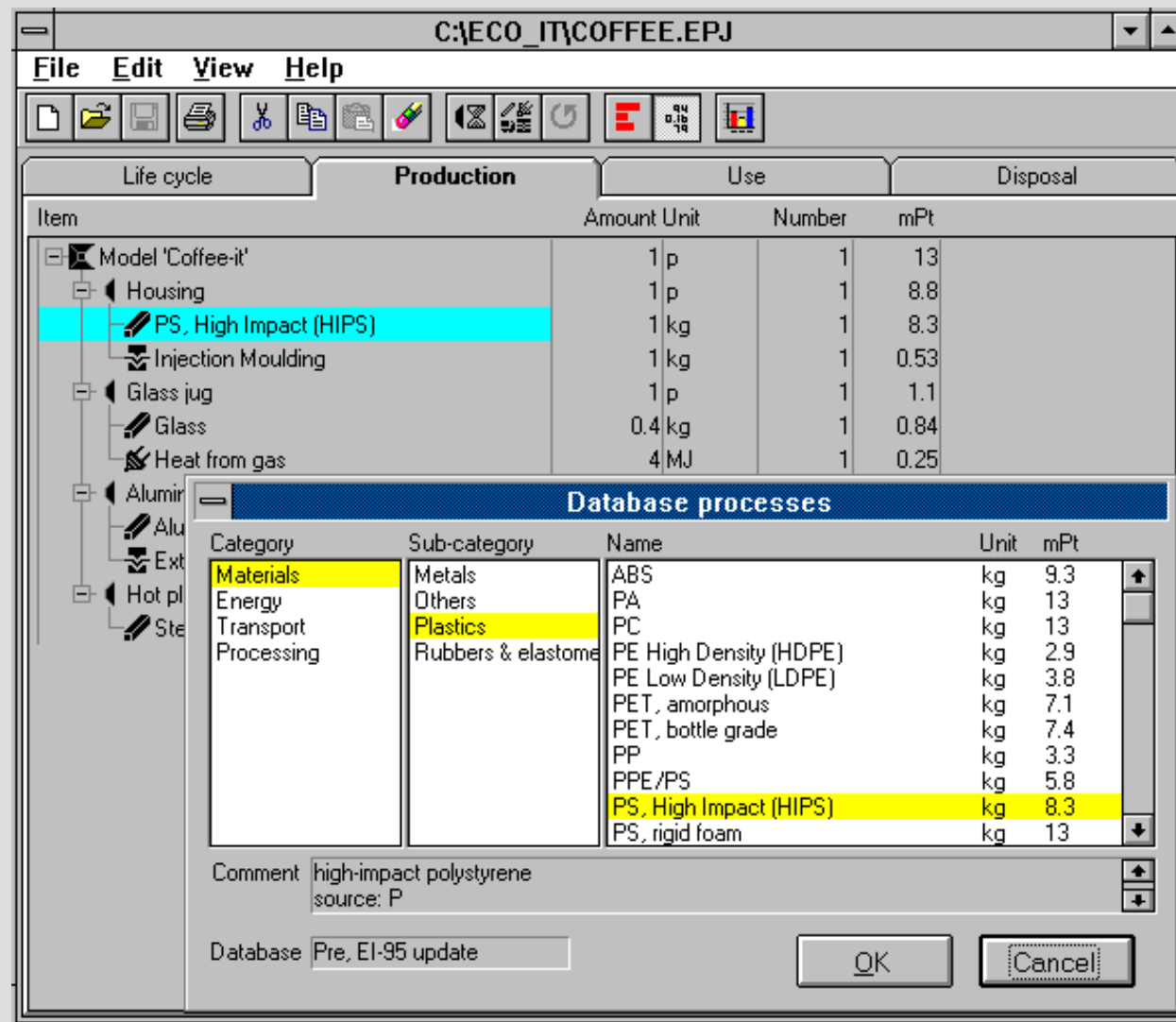
- ...
- **Analiza uticaja** proizvoda ili procesa **na ljudsko zdravlje i stanje ekosistema**;
- Preporuke za **efikasniji sistem upravljanja otpadom**;
- **Donošenju odluka u** industriji, vladinim i nevladinim organizacijama (npr. pri strategijskom planiranju, utvrđivanju prioriteta, projektovanju ili izmeni projekta za proizvode ili procese);
- **Marketing** [npr. tvrdnja o zaštiti životne sredine, šema eko-označavanja ("**ekološki znak**") ili izjava o karakteristikama proizvoda sa aspekta zaštite životne sredine ("**eko-deklaracija**")].

Osnovni principi za primenu LCA

- **Jasno definisati ciljeve i obim studije** pre početka rada, jer od tačno i jasno definisanih ciljeva zavisi kvalitet studije.
- **Jasno definisati granice sistema.** Granice bi trebale obuhvatiti sve što je potrebno analizirati u svakoj fazi životnog ciklusa proizvoda.
- **Izbeći višestruko kalkulisanje istih stavki**, kao što su potrošnja energije, materijala i produkcije otpada ili zagađenja.
- **Održati konzistenciju pri formiranju baze podataka.** Jedinice moraju biti uporedljive i primenjivane na odgovarajućim mestima.
- Kod prikupljanja podataka za inventar LCA, neophodno je uzeti u obzir da je **prikupljanje podataka vremenski najzahtevniji deo analize** - mnogi podaci su skriveni, tako da je vrlo teško doći do njih, javno dostupni podaci su većinom zastareli, ne sadrže zahtevane detalje i ne održavaju važne podatke o proizvodnji i primenjenoj tehnologiji.

SOFTVERSKI ALATI ZA LCA

Softver	Proizvođač	Zemlja	Karakteristike	Više informacija
<u>GaBi</u>	PE /Stuttgart University	Nemačka	Omogućava klasične LCA postupke i ekonomsku analizu	www.gabi-software.com
<u>SimaPro</u>	Pré-consultants	Holandija	Upoređuje i analizira kompleksne proizvode	www.pre.nl
Boustead	Boustead consulting	Velika Britanija	Primena industrijskih hemikalija, plastike i čelika	www.boustead-consulting.co.uk
LCAit	Chalmers Industritenik	Švedska	Bilansi energije i materijala. Glavna primena za pakovanja i proizvode od papira	www.ekologic.cit.chalmers.se
Euklid	Frauenhofer-Institut	Nemačka	Industrijski proizvodi	www.ivv.fhg.de
<u>SW Sustainability</u>	Dassault / Solid Works	Francuska / SAD	Deo CAD paketa "Solid Works" delimično zasnovan na GaBi, obrađuje CAD model	www.solidworks.com/sustainability
<u>Eco it</u>	Pré-consultants	Holandija	Jednostavan	www.pre.nl
TEAM	Ecobilan	Francuska	Veoma kompletan. Baza podatak uključuje više od 500 različitih modela	www.ecobilan.com
Umberto	Ifeu-Institut	Nemačka	LCA, eko-balans	www.umberto.de/en/contact/iteu



„ECO-it” je jednostavan softverski alat za podršku projektovanju ekološki podobnih proizvoda. Unošenjem materijala i procesa opisuje se proizvod i njegov životni ciklus. Na osnovu unesenih podataka, program identifikuje koji delovi proizvoda ili procesa najviše doprinose ugrožavanju životne sredine, i time zahtevaju izmene (re-dizajn).



life cycle chassis [Balances] -- Balance

Object Edit View Tools Help

Name: life cycle chassis Rows: 1 Columns: 1

Quantity Evaluation ☐ Quantity view Unit Normalization ☒ In/out aggregation Relative contribution

Energy (net calorific value) MJ not filtered

LCA LCC LCWT

Inputs	life cycle chassis	production chassis	other chassis	wheel	recycling chassis	utilization chassis	consumption	DE: Gasoline
Flows	100 %	8,91 %	4,11 %	4,8 %	0,113 %	91 %	77,7 %	91 %
Resources	100 %	8,91 %	4,11 %	4,8 %	0,113 %	91 %		91 %
Energy resources	100 %	8,91 %	4,11 %	4,8 %	0,113 %	91 %		91 %
Non renewable energy resources	100 %	8,91 %	4,11 %	4,8 %	0,113 %	91 %		91 %
Crude oil (resource)	88 %	2,36 %	0,314 %	2,04 %	0,00182 %	85,6 %		85,6 %
Crude oil	2,11 %	0,092 %	0,0341 %	0,0579 %	0,000351 %	2,02 %		2,02 %
Crude oil Algeria	4,46 %	0,103 %	0,00992 %	0,0927 %	3,47E-5 %	4,36 %		4,36 %
Crude oil Angola	1,72 %	0,0395 %	0,00385 %	0,0357 %	1,34E-5 %	1,68 %		1,68 %
Crude oil Australia	0,0123 %	0,0123 %	0,00963 %	0,00263 %				
Crude oil Cameroon	0,17 %	0,00521 %	0,000376 %	0,00483 %	1,31E-6 %	0,165 %		0,165 %
Crude oil Canada	0,0205 %	0,0204 %	0,0175 %	0,00285 %	1,16E-5 %	0,000131 %		0,000131 %
Crude oil Central Africa	0,0231 %	0,00858 %	0,00188 %	0,00669 %	6,37E-5 %	0,0145 %		0,0145 %
Crude oil Central America	0,0155 %	0,00413 %	0,00122 %	0,00291 %	4,08E-5 %	0,0113 %		0,0113 %
Crude oil CIS	16,7 %	0,396 %	0,0425 %	0,354 %	0,000258 %	16,3 %		16,3 %
Crude oil Colombia	1,14E-5 %	1,14E-5 %	9,56E-6 %	1,81E-6 %				
Crude oil Denmark	0,00051 %	0,00051 %	9,9E-7 %	0,000509 %				
Crude oil Egypt	0,13 %	0,00607 %	0,000283 %	0,00579 %	9,86E-7 %	0,124 %		0,124 %
Outputs	life cycle chassis	production chassis	:	:	:	:	:	:

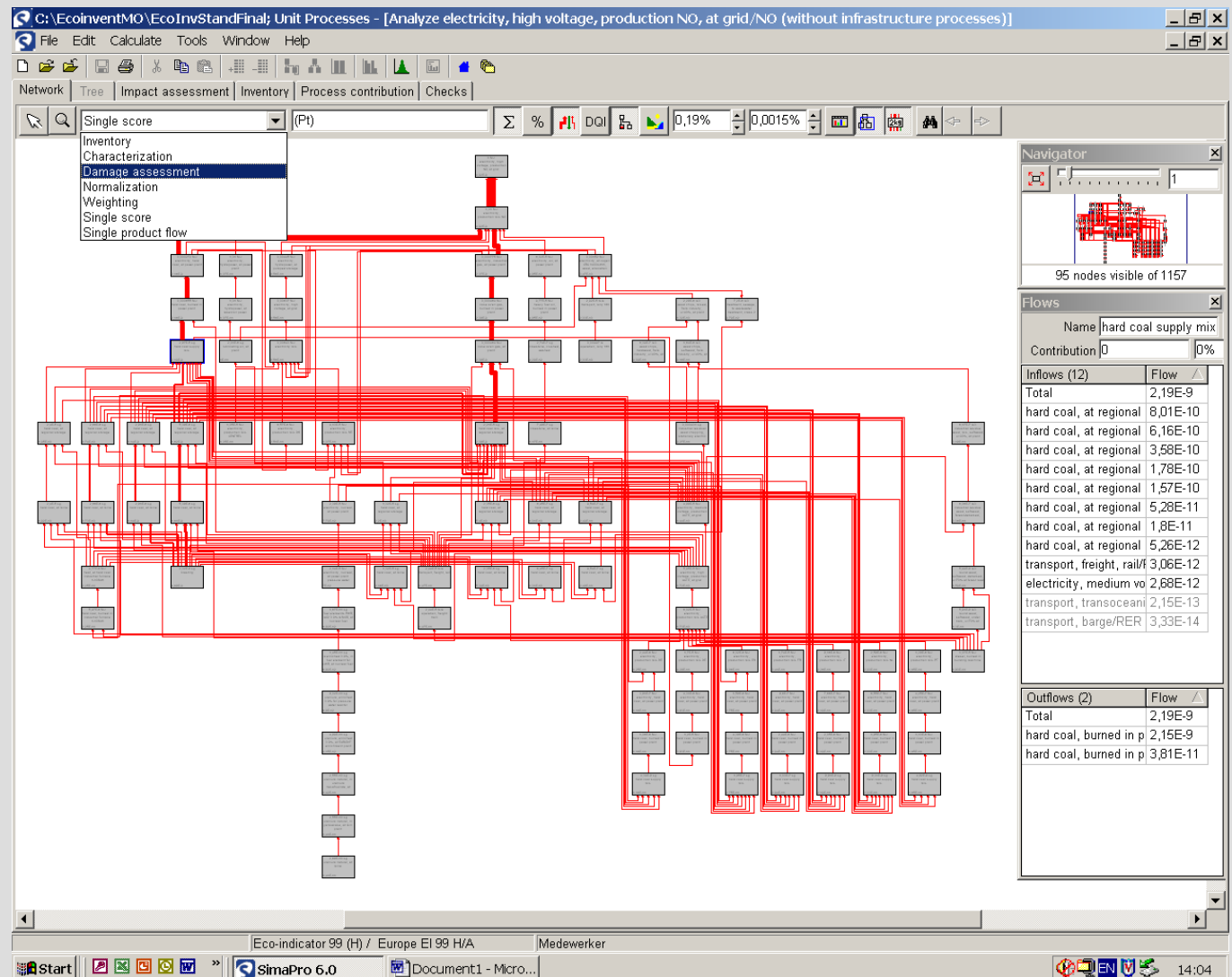
System: Changed. Last change: System, 03.03.2004 11:45:31

GaBi - Profesionalni softver za analizu životnog ciklusa, inženjerstvo zaštite životne sredine, studije energetske efikasnosti. Sektori primene: automobilska industrija, hemijski proizvodi i plastika, elektronika, energetika, građevinski objekti, transport

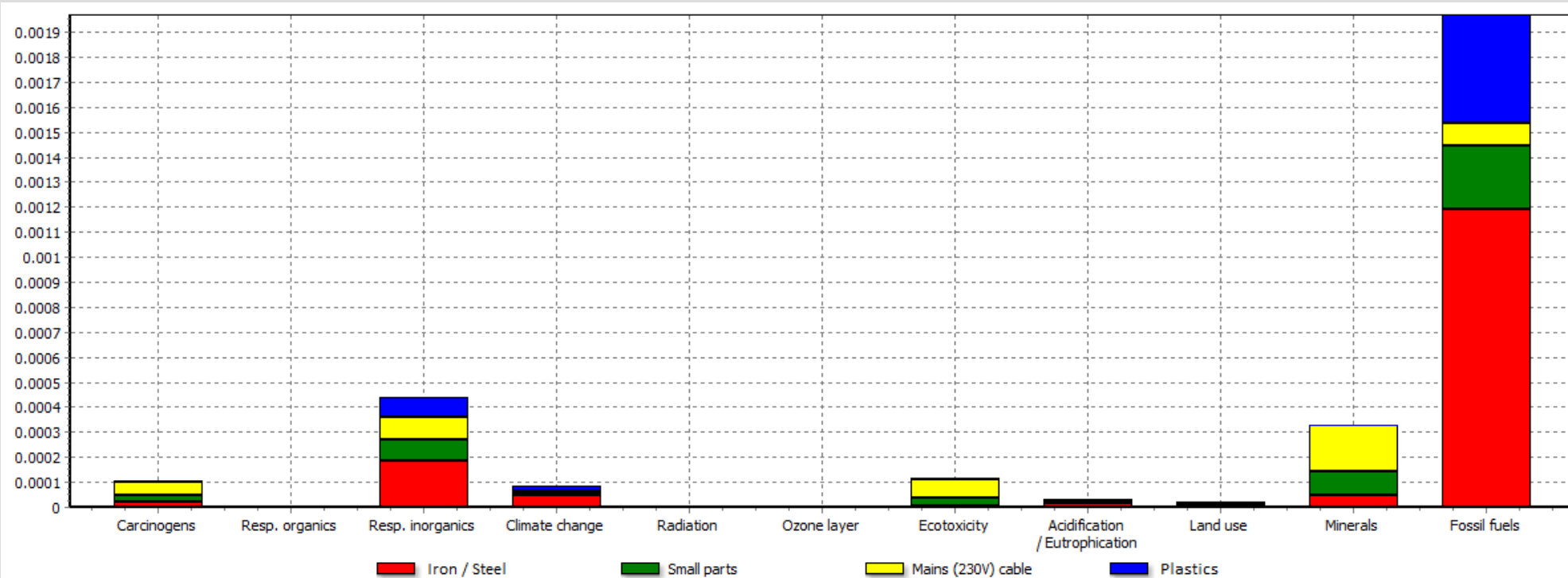
Verzije: GaBi professional, GaBi lean, GaBi Ecoinvent, GaBi edu,

Dostupni LCIA metodi : Eco-indicator 99, Swiss Eco Scarcity, EPS, MIPS

Sadrži bazu sa više od 2000 supstanci.



Profesionalni softverski paket SimaPro omogućava korisnicima da grade složene modele životnog ciklusa proizvoda na transparentan način, koristeći poznate *ecoinvent* baze podataka. Sadrži 17 različitih načina (metoda) procene uticaja na životnu sredinu



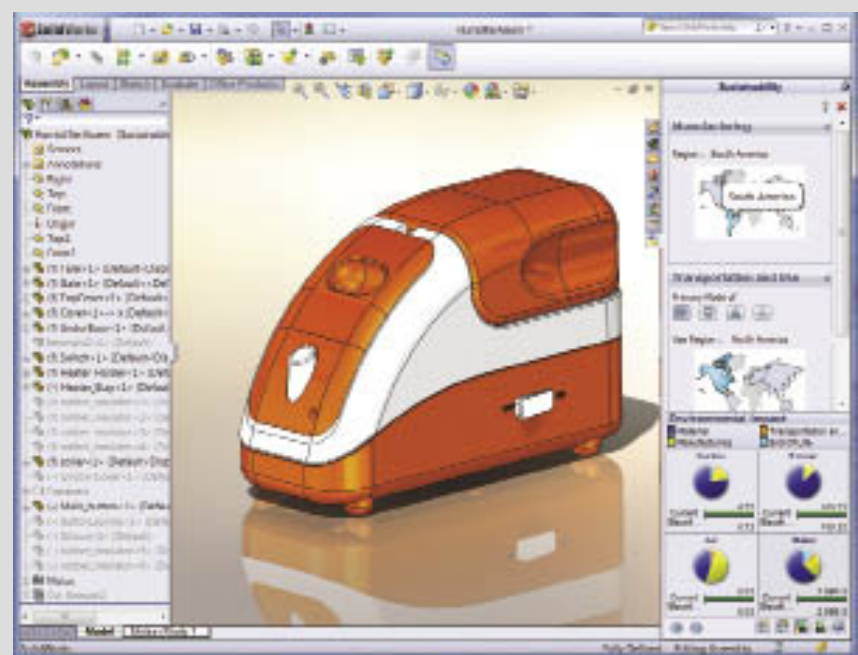
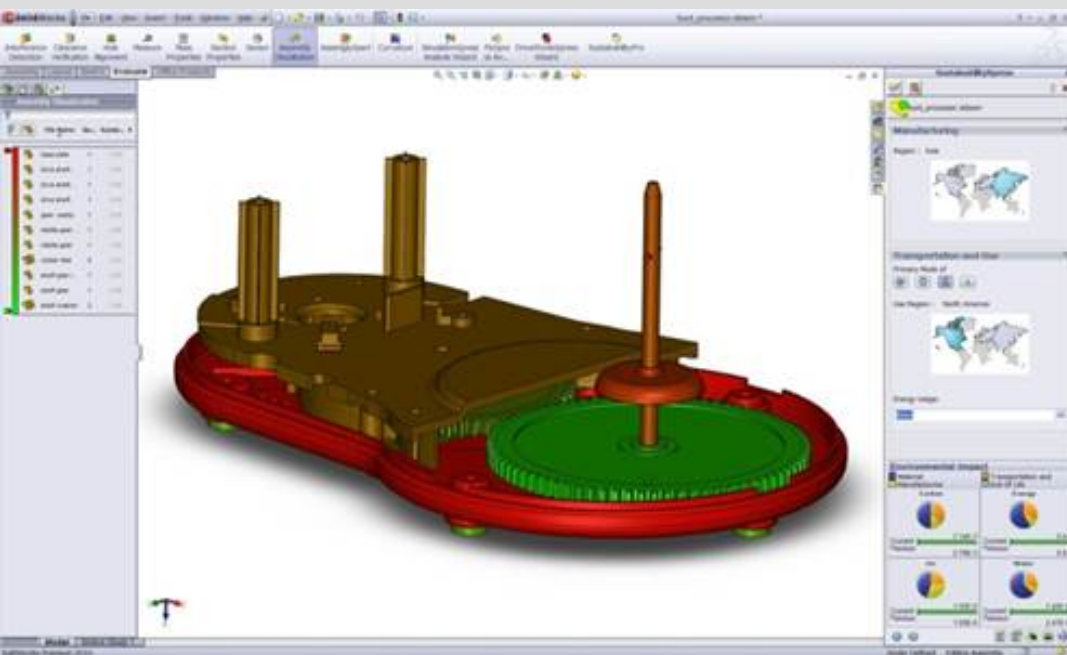
Na osnovu unosa podataka o strukturi, materijalu i procesima u svim fazama životnog ciklusa proizvoda, program dodeljuje težinske koeficijente iz baza podataka o ovim kategorijama i daje grafički i numerički prikaz uticaja na životnu sredinu. Program se zasniva na relacionim bazama podataka koje obuhvataju: bazu procesa, bazu metoda, bazu supstanci, bazu otpadnih frakcija i bazu za konverziju jedinica i veličina.

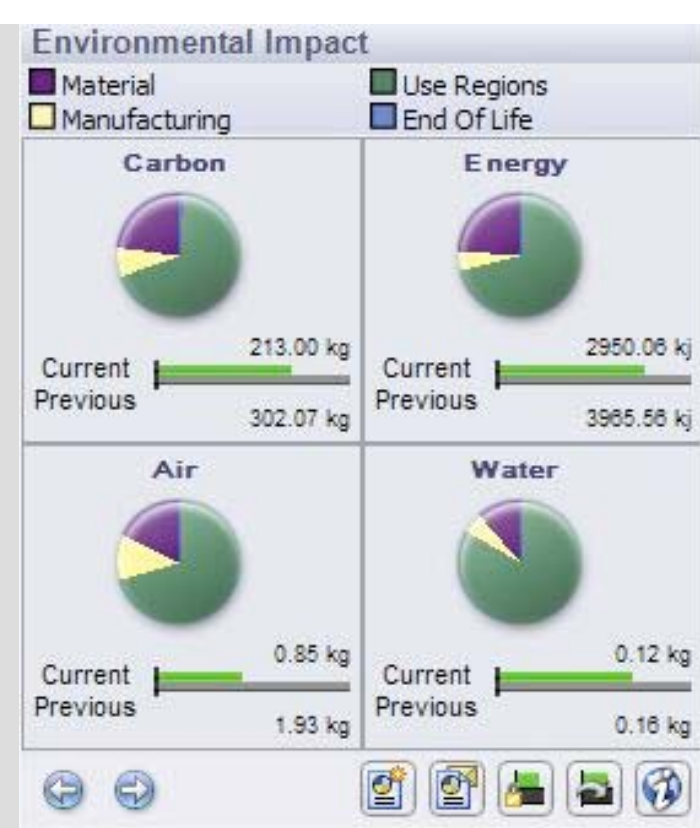
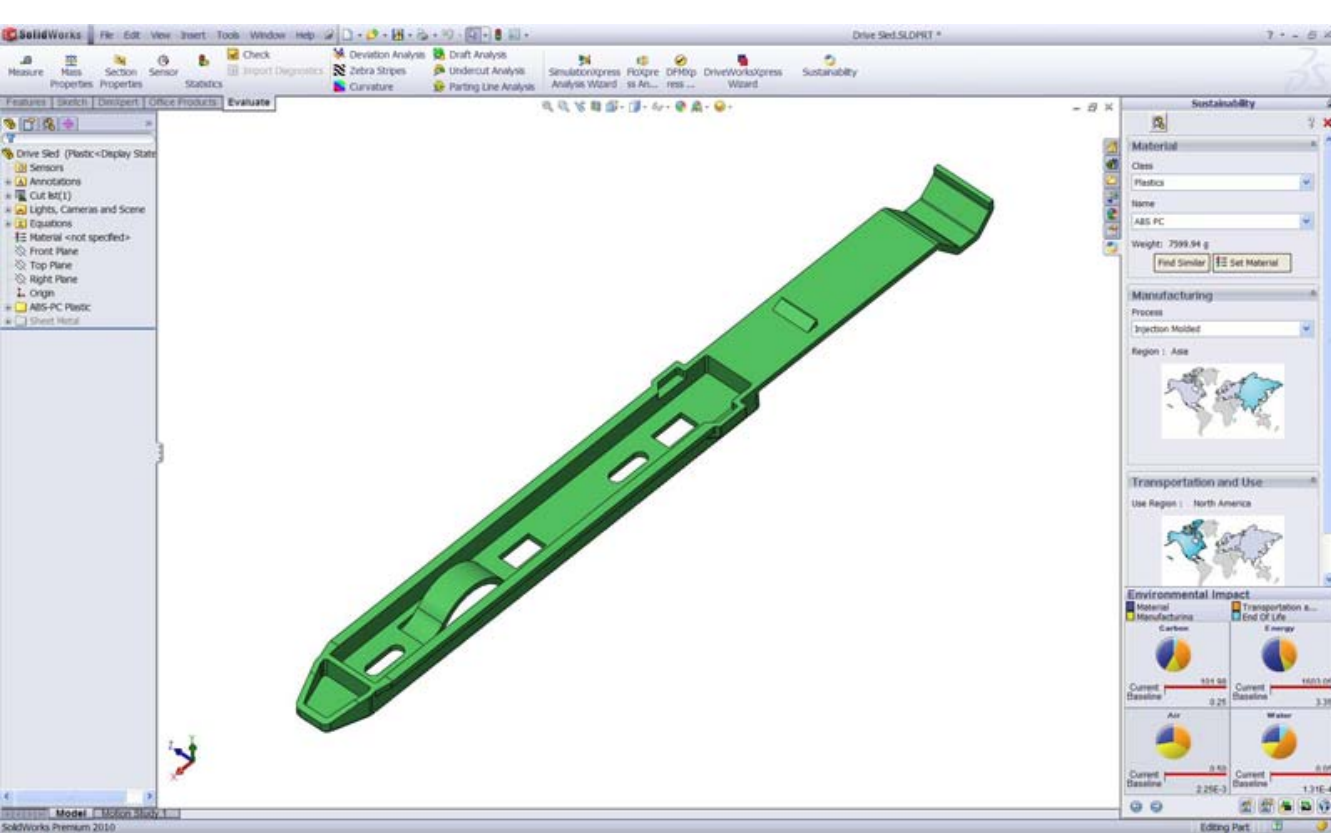


3D
SOLIDWORKS
SUSTAINABILITY



SolidWorks je efikasan softverski alat prvenstveno namenjen CAD projektovanju i trodimenzionalnom modeliranju industrijskih proizvoda, elemenata, podsklopova i sklopova. Uz dodatak **“Sustainability”** koji je integrisan u osnovni paket, podržano je **ekološki odgovorno projektovanja zasnovano na analizi životnog ciklusa**. Program se u pogledu LCA oslanja na podatke i modele dobijene iz GaBi platforme, koja je ugrađena u ovaj modul.





Pregledan grafički interfejs omogućava projektantu da izborom materijala, geografskih odrednica i načina dostave proizvoda brzo i jednostavno dobije podatke o uticaju na životnu sredinu konkretnog modela proizvoda na kome radi. Na taj način, postiže se izuzetna efikasnost u primeni principa eko-projektovanja u realnom vremenu.

