

Ocenjivanje životnog ciklusa proizvoda

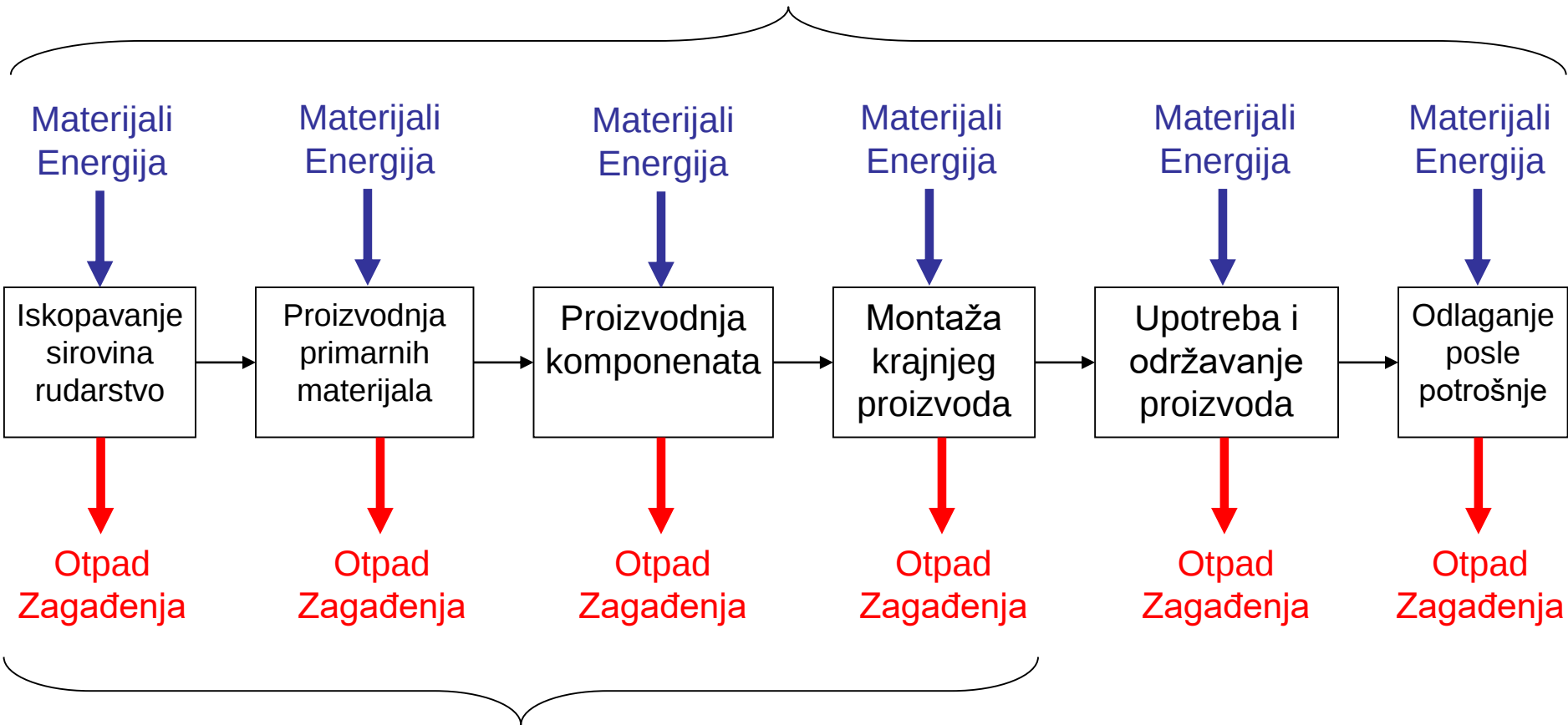
Life Cycle Assessment (LCA)

Pojam životnog ciklusa

- Proizvodi, uslužne delatnosti (servisi), kao i procesi imaju životni ciklus
- Proizvodi
 - Sirovine se preko velikog broja koraka prerađuju pre nego što dođu do potrošača
 - Proizvod se koristi, a zaostali materijali se odlažu ili recikliraju
 - U svim stupnjevima se troši energija i prirodni resursi, i nastaje otpad
- Procesi takođe imaju životni ciklus
 - Počinje planiranjem, istraživanjem i razvojem
 - Procesi imaju jedan aktivan period
 - Potrošnja energije i resursa, kao i nastajanje otpadnih materija su pridruženi svakom stupnju u životnom ciklusu

Faze životnog ciklusa

Životni ciklus proizvoda (Product Life Cycle)
Od nastanka do groba (Craddle-to-grave)



Lanac isporuke (Supply Chain)
Od nastanka do kapije (Cradle-to-gate)

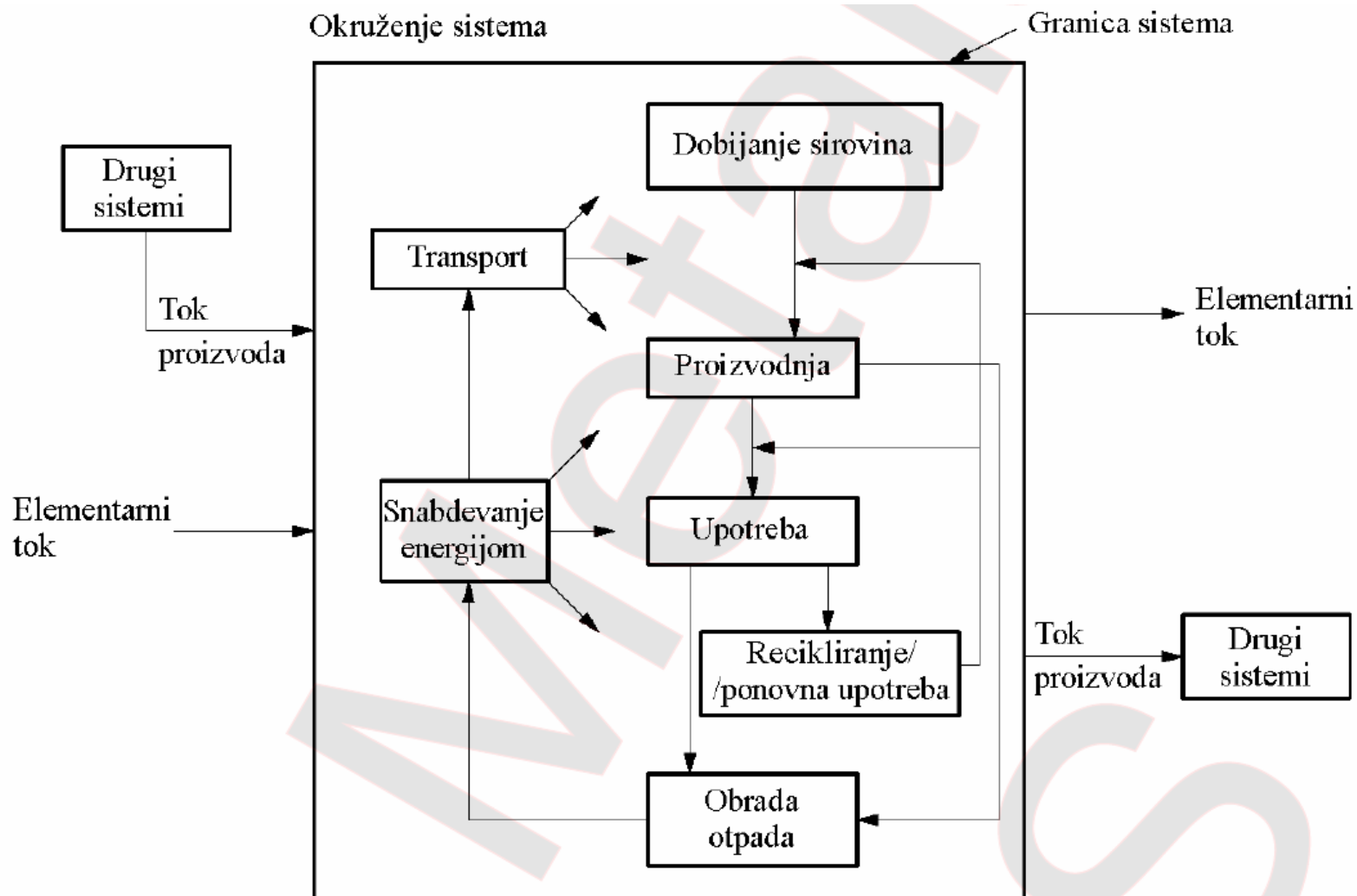
Ocenjivanje životnog ciklusa

Life Cycle Assessment (LCA)

- Proces koji se sastoji od:
 - Procene opterećenja životne sredine nastalog od određenog proizvoda identifikacijom i kvantifikacijom korišćenih materijala i energije, kao i ispuštenog zagađenja i otpada
 - Procene uticaja ovoga na životnu sredinu
 - Identifikacije i procene mogućnosti za poboljšanje odnosno smanjenje uticaja
- SETAC Društvo za toksikologiju i hemiju životne sredine, 1991
- Prikupljanje i vrednovanje podataka o ulazima, izlazima i mogućim uticajima sistema proizvoda na životnu sredinu tokom celog njegovog životnog ciklusa

ISO 14040:2008

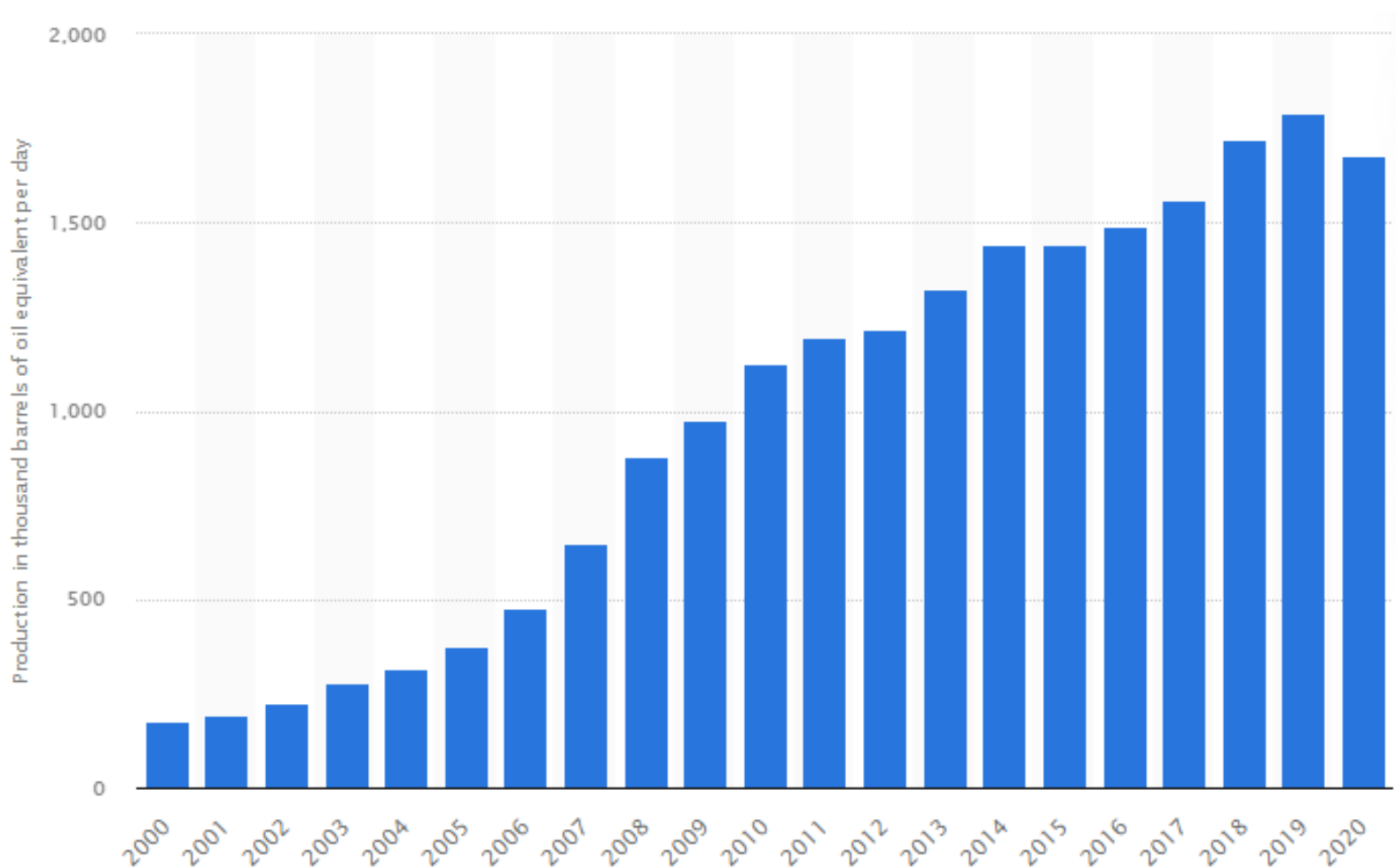
Primer sistema proizvoda



Zašto je LCA važna?

- Pomaže usklađenost (compliance) sa regulativom
- Pomaže smanjenu uticaja određenog proizvoda na životnu sredinu
 - Poboljšanje održivosti
 - Mogućnost unapređenja u svim segmentima života proizvoda
- Pomaže preduzećima na strateškom nivou
 - Marketing i imidž
 - Prednost proizvoda u odnosu na konkurenciju
 - Unapređenje odnosa sa zainteresovanim stranama
- **Donošenje kompetentnih industrijskih i političkih odluka**
 - Identifikovanje glavnih činioca uticaja na ŽS
 - Poređenje opcija zasnovano na uticajima na ŽS
 - Ocena efekata postojećih i novih sistema na resurse
 - Strateško planiranje unapređenja životne sredine

Primer: Biogoriva



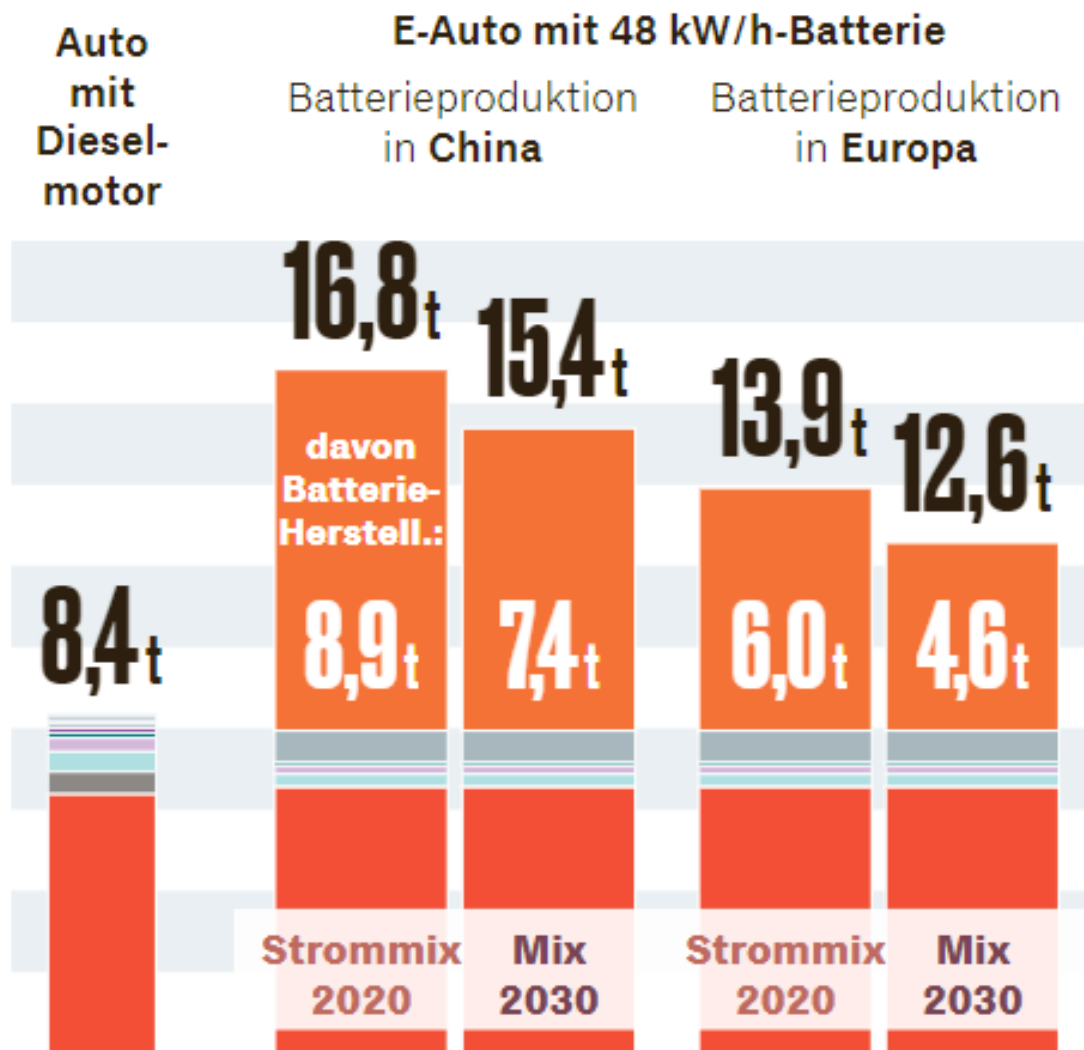
Viktor Pocajt: Industrijsko zagađenje

„Biogoriva: Da li je lek gori od bolesti?“

OECD Izveštaj Sept 2007

- Ova studija pokazuje širu sliku problema uzrokovanih porastom proizvodnje bioetanola, kao što su
 - raspoloživost plodne zemlje
 - upotreba vode
 - degradacija tla i voda
- Zauzima se značajan udeo obradivih površina i vrši pritisak na cenu hrane i vode
 - FAO indeks cena hrane se udvostručio od izdavanja izveštaja, a kod nekih namirnica utrostručio
- Kada se uzmu u obzir korišćenje đubriva, acidifikacija, gubitak biodiverziteta i toksičnost pesticida, ukupni uticaj biogorivo na životnu sredinu najčešće prevazilazi uticaj benzina i dizela

Primer: Emisije CO₂ pri proizvodnji vozila



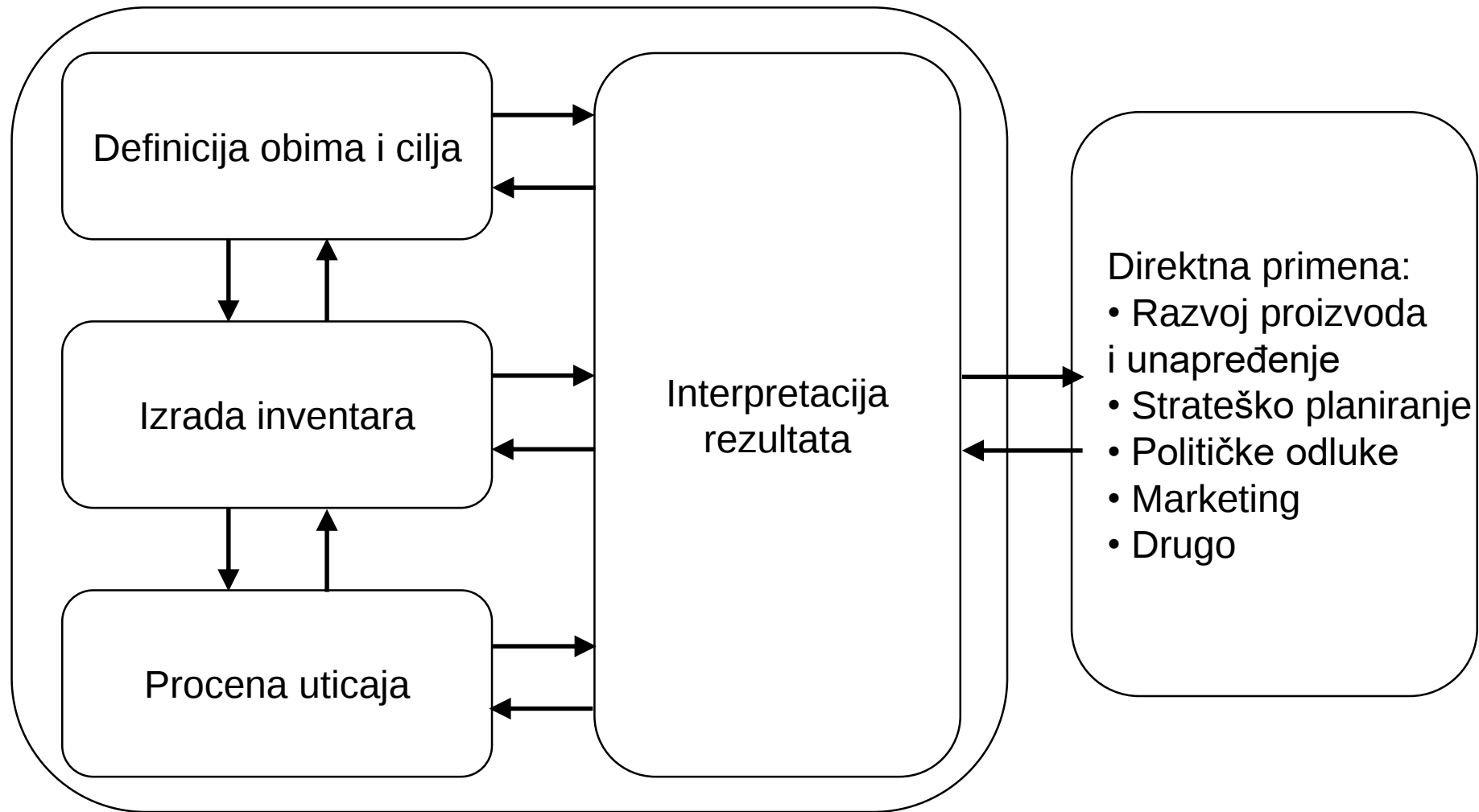
Primer: Uticaj veš mašina

	Proizvodnja	Distribucija	Korišćenje	Odlaganje
Energija	4%		96%	
Zagađenje vazduha	2%		98%	
Zagađenje vode	4%	1%	96%	
Čvrsti otpad	7%	1%	87%	5%
Potrošnja vode	2%		98%	

- Po Procter & Gamble analizi, ako bi svako američko domaćinstvo koristilo hladnu vodu za pranje veša, ušteda energije bi bila 70-90 milijardi kWh godišnje (2,5 godišnje potrošnje Srbije)
- Ovo odgovara 34 miliona tona CO₂ koji se ne bi emitovao, što je 8% potrebnog smanjenja za SAD po Kjoto protokolu

METODOLOGIJA LCA

ISO 14040: Faze LCA



1. Definisanje cilja i obima

- Definisanje cilja
- Definisanje obima i predmeta LCA
- Izbor funkcionalne jedinice
- Određivanje granica sistema
- Zahtevi vezano za kvalitet podataka

Definisanje cilja

- Neke mogućnosti
 - Uvođenje novog proizvoda ili procesa
 - Poređenje postojećeg proizvoda ili procesa sa mogućim alternativama i/ili konkurencijom
 - Određivanje efekta proizvoda na ŽS (environmental friendliness)
 - Smernice za ulaganje budžeta u unapređenju ŽS
- Primer
 - Cilj LCA je da identifikuju opcije za unapređenje uticaja na životnu sredinu plastičnih kesa (polietilen) za pakovanje hleba
 - Rezultati ove LCA biće iskorišteni za razvoj procesa i proizvoda
 - Proizvođač plastičnih kesa želi da bude u mogućnosti da analizira efekte promene procesa, sa aspekta promene tehnologije, ulaznih sirovina i potrošnje proizvoda na ukupan uticaj na životnu sredinu
 - Ova informacija se može iskoristiti da se odrede prioritetne mere kojima se može unaprediti kvalitet životne sredine
 - Nema za cilj da utiče na javno mnjenje

Definisanje obima i predmeta LCA

- Predmet treba da bude dovoljno jasno definisan da bi osigurao da širina i detaljnost studije odgovore izabranim ciljevima
- Definišu se
 - Sistem proizvoda koji se posmatra
 - Funkcije i funkcionalne jedinice
 - Granice sistema i referentni tokovi
 - Zahtevi koji se odnose na podatke i njihov kvalitet
 - Metoda ocenjivanja uticaja i interpretacije
 - Pretpostavke i ograničenja
 - Ostali elementi LCA

Funkcionalna jedinica i referentni tokovi

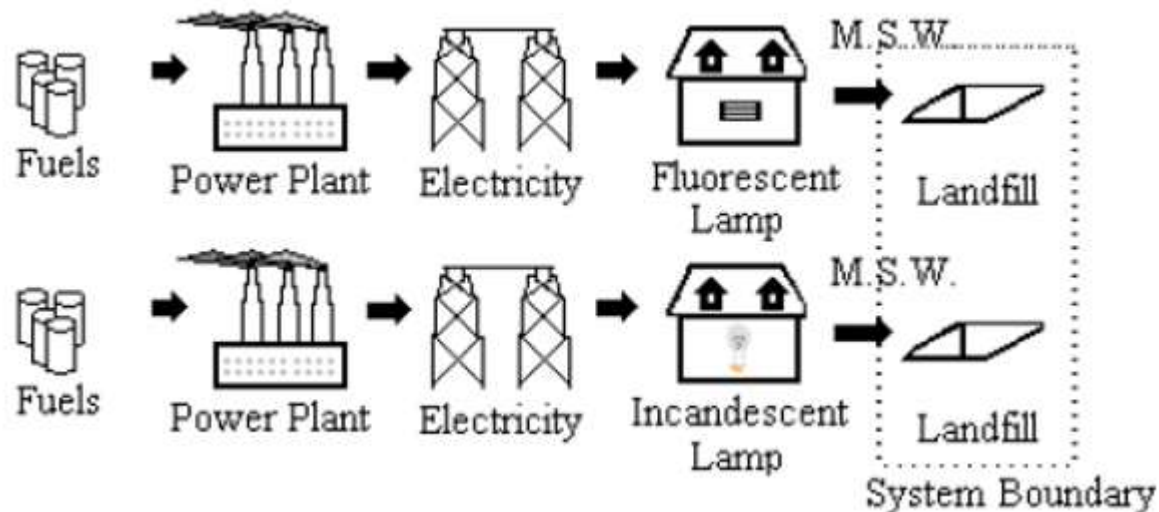
- Proizvod može imati više različitih funkcija i one koje su izabrane za studiju zavise od cilja i predmeta LCA
- Funkcionalna jedinica definiše brojčano iskazivanje (kvantifikaciju) identifikovanih funkcija proizvoda
 - Omogućuje različitim proizvodima/sistemima da budu tretirani kao funkcionalni ekvivalenti
 - Neopohodno za uporedivost rezultata LCA, posebno kada se ocenjuju različiti proizvodi
- Kada se definiše funkcionalna jedinica, definiše se (kvantifikuje) količina proizvoda koja može ispuniti datu funkciju
- Primer: upoređenje sušača ruku i papirnih ubrusa
 - Funkcionalna jedinica bi bila identični broj korisnika ili ruku
 - Za svaki sistem se određuje referentni tok – prosečna masa papira odnosno prosečna količina toplog vazduha za jedno sušenje ruku
 - Zatim se radi inventar ulaza i izlaza i ostali koraci u LCA
- Primer: poređenje boja
 - Bojenje 20 m² zida sa rokom trajanja od 5 godina

Određivanje granica sistema

- Granice sistema definišu procese koji utiču na sistem
 - Procesi koji ne utiču značajno na krajnji rezultat se ne kvantifikuju
- Više dimenzija
 - Vertikalne granice: procesi koji se uključuju u analizu
 - Horizontalne granice: broj uticaja u svakoj fazi
 - Regionalne: geografske granice u kojima dolazi do uticaja
 - Vremenske: vremenski period u okviru koga će doći do uticaja
- Granice mogu značajno da utiču na rezultate LCA

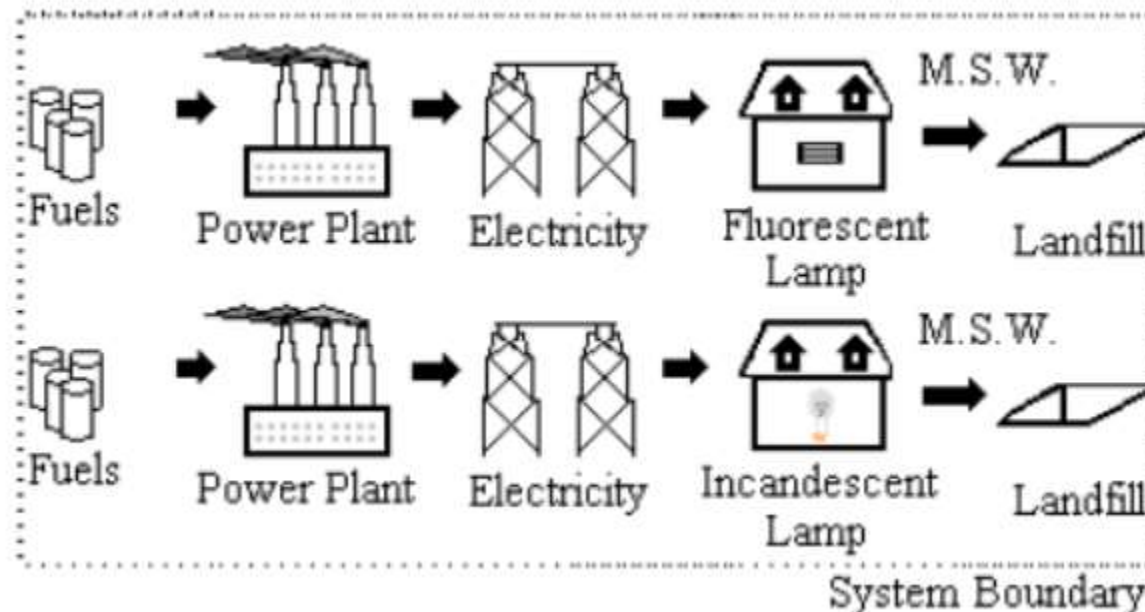
Primer: Izbor vrste sijalica (1)

- Tokom devedesetih godina EPA je promovisala zamenu klasičnih sijalica fluorescentnim, u cilju uštede energije
- Ni fluorescentne lampe nisu bez negativnih uticaja po životnu sredinu (sadrže živu)
 - Po završetku korišćenja, živa se oslobađa u životnu sredinu
 - Ovaj problem ne postoji kod klasičnih sijalica



Primer: Izbor vrste sijalica (2)

- Ako se granice posmatranog sistema promene, pa umesto samo odlaganja nastalog otpada, posmatramo ceo životni ciklus proizvoda počev od dobijanja energije iz uglja
 - Živa se nalazi kao sastojak u tragovima uglja; njegovim sagorevanjem oslobađa se u atmosferu
 - Klasične sijalice troše više energije, oslobađa se više žive nego upotrebom fluorescentnih sijalica
 - Tokom upotrebe klasičnih sijalica oslobodi se u atmosferu više žive nego što se oslobađa odlaganjem fluorescentnih sijalica



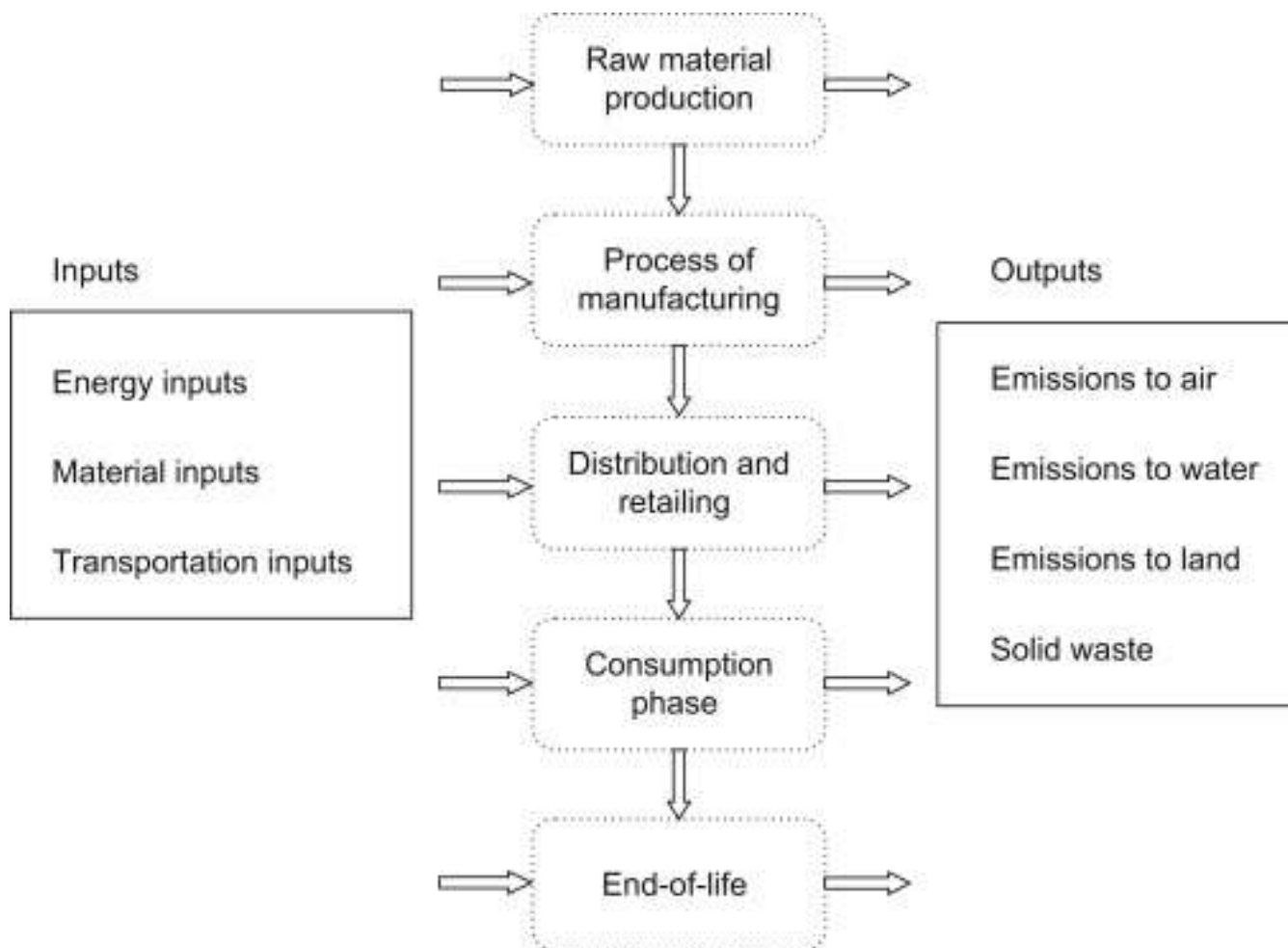
Izbor granica sistema

- Utiče na krajnje rezultate procene životnog ciklusa proizvoda
- Uži sistemi znače manje sakupljenih podataka i analize
- Nemoguće je i nepotrebno kvantifikovati sve procese ili proizvode sistema
- Posmatrajući dati primer, da li treba uzeti u obzir vađenje metala, pravljenje stakla za sijalice?
 - Ne uzimaju se u obzir ako je uticaj zanemarljiv, u poređenju sa uticajem, na primer, rada opreme
 - Sa druge strane, neki pomoćni procesi mogu u velikoj meri doprinositi zagađenju, kao što je oslobađanje žive
- Uključuje se svaki deo sistema koji sa više od 1 % učestvuje u potrošnji energije, sirovina, emisiji otpadnih materija i nastajanju čvrstog otpada

2. Analiza inventara životnog ciklusa Life Cycle Inventory (LCI)

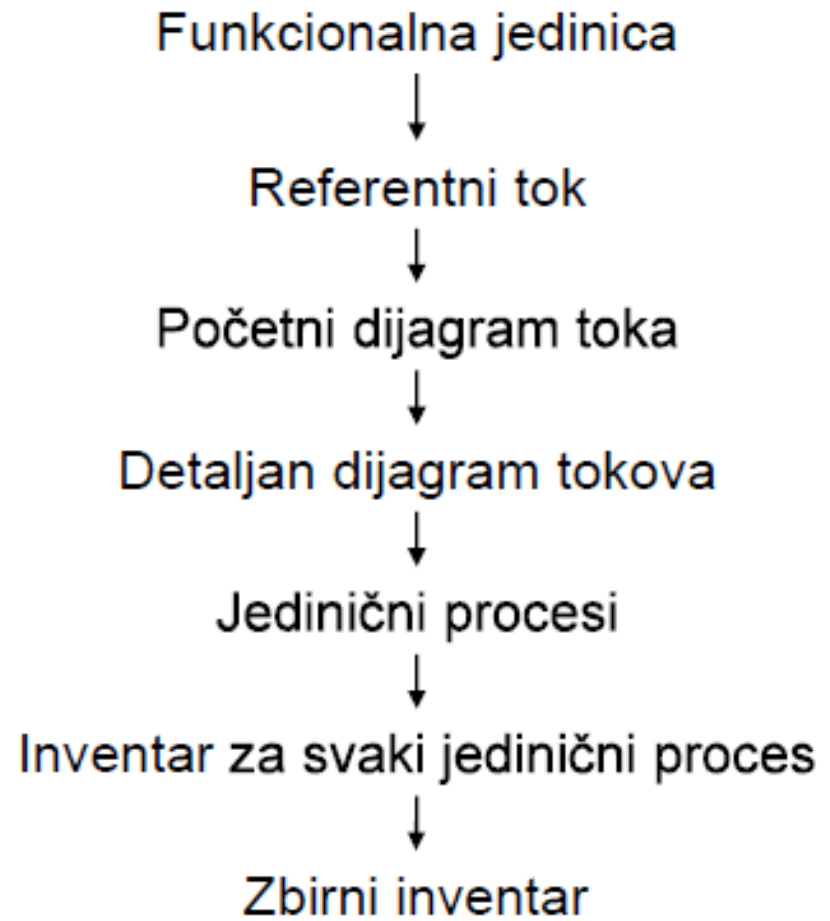
- Prikupljanje i kvantifikacija ulaza i izlaza za određeni sistem proizvoda tokom celog životnog ciklusa
 - Inventar ulaznih struja: sirovine, energija
 - Inventar izlaznih struja: proizvodi, nusproizvodi, otpad, emisija zagađujućih materija
- Analiza inventara najčešće zahteva najviše vremena u odnosu na ostale faze LCA
- Značajni elementi
 - Metode prikupljanja i korišćenja podataka
 - Potrebna izračunavanja tokova
 - Identifikacija doprinosa pojedinačnih tokova u različitim fazama ciklusa
 - Primena kriterijuma isključenja i neobuhvatanja (cut-off rules) za manje značajne tokove i faze
- Definisano standardom ISO 14044

Analiza inventara: Pregled

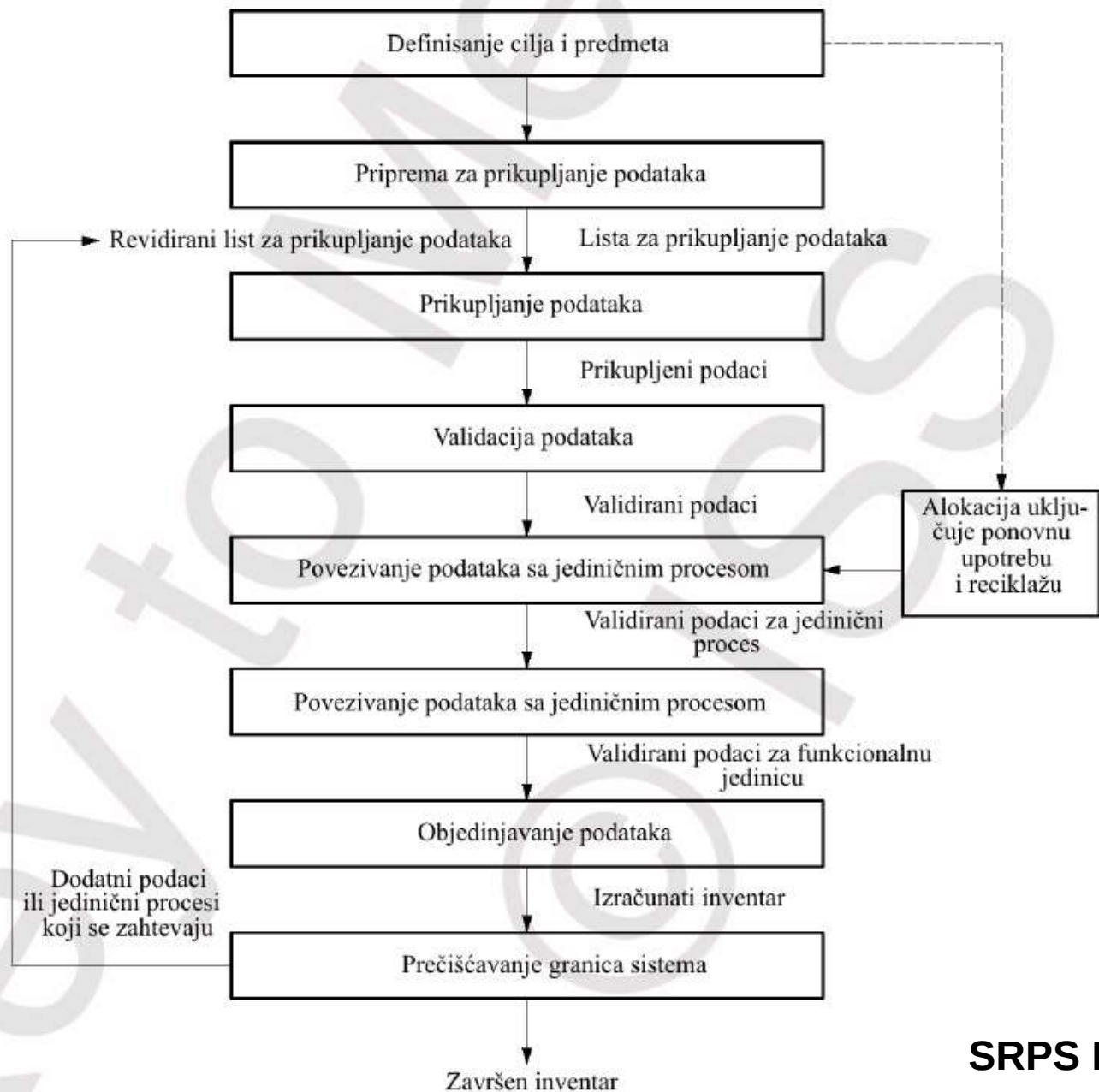


Analiza inventara: Princip

- Osnovni tokovi, a to su materijali i energija na ulazu i otpad i emisija na izlazu iz svih procesa koji se nalaze unutar granica sistema proizvoda, se kvantifikuju



Procedura za analizu inventara



Dostupnost podataka inventara je prepreka izvođenju LCA

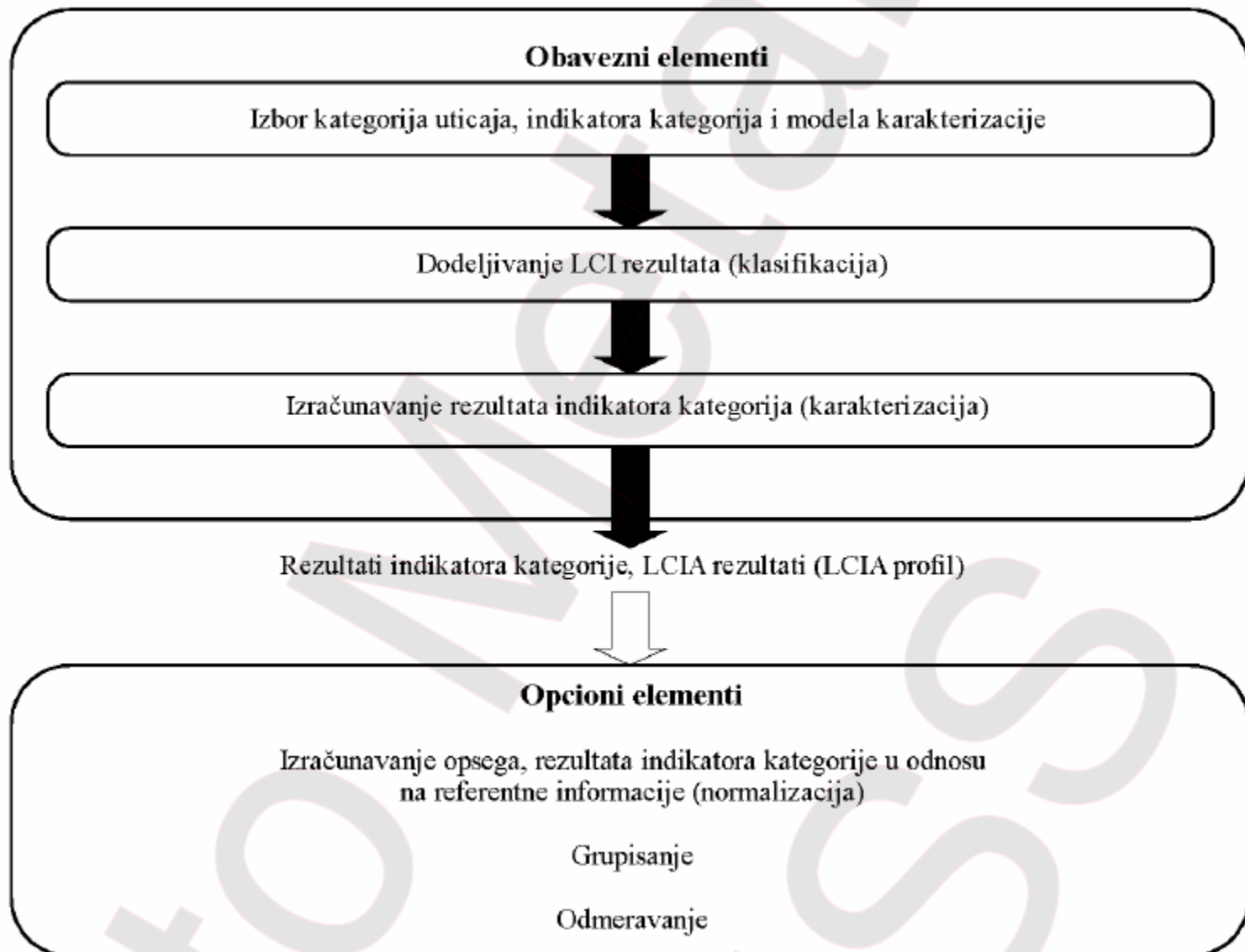
- Podaci dolaze iz mnogo različitih izvora, kao što su:
 - Interni podaci kompanija
 - Konsultanti, laboratorije, univerziteti
 - Javni izvori, npr., Toxics Release Inventory (EPA)
- Baze podataka koriste različite jedinice ili različite referentne tokove, kao i različite vremenske periode i skale
- Često je potrebno više od jednog izvora da bi se izračunali inventarski podaci
- Podaci za nove proizvode nisu dostupni, pa se moraju procenjivati

3. Ocenjivanje uticaja

Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

- Cilj ove faze je razumevanje i vrednovanje veličine i značaja mogućih uticaja sistema proizvoda tokom celog životnog ciklusa
- Ova faza služi za vrednovanje uticaja na ŽS:
 - Izbor kategorija uticaja, indikatora i modela;
 - Određivanje doprinosa na uticaje;
 - Faza klasifikacije, gde se parametri inventara sortiraju i pridružuju odgovarajućim kategorijama;
 - Merenje uticaja, gde se karakterizuju kategorizovani LCI tokovi.

Elementi LCIA



Šta su kategorije uticaja?

- Kategorija uticaja grupiše različite emisije u jedan efekat na ŽS

Tabela1. Uticaji na ŽS

Impact category / Indicator	Unit	Description
Climate change – total, fossil, biogenic and land use	kg CO ₂ -eq	Indicator of potential global warming due to emissions of greenhouse gases to air. Divided into 3 subcategories based on the emission source: (1) fossil resources, (2) bio-based resources and (3) land use change.
Ozone depletion	kg CFC-11-eq	Indicator of emissions to air that cause the destruction of the stratospheric ozone layer
Acidification	kg mol H ⁺	Indicator of the potential acidification of soils and water due to the release of gases such as nitrogen oxides and sulphur oxides
Eutrophication – freshwater	kg PO ₄ -eq	indicator of the enrichment of the fresh water ecosystem with nutritional elements, due to the emission of nitrogen or phosphor containing compounds
Eutrophication – marine	Kg N-eq	Indicator of the enrichment of the marine ecosystem with nutritional elements, due to the emission of nitrogen containing compounds.
Eutrophication – terrestrial	mol N-eq	Indicator of the enrichment of the terrestrial ecosystem with nutritional elements, due to the emission of nitrogen containing compounds.

Tabela1. Uticaji na ŽS (nastavak...)

Impact category / Indicator	Unit	Description
Photochemical ozone formation	kg NMVOC-eq	Indicator of emissions of gases that affect the creation of photochemical ozone in the lower atmosphere (smog) catalysed by sunlight.
Depletion of abiotic resources – minerals and metals	kg Sb-eq	Indicator of the depletion of natural non-fossil resources.
Depletion of abiotic resources – fossil fuels	MJ, net calorific value	Indicator of the depletion of natural fossil fuel resources.
Human toxicity – cancer, non-cancer	CTUh	Impact on humans of toxic substances emitted to the environment. Divided into non-cancer and cancer related toxic substances.
Eco-toxicity (freshwater)	CTUe	Impact on freshwater organisms of toxic substances emitted to the environment.
Water use	m3 world eq. deprived	Indicator of the relative amount of water used, based on regionalized water scarcity factors.
Land use	Dimensionless	Measure of the changes in soil quality (Biotic production, Erosion resistance, Mechanical filtration).
Ionising radiation, human health	kBq U-235	Damage to human health and ecosystems linked to the emissions of radionuclides.
Particulate matter emissions	Disease incidence	Indicator of the potential incidence of disease due to particulate matter emissions.

Tabela 2. Parametri koji opisuju korišćenje resursa

Parameter	Unit	Description
Primary renewable energy (materials)	MJ	Use of renewable primary energy resources as raw materials
Primary renewable energy (energy)	MJ	Use of renewable primary energy, excluding renewable primary energy resources used as raw materials
Primary renewable energy (total)	MJ	Sum of the two values above
Primary non-renewable energy (materials)	MJ	Use of non-renewable primary energy resources as raw materials
Primary non-renewable energy (energy)	MJ	Use of non-renewable primary energy, excluding renewable primary energy resources used as raw materials
Primary non-renewable energy (total)	MJ	Sum of the two values above
Use of secondary material	kg	Material recovered from previous use or from waste which substitutes primary materials
Use of fresh water	m ³	Freshwater use in absolute values
Use of renewable secondary fuels	MJ	Renewable fuel recovered from previous use or from waste which substitutes primary fuels
Use of non-renewable secondary fuels	MJ	Non-renewable fuel recovered from previous use or from waste which substitutes primary fuels

Primer: Ugljenični otisak i CO₂ ekvivalenti

- Svaki gas staklene bašte (GHG) ima različit potencijal globalnog zagrevanja (global warming potential, GWP) i ostaje različito vreme u atmosferi

Greenhouse Gas	Formula	100-year GWP (AR4)
Carbon dioxide	CO ₂	1
Methane	CH ₄	25
Nitrous oxide	N ₂ O	298
Sulphur hexafluoride	SF ₆	22,800
Hydrofluorocarbon-23	CHF ₃	14,800
Hydrofluorocarbon-32	CH ₂ F ₂	675
Perfluoromethane	CF ₄	7,390
Perfluoroethane	C ₂ F ₆	12,200
Perfluoropropane	C ₃ F ₈	8,830
Perfluorobutane	C ₄ F ₁₀	8,860
Perfluorocyclobutane	c-C ₄ F ₈	10,300
Perfluoropentane	C ₅ F ₁₂	13,300
Perfluorohexane	C ₆ F ₁₄	9,300



- Na primer, sumpor heksaflorid se koristi za punjenje teniskih lopti
 - 1 kg ovog gasa je ekvivalentan 22.800 kg ili 22,8 t CO₂
 - Oslobađanje samo JEDNOG kg sumpor heksaflorida je ekvivalentno vožnji automobila 5 godina!

Impact Assessment

Klasifikacija i karakterizacija – Primer 1

Impakt kategorija

LCI rezultati

Model karakterizacije

Indikator kategorije

Faktor karakterizacije

Jedinica indikatora rezultata

Klimatske promene

Emisija gasova staklene bašte u vazduh (u kg)

Model razvijen od strane IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) koji definiše potencijal otopljanja različitih gasova

Infracrveno zračenje (W/m²)

Potencijal globalnog zagrevanja za 100 godina (GWP100) za svaku GHG emisiju u vazduh (u kg CO₂ ekvivalenta/kg emisije)

kg (CO₂ eq)

Supstanca

Carbon dioxide

Methane

CFC-11

CFC-13

HCFC-123

HCFC-142b

Perfluoroethane

Perfluoromethane

Sulphur hexafluoride

GWP100 (u kg CO₂ ekvivalenta/kg emisije)

1

21

4000

11700

93

2000

9200

6500

23900

Source: (Guinée et al., 2002)

Impact Assessment

Klasifikacija i karakterizacija – Primer 2

Impakt kategorija

LCI rezultati

Model karakterizacije

Indikator kategorije

Faktor karakterizacije

Jedinica indikatora rezultata

Osiromašenje ozonskog omotača

Emisija gasova koji utiču na osiromašenje ozonskog omotača (u kg)

Model WMO (World Meteorological Organization), koji definiše potencijal osiromašenja ozonskog omotača od različitih gasova
Stratospheric ozone breakdown

Potencijal osiromašenja ozonskog omotača u ravnotežnom stanju (ODP, Ozone depletion potential) za svaku emisiju u kg CFC-11 ekvivalenta/kg emisije
kg (CFC-11 eq)

Supstanca

Halon-1301

Halon-1211

Halon-1202

CFC-11

CFC-12

HCFC-123

HFC-142b

Methyl Bromide

ODP_∞ (u kg CFC-11 ekvivalenta/kg emisije)

12

5,11

1,25

1

0,82

0,012

0,043

0,37

Impact Assessment

Klasifikacija i karakterizacija – Primer 3

Impakt kategorija

LCI rezultati

Model karakterizacije

Indikator kategorije

Faktor karakterizacije

Jedinica indikatora rezultata

Acidifikacija

Emisije acidifikujućih supstanci u vazduh (u kg)

RAINS10 model, razvijen od strane IIASA

(International Institute for Applied Systems Analysis), koji opisuje kretanje i taloženje acidifikujućih supstanci, prilagođen za LCA

Kritično opterećenje taloženja/acidifikacije

Potencijal acidifikacije (Acidification potential, AP) za svaku acidifikujuću emisiju u vazduh (u kg SO₂ ekvivalenta/kg emisije)

kg (SO₂ eq)

Supstanca

amonijak

hydrogen chloride

hydrogen fluoride

hydrogen sulfide

nitric acid

Nitrogen dioxide

Nitrogen monoxide

Sulfur dioxide

Sulphuric acid

AP (u kg SO₂ ekvivalenta/kg emisije)

1.88

0.88

1.60

1.88

0.51

0.70

1.07

1.00

0.65

LCIA metodi

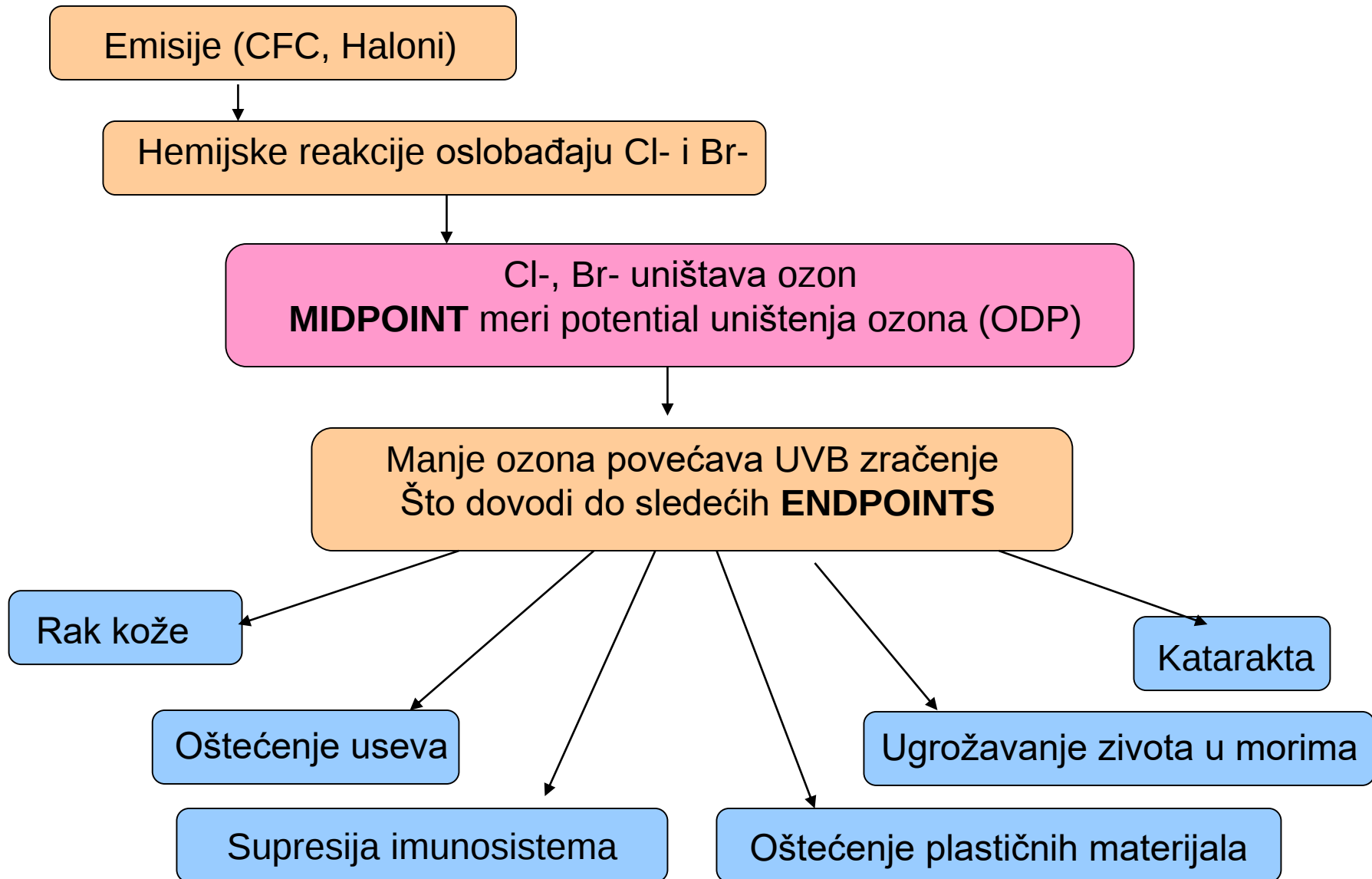
- Primenom LCIA metoda, uz korišćenje podataka iz inventara kao ulaza, dobijaju se rezultati za kategorije uticaja
- Dve grupe metoda, zasnovanih na :
 - Resursima – fokusiraju se na resurse (inpute) uzete od prirode, dajući resursne indikatore (nor. Cumulated Energy Demand);
 - Emisijama – bave se izlazima (outputima) u prirodu, procenjujući emisione indikatore (npr. CML 2002, ReCiPe).

Metodi srednje i krajnje tačke

(Midpoint vs. Endpoint)

- Metodi srednje (**midpoint**) procenjuju uticaj na ŽS do nivoa emisije ili potrošnje resursa
 - **Midpoint** metode (npr. CML i TRACI), kao rezultat daju indikatore kao što su CO₂ za klimatske promene, CFC za oštećenje ozona, NO_x za eutrofikaciju i SO₂ za acidifikaciju
 - Pošto daju set indikatora za desetine kategorija uticaja, tumačenje rezultata je kompleksno
- Metodi krajnje tačke (**endpoint**) procenjuju krajnji štetni efekat na ljudsko zdravlje, ŽS i resurse
 - Npr. Ecoindicator 99 daje indikatore u 3 ili 4 kategorije štetnih uticaja, što omogućava relativno lakšu interpretaciju
 - Uvođenje dodatnog faktora uzrok-posledica dodaje nesigurnost u proračun

LCIA često modeluje do srednje tačke (za razliku od analize rizika)



Kratak opis glavnih LCIA metoda (1)

Methods	Descriptions	Midpoint impact categories		Endpoint impact categories
Ecological Footprint	It considers biologically productive land and sea area to produce all consumed products and absorb generated waste	LAND occupation Climate change Nuclear energy use		Global hectar (Consumption of hectare with global average bioproductivity, gha)
Cumulated Energy Demand	It assesses primary energy required for production, use and disposal of a product	Fossil Nuclear Primary forest Biomass	Geothermal Solar Wind Water	Non-renewable resources Renewable resources
CML	It assesses specific impact categories and this method is divided into two versions: baseline and non-baseline. It only assesses midpoints' impacts	Depletion abiotic resources Climate change Stratospheric ozone depletion Human toxicity Marine ecotoxicity	Fresh-water aquatic ecotoxicity Terrestrial ecotoxicity Photo-oxidant formation Acidification Eutrophication	N/A
Eco-indicator 99	It replaces Eco-indicator 95, and covers all emission categories and parts of the resource categories	Climate change Ozone layer depletion Acidification/eutrophication Carcinogenic Fossil resources	Ionizing radiation Ecotoxicity Land use Mineral resources Respiratory organic Respiratory inorganic	Human health Ecosystem quality Resource depletion
USEtox 2.01	It is a scientific consensus model for assessing human and ecotoxicological impacts of chemical emissions in life cycle assessment	Freshwater ecotoxicity Carcinogenic Non-carcinogenic		Ecosystem quality Human toxicity

Kratak opis glavnih LCIA metoda (2)

Methods	Descriptions	Midpoint impact categories		Endpoint impact categories
ReCiPe	It is a follow up of Eco-indicator 99 and CML 2002 methods that integrates and harmonizes midpoints and endpoint approaches	Climate change Ozone depletion Terrestrial acidification Freshwater eutrophication Marine eutrophication Human toxicity Photochemical oxidant formation Particulate matter formation Terrestrial ecotoxicity	Freshwater ecotoxicity Marine ecotoxicity Ionising radiation Agricultural land occupation Urban land occupation Natural land transformation Depletion of fossil fuel resources Depletion of mineral Depletion of freshwater resources	Human health Ecosystem quality Resources
TRACI 2.1	It is a tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. It is a midpoint oriented LCA method	Acidification Ecotoxicity Eutrophication Ozone depletion Smog depletion Climate change	Resource depletion (fossil fuels) Human health (air pollutants criteria, carcinogenic, non-carcinogenic)	N/A
Ecological Scarcity 2013	It weights environmental impacts with eco-factors, which are derived from political targets or environmental laws	Water sources Energy sources Mineral sources Land use Global warming Ozone layer depletion Main air pollutants and PM Carcinogenic substances into air Heavy metals into air Water pollutants POP into water	Heavy metals into water Pesticides into soil Heavy metals into soil Radioactive substances into air Radioactive substances into water Noise Non-radioactive Waste to deposit Radioactive waste to deposit Deposit waste	Environmental loading points

Klasifikacija

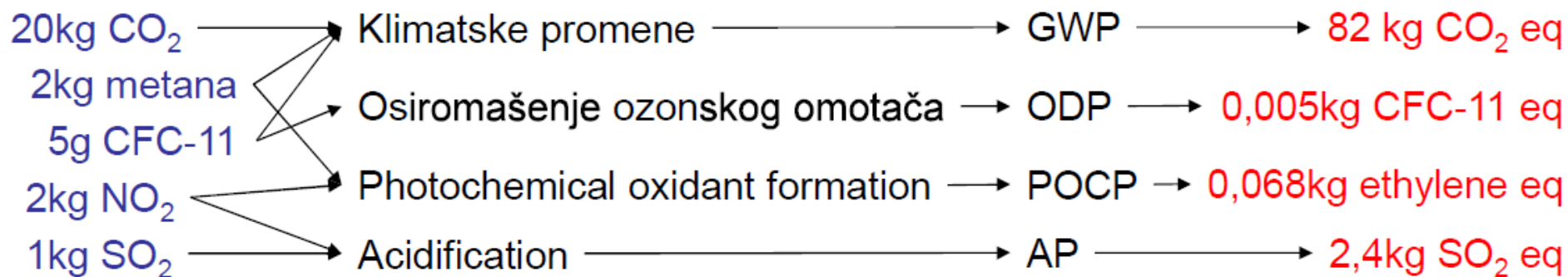
LCI

Impakt kategorija

Karakterizacija

Faktori karakterizacije

Vrednosti indikatora



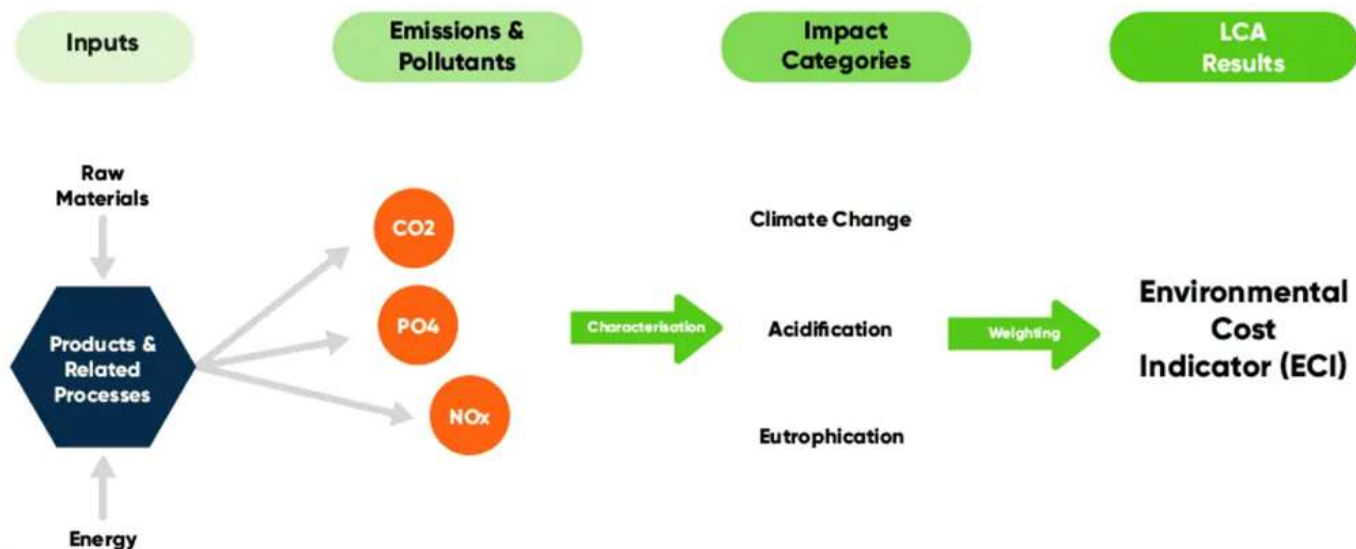
Supstanca	Količina (kg)	GWP ₁₀₀ (kg CO ₂ eq/kg)	ODP _∞ (kg CFC-11 eq/kg)	POCP (kg ethylene eq/kg)	AP (kg SO ₂ eq/kg)
CO ₂	20	1 x 20 = 20			
Methane	2	21 x 2 = 42		0,006 x 2	
CFC-11	0,005	4000 x 0,005 = 20	1 x 0,005		
NO ₂	2			0,028 x 2	0,70 x 2
SO ₂	1				1,00 x 1
Jedinica indikatora		kg CO ₂ eq	kg CFC-11 eq	kg ethylene eq	kg SO ₂ eq
Rezultat		82	0,005	0,068	2,4

Opcioni elementi LCIA

- Normalizacija: preračunavanje rezultata indikatora u odnosu na referentnu vrednost, na primer
 - Za određeno područje na godišnjem nivou
 - Po jedinici proizvoda (kg ili tona) ili stvorene vrednosti (€)
 - Po glavi stanovnika godišnje
- Grupisanje kategorija uticaja u setove definisane u cilju i obimu LCA
 - Prema karakteristikama ulaza i izlaza
 - Lokalni ili globalni
 - Po prioritetu: visok, srednji, nizak
- Odmeravanje (weighting): konverzija i agregiranje rezultata iz različitih kategorija radi procene ukupnog uticaja kao jedinstvenog broja
 - Odgovara na pitanje: koja je najbolja opcija?

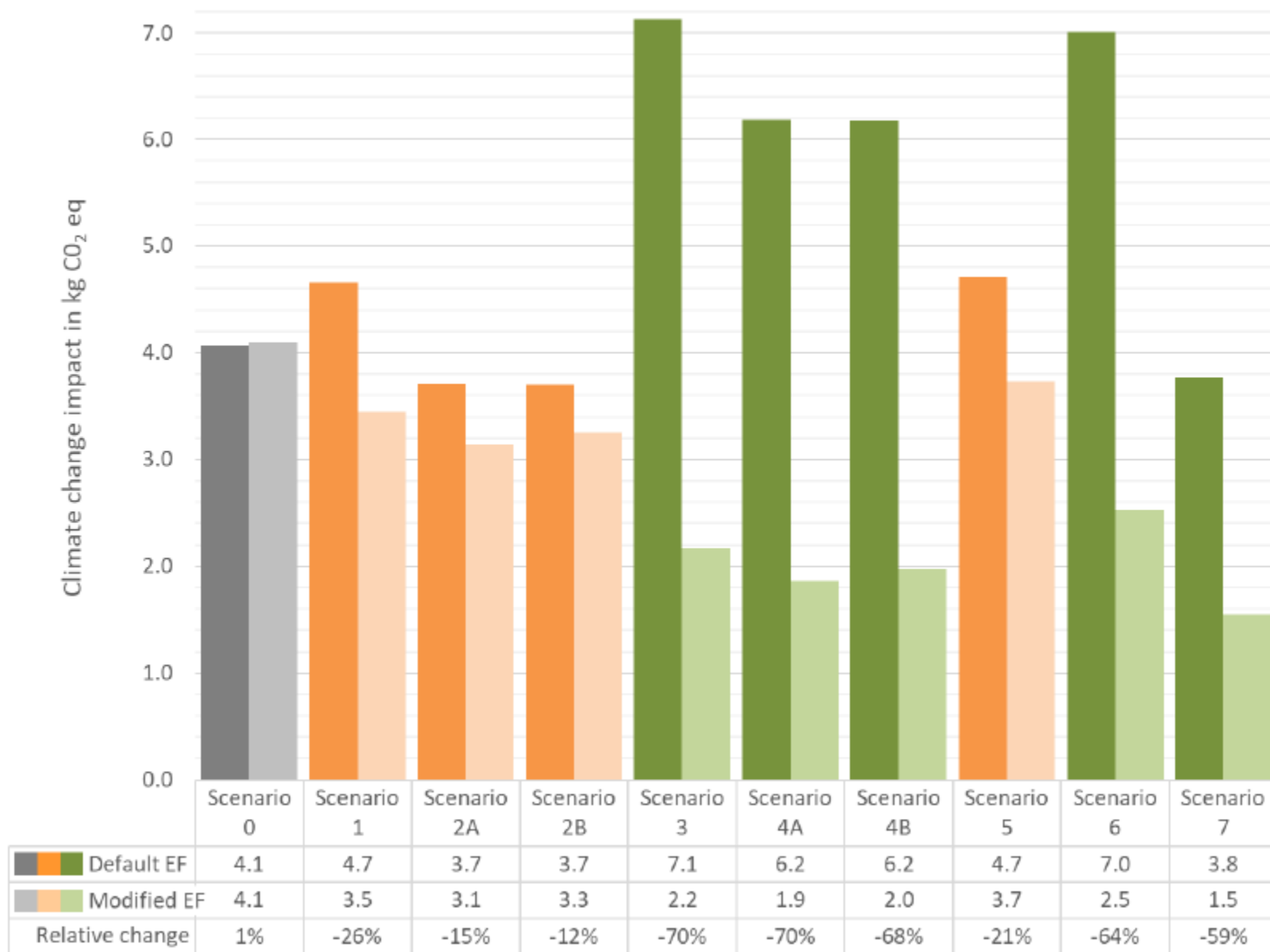
Odmeravanje (weighting)

- Najdelikatniji deo: dodavanje određenog faktora relativne značajnosti (težine) za svaki uticaj
- Ako jedan indikator više deluje na globalno zagađenje, a drugi je toksičniji za ljude, tada nije lako odlučiti šta je značajnije
 - Izbor težina odslikava prioritete ljudi, eksperta i organizacija po pitanju vremena (sadašnji - budući uticaji), geografije (lokalni - globalni), hitnosti, političkih ideja ili troškova
- Odmeravanjem rezultati za uticaje se sumiraju i dobija se **jedan indikator** za čitav LCA
 - Rezultati postaju lakši za razumevanje, ali veća je mogućnost grešaka

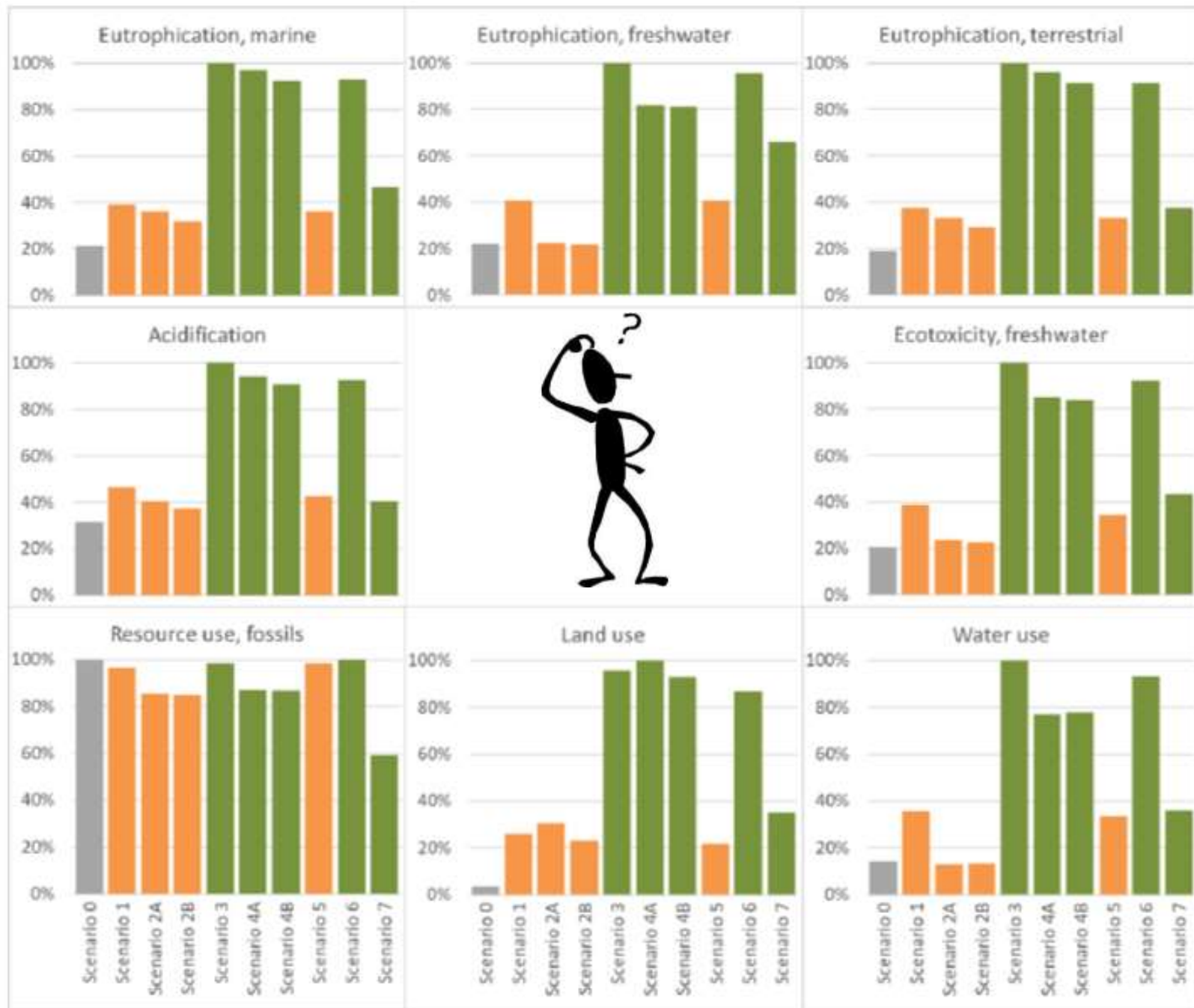


Primer: LCA i odmeravanje PET biopolimera

Scenarios		Feedstock Requirements	
Name (Polymer)	Bio-Based C Content	Primary Input	Quantity kg Input/kg Fiber
Scenario 0 (PET)	0%	ethylene	0.199
		para-xylene	0.585
Scenario 1 (PET)	20%	corn	1.089
		para-xylene	0.585
Scenario 2A (PET)	20%	sugarcane	3.043
		para-xylene	0.585
Scenario 2B (PET)	20%	sugarcane	2.235
		para-xylene	0.585
Scenario 3 (PET)	100%	corn	4.476
Scenario 4A (PET)	100%	sugarcane	3.043
		corn	3.387
Scenario 4B (PET)	100%	sugarcane	2.235
		corn	3.387
Scenario 5 (PTT)	27%	corn	0.862
		para-xylene	0.545
Scenario 6 (PTT)	100%	corn	4.019
Scenario 7 (PLA)	100%	corn	1.530

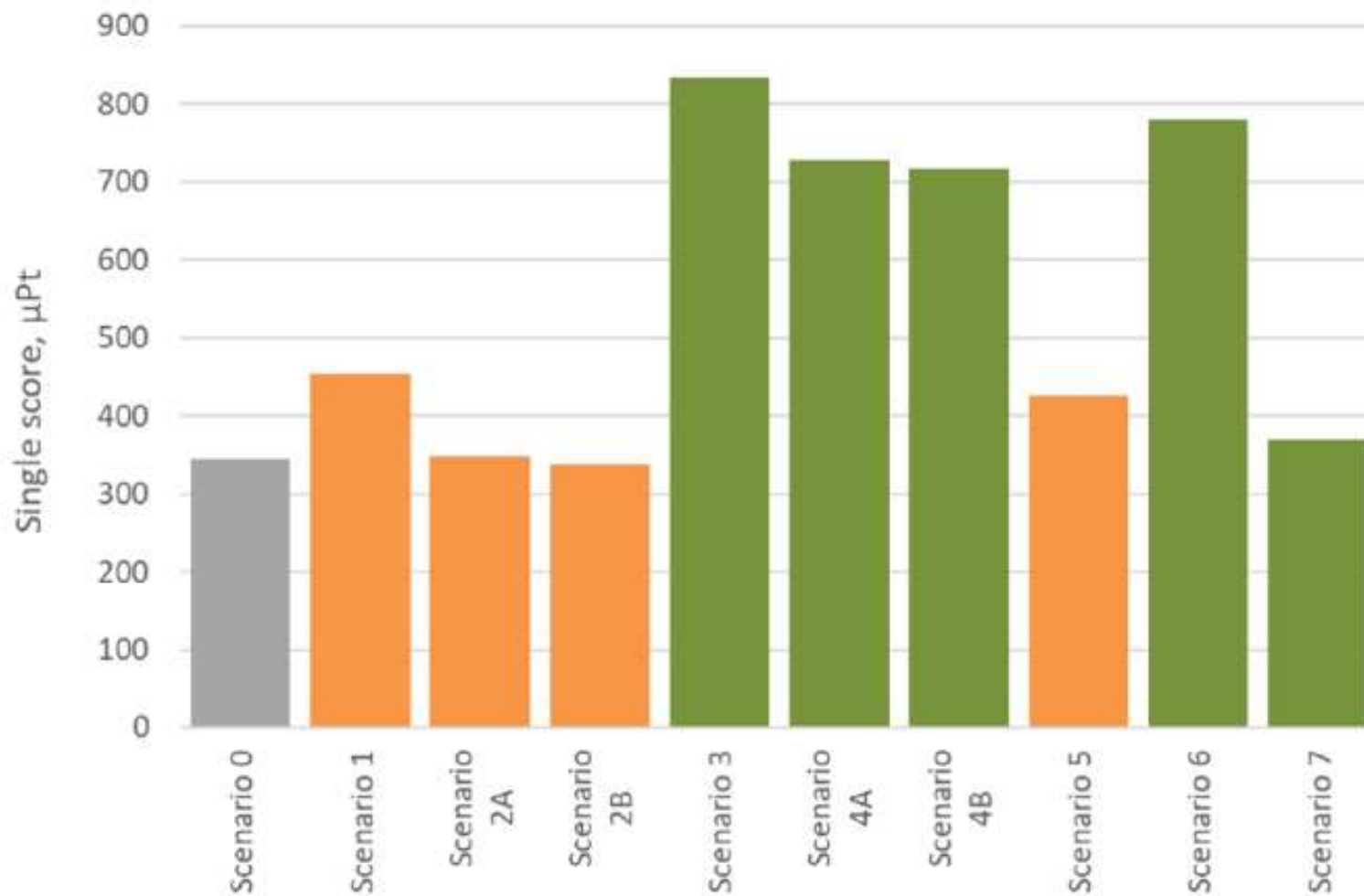


Viktor Pocajt: Industrijsko zagađenje



Svođenje na jedan indikator

Rezultati mogu biti neočekivani

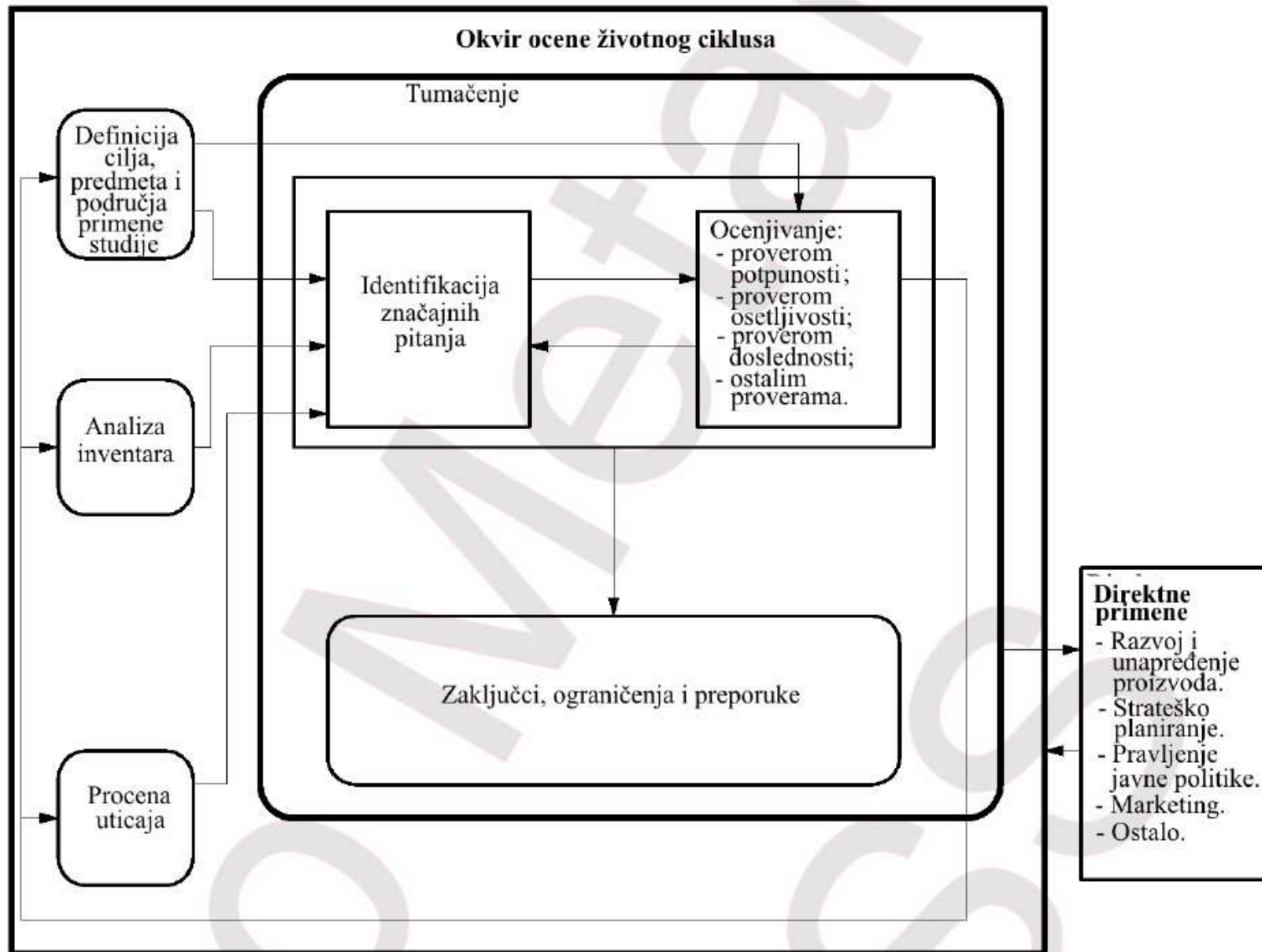


Viktor Pocajt: Industrijsko zagađenje

4. Tumačenje (Interpretation)

- Sistematska tehnika identifikacije, kvantifikacije, provere i evaluacije informacija dobijenih iz rezultata LCI i/ili LCIA
- Uključuje
 - Identifikaciju značajnih pitanja iz ovih faza
 - Razmatranje i ocenjivanje potpunosti, osetljivosti i doslednosti
 - Zaključke, ograničenja i preporuke
- Detalji su definisani u ISO 14044
- Definiše se i način izveštavanja i kritičkog preispitivanja LCA
 - Prva, druga i treća strana
 - Interni i eksterni eksperti za preispitivanje

Odnos faze tumačenja i ostalih faza LCA



ELEMENTI I PRIMERI PRAKTIČNE PRIMENE LCA

Product Environmental Footprint (PEF)

- Generalni Direktorat za životnu sredinu Evropske Komisije i Zajednički Razvojni Centar EU (Joint Research Centre, JRC IES) razvili su metodologiju Ekološki otisak (Environmental Footprint)
- Metodologija definiše način merenja ekoloških performansi proizvoda (environmental performance of products, PEF) i organizacija (OEF)
- Zasnovan na životnom ciklusu, odnosno materijalu, energiji, emisijama i tokovima otpada u lancima snabdevanja
- Veći broj standarda i smernica je korišćen kao referenca u pokušaju da se razvoje harmonizovana evropska metodologija
 - International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook, ISO 14040/44, ISO 14025, PAS 2050, Global Reporting Initiative, CDP Water Footprint, ISO 14064,...

Environmental Product Declarations

- LCIA metodi se takođe koriste za deklarisanje ekoloških performansi proizvoda kroz eko označavanje (eco-labelling)
- ISO 14025 eko deklaracije (Environmental Product Declarations, EPD) i eko označavanje
 - U EU Regulation (EC) No 66/2010 (Eco-label Regulation).
- EPD postaju sve važnije za komuniciranje uticaja na ŽS između preduzeća u lancu snabdevanja
 - Sumiraju detalje uticaja odgovarajućeg proizvoda, npr. Potencijal globalnog zagrevanja, za ceo ŽC
 - Standardizovani tip LCA, koji omogućava poređenje proizvoda
 - Sertifikacija ekoloških performansi proizvoda
- Prednosti primene EPD
 - Smanjuje potrebu za dodatnim LCA studijama
 - Zahvaljujući detaljnim pravilima i standardima, omogućuje verodostojno poređenje proizvoda
 - Utiče na „zelenu“ potrošnju i održvu proizvodnju

LCI baze podataka i njihove karakteristike

Database	Features
Ecoinvent	It comprises LCI data from the energy, transport, building materials, chemicals, paper and pulp, waste treatment and agricultural sectors, based on the Swiss and European demand patterns
GaBi	It includes all relevant information in view of the data quality and scope of the application of the respective LCI result/data set, and the data is presented with the referenced functional unit
World Food LCA Database (WFLDB)	WFLDB represents agricultural primary products and processed food products, and it assists companies and environmental authorities in processes of eco-design of food products and Environmental Product Declarations (EPD)
European Reference Life Cycle Database (ELCD)	ELCD comprises LCI data from EU business associations and other sources for key materials, energy carriers, transport, and waste management
Global Emission Model for Integrated Systems (GEMIS)	GEMIS covers processes for energy, materials, and transport, as well as recycling and waste treatment processes. Material processes are based on EU data, transport processes are based on EU and US data
U.S. Life Cycle Inventory Database	It serves as a central repository for information about the total energy and resource impacts of developing and using various commercial building materials, components, and assemblies
Chinese Core Life Cycle Database (CLCD)	CLCD provides data of more than 600 unit processes ranging from energy, metal/non-metal, chemicals, to transportation and waste treatment. The main data resources are government or industrial statistics and calculated based on ingredients and batch formula
DataSmart	It is a database of the North American region, and it is developed through expanding USLCI data, ecoinvent v2.2 data, in addition, over 700 processes covering textiles, packaging, biomaterials, dairy industries, U.S. state electricity mixes are included
EXIOBASE	It is a spreadsheet based database that can be used for the analysis of the environmental impacts associated with the final consumption of product groups
IDEA Japanese Inventory database	Comprehensive inventory of nearly all economic activities of the Japanese industry. It contains about 3800 processes that are classified based mainly on the Japan Standard Commodity Classification.

LCA softveri

- SimaPro
- GaBi (Sphera)
- oneClickLCA
- openLCA (free)
- Mobius
- EarthSmart Life Cycle Assessment (LCA) Software
- GREET
- BEES
- Umberto

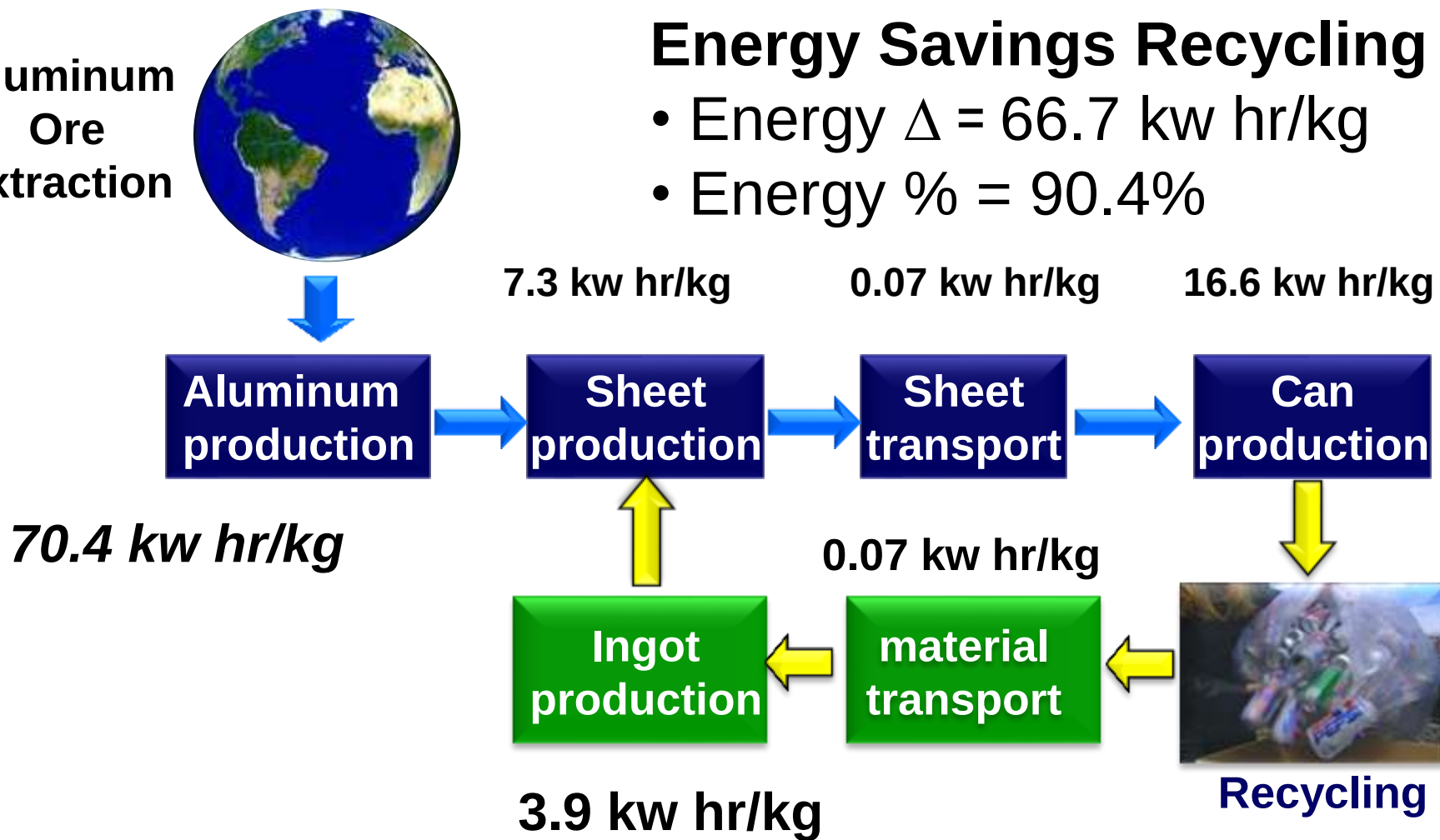
Neki izazovi u praktičnoj primeni LCA

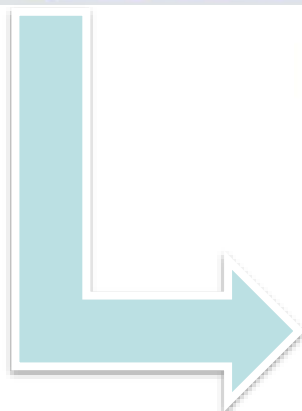
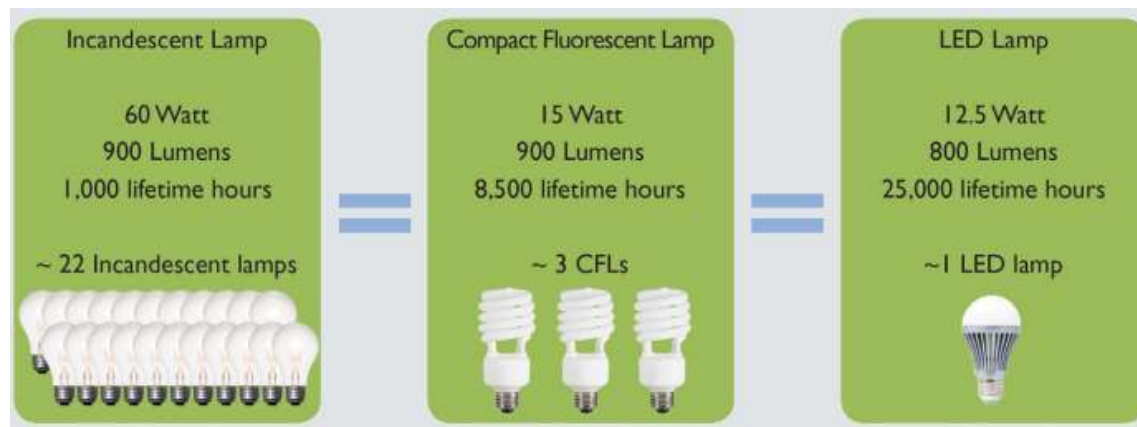
- Dostupnost inventara podataka, posebno javnih
- Netransparentnost podataka u bazama i softverskim paketima
- Nedovoljno smernica u modelovanju podataka
- Raznolikost u modelima procene uticaja
- Nedovoljno prakse i smernica u preispitivanju
- Spor rad međunarodne UNEP/SETAC radne grupe
- Određene aproksimacije i uprošćavanja u LCA su nužnost
 - Sužavanje obima izostavljanjem pojedinih faza, ograničenjem inventara ili razmatranih uticaja može dovesti do potencijalno značajno pogrešnih rezultata

Proizvodnja aluminijumskih konzervi

Energy Savings Recycling

- Energy $\Delta = 66.7 \text{ kw hr/kg}$
- Energy % = 90.4%



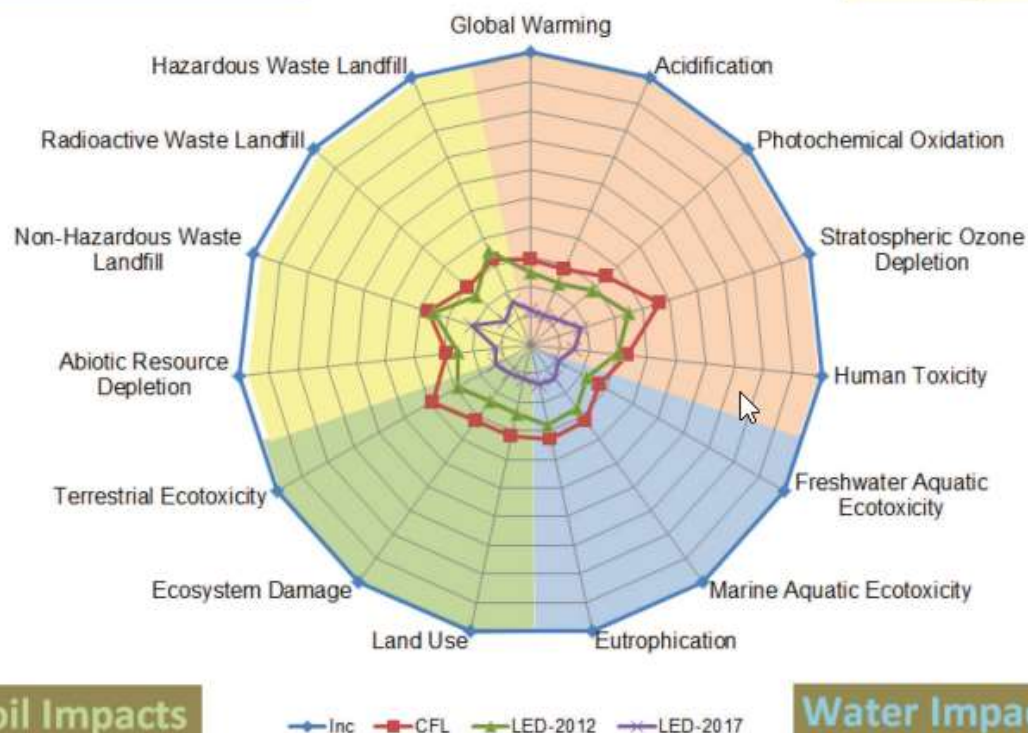


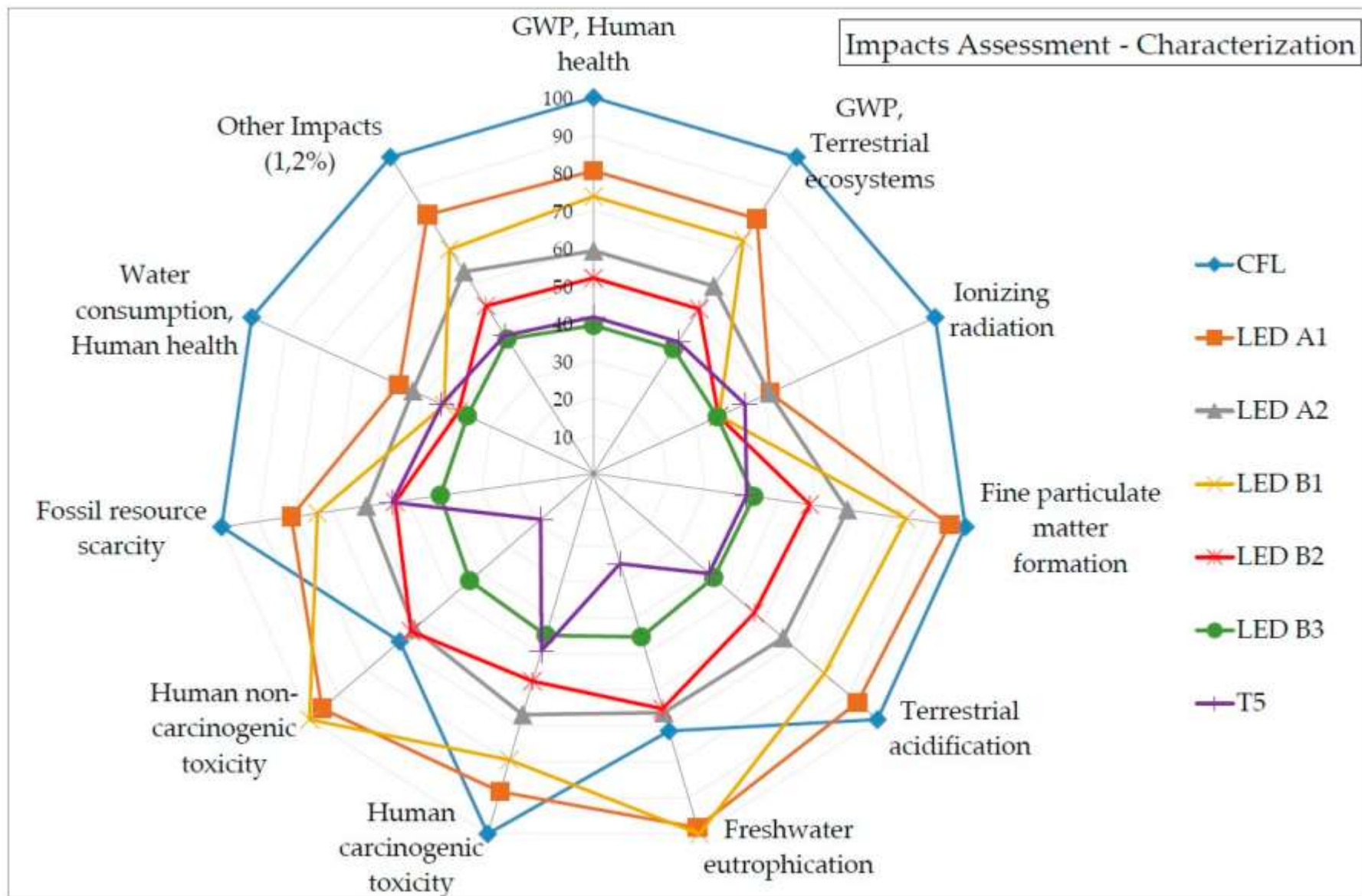
Resource Impacts

Air Impacts

Soil Impacts

Water Impacts





Primer: Papir za kopiranje

- Sirovine
 - Drvo, voda, razne hemikalije, energija
 - Regenerisana energija i hemikalije
- Proizvodnja
 - Mašine, procesi, pakovanje materijala
- Transport i distribucija
 - Skladištenje u magacinima, prodaja na veliko i malo
- Korišćenje
- Odlaganje
 - Otpanci, reciklaža, deponovanje
 - Regeneracija energije



Primer: Papir za kopiranje

- Degradacija životne sredine
 - Uticaj sečenja drveća
 - Uticaj ispuštenih hemikalija u otpadnim vodama na kvalitet voda
- Potrošnja resursa
 - Resursi su obnovljivi, ali ne brzo zamenljivi
 - Papir se lako reciklira, smanjujući potrebu za sirovinama
 - Energetski samodovoljan
- Zdravlje i dobrobit ljudi
 - Uticaj hemikalija koje se koriste na ljudsko zdravlje
 - Uticaj emisija od regeneracije hemikalija i energije iz dimnjaka na zdravlje populacije oko fabrike



Viktor Pocajt: Industrijsko zagađenje

Primer: Papir za kopiranje – Tumačenje

- Izmene u dizajnu proizvoda
 - Određivanje mogućnosti poboljšanja
 - Papir manje težine?
 - Papir manje sjajnosti?
- Promene sirovina
 - Korišćenje više sekundarnih materials umesto primarnih
 - Korišćenje alternativnih hemikalija
- Izmene u industrijskim procesima
 - Prelazak sa kisele na baznu proizvodnju papira
 - Prelazak sa beljenja hloratima na posupke bez hlorata



Normalizovane procesne emisije, po toni proizvoda

All values are tons	Virgin Prod. + Landfill	Virgin Prod. + Incinerate	Recycle Prod. + Recycle
Carbon sequestered in tree growth	-791	-791	N/A
Raw material acquisition	139	139	37.3
Paper mill production	1418	1418	470
Transport to market	4.5	4.5	4.5
Carbon sequestered in product	0	0	-395
Collection and landfill equipment/ sorting	11	6	4.9
Landfill	265.1	0.0	161
Carbon sequestered in landfill	-235	0	-143
Incinerate	N/A	89	N/A
Total Carbon Equivalents	812	866	141
Total Carbon Equivalents per ton	0.812	0.866	0.141
Total Carbon Equivalents per ton	0.812	0.866	0.141

Tumačenje

- Scenario reciklaže ima najmanji ugljeni otisak
- Povećana reciklaža može
 - Smanjiti emisiju gasova staklene bašte
 - Uticati na tržište drveta, ali ti uticaji su van opsega ove studije
- Ugljeni otisak pri deponovanju visoko zavisi od stepenja regeneracije metana
- Potencijalna poboljšanja procesa
 - Povećanje regeneracije metala na deponijama
 - Smanjenje transporta sirovina i gotovih proizvoda
 - Povećanje efikasnosti proizvodnje papira
 - Energetska efikasnost
 - Korišćenje obnovljivih goriva za transport
 - Korišćenje obnovljive električne energije
 - Povećanje energetske efikasnosti u proizvodnom procesu