



**КАТЕДРА ЗА МЕХАНИЗАЦИЈУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ
МОДУЛ: ТРАНСПОРТНО ИНЖЕЊЕРСТВО,
КОНСТРУКЦИЈЕ И ЛОГИСТИКА; ДИЗАЈН У МАШИНСТВУ**

ДИЗАЈН И ЕКОЛОГИЈА (ЕКОДИЗАЈН)

-Одрживи развој производа-

Предавање 7

**Процена животног циклуса производа
Life Cycle Assessment (LCA)**

Предметни наставник: Проф. Др Ненад Зрнић

ОСНОВЕ ПРОЦЕНЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА (LCA)

LCA студија је алат који омогућава израчунавање утицаја на животну средину гледано кроз потрошњу енергије, потрошњу материјала и емисије у ваздух, потрошњу воде и земљишта за време различитих животних фаза производа.

Квантификовањем потрошње и емисије загађења, утицаји на животну средину могу бити процењени и израчунати. Сви ефекти на животну средину се сматрају **утицајима на животну средину**. Они се појављују услед потрошње природних ресурса и услед испуштања загађујућих материја у животну средину. С обзиром да се користе различити типови ресурса, појављују се и различити еколошки утицаји на животну средину.

LCA је итеративан процес. Анализа животног циклуса мање или више представља **компромис између сложености и практичности**, а **LCA** је најбоље установљена методологија системског анализирања утицаја сваке од фаза животног циклуса производа или услуге, на животну средину

LCA је квантификована провера животне средине од колевке до (гроба) колевке (Cradle-to-grave или Cradle-to-cradle).

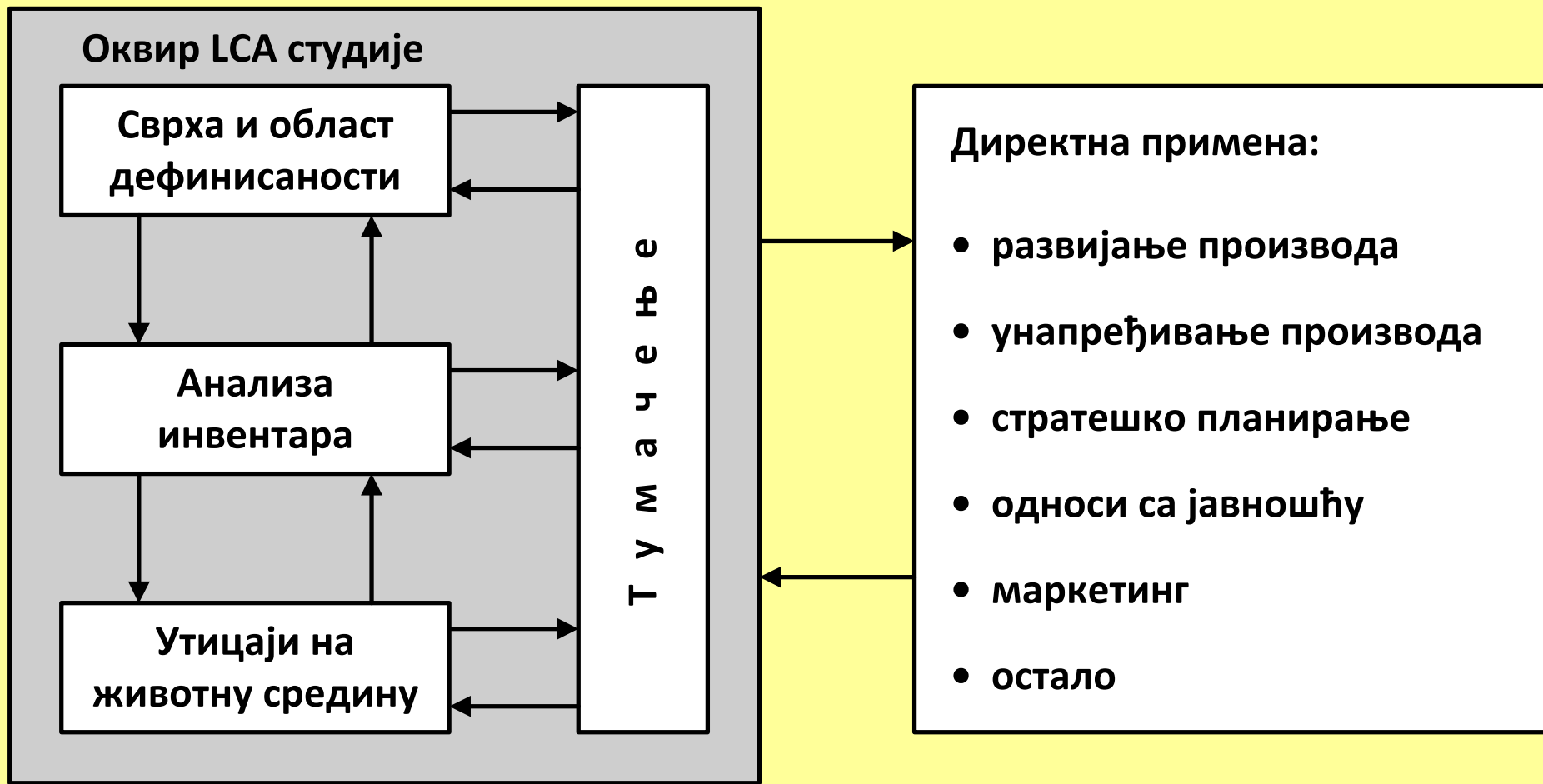
Аналогија се прави са кувањем: није битно само скувати ручак, већ и прикупити (набавити) састојке - донети их у кухињу, погледати рецепт и побринути се на крају за остатке.

Релативно је млада област.

Прва упутства дало је удружење **SETAC** (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 1993. године.

Први **ISO** стандард изашао је 1997. године, а и сада излазе нове серије стандарда. Код последње ревизије стандарда 2006. није било никаквих суштинских промена код **LCA** методе.

По стандарду **ISO 14 040** из 2006. године **LCA** студија се дели на четири фазе и то:



ВАРИЈАНТЕ LCA (ПАРЦИЈАЛНЕ АНАЛИЗЕ) – ОПЦИЈЕ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ГРАНИЦА СИСТЕМА

Cradle-to-grave (“од колевке до гроба”) је анализа целог животног циклуса производа од дизајна и производње (manufacture) – "cradle", преко употребе до фазе краја животног циклуса (disposal phase) – "grave".

Cradle-to-cradle (“од колевке до колевке”) је специјална врста cradle-to-grave анализе, где је на крају животног циклуса производа процес рециклаже.

Cradle-to-gate (“од колевке до капије”) је парцијална анализа животног циклуса производа од дизајна и производње ("cradle") до капије фабрике (factory "gate"). Фаза употребе и одлагања производа обично су изостављене. Користи се да се одреди утицај производње на животну средину.

Gate-to-grave (“од капије до гроба”) подразумева процесе од момента употребе производа до краја његовог животног циклуса (сви пост-производни процеси). Користи се ради одређивања утицаја производа од момента напуштања фабрике.

Gate-to-gate (“од капије до капије”) је парцијална LCA студија која се базира само на "one value-added process" у целом ланцу производње. Садржи процесе искључиво у току производне фазе. Користи се за одређивање утицаја једног производног корака или процеса на животну средину.

ЛИСТА ISO СТАНДАРДА КОЈИ СЕ ОДНОСЕ НА LCA

НОВЕ ВЕРЗИЈЕ:

ISO 14 040: 2006:	LCA principles and framework,
ISO 14 044: 2006:	LCA requirements and guidelines,
ISO 14 047: 2003:	examples of application of 14 042,
ISO 14 048: 2002:	LCA data documentation format,
ISO 14 049: 2000:	examples of application of 14 041 to goal and scope definition and inventory analysis,
ISO 14 062: 2002:	integrating environmental aspects into product design and development.

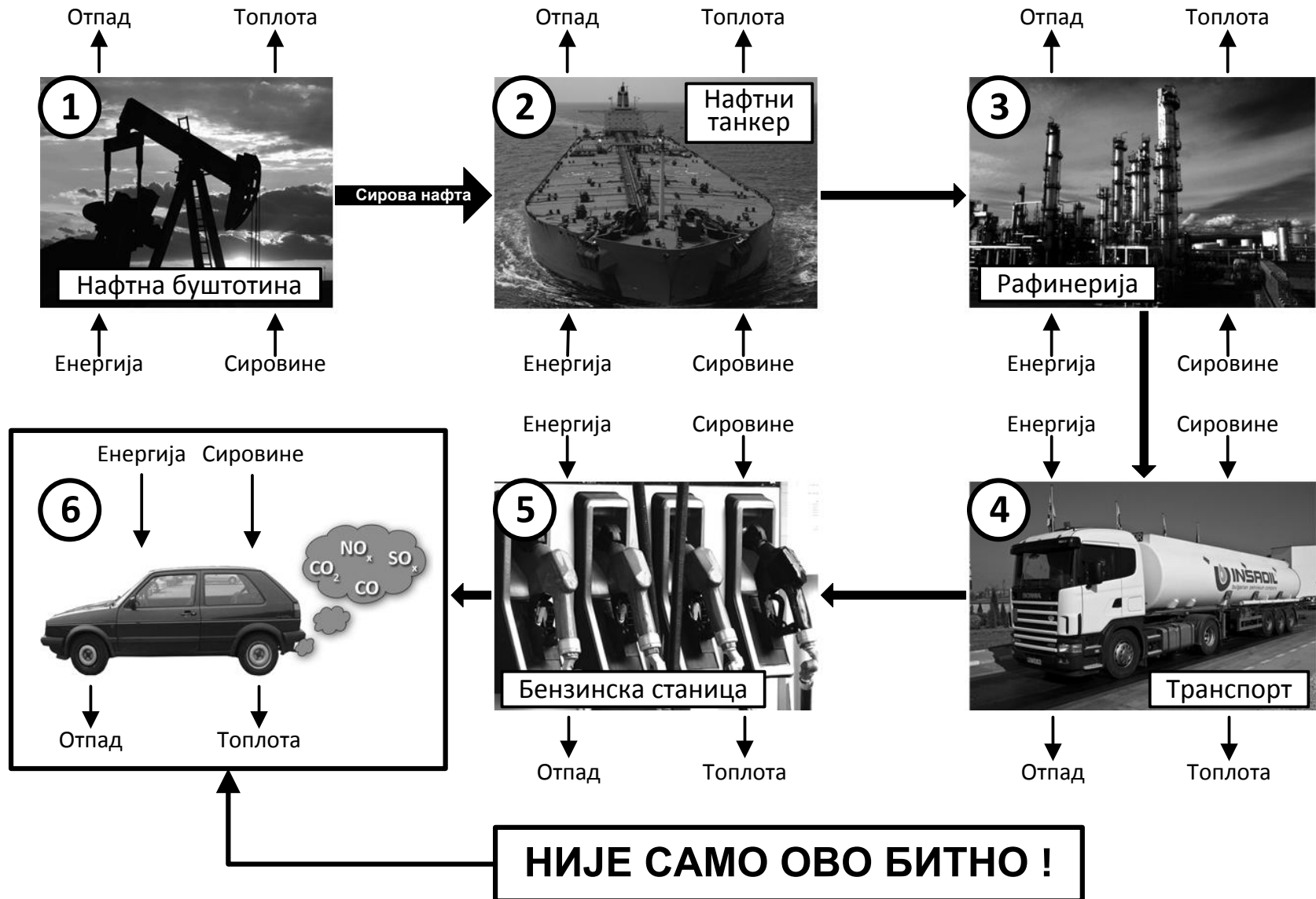
СТАРЕ ВЕРЗИЈЕ:

ISO 14 040: 1997:	LCA principles and framework,
ISO 14 041: 1998:	LCA goal and scope definition and inventory analysis,
ISO 14 042: 2000:	LCA life cycle impact assessment,
ISO 14 043: 2000:	LCA life cycle interpretation.

ЗАШТО ЈЕ LCA НАЈСВЕОБУХВАТНИЈИ АЛАТ ?

- ✓ **"Пребацивање проблема" из једне фазе у другу није могуће**, јер LCA узима у обзир све фазе животног циклуса.
- ✓ Нпр. замена челичног рама аутомобила алуминијумским га може учинити лакшим и са мањом потрошњом горива, али за производњу алуминијума се троши више енергије, а ови фактори се подесно процењују један у односу на други током једне LCA.
- ✓ Поред тога, LCA покрива **широк опсег утицаја на животну средину**, а не само нпр. угљен диоксид и енергију.

- ✓ Који је утицај на животну средину од сагоревања 1. литра фосилног горива у аутомобилу?
- ✓ Одговор на ово питање није нимало једноставан, јер нису у питању само емитовани гасови, већ читава **скривена историја!**



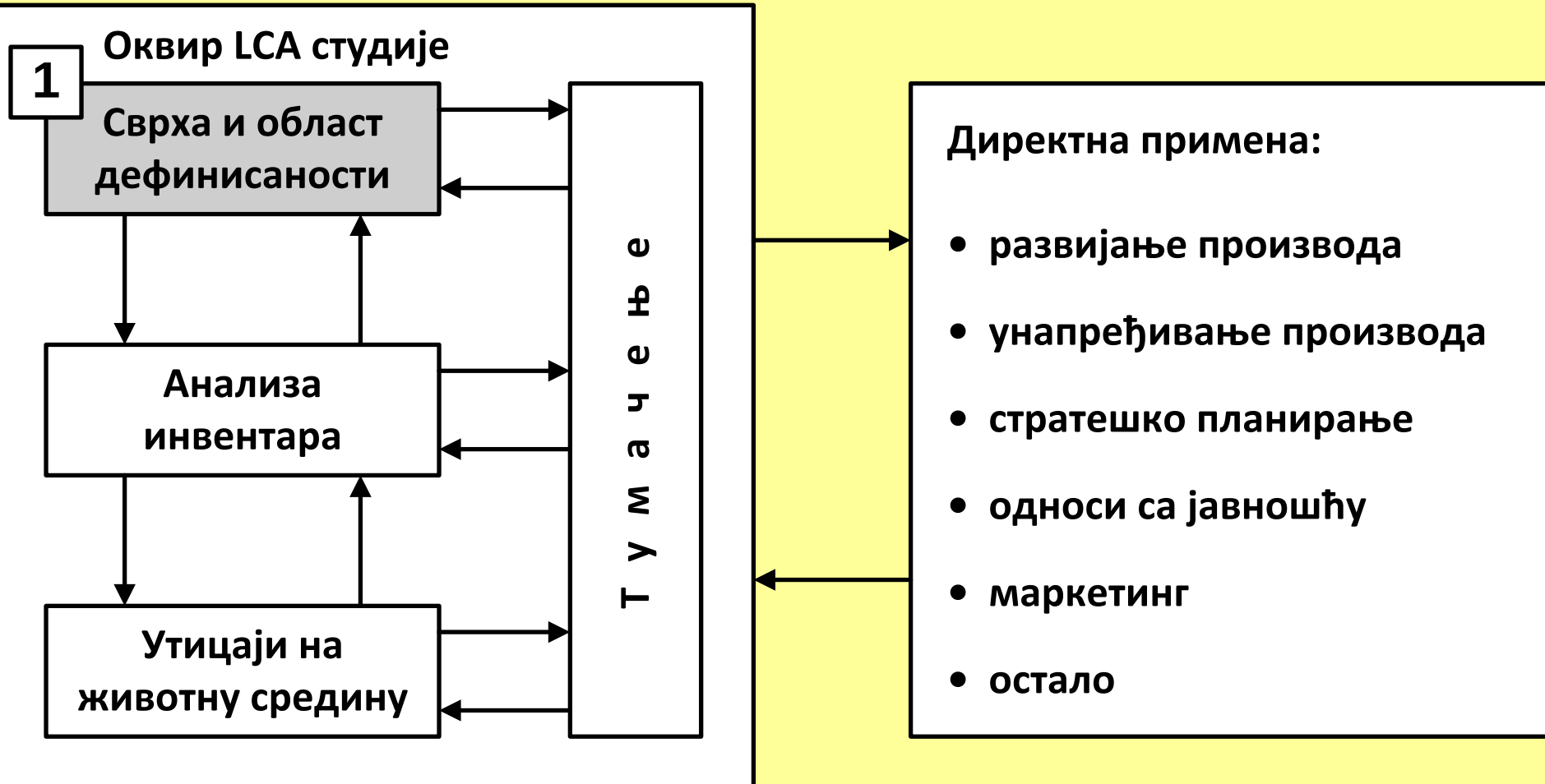
ПРЕДНОСТИ LCA:

- ✓ даје општи преглед целокупног система,
- ✓ идентификује критичне делове производње и употребе,
- ✓ идентификује празнине у знању,
- ✓ даје путоказе за деловање (у ком правцу треба деловати),
- ✓ повећава свесност о проблемима у вези са животном средином,
- ✓ мења дискусију од појединачних ка глобалним проблемима и свеобухватном (потпуном) размишљању,
- ✓ обезбеђује базу информација за дебате о животној средини.

МАНЕ LCA:

- ✓ квалитет **LCA** зависи од расположивих података, постављених граница система, усвојених правила алокације (додељивања, распоређивања), учињених претпоставки, релевантности функционалних јединица,
- ✓ је можда тешко проценити резултате,
- ✓ је знање о сложеним процесима лимитирано,
- ✓ су до сада процене биле усмерене ка могућим, а не стварним утицајима,
- ✓ је евалуација базирана и на научним подацима и на субјективним проценама различите врсте,
- ✓ **LCA** захтева велики рад, а самим тим и време, што је чини скупом

СВРХА И ОБЛАСТ ДЕФИНИСАНОСТИ (ЦИЉ, ПРЕДМЕТ И ПОДРУЧЈЕ ПРИМЕНЕ) GOAL AND SCOPE DEFINITION



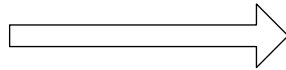
У овој фази се прави радни план за целу **LCA** студију. Према **ISO 14 041 (1998E)** ова фаза **LCA** се дели на следеће кораке или елементе:

- ✓ циљ студије (goal of the study),
- ✓ област дефинисаности студије (scope of the study),
- ✓ функција, функционална јединица и референтни проток (function, functional unit and reference flow),
- ✓ полазне границе система (initial system boundaries),
- ✓ опис категорија података (description of data categories),
- ✓ критеријуми за полазно уврштавање улаза и излаза (criteria for initial inclusion of inputs and outputs),
- ✓ захтеви за квалитетом података (data quality requirements),
- ✓ критички осврт (critical review),
- ✓ дефинисање начина писања извештаја (study report).

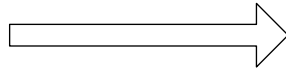
ЦИЉНА ГРУПА И ОБЛАСТ ПРИМЕНЕ

ЦИЉНА ГРУПА:

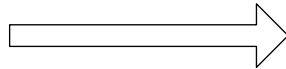
Може да буде друга компанија, која је направила "еколошки" напад на производе Ваше компаније



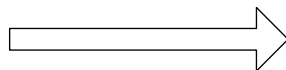
Може да буде Ваша сопствена компанија / тим дизајнера



Може да буде независна студија трећег лица



Може се захтевати регулативом



ПРИМЕНА:

Да се добије / поврати позиција производа на тржишту и то на основама бриге за животну средину

Међународна студија би помогла тиму дизајнера за будући дизајн / редизајн

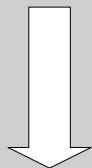
За јавност / академску популацију

Да се повинује у складу са регулативом

1.1

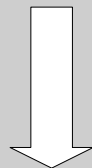
ЦИЉ И ПОДРУЧЈЕ ПРИМЕНЕ LCA

АНАЛИЗА
КОНКУРЕНТНЕ
КОМПАНИЈЕ



Зарад добијања
(поврата) позиције
на тржишту

АНАЛИЗА
СОПСТВЕНЕ
КОМПАНИЈЕ



Зарад унапређења
дизајна (производа)

НЕЗАВИСНА
СТУДИЈА
ТРЕЋЕГ ЛИЦА



За јавност
или академску
популацију

МОЖЕ БИТИ
ЗАХТЕВАНА
РЕГУЛАТИВОМ



Примењује се зарад
повиновања закону

ОБЛАСТ ДЕФИНИСАНОСТИ

Област дефинисаности обухвата дефинисање функције производа и његових делова, функционалне јединице и референтног протока, концепта система производа, алтернативних система производа и постављање полазних граница система и захтева за квалитетом података.

Предлози од стране **ISO 14 040** и **14 041** у вези са облашћу дефинисаности **LCA** се благо разликују. Под насловом "scope of the study" у стандарду **ISO 14 040 (1997E)**, клаузула 5.1.2 (која се односи на **ISO 14 041**, клаузула 5.3.1), дат је списак елемената које треба размотрити и јасно описати:

- ✓ функција система (the function of the system),
- ✓ функционална јединица (the functional unit),
- ✓ разматрани систем (the system to be studied),
- ✓ границе система (the system boundaries),
- ✓ процедуре алокација (распоређивања или додељивања) (allocation procedures),
- ✓ типови утицаја и методологија **LCIA** и пратећа интерпретација који ће бити коришћени (the types of impact and methodology of Impact assessment and subsequent Interpretation to be used),
- ✓ захтеви за подацима (data requirements),
- ✓ претпоставке (assumptions),
- ✓ ограничења (limitations),
- ✓ полазни захтеви за квалитетом података (the initial data quality requirements),
- ✓ тип критичког осврта, ако га има (the type of critical review, if any), и
- ✓ тип и формат извештаја **LCA** студије (the type and format of the report for the study).

ФУНКЦИЈА И ФУНКЦИОНАЛНА ЈЕДИНИЦА

- ✓ **Функција производа** је оно што производ обезбеђује кориснику. Функција **је апстрактан појам** и може зависити од гледишта и очекивања корисника.
- ✓ **Функционална јединица** квантификује функционалност производа и омогућава мерење ове апстрактне величине. Другачије речено, функционална јединица **преводи апстрактну функцију у техничку**, мерљиву јединицу.
- ✓ Дефинисање функционалне јединице је од круцијалног значаја за компаративне студије. Ако треба упоредити два производа, функционална јединица мора бити иста. Такође, алтернативни системи се дефинишу у односу на функционалну јединицу.

На први поглед **дефинисање функције производа** не представља толико тежак задатак.

Међутим, на примеру мобилног телефона:

*Да ли је производ телефон који садржи електронски организатор, или је то електронски џепни организатор са функцијом телефона; **која је функција основна** ?*

Пре него што дефинишемо функционалну јединицу, одговарајућа основна функција производа мора бити позната. У случају мултифункционалних производа, као што су мобилни телефони, компликације при одређивању одговарајуће основне функције су очигледне.

ПРИМЕР: Канцеларијска столица

- ✓ *Која је функција канцеларијске столице ?*
- ✓ Најопштија дефиниција њене функције би била "обезбеђивање места за седење у канцеларији".
- ✓ *А шта ако је у дефиницију укључен и израз "удобног седења" ?*
- ✓ Да би могла да обезбеди удобно седење, канцеларијска столица мора да поседује још неке функције и одлике. Између осталог то су: подешавање висине седишта, подесив наслон за леђа, подесиви наслони за руке, апсорбер удара при наглом седању.
- ✓ Пример показује да је за испуњавање нове дефиниције функције, потребно обезбедити додатне делове и компоненте.

- ✓ Сада, када је функција канцеларијске столице позната, функционална јединица може бити дефинисана на следећи начин:

"Обезбедити удобну канцеларијску столицу, за просечну особу тешку између 50 и 120 kg, за 8 сати дневно, пет дана у недељи у периоду од 15 година" [Steelcase, 2003].

- ✓ Као што се може видети из претходне дефиниције, **функционална јединица садржи квантитативно одређивање радног века производа.**



ПРИМЕР: Сушач руку наспрам папирних убруса

Како би гласила функционална јединица за апарат за сушење руку/папирнати убрус ?

- ✓ **Функције:**
сушење руку, уклањање бактерија
- ✓ **Изабрана функција:**
сушење руку (хигијенска функција је изостављена, она би била део посебне LCA студије)
- ✓ **Функционална јединица:**
1 000 пари осушених руку
- ✓ **Перформансе производа:**
1 папирни убрус по руци,
- ✓ **Референтни ток:**
2 000 папирних убруса,
- ✓ **Компликације:**
техничке спецификације папира/сушилице јесу/нису под контролом корисника, тј. доста људи ће можда узети више од 1. убруса и неће држати руке испод сушача у току пуног времена које је специфицирано тајмером. Али то не треба узимати у обзир у овој LCA студији: то је више проблем редизајна производа.

РЕФЕРЕНТНИ ПРОТОК

- ✓ **Референтни проток** указује на количину производа потребну за испуњење функције. Референтни проток може бити дефинисан **за склопљен производ** и његову целокупну функцију, **или за његов део** или компоненту која извршава парцијалну функцију (подфункцију).
- ✓ У случају **канцеларијске столице** општа функција, тј. удобно седење, може бити остварена коришћењем једног дела столице тешког отприлике 20 kg. Да би столица испунила функцију "подесивих наслона за руке", потребна су два наслона за руке тежине 1,5 kg сваки.

СИСТЕМ ПРОИЗВОДА И ЈЕДИНИЧНИ ПРОЦЕС

- ✓ Још један важан корак у одређивању области дефинисаности је постављање концепта **"система производа"**. **Систем производа није исто што и производ!** Термин **"производ"** обично описује потпуно склопљен производ спреман за употребу. У LCA студији и даље у **Екодизајну производ представља само део система производа**. Склопљени производ може садржати много делова и компоненти, а за производњу сваког од њих су потребни материјали и производна технологија.
- ✓ *Узимајући у обзир све процесе, као и све улазе и излазе из ових процеса у свим фазама животног циклуса, остварујемо **систем производа**.*
- ✓ **Јединични процес** је најмања количина или јединица коју процес може имати (нпр. 2 kg одређеног материјала, 5 MJ потребне снаге за производне процесе).

ГРАНИЦЕ СИСТЕМА

- ✓ Границе система су неопходне да би одредили који јединични процеси и које активности у систему производа треба узети у обзир у даљим прорачунима.
- ✓ Циљ и област дефинисаности LCA студије се могу много **разликовати од проивода до производа**, чак **и за исти производ** у случају да LCA студију спроведу различите компаније. Ове разлике се јављају услед разлика у одабиру параметара, квалитету података, различитих метода евалуације и база података, варирања граница система итд.

Премда границе система варирају, према **ISO 14 041 (1998)** има више фаза животног циклуса, јединичних процеса и токова који треба да се узму у разматрање као узор:

- ✓ улази и излази у главне производне/процесне секвенце,
- ✓ дистрибуција/транспорт,
- ✓ производња и коришћење горива, електричне енергије и топлоте,
- ✓ производња помоћних материјала,
- ✓ производња, одржавање и **декомисионирање** (формални процес уклањања нечега из активног статуса) **капиталне опреме***,
- ✓ допунске операције, као осветљење и грејање ("**општа енергија**" – **overhead energy**),
- ✓ остала разматрања у вези са проценом утицаја.

** **Капитална опрема (capital equipment)** је опрема која се користи приликом производње производа, пружања услуге, или продаје, складиштења и испоруке робе. Ова опрема има дуг радни век тако да се правилно сматра основним средством.*

Где треба поставити границе система ?

На ово питање треба одговорити у зависности од:

- ✓ циља и циљне групе,
- ✓ тога да ли треба размотрити све компоненте или само оне главне?
- ✓ тога да ли треба размотрити све фазе животног циклуса и колико детаљно?
- ✓ утицаја на глобалне резултате, због чега је итеративност **LCA** значајна.

Овде је важно напоменути да се према **ISO 14 041** у 1. фази **LCA** студије постављају **полазне (почетне) границе система** на основу **"cut-off"** правила и временске географске и технолошке покривености, односно граница система.

Према [VROM & CML, 2001] дефинисање граница између система и животне средине, **"cut-off"** критеријума и алокација подпадају под дефинисање **"Economy-environment"** граница система у 2. фази **LCA**.

ТИПОВИ ГРАНИЦА СИСТЕМА

- ✓ **Временска граница (temporal coverage)**, граница пролазности или привремености, дефинише временски период за који су изабрани подаци релевантни.
- ✓ **Географске границе (geographical coverage)**, одређују регион где се производи већина потребног материјала и где се производ користи и одлаже.
- ✓ **Технолошке границе (technology coverage)**, су дефинисане избором технологија које се користе у фазама животног циклуса производа.

"CUT-OFF" правило

- ✓ Са економске и практичне тачке гледишта, **веома је важно да систем производа садржи само значајне процесе и активности**, јер у супротном **LCA** постаје комплексна, дуготрајна и скупа студија.
- ✓ Одлука заснована на **масеном** и **енергетском уделу** често се користи при одређивању система производа.
- ✓ У случају критеријума на бази масеног удела, ако је у јединичном процесу масени удео мањи од одређене количине или процента, онда се тај јединични процес може занемарити.
- ✓ Поменути проценат може бити слободно изабран или одређен. На пример, може бити дефинисано да ако је тежински удео јединичног процеса мањи од 5%, тада тај процес можемо занемарити.
- ✓ Исто се може урадити и ако се одлука доноси у односу на енергетски удео.

- ✓ Међутим, ако јединични процес садржи **отровне супстанце** или **проблематичне материјале**, као што је хром, овај јединични процес, чак и у малим количинама, може значајно допринети загађењу животне средине. У овом случају јединични процес мора бити узет у обзир.
- ✓ Уместо дефинисања минималног масеног удела, који мора бити разматран у **LCA** студији, можемо такође дефинисати **максимални масени удео**. Овај случај називамо **"cut-off" правило (правило одстрањивања)**.
- ✓ Дефинисање **"cut-off"** правила од 90% значи да 90% масеног удела свих јединичних процеса у систему производа улази у **LCA** студију, док је осталих 10% занемарљиво.
- ✓ За дефинисање правила за одлучивање, потребно је одређено искуство да би се избегло занемаривање значајних јединичних процеса.

АЛОКАЦИЈА

- ✓ У многим процесима се производи **више од једног производа**. У тим случајевима сви **улази и излази из процеса се морају расподелити** (алоцирати) на дате производе.
- ✓ ***Алокација** је распоређивање и повезивање улаза и излаза из процеса са адекватним производима и нуспроизводима.*
- ✓ Будући да избор методе алокације може имати значајан утицај на резултате **LCA**, **ISO препоручује да се алокација избегне када год је то могуће.**
- ✓ **ISO** препоручује да је боље користити алокацију засновану на физичким величинама (нпр. маса или топлотна вредност) него алокацију са нефизичким релацијама са производом, (нпр. тржишна вредност).
- ✓ Постоје два начина да се избегне алокација:
 1. супституција,
 2. експанзија (проширење) система.

Алокација се може извршити према следећим правилима:

- ✓ **алокација према маси (allocation by mass)** – улази и излази из процеса се расподељују на све производе пропорционално њиховом масеном уделу,
- ✓ **према тоplotној вредности (allocation by heating value)** – улази и излази из процеса се расподељују на све производе пропорционално њиховој тоplotној вредности. Овај метод алокације се веома често користи код производње горива,
- ✓ **алокација према тржишној вредности (allocation by market value)** – улази и излази из процеса се расподељују на све производе пропорционално њиховој тржишној вредности,
- ✓ **алокација према другим правилима (allocation by other rules)** – остале методе могу укључити ексергију, количину материје итд.

ЗАХТЕВИ ЗА КВАЛИТЕТОМ ПОДАТАКА

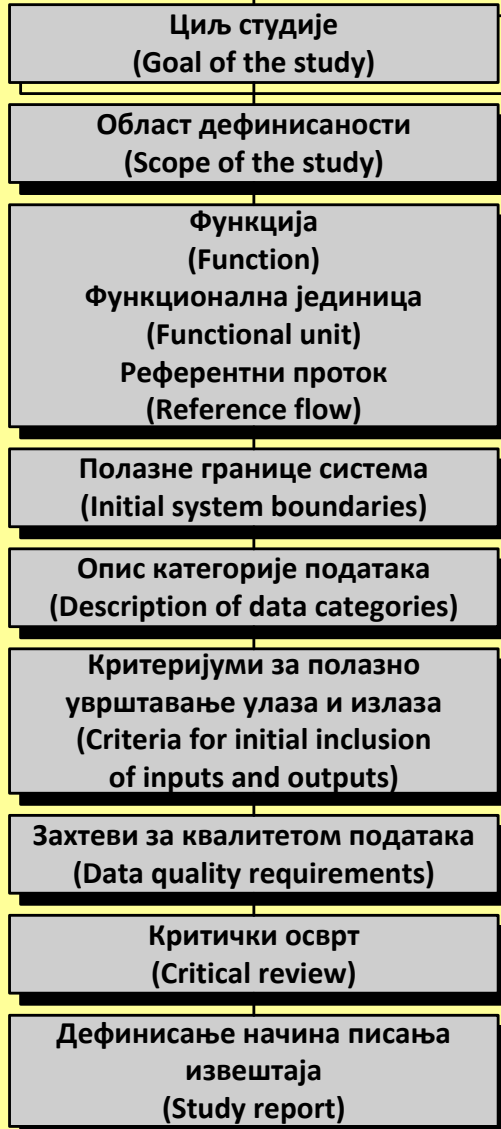
- ✓ Захтеви за квалитетом података морају се установити на почетку студије и морају бити документовани, како би се дефинисале тражене карактеристике података за **LCA** студију.
- ✓ Квалитет података има значајан утицај на резултате **LCA** студије. Углавном, квалитет података представља компромис између изводљивости и потпуности (свеобухватности) и зависи од квалитета документације (документације о карактеристикама података).

Код разматрања квалитета података, следеће ставке се узимају у обзир:

- ✓ **прикупљање података (data acquisition)** – да ли су подаци добијени мерењем, прорачуном или проценом? Колики је удео примарних (у %), а колики секундарних података (подаци из литературе или база података),
- ✓ **временске границе (time-reference или temporal coverage)** – када су подаци прикупљени и да ли је дошло до неких већих промена од тада, које би могле утицати на резултате?
- ✓ **географске границе (geographical reference или geographical coverage)** – за коју земљу или регион су подаци релевантни?
- ✓ **технолошке границе (technology reference или technology coverage)** – најбоља доступна технологија. Да ли су секундарни подаци из литературе или из база за модерне (или застареле) технолошке системе?
- ✓ **прецизност (precision)** – да ли подаци прецизно репрезентују систем?
- ✓ **потпуност (completeness)** – да ли недостају неки подаци? Како су прикупљени недостајући подаци?
- ✓ **репрезентативност, конзистентност и репродуктивност (representativity, consistency, reproducibility)** – да ли су подаци репрезентативни и да ли се могу поново добити исти резултати у новој анализи?

СВРХА И ОБЛАСТ ДЕФИНИСАНОСТИ (GOAL & SCOPE DEFINITION)

ISO 14 041

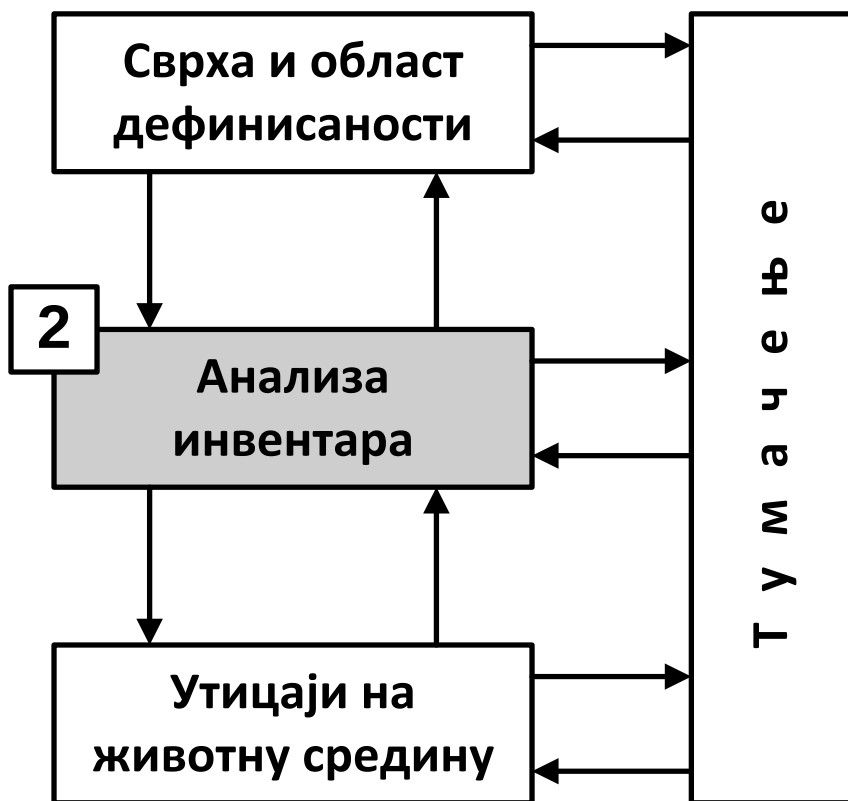


✓ **Писање извештаја**, који јасно приказује претпоставке и одлуке донешене за време фазе дефинисања сврхе и циља, представља последњи корак у овој фази **LCA** студије.

АНАЛИЗА ИНВЕНТАРА LCA

LIFE CYCLE INVENTORY ANALYSIS – LCI

Оквир LCA студије



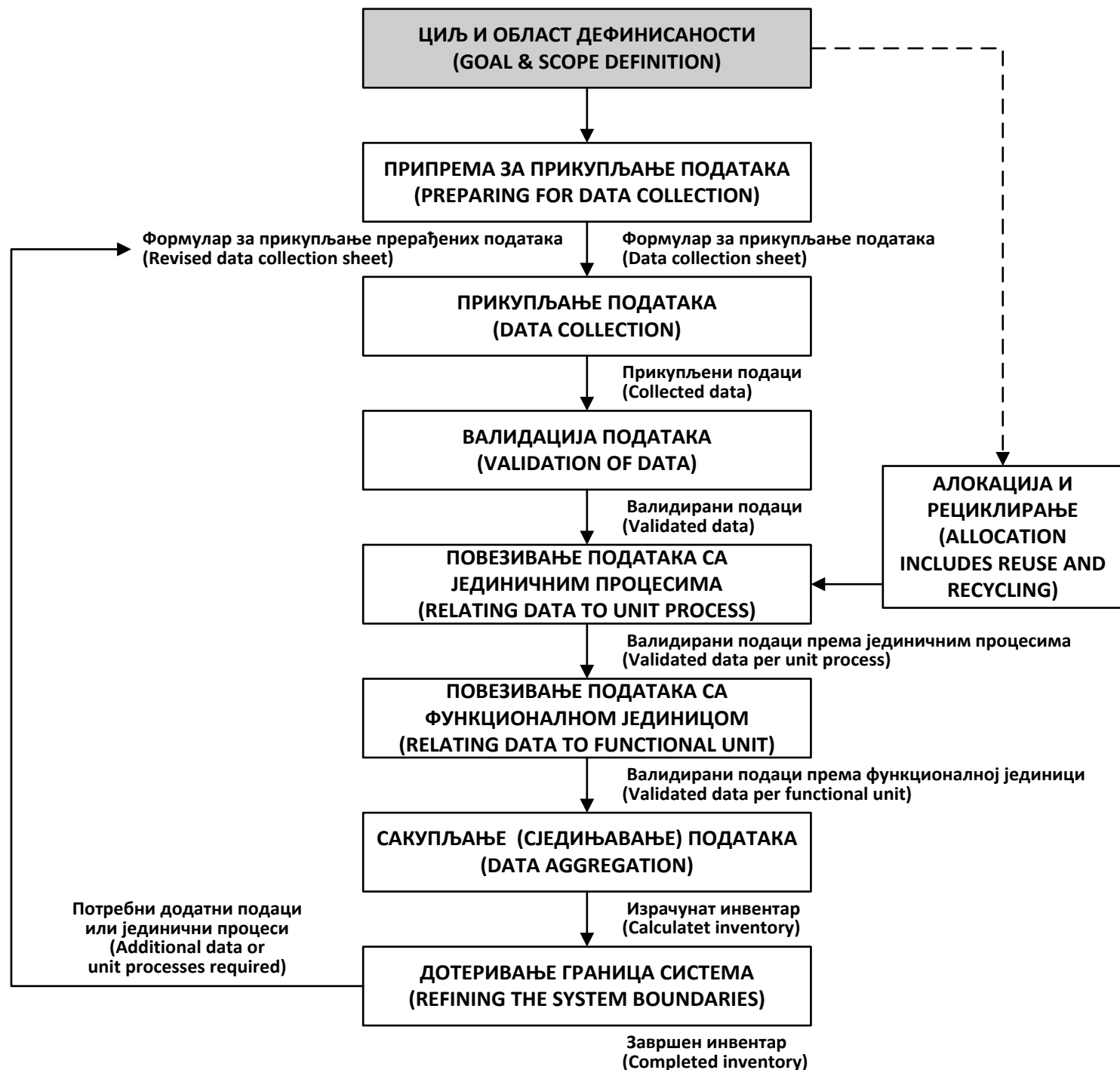
Директна примена:

- развијање производа
- унапређивање производа
- стратешко планирање
- односи са јавношћу
- маркетинг
- остало

- ✓ **Анализа инвентара** је фаза у којој се дефинише систем производа. Постављају се границе система, цртају дијаграми токова са јединичним процесима, прикупљају подаци за сваки од процеса, врше алокације код мултифункционалних процеса и финални прорачуни. Главни резултат ове фазе је табеларни приказ инвентара са квантификованим улазима и излазима у складу са функционалном јединицом.
- ✓ *Границе система се, према [VROM & CML, 2001], постављају између животне средине и економије, између других система производа и у односу на "cut-off" критеријуме, а у оквиру "Economy-environment system boundary" ставке. Ова ставка је у вези са "limitation of LCI" и "study report" код ISO 14 041 (1998E) стандарда. Према ISO 14 041 (1998E), границе система се додатно разматрају под ставком "refining the system boundaries".*

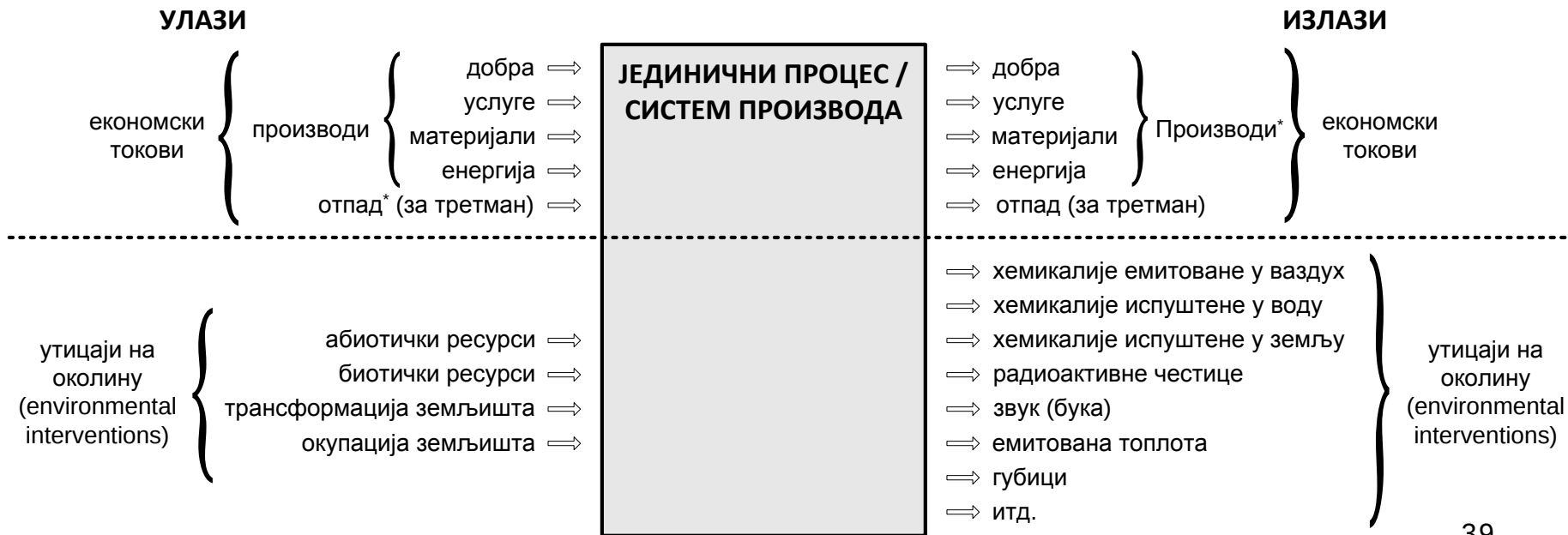
ISO 14 041 (1998E) дели процедуру скупљања података на следеће кораке:

- ✓ припрема за прикупљање података (preparing for data collection),
 - ✓ прикупљање података (data collection),
 - ✓ потврђивање (валидација) квалитета података (validation of data),
 - ✓ повезивање података са јединичним процесима (relating data to unit processes),
 - ✓ повезивање података са функционалном јединицом (relating data to functional unit),
 - ✓ сједињавање (скупљање) података (data aggregation),
 - ✓ алокација и рециклирање (allocation and recycling),
 - ✓ дотеривање граница система (refining the system boundaries),
- и додатно
- ✓ ограничења **LCI** (limitation of **LCI**) и
 - ✓ извештај **LCI** (study report).



ПРИПРЕМА ЗА ПРИКУПЉАЊЕ ПОДАТАКА

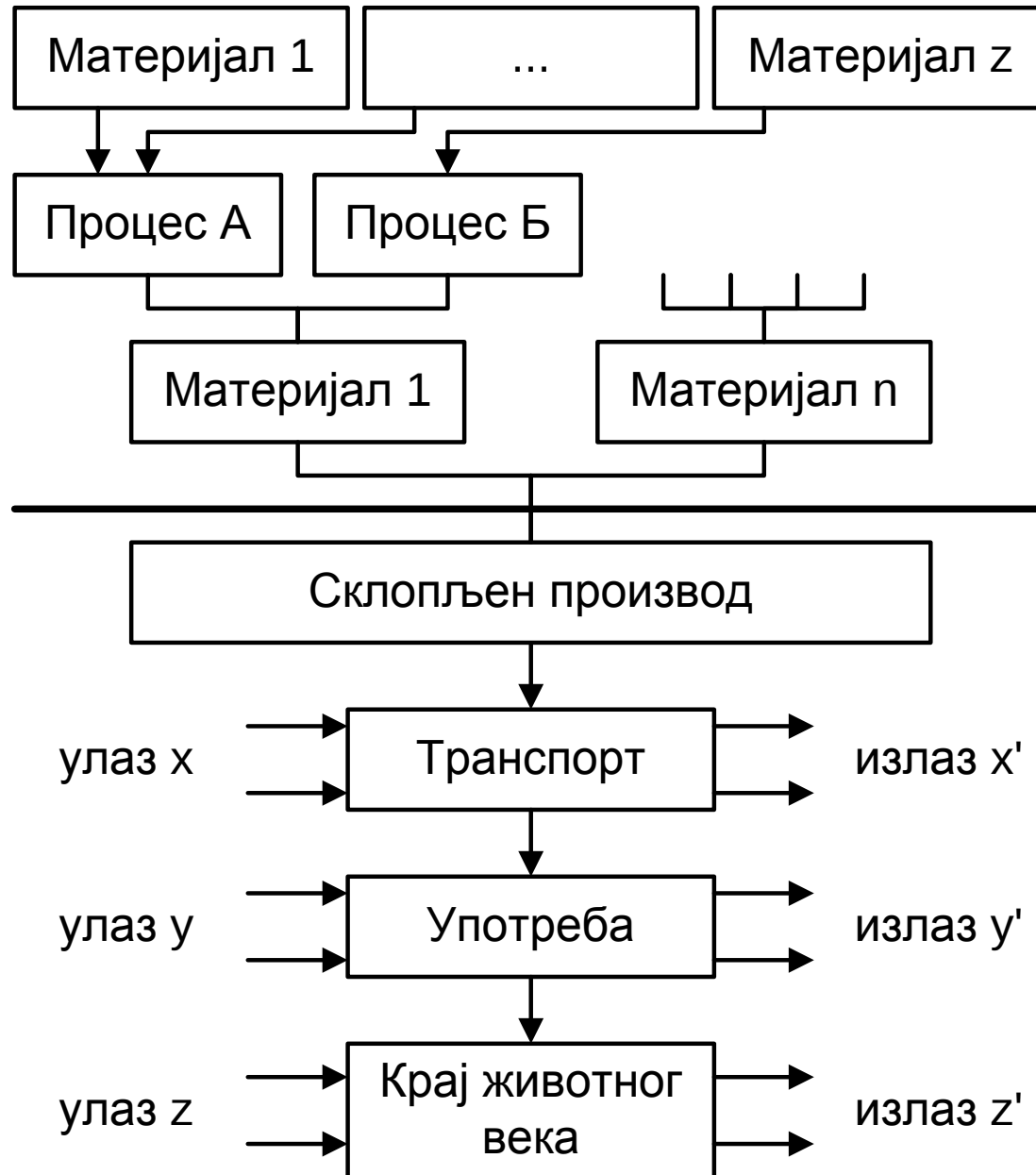
- ✓ У првом кораку се **прикупљају улазни и излазни подаци за јединичне процесе и активности.**
- ✓ Сваки процес има своје **улазе (inputs)** и своје **излазе (outputs)**.
- ✓ **Улази** могу бити сировине, и/или полупроизводи, и/или производи, и/или енергија.
- ✓ **Излази** могу бити полупроизводи, и/или производи, и/или емисије, и/или енергија (топлота...).



* функционални токови процеса

- ✓ Цртање **процесне схеме (или дијаграма тока процеса)** помаже да се визуелизује међусобна веза између процеса.
- ✓ *Међуоднос производа и активности у систему производа је обично графички приказан помоћу **дијаграма тока процеса (процесне схеме)**, при чему треба направити разлику између полазних (иницијалних) дијаграма токова, на нивоу свих процеса за сваку од фаза животног циклуса, и детаљних дијаграма токова, на нивоу јединичних процеса.*
- ✓ Свака "грана" на "процесном дрвету" представља једну активност или процес тзв. **"јединични процес"**.
- ✓ Стрелице и линије приказују одговарајући **међуоднос** јединичних процеса у процесној схеми.

ПРОЦЕСНА СХЕМА СИСТЕМА ПРОИЗВОДА

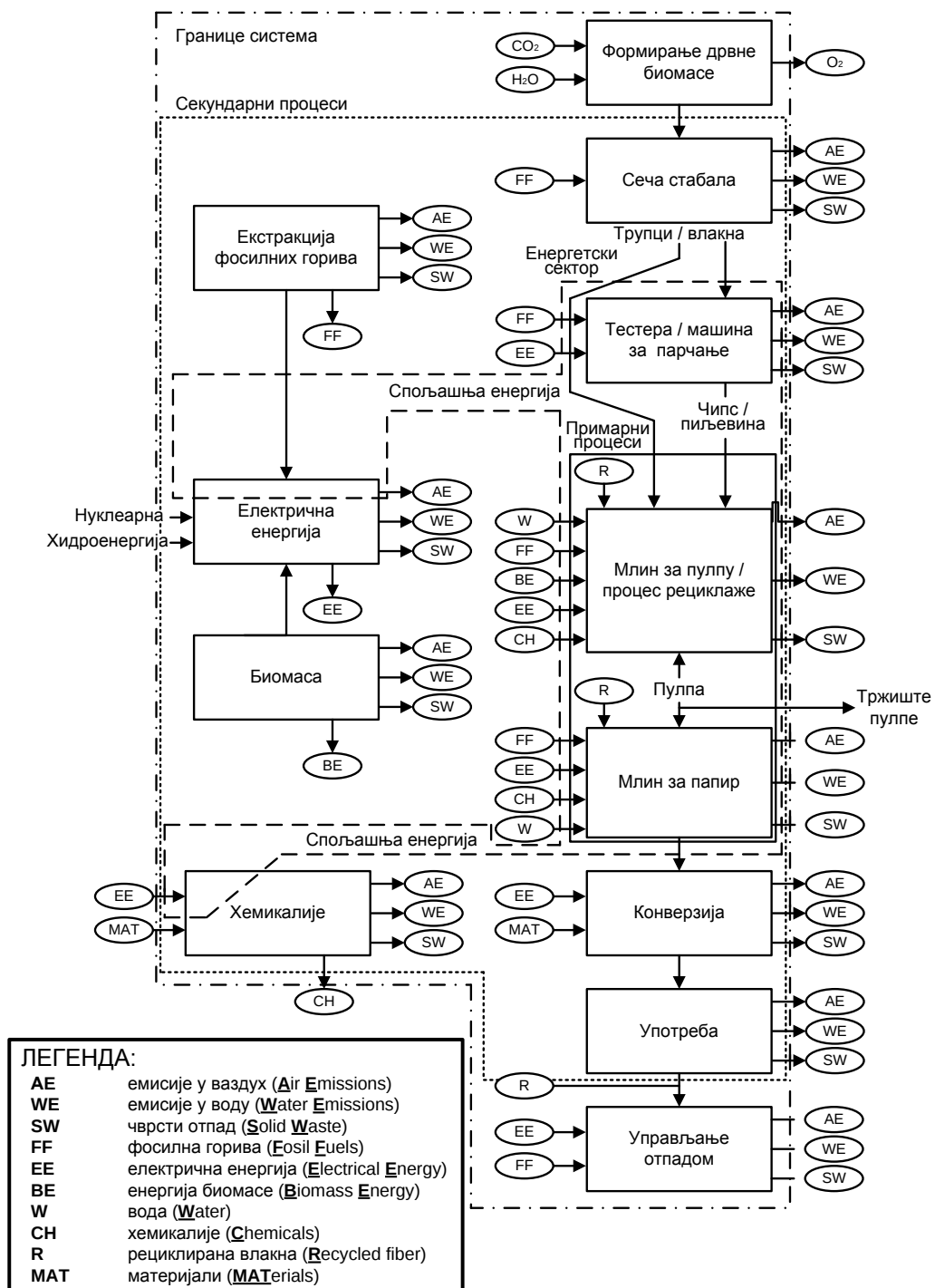


За производ са претходне слике коришћено је (z) **различитих материјала** за производњу (n) **различитих делова и компонената**. Све компоненте су склопљене у коначни производ.

Процесна **схема приказује све значајне јединичне процесе** у различитим фазама животног циклуса. Свака од ових животних фаза има неки **улаз**, нпр. **енергију, процес** или **помоћне материјале**, а ствара неки **излаз**, нпр. **отпад**. Ови улази и излази су означени стрелицама.

У случају сировна и процеса над сировинама, улази и излази се не цртају. Ово не значи да ти улази и излази не постоје него да су **већ разматрани у јединичним процесима** и због тога нема потребе да се поново цртају.

Мора се водити рачуна при цртању, интерпретацији и коришћењу оваквих процесних схема, да би се избегло губљење улазних и излазних података или коришћење истих по два пута у даљим прорачунима. Због тога **транспарентан и разумљив извештај мора да буде обезбеђен.**



Дијаграм тока за производњу папира

- ✓ **Дефинисање мерних јединица** (нпр. метар, килограм, цул...) као и описивање техника рачунања и прикупљања података је такође део прикупљања података.
- ✓ ***Метод прорачуна (техника рачунања)** представља квантификовање и међусобно повезивање процеса у складу са функционалном јединцом.*
- ✓ Различите технике прикупљања података могу бити неопходне за различите делове и компоненте у систему производа. Ове технике такође зависе од квалификација и искуства особе која прикупља податке. Због тога је неопходна јасна документација о томе **које су технике и процедуре** коришћене.
- ✓ Да би добили разматране податке, можемо користити **LCA софтвере и њихове базе података**, јер су то места где се већина података, за различите фазе животног циклуса, чува. Подаци који недостају морају се наћи **у литератури и припремити ручно**. Већ процењени производи и сценарији или поређења са сличним производима, могу бити од помоћи при прикупљању нових података.

ПРИКУПЉАЊЕ ПОДАТАКА

- ✓ Ако су дефинисани битни подаци, **други корак, назван прикупљање података**, почиње.
- ✓ Због тога морају бити **квантификовани улази и излази сваког јединичног процеса**.
- ✓ Ово је део LCA студије који **троши највише времена**.
- ✓ Период прикупљања података обично **траје једну годину** (најмање).

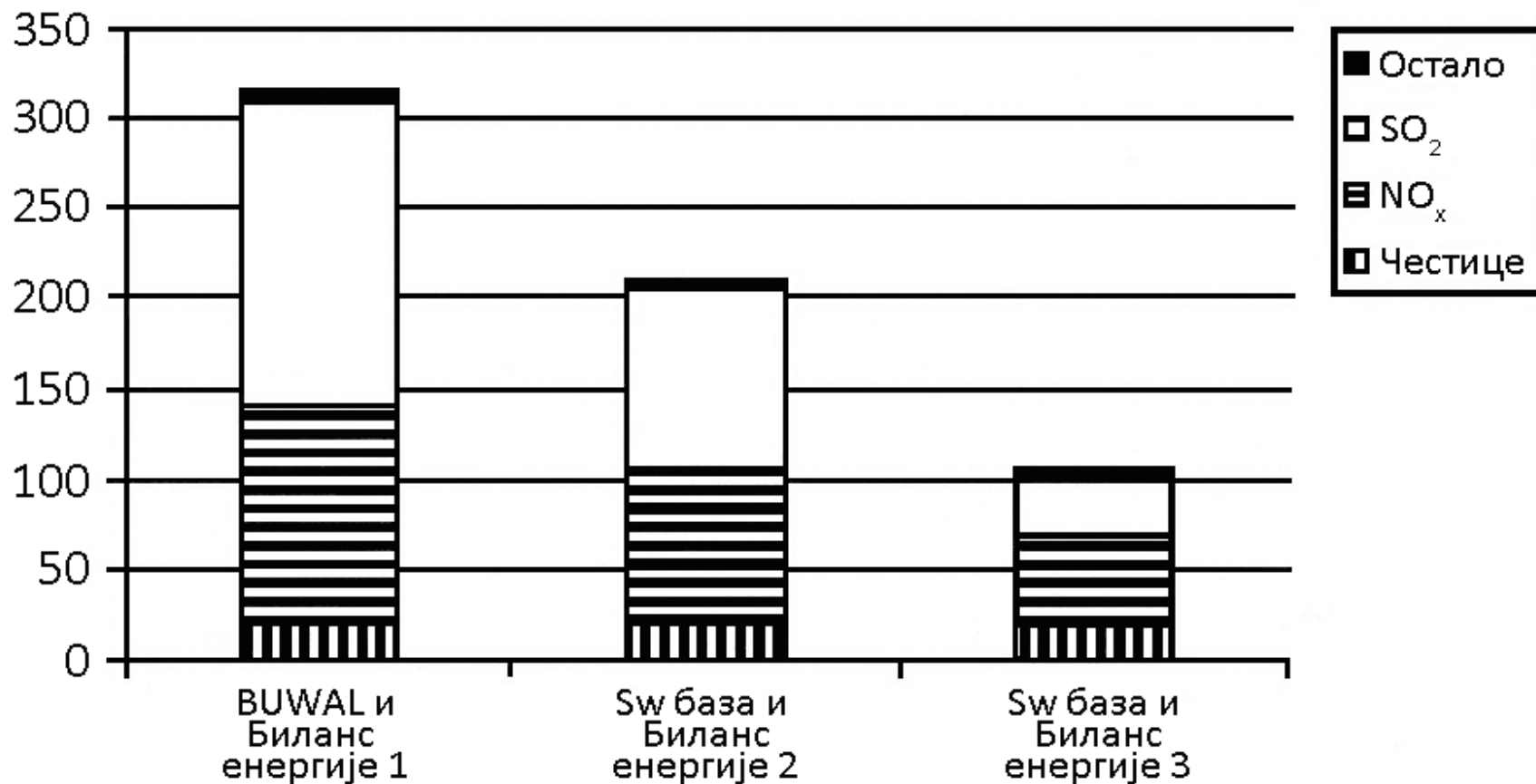
- ✓ **Базе података** са подацима о сировинама, производним процесима, транспорту, употреби и крају животног циклуса помажу при прикупљању неопходних података.
- ✓ **Подаци који недостају морају бити или посебно измерени** за одређени производ, на пример потрошња енергије за време неког специфичног производног процеса, **или** потребни подаци могу бити **прикупљени помоћу анкета о животном циклусу производа**.
- ✓ Подаци за **фазу употребе** не зависе само од појединости производа, него и од **начина употребе** и **понашања корисника** при употреби производа (пример: машина за веш у студентском дому или у приватном домаћинству).
- ✓ Подаци о **транспорту** су обично познати, као што је познато и која врста транспорта се користи и која раздаљина се прелази.
- ✓ Подаци о **крају животног циклуса** треба да садрже данашње начине депоновања (примењена пирамида приоритета). Будуће технологије се могу узети у обзир, само ако производ има дуг радни век.

БАЗЕ ПОДАТАКА

- ✓ **Најбољи су они подаци које даје произвођач.**
- ✓ Када они нису доступни треба се ослонити на **базе података и литературу.**
- ✓ Велика је важност база података и специјализованих софтвера, нпр. **GaBi** или **Sima Pro**, користе велики број база података састављених од различитих институција, нпр. **Swiss Institute for LCA**.
- ✓ Коришћење база је од непроцењивог значаја али су оне на неки начин и црна кутија.
- ✓ Неке од база података су: **BUWAL 250, ECOINVENT, ETH-ESU 96, IDEMAT 2001, FRANKLIN US LCI, IVAM 4.0, FEFCO...**

1 000 m³/kg
Табле картона

Sw база = Swiss Institute for LCA

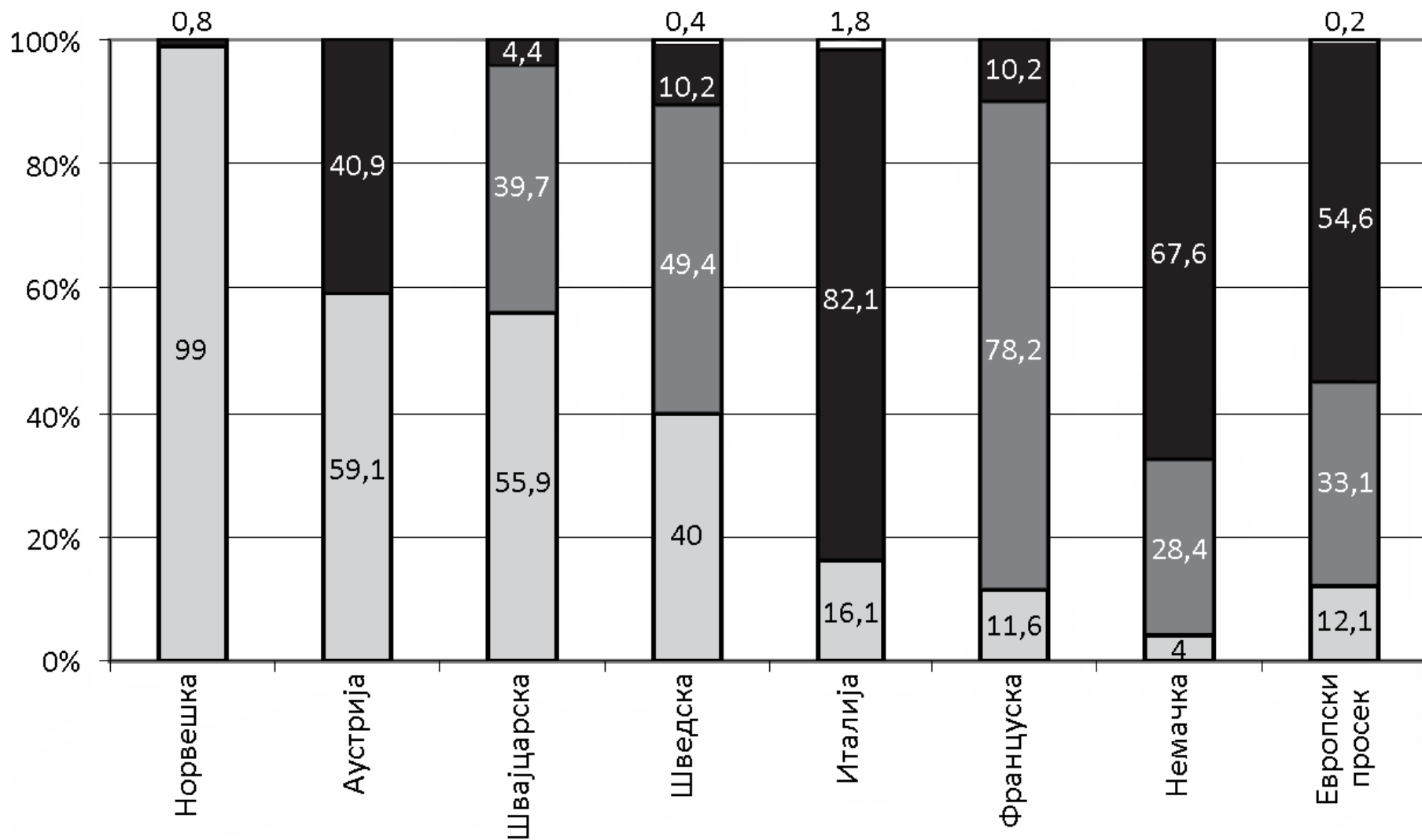


У зависности од података/база који се примењују резултати ће вероватно бити различити. Услед коришћења података из различитих база података, могу се јавити разлике у емисијама чак и за исте производе

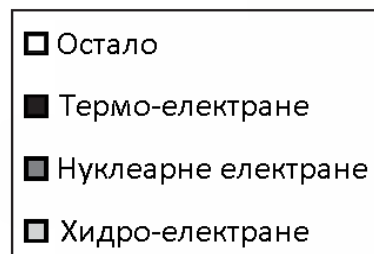
Зашто долази до овакве варијације података ?

До варијације података долази из више разлога:

- ✓ **уноси** у базе података су настали **од стране различитих институција**,
- ✓ **базе варирају у сложености и потпуности**,
- ✓ **постоје привремене и географске специфичности**
– нпр. алуминијум који је произведен у две различите државе резултоваће у различитим емисијама CO_2 : нпр. Швајцарска генерише већину електричне енергије из хидроцентрала, што резултује малом емисијом CO_2 , док нпр. Немачка генерише највећи део енергије термоелектранама на фосилна горива, што значи да је емисија CO_2 значајно већа од оне у Швајцарској...



Производња електричне енергије
у неким од земаља ЕУ



ПОТВРЂИВАЊЕ КВАЛИТЕТА ПОДАТАКА (ВАЛИДАЦИЈА)

- ✓ Након прикупљања података, ISO 14 041 (1998) предлаже да **прикупљеним подацима буде потврђен квалитет.**
- ✓ Равнотежа (**баланс**) **масе и енергије** око јединичног процеса или поређење са факторима емисије насталих приликом сагоревања фосилних горива, помажу при провери ваљаности података.
- ✓ **Поређење укупног улаза и излаза из система производа са сумом улаза и излаза индивидуалних јединичних процеса је још један приступ провери ваљаности података** (утврђивање да ли је 100% од свих процеса унутар граница система узето у обзир).
- ✓ Ако, на неки начин, није могуће скупити податке за одређени процес, мора бити документовано како ће тај процес бити третиран. Ако је тај процес није претерано значајан, онда може бити занемарен. Ако се ипак сумња да је значајан, онда се узимају потврђени подаци из неког сличног процеса. За овакав потез је потребно пуно искуства.

ПОВЕЗИВАЊЕ ПОДАТАКА СА ЈЕДИНИЧНИМ ПРОЦЕСИМА

- ✓ Прво, **референтни проток мора бити дефинисан за сваки јединични процес.**
- ✓ Референтни проток може бити 1 kg за масу или 1 J за енергију.
- ✓ Претпоставити да је изабран референтни проток везан за масу.
- ✓ Онда су сви улази и излази везани за тај референтни проток.
- ✓ **Ово значи да се улазни и излазни подаци јединичних процеса деле са главним масеним излазом разматраног јединичног процеса. Главни излаз може бити материјал, компонента или цео, склопљен производ. Резултат овог дељења се назива *"оптерећење животне средине јединичним процесом"*.**
- ✓ **Улазни и излазни подаци су изражени по јединици масе главног излаза процеса.** На пример, ако је улаз у процес заваривања одређена количина енергије, а главни излаз представља одређени број килограма завареног материјала, онда је оптерећење животне средине овим јединичним процесом изражено у [J/kg] или [W/kg] .

ПОВЕЗИВАЊЕ ПОДАТАКА СА ФУНКЦИОНАЛНИМ ЈЕДИНИЦАМА

За повезивање података са функционалним јединицама, **морају се повезати улази и излази јединичних процеса са главним излазом система производа** (не са главним излазом јединичног процеса). Резултат овог дељења се назива **"оптерећење животне средине системом производа"**.

Оптерећење животне средине системом производа се израчунава на следећи начин:

- ✓ прво се израчуна делимичан допринос једночланих система главном излазу система производа,
- ✓ па се затим **множи са оптерећењем животне средине** од сваког члана система и
- ✓ сумира на све чланове система.

- ✓ **Систем компоненте (једночлани систем)** је део концепта система производа, али не за цео производ него само за један његов део или компоненту.
- ✓ Резултат прорачуна целокупног оптерећења животне средине системом производа се назива **"попис (инвентар) резултата система производа"** или скраћено **"попис (инвентар) резултата"**.
- ✓ Такође је могуће израчунати оптерећење животне средине системом производа за сваку фазу животног циклуса. Предност тога је што се лако могу пратити фазе које највише доприносе оптерећењу животне средине.

СКУПЉАЊЕ (СЈЕДИЊАВАЊЕ) ПОДАТАКА

- ✓ Да би се упростили даљи прорачуни, улазни и излазни подаци могу бити **сакупљени (спојени)**.
- ✓ Ово значи да се параметри вредности, различитих процеса, могу спојити у случају да су процеси исти. Пратећи пример о заваривању, ово значи да уколико се процес заваривања појављује у различитим деловима и компонентама и ако су материјали који се заварују исти, вредност оптерећења животне средине ових процеса могу бити спојене.
- ✓ Другим речима, **исти улазни и излазни подаци различитих јединичних процеса су сакупљени у један параметар**.
- ✓ Други приступ за сакупљање (спајање) података је **спајање оних података који припадају истој категорији утицаја на животну средину**, заједно. На пример, гасови угљен диоксид (CO_2) и метан (CH_4), доприносе глобалном загревању, па због тога могу бити спојени у један параметар. У једну руку, овим је **смањена количина података**, али у другу овим је **смањена и транспарентност података**.

- ✓ Комплементирањем претходно наведених корака добијају се први израчунати резултати.
- ✓ **LCA** студија треба да се разуме као **итеративан** (који се понавља) **процес**.
- ✓ У такозваној "**анализи осетљивости**" може бити **проверен значај јединичних процеса као и значај улаза и излаза**. У случају недостатка значаја, сагласно са дефинисаним "**cut-off**" одлукама, одређени јединични процеси и улази и излази могу бити изузети из прорачуна. Анализа осетљивости може довести и до укључивања нових јединичних процеса и података који су процењени као значајни током анализе.
- ✓ Јасно је да ће се, укључивањем и искључивањем података, претходне границе система променити. Нове границе ће произвести нове израчунате резултате.

АЛОКАЦИЈА И РЕЦИКЛИРАЊЕ

- ✓ У претходним разматрањима имплицитно је претпостављено да сваки јединични процес има само један улаз и излаз.
- ✓ *Али како ћемо руковати подацима ако, у јединичном процесу, постоји више од једног улаза или излаза ?*
- ✓ У овом случају, сходно стандарду ISO 14 041 (1998Е), мора се применити **распоређивање**.
- ✓ **Током процеса распоређивања, улази и излази јединичних прецеса су подељени са главним излазом јединичног процеса.**
- ✓ Да би били у могућности да изведемо распоређивање, потребан нам је такозвани **"фактор распоређивања"**.
- ✓ **Фактор распоређивања може бити заснован на физичким величинама као што су маса, енергија или запремина или на економским вредностима као што је продајна цена.**

ПРИМЕР 1:

- ✓ Компанија производи два различита производа.
- ✓ Претпоставимо да је за те производне процесе потребна одређена количина електричне енергије и претпоставимо да је познат само главни улаз електричне енергије.
- ✓ Претпоставимо даље, да желимо да урадимо процену само за један од та два производа.
- ✓ *Која количина електричне енергије је потребна за производњу тог производа?*

Производ	Месечна производња	Продајна цена по комаду [\$]	Укупна продајна цена [\$]	Фактор распоређивања [%]
Производ 1	6 000	10	60 000	42,6
Производ 2	4 000	20	80 000	57,4
Укупно	10 000	30	140 000	100

- ✓ За ово је потребан фактор распоређивања.
- ✓ У претходној табели одређен је **фактор распоређивања заснован на продајној цени производа** (економској вредности два производа).
- ✓ Табела показује да се сваког месеца производи 6 000 комада Производа 1 и да се продају по цени од 10 \$ сваки, што даје укупну продајну цену од 60 000 \$ месечно. То представља 42,6 % од укупног прихода компаније.
- ✓ Ово значи да **од укупног улаза (уtroшка) електричне енергије 42,6 % може бити распоређено на Производ 1 а 57,4 % распоређено на Производ 2.**



ПРИМЕР 2:

- ✓ Произвођач у својој фабрици склапа котлић **A** и котлић **B**.
- ✓ Једина улазна енергија је електрична енергија. Фактор распоређивања (алокације) може бити утврђен на основу цене (вредности).
- ✓ Укупна продајна (не за један) цена котлића **A** је 100 000 € и 250 000 € за котлић **B**.
- ✓ Према томе, **фактор распоређивања за A је $100\,000\,€ / 350\,000\,€ = 0,29$** , што значи да **29 % укупне потрошње енергије у производњи одлази (је додељено) на котлић A.**

АЛОКАЦИЈА ПРИЛИКОМ РЕУПОТРЕБЕ И РЕЦИКЛАЖЕ

- ✓ Стандард ISO 14 041 придаје специјалну пажњу процедурама распоређивања при поновној употреби и рециклирању.
- ✓ Рециклирани материјали изазивају мање оптерећење животне средине (EL – Environmental Load) него производња истих материјала из сировина.
- ✓ У случајевима отвореног кола рециклирања је тешко, а често и немогуће, вратити се уназад кроз фазе рециклирања материјала. Због тога се **отворена кола апроксимирају коришћењем модела затвореног кола**. У затвореним колима рециклирања се такође претпоставља да рециклирани материјал има исти квалитет као нови, сиров материјал.

Код распоређивања рециклираног садржаја код **LCA**:

- ✓ претпоставља се затворено коло рециклаже,
- ✓ претпоставља се да рециклирани материјал има исти квалитет као нови, сиров материјал,
- ✓ рециклирани садржај се директно враћа у производњу истог производа,
- ✓ упоређују се два производа, један је са рециклираним садржајем а други није.

ПРИМЕР: Шољица

Шољица од 500 g, произведена од 100% примарног материјала:

$$E_{\text{Proizvodnje sirovina}} = 14 \text{ MJ/kg} \cdot 0,5 \text{ kg} = 7 \text{ MJ}$$

$$E_{\text{Oblikovanja}} = 8 \text{ MJ/kg} \cdot 0,5 \text{ kg} = 4 \text{ MJ}$$

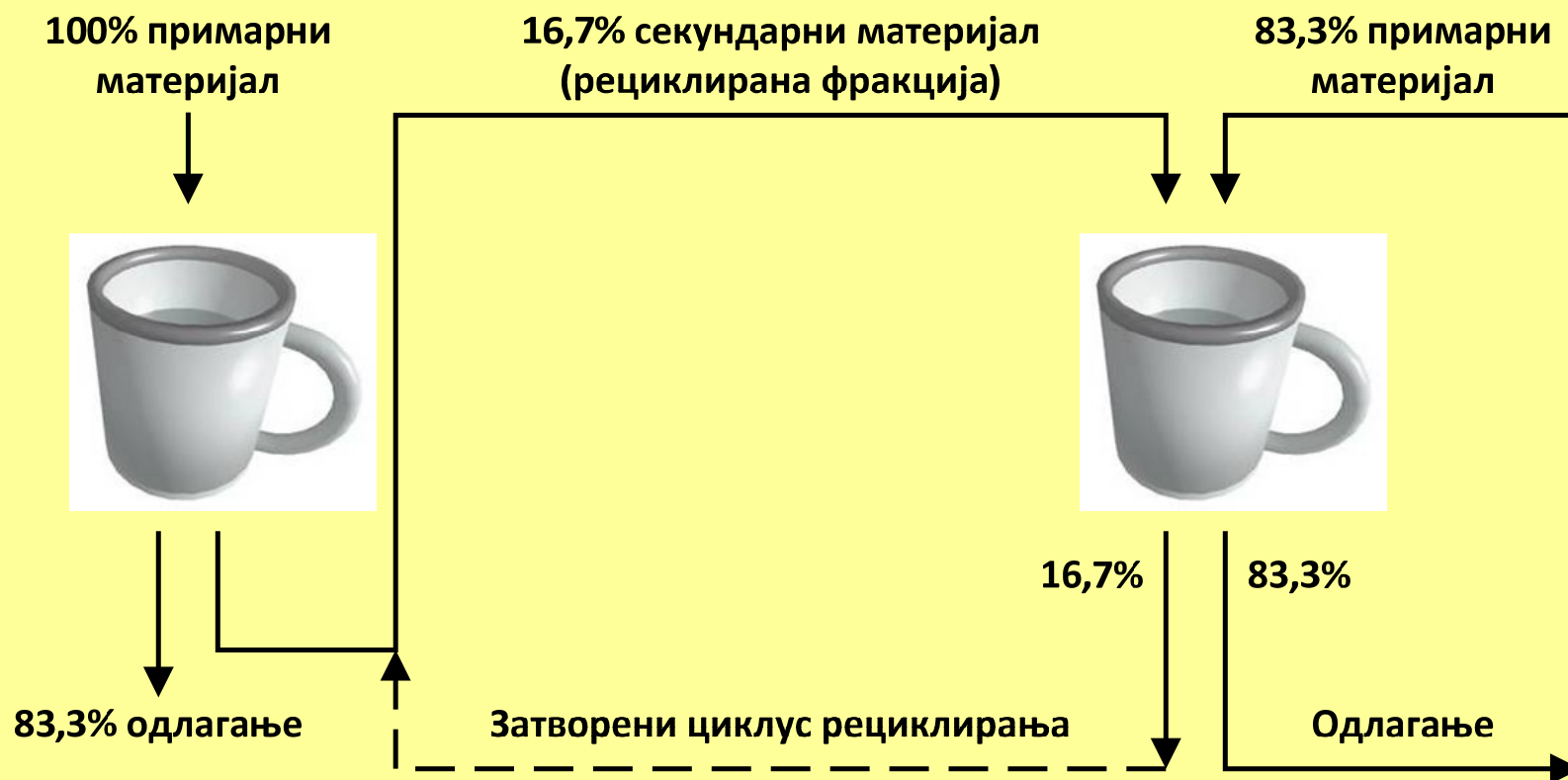
$$E_{\text{Transporta}} = 1,2 \text{ MJ} / 1\,000 \text{ kgkm} \cdot 3000 \text{ km} \cdot 0,5 \text{ kg} = 1,8 \text{ MJ}$$

$$E_{\text{Odlaganja}} = 1,2 \text{ MJ} / 1\,000 \text{ kgkm} \cdot 271 \text{ km} \cdot 0,5 \text{ kg} = 0,163 \text{ MJ}$$

Укупна енергија утрошена током животног циклуса шољице од примарног материјала износи:

$$\begin{aligned} E_{\text{Total}} &= E_{\text{Proizvodnje sirovina}} + E_{\text{Oblikovanja}} + E_{\text{Transporta}} + E_{\text{Odlaganja}} \\ &= 7 + 4 + 1,8 + 0,163 = \mathbf{12,963 \text{ MJ} = 3,6 \text{ kWh}} \end{aligned}$$

Шољица произведена од примарног и рециклираног материјала:



$$E_{\text{Производње примарног материјала}} = 14 \text{ MJ/kg} \cdot 0,4165 \text{ kg} = 5,831 \text{ MJ}$$

$$E_{\text{Рециклаже}} = 12,5 \text{ MJ/kg} \cdot 0,0835 \text{ kg} = 4 \text{ MJ} \rightarrow 1,04 \text{ MJ}$$

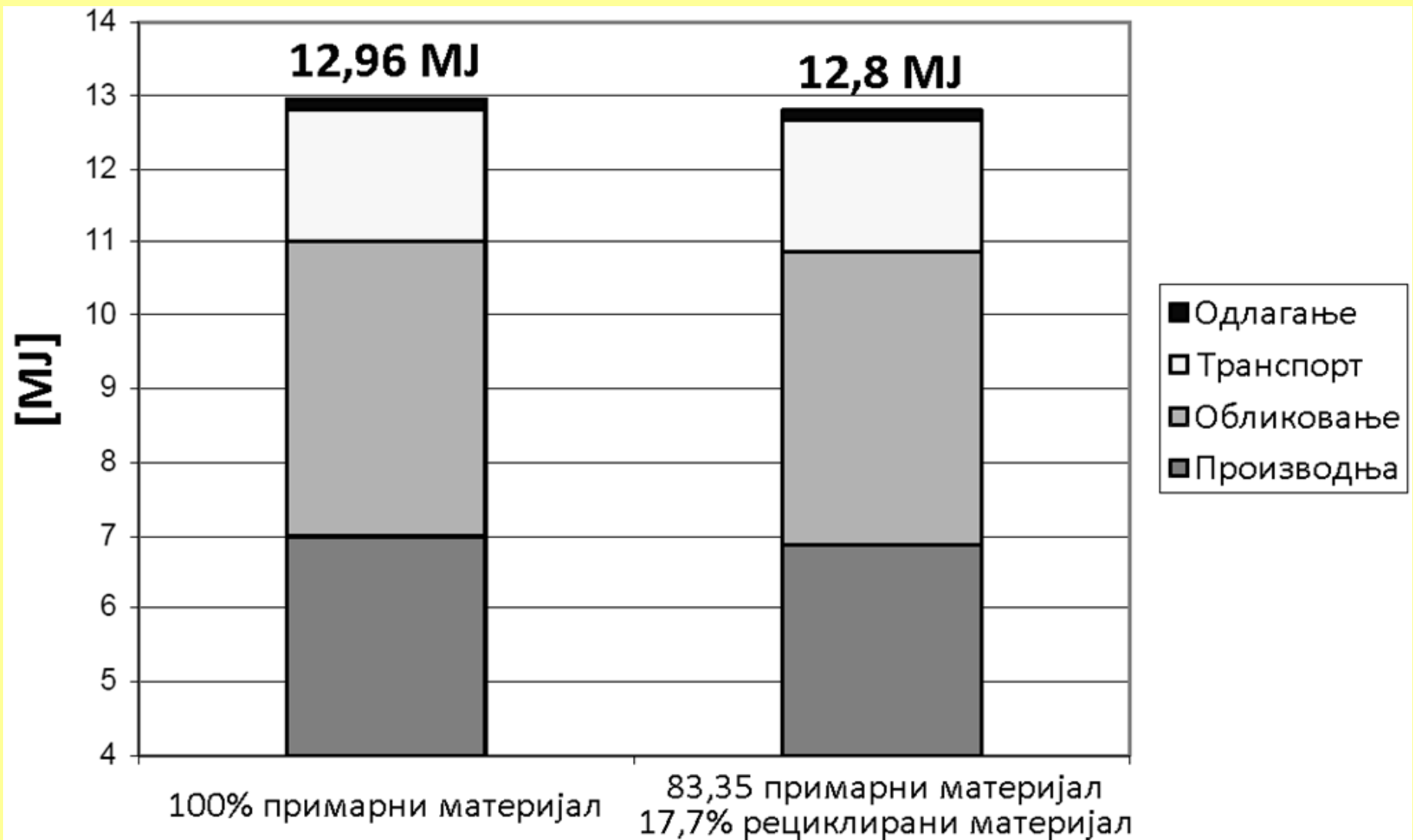
$$E_{\text{Производње - Укупна}} = 5,831 + 1,04 = \mathbf{6,871 \text{ MJ}}$$

Енергија за рециклажу је мања него код екстракције примарног материјала. Производна енергија је према томе нижа него код шољице од само примарног материјала. Енергије потребне за обликовање и транспорт остају исте. Енергија потребна за одлагање се мења јер се одлаже мање материјала - свега 83,3% (утицај удела стаклених производа који се рециклирају у Великој Британији, будући да је студија тамо рађена), уместо 100%.

$$E_{Odlaganja} = 1,2 \text{ MJ} / 1\,000 \text{ kgkm} \cdot (0,833 \cdot 0,5 \text{ kg}) \cdot 271 \text{ km} \\ = 0,135 \text{ MJ}$$

Укупна енергија утрошена током животног циклуса шољице са рециклираним садржајем износи:

$$E_{Total} = 6,871 + 4 + 1,8 + 0,135 = \mathbf{12,8 \text{ MJ}}$$



- ✓ Можда не изгледа као велика разлика, али ако се размотри производња 10 000 шољица, добија се права слика о уштеди енергије.

ДОТЕРИВАЊЕ ГРАНИЦА СИСТЕМА

Проблем дефинисања граница система се, према **ISO 14 041**, обрађује у две различите фазе **LCA**:

- ✓ у фази "Циљ и област дефинисаности **LCA**", у делу "Област дефинисаности", под ставком "Полазне границе система", и
- ✓ у фази "Анализа инвентара **LCA**", под ставком "Дотеривање граница система".

На основу изнетог, није најјасније одређено када се и на који начин дефинишу границе система. Разлог из кога је коначно дефинисање граница овде детаљније описано је тај што се, према **ISO 14 041**, у овом делу врши дотеривање граница, а за њихово дефинисање се често користе дијаграми токова материјала и дијаграма токова процеса који су дефинисани у овој фази **LCA**.

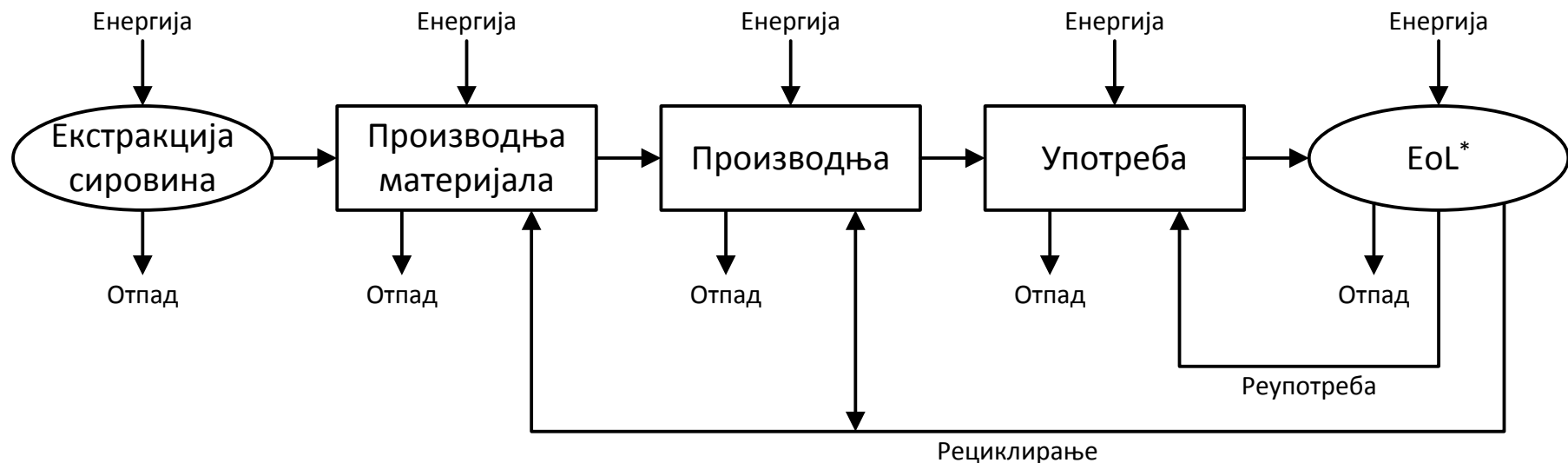
ТИПОВИ ГРАНИЦА СИСТЕМА

Према [VROM & CML, 2001] и [Heijungs et al., 1992] у LCI фази се могу издвојити три типа граница:

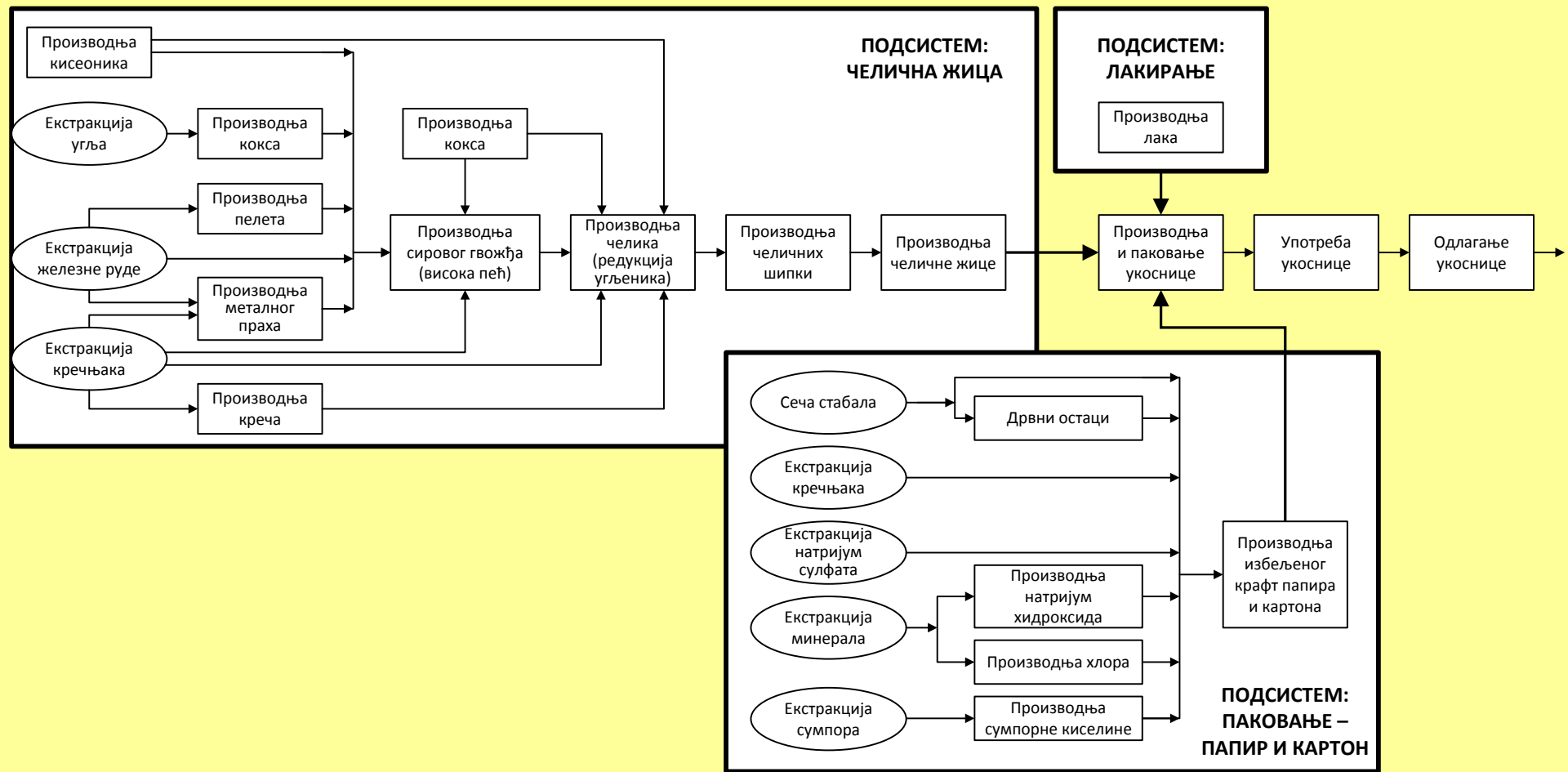
- ✓ границе између система производа и животне средине,
- ✓ границе између значајних и небитних процеса за систем производа ("cut-off"), и
- ✓ границе између разматраног система производа и других система производа (алокација).

- ✓ Дефиниција **граница између система производа и животне средине** је обухваћена изјавом:
"Идеално, систем производа би требало моделирати на такав начин да улази и излази на његовим границама буду елементарни токови."
- ✓ **Елементарни токови** су дефинисани стандардом **ISO 14 040 (1997E)** као:
"материјал или енергија која улази у разматрани систем и која је доведена (извучена) из животне средине без претходне трансформације од стране човека; материјал или енергија која излази из разматраног система и која је одбачена (емитована) у животну средину без накнадне трансформације од стране човека."
- ✓ Кључна ставка код дефинисања ове границе система је **трансформација од стране човека**.

- ✓ Границе једног система производа је често најлакше илустровати преко **дијаграма тока материјала**, да би обезбедило боље разумевање укључених процеса [Curran, 1996]. То је врло чест случај

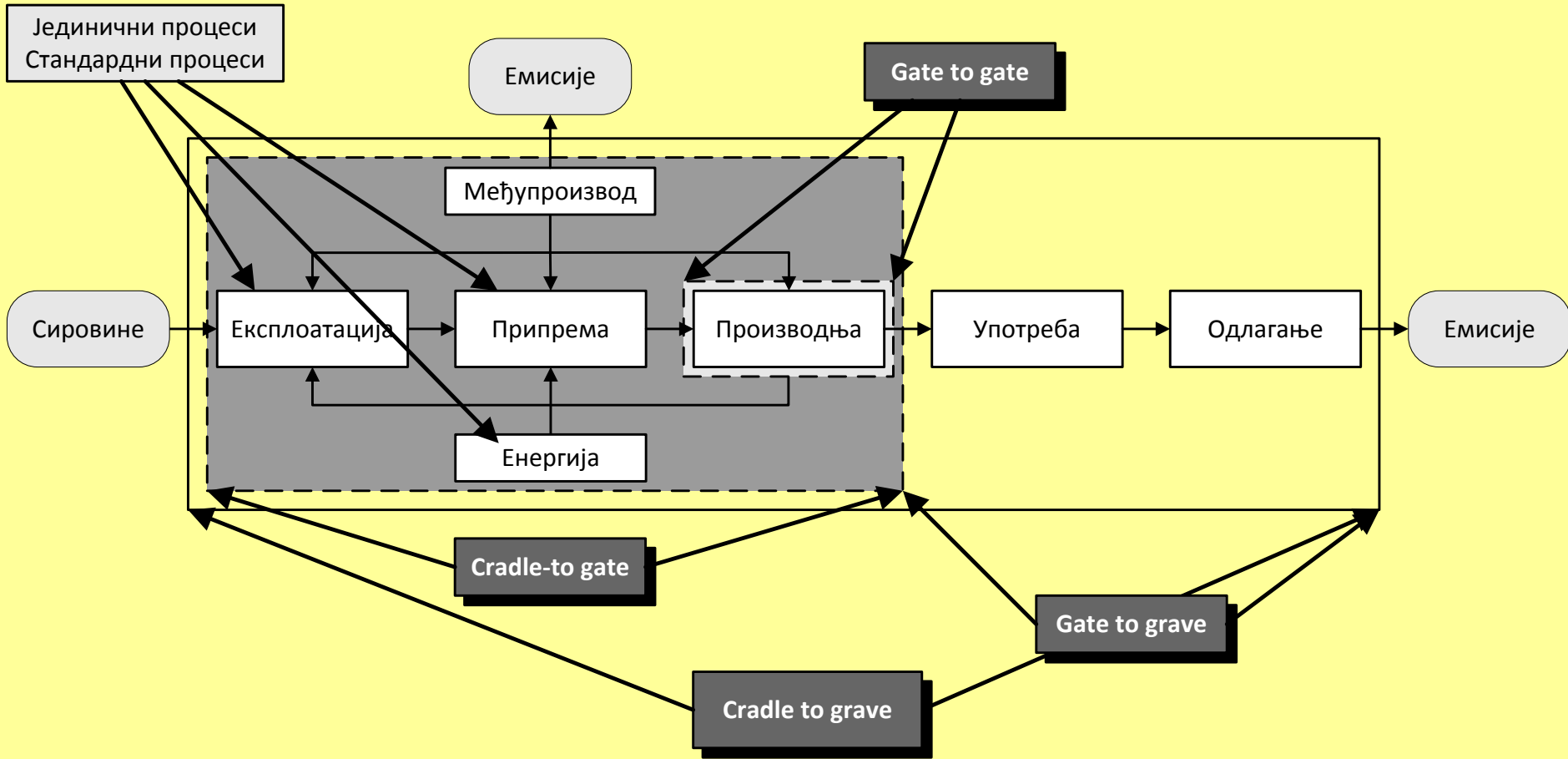


* - коначно одлагање, депонија, инсинерација, рециклажа, реупотреба



Дијаграм тока материјала за укосницу

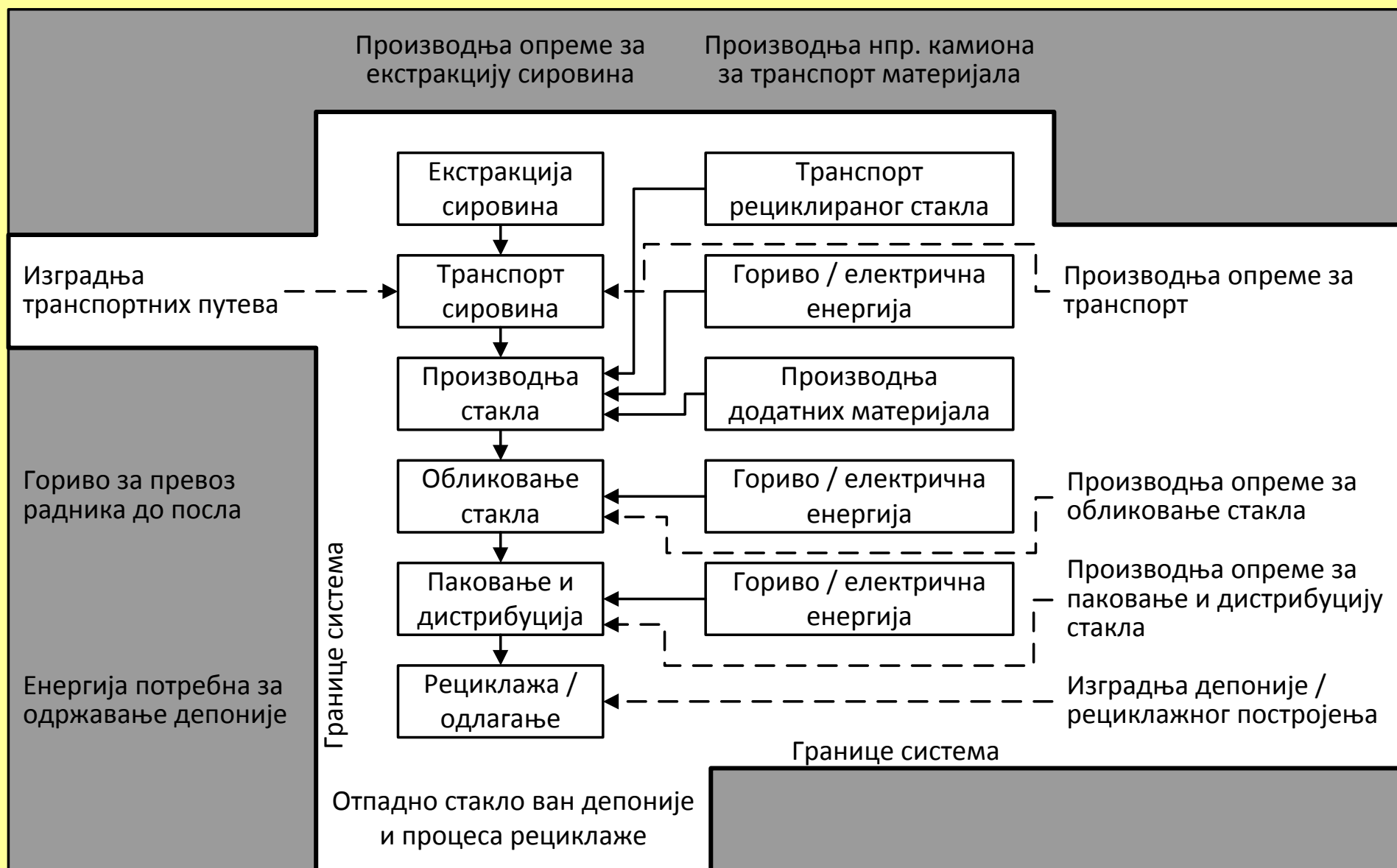
Границе система [Извор: GaBi Handbook PE International, 2010]



Искључење неких процеса из система без значајних утицаја на систем је могуће, али се мора извести пажљиво и уз претходно прелиминарно испитивање целог система (нпр. улази и излази код производње капиталне опреме и зграда не утичу значајно на резултате **LCA** и често се искључују из разматрања)

- ✓ Уколико се **промене границе**, или ако друга студија има различите границе система за исти производ, онда те **студије нису упоредиве**.

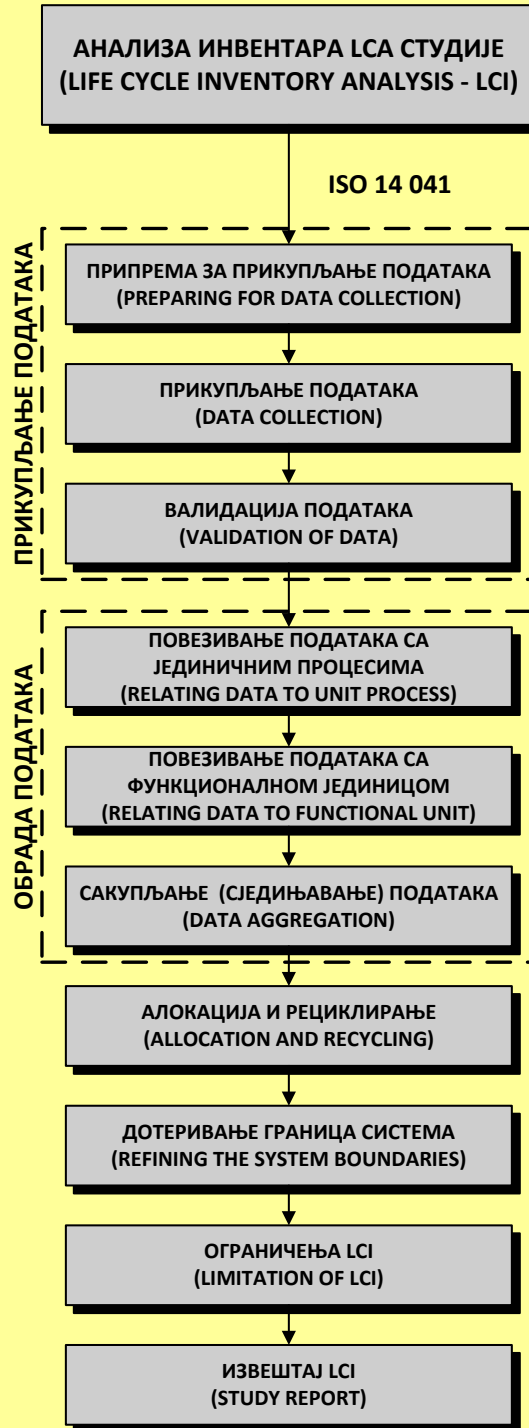




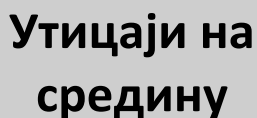
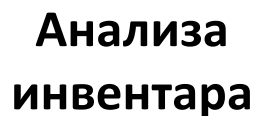
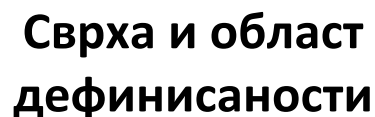
- ✓ Главни резултат ове фазе (**LCI**), који је истовремено и улаз за следећу фазу (**LCIA**), јесте **табела инвентара**. Када се прикупе подаци, све емисије и потрошња енергије производа се коначно прикажу табеларно.
- ✓ Пример приказан следећом табелом илуструје резултат **LCI** за **картонска паковања на Тајланду** [Ongmongkolkul & Nielsen, 2002].

Улази и излази за одабрану функционалну јединицу (10 кутија)		
Улази		
Сировине:		
Употреба земљишта за еукалиптус	2,75	m ² годишње
Дрво (еукалиптус)	1,80	kg
Материјали:		
Алуминијум хидроксид	76,0	g
Угаљ	43,30	g
Сирова нафта	1,80	kg
Лепак	7,40	g
Масило	11,30	g
Лигнит	0,80	kg
Кречњак	33,80	g
Уље за подмазивање	60,30	g
Природни гас	81,50	m ³
Скроб (кромпир)	12,10	g
Вода	39,60	kg
Енергија:	164,00	 MJ
Излази		
Производ:		
Кутије	6,60	kg
Емисије у атмосферу:		
CO	12,50	g
CO ₂	5,10	kg
CO ₂ (не од фосилних горива)	0,55	kg
H ₂ S	41,90	mg
CH ₄	0,21	kg
NH ₃	2,80	g
N ₂ O	0,22	g
NO _x	26,60	g
SO _x	15,20	g
NM VOC	5,90	g
VOCs	0,21	g
Емисије у воду:		
AOX	63,30	mg
BOD	0,14	g
Хлор	11,30	g
COD	0,57	kg
Масти и уља	16,50	g
Азот	0,43	g
Нитрати	0,58	g
Фосфор	0,57	g
Сулфати	1,8	g
SS	0,40	kg
ТОС	1,20	g
Генерисање комуналног отпада:		
Пластична паковања	52,90	g
Отпад из производње	0,63	kg
Вода	2,17	l

**Кораци анализе
инвентара према
ISO 14 041 (1998E)**



ПРОЦЕНА УТИЦАЈА ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT – LCIA



Директна примена:

- развијање производа
- унапређивање производа
- стратешко планирање
- односи са јавношћу
- маркетинг
- остало

Трећу фазу **LCA** студије **ISO 14 042 (2000E)** дели на следеће кораке:

- ✓ избор категорија утицаја, индикатора категорија и модела карактеризације (selection of impact categories, category indicators and characterisation models),
- ✓ класификација (assignment of **LCI** results - classification),
- ✓ карактеризација (calculation of category indicator results - characterisation),
- ✓ нормализација (calculating the magnitude of the category indicator results relative to reference information - normalisation),
- ✓ груписање (grouping),
- ✓ пондерисање или одређивање значаја (weighting),
- ✓ провера квалитета података (data quality analysis),
- ✓ ограничења **LCIA** (limitations of **LCIA**),
- ✓ упоредне тврдње обелодањене у јавности (comparative assertions disclosed to the public),
- ✓ извештај и критички осврт (reporting and critical review).

- ✓ Ограничења **LCIA** нису посебно обрађена, јер су практично обухваћена ограничењима **LCA**, обрађеним у првој фази студије.
- ✓ Упоредне тврдње су једна од могућих примена **LCA**, и утичу на неке изборе приликом спровођења **LCA** студије.
- ✓ Ставке "Анализа квалитета података" и "Извештај и критички осврт" се третирају на исти начин као и у првој фази **LCA**.

- ✓ У овој, трећој фази **LCA** студије, оптерећење животне средине системом производа се претвара у утицаје на животну средину, нпр. глобално загревање или закисељавање животне средине.
- ✓ Прво треба повезати параметре инвентара и представљене категорије утицаја на животну средину. Ова процедура представља класификацију. На пример гасови као што су угљен диоксид (CO_2) и метан (CH_4), који представљају податке инвентара **LCA** студије, се повезују са категоријом утицаја "глобално загревање" (**GW** – Global Warming). Ово је корак у **класификацији**.
- ✓ Након тога утицаји параметара инвентара се квантификују у категорије утицаја. Ова процедура се назива **карактеризација**.

- ✓ Гасови CO_2 и CH_4 директно утичу на глобално загревање, а немају утицаја, нпр. на закисељавање.
- ✓ Али CH_4 може такође бити класификован и у категорију утицаја "стварење фотохемијске оксидације".
- ✓ Ово показује да одређени параметри инвентара могу утицати на више од једне категорије утицаја.
- ✓ Опциони корак – **нормализација**, служи да се прикаже регионални (или глобални) удео моделираних резултата у односу на укупне регионалне (глобалне) утицаје.
- ✓ Коначно, резултати категорија индикатора могу бити груписани и може им бити **одређен значај (пондерисање)**, како би се одредио социјални значај различитих категорија утицаја.

За класификацију и карактеризацију категорија утицаја постоји неколико различитих метода и два главна приступа:

- ✓ приступ **оријентисан ка проблему** или приступ **"средње тачке"** (**problem-oriented approach** или **mid point approach**), и
- ✓ приступ **оријентисан ка штети** или приступ **"крајње тачке"** (**damage-oriented approach** или **end point approach**).

Код проблемно-оријентисаног приступа, токови се класификују према групи утицаја на животну средину којој највише доприносе. Код метода оријентисаних ка штети, такође се почиње класификацијом, с тим што се категорије групишу према крајњем резултату (штетни утицаји на људско здравље, екосистем итд.). Овај други приступ је једноставнији за тумачење и представљање

Неке од метода **LCIA** су:

- ✓ **CML** (Универзитет Лејден, Холандија), проблемно-оријентисана метода са **GWP** и **ODP** категоријма базираним на **IPCC** фактору,
- ✓ **TRACI** – проблемно-оријентисана метода развијена од стране **EPA** и првенствено се користи у **САД**,
- ✓ **SETAC** – **Europe Working Group on Impact Assessment**, које предлаже **основне категорије утицаја и индикатора тих категорија**, базиране на приступу "средње тачке",
- ✓ **Eco-indicator 99** (раније **Eco-indicator 95**), метода оријентисана ка штети, са нешто измењеним категоријама утицаја у односу на **SETAC**,
- ✓ **EDIP** (**E**nvironmental **D**esign of **I**ndustrial **P**roducts) – приступ "средње тачке",
- ✓ **OPM** (**O**il **P**oint **M**ethod), где је **улаз енергије** индикатор за **оптерећење животне средине** (**EL** – **E**nvironmental **L**oad),
- ✓ **EPS** (**E**nvironmental **P**riority **S**trategies) – приоритетне стратегије за очување животне средине, где се **монетарне јединице** узимају као нормализационе референце, итд.

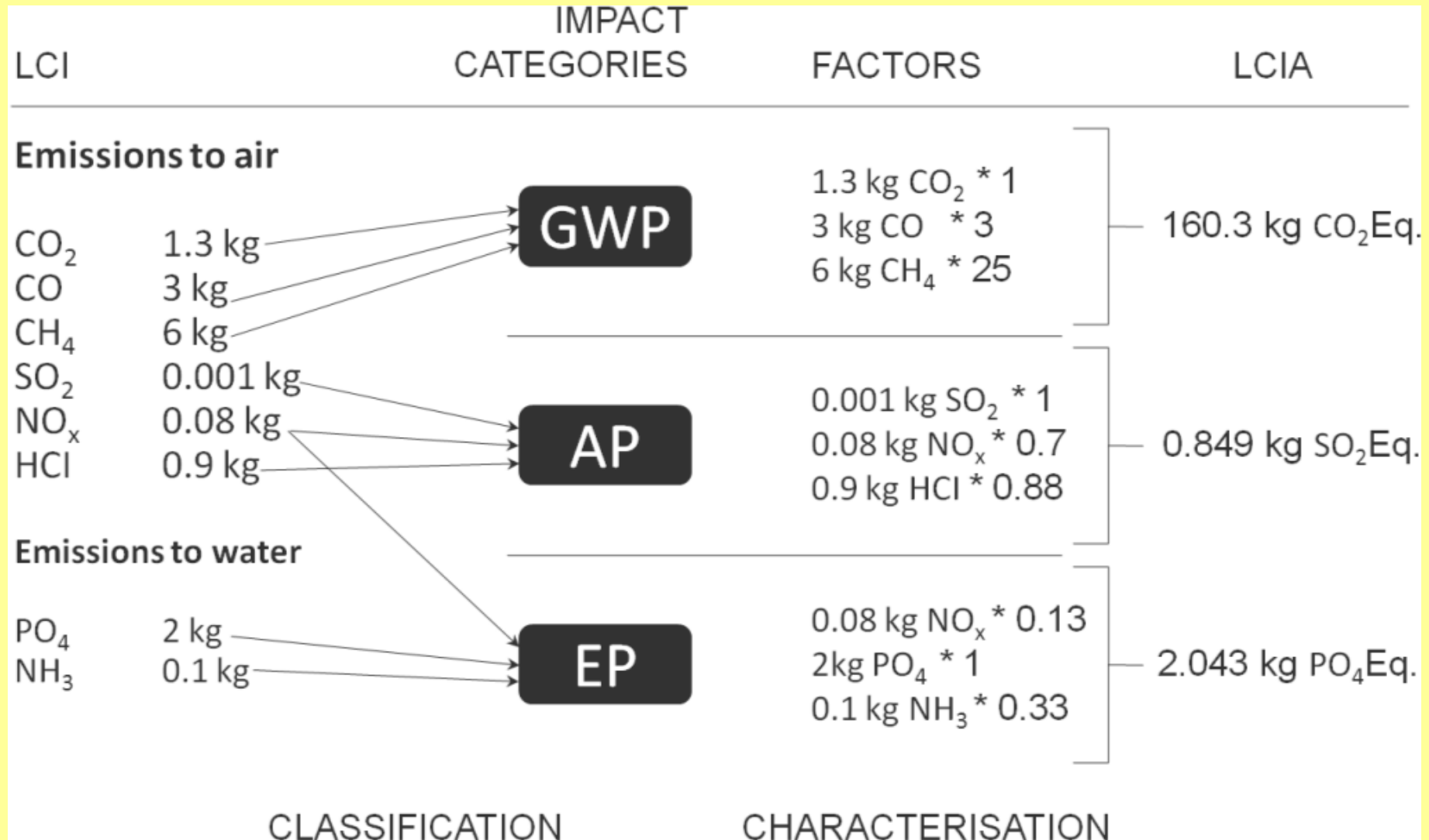
Поред ових, постоје и посебне методе које узимају у обзир и **захтеве потрошача (деоничара - stakeholders)** и "преводе" их на технички језик.

Најпознатије међу њима су:

- ✓ **QFD (Quality Function Deployment)** или **развој функције квалитета** – која представља важан метод за интегрисање захтева потрошача у процес развоја производа, и
- ✓ **EQFD (Environmental Quality Function Deployment)** или **развој еколошке функције квалитета**, метод који помаже да се препознају најважнији еколошки параметри међу многобројним захтевима потрошача и потребама деоничара.

Један пример класификације и карактеризације

[Извор: GaBi Handbook PE International, 2010]



ИЗБОР КАТЕГОРИЈА УТИЦАЈА, ИНДИКАТОРА КАТЕГОРИЈА УТИЦАЈА И МОДЕЛА КАРАКТЕРИЗАЦИЈЕ

Да би се одредио допринос резултата добијених у другој фази **LCA** одговарајућим категоријама утицаја, морају се прво одабрати релевантне категорије утицаја, индикатори за те категорије и модели карактеризације.

Категорије утицаја се могу разврстати у неколико различитих типова:

- ✓ основне категорије утицаја ("baseline" impact categories),
- ✓ специфичне категорије утицаја ("study-specific" impact categories), и
- ✓ друге категорије утицаја ("other" impact categories).

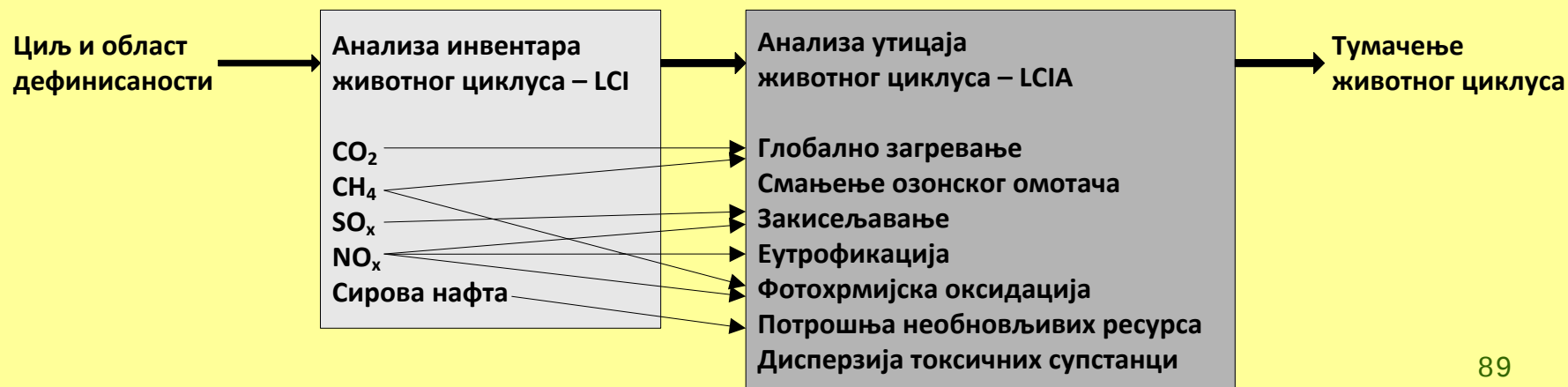
КЛАСИФИКАЦИЈА

Уобичајене категорије утицаја на животну средину су:

- ✓ потенцијал глобалног загревања (**GWP** - Global Warming Potential),
- ✓ потенцијал стањивања озонског омотача (**ODP** – Ozone Depletion Potential),
- ✓ потенцијал закисељавања (**AP** – Acidification Potential),
- ✓ потенцијал еутрофикације (**EP** – Eutrophication Potential),
- ✓ потенцијал фотохемијске оксидације (**POCP** - Photochemical Oxidant Creation Potential),
- ✓ потенцијал смањења необновљивих ресурса (**ADP** - Abiotic Depletion Potential)...

Eco-indicator 99 (којим је рађена анализа картонских кутија на Тајланду) има нешто другачије категорије утицаја:

- ✓ карциногени (супстанце које изазивају канцер),
- ✓ органске материје које утичу на респираторни систем,
- ✓ неорганске материје које утичу на респираторни систем,
- ✓ климатске промене,
- ✓ јонизујућа радијација,
- ✓ оштећење озонског омотача,
- ✓ екотоксичност,
- ✓ закисељавање/еутрофикација,
- ✓ употреба земљишта,
- ✓ потрошња фосилних горива.



Веза између излаза из система производа и утицаја на животну средину

Улази и излази за одабрану функционалну јединицу (10 кутија)

Улази

Сировине:		
Употреба земљишта за еукалиптус	2,75	m ² годишње
Дрво (еукалиптус)	1,80	kg
Материјали:		
Алуминијум хидроксид	76,0	g
Угаљ	43,30	g
Сирова нафта	1,80	kg
Лепак	7,40	g
Масило	11,30	g
Лигнит	0,80	kg
Кречњак	33,80	g
Уље за подмазивање	60,30	g
Природни гас	81,50	m ³
Скроб (кромпир)	12,10	g
Вода	39,60	kg
Енергија:	164,00	MJ

Излази

Производ:		
Кутије	6,60	kg
Емисије у атмосферу:		
CO	12,50	g
CO ₂	5,10	kg
CO ₂ (не од фосилних горива)	0,55	kg
H ₂ S	41,90	mg
CH ₄	0,21	kg
NH ₃	2,80	g
N ₂ O	0,22	g
NO _x	26,60	g
SO _x	15,20	g
NMVOС	5,90	g
VOCs	0,21	g
Емисије у воду:		
AOX	63,30	mg
BOD	0,14	g
Хлор	11,30	g
COD	0,57	kg
Масти и уља	16,50	g
Азот	0,43	g
Нитрати	0,58	g
Фосфор	0,57	g
Сулфати	1,8	g
SS	0,40	kg
ТОС	1,20	g
Генерисање комуналног отпада:		
Пластична паковања	52,90	g
Отпад из производње	0,63	kg
Челик и метални отпад	0,15	kg

Категорија утицаја 1

Категорија утицаја 2

Категорија утицаја 3

Категорија утицаја 4

Категорија утицаја 5

Категорија утицаја 6

Распоређивање LCI резултата у одговарајуће категорије утицаја на примеру картонских паковања на Тајланду [Извор: Ongmongkolkul & Nielsen, 2002]

КАРАКТЕРИЗАЦИЈА

- ✓ После класификације, где је сваки параметар инвентара повезан са одговарајућом категоријом утицаја, треба одредити **релативни допринос сваког од параметара**.
- ✓ Због тога се користи **карактеризациони фактор** (**CF** – Characterisation Eactor). У некој литератури се означава и као **фактор еквиваленције** (**EF** – Equivalence Eactor).
- ✓ Створити карактеризациони фактор је тежак задатак. У наставку је приказано у кратким цртама, како добити **карактеризациони фактор за категорију утицаја "глобално загревање" (GW)**.

Прво морају бити одређене супстанце које доприносе глобалном загревању.

Ове супстанце су гасови на нормалним атмосферским температурама који су:

- ✓ у могућности да апсорбују инфрацрвено зрачење и стабилни су у атмосфери, с временом боравка од неколико година до неколико векова,
- ✓ или су фосилног порекла и могу бити преобраћени у CO_2 деградацијом у атмосфери.

Гасови који утичу на настанак "ефекта стаклене баште" су **различите токсичности**. На пример: метан је **21** пут (коефицијент варира од 21 до 25 у зависности од извора) токсичнији од исте количине угљен диоксида, гледано у периоду од 100 година.

Гас	Век или трајност [година]	Потенцијал глобалног загревања (GWP) CO ₂ еквивалентне јединице [CO ₂ - eq]		
		20 година	100 година	500 година
CO ₂ – угљен диоксид	варира	1	1	1
CH ₄ – метан	12±3	56	21	7
NO _x – азот оксид	120	280	310	170
HFCs –флуоро угљоводоници		PFCs – перфлуоро угљеници		
HFC-23 – Флуороформ/ трифлуоро метан/угљен трифлуорид/Фреон 23	264	9 200	12 100	9 900
HFC-125 – пентафлуоро етан	33	4 800	3 200	11
HFC-134a – тетрафлуоро етан	15	3 300	1 300	420
HFC-152a – дифлуоро етан/ Фреон 152	2	460	140	42
HFC-227ea – хептафлуоро пропан	37	4 300	2 900	950
перфлуоро метан	50 000	4 400	6 500	10 000
C ₂ F ₆ – перфлуоро етан	10 000	6 200	9 200	14 000
SF ₆ – сумпор хексафлуорид	3 200	16 300	23 900	34 900

- ✓ Карактеризациони фактор за глобално загревање (GW) следи из једначине:

$$CF_{GW} = \frac{\text{допринос GW од датог гаса за време од } t \text{ година}}{\text{допринос GW од гаса CO}_2 \text{ за време од } t \text{ година}}$$

- ✓ Као што се може видети из једначине, **посматрани временски период од "t" година је јако важан за одређивање карактеризационог фактора**. Што је временски период дужи, карактеризациони фактор постаје мањи. Обично се у разматрање узима временски период од 100 година.
- ✓ **Гас CO₂ узима као база за квантификовање глобалног загревања, а да би се ови гасови могли поредити према токсичности, уведена је "CO₂ јединица"**. Другим речима, утицај свих других гасова на глобално загревање, је повезан са CO₂. Ово значи да гас CO₂ има **карактеризациони фактор 1**.

Ово значи да:

- ✓ CO_2 и CH_4 имају различите утицаје на глобално загревање,
- ✓ метан је опаснији од угљен диоксида,
- ✓ мала количина метана има велики утицај на глобално загревање,
- ✓ 1g метана у атмосфери има исти ефекат на глобално загревање као и 21-25 g угљен диоксида за посматрани период од 100 година.

Јединице за категорије утицаја на животну средину према EDIP методи [Извор: Wenzel, 2000]

Категорија утицаја на животну средину	Јединица
Глобално загревање	[g CO ₂ - eq]
Проређивање озонског омотача	[g CFC 11 - eq]
Формирање фотохемијског озона - смог	[g C ₂ H ₄ - eq]
Закишељавање	[g SO ₂ - eq]
Еутрофикација	[g NO ₂ - eq]
Екотоксичност, вода, хронична	[m ³] воде
Тровање људи, водом	[m ³] воде
Екотоксичност, вода, акутна	[m ³] воде
Тровање људи ваздухом	[m ³] ваздуха
Ризичан отпад	[g]
Нуклеарни отпад	[g]
Шљака и пепео (инертан отпад)	[g]
Гломазан отпад	[g]

- ✓ **Карактеризациони утицај** (*CI* – *C*haracterisation *I*mpact) параметара инвентара се добија множењем **оптерећења животне средине** (*EL* – *E*nvironmental *L*oad) од тог параметра, са **карактеризационим фактором** (*CF*) тог поремећаја.

- ✓ Рачунање карактеризационог утицаја (*CI*) за параметар инвентара (нпр. CH_4) следи из једначине:

$$CI = CF \cdot EL$$

- ✓ Једначина показује да **јединица *CI* зависи од категорије утицаја**. У случају глобалног загревања јединица би била $\text{g CO}_2 - \text{eq}$, где *eq* представља **"еквивалент"** (*equivalent*), остављајући утисак да тај фактор указује на допринос параметара инвентара на глобално загревање који је једнак доприносу CO_2 .

- ✓ Дата табела приказује спроведену класификацију и карактеризацију на примеру већ поменутих картонских паковања на Тајланду. Анализа инвентара је спроведена софтверским пакетом **Sima Pro (version 4)**, а метод који је коришћен за процену утицаја је **Eco-indicator 95**, ранија варијанта метода **Eco-indicator 99**.

Категорија утицаја	Количина по функционалној јединици [10 кутија]	Јединица
Глобално загревање	7,47	kg CO ₂ - eq
Закишељавање	43,1	g SO ₂ - eq
Еутрофикација	20,2	g PO ₄ - eq
Смог	5,64	g C ₂ H ₄ - eq
Генерисање комуналног отпада	0,91	kg
Оштећење озонског омотача	0,57	g COD

НОРМАЛИЗАЦИЈА

- ✓ Да бисмо могли да упоредимо појединачне доприносе различитих категорија утицаја на животну средину, изводимо **нормализацију**.
- ✓ Стандард ISO 14 042 (2000Е) дефинише **нормализацију** као:
*"прорачун доприноса резултата индикатора у односу на **референтну информацију (вредност)** – **нормализациона референца**".*
- ✓ Нормализациона референца може бити у вези са датим друштвом (нпр. Холандија, Европа или свет), особом (нпр. грађанин Данске) или другим системом, у датом временском периоду.

- ✓ Известан **утицај** може имати **локални, регионални** или **глобални** карактер, у зависности од категорије утицаја.
- ✓ Глобално загревање је глобални утицај, док је закисељавање животне средине регионални, а смог локални. У извесном географском региону постоје утицаји других производа такође. За глобалне категорије утицаја, као што су глобално загревање и проређивање Озонског омотача, **глобална платформа** оптерећења се користи као референца за нормализацију.
- ✓ За регионалне и локалне категорије утицаја на животну средину користи се **данска платформа** оптерећења.
- ✓ За глобалне, као и за локалне категорије утицаја на животну средину, **година 1990.** је узета као **референца.**

- ✓ Укупни утицај свих производа одређује **природни утицај** на регион.
- ✓ Фракциони допринос утицаја производа на тотални утицај свих производа у географском региону се назива **"нормализациони (нормализовани) утицај"** (NI – Normalized Impact).

$$NI = \frac{CI}{N}$$

- ✓ Да би били у стању да израчунамо нормализациони утицај, потребна је **референца за нормализацију** – N .

$$N = \sum \frac{(\text{оптерећење од параметра по години}) \cdot (CF \text{ параметра})}{\text{популација географског региона}}$$

- ✓ **Нормализациона референца** (N) је сума свих утицаја извесне категорије утицаја свих производа у извесном региону. Јединица за N зависи од категорије утицаја.
- ✓ **Нормализација допушта директно поређење вредности различитих категорија утицаја.** Ово је могуће, јер се сматра да све категорије утицаја имају исти значај.

ГРУПИСАЊЕ

Груписање је корак фазе процене утицаја у коме се категорије утицаја сједињавају у један или више скупова. Могућа је примена две процедуре:

- ✓ **сортирање** – на бази карактеристика као што су емисије и ресурси, или глобални, регионални и локални утицаји, и
- ✓ **рангирање** – према скали вредности, нпр. одређеној хијерархији, као што је додељивање високог, средњег или ниског приоритета.

ПОНДЕРИСАЊЕ ОДРЕЂИВАЊЕ ЗНАЧАЈА

- ✓ За реалистичнији приказ претпоставка да све категорије утицаја имају исти значај мора се детаљно размотрити.
- ✓ У зависности од социјалних, етичких, политичких вредности или других вредности, различите категорије утицаја постају различито значајне.
- ✓ **Пондерисање омогућава истицање различитих значаја.**

- ✓ **Измерени утицај** (*WI – Weighted Impact*) може да се изрази као:

$$WI = \sum (\text{тежински фактор категорије утицаја}) \cdot (NI \text{ те категорије утицаја})$$

- ✓ **Измерени утицај неког производа** се добија сумирањем свих измерених утицаја од различитих категорија утицаја:

$$WI_{\text{производа}} = \sum WI \text{ од сваке категорије утицаја}$$

- ✓ Једначина показује да је **за одређивање значаја потребан тежински фактор категорије утицаја**. У литератури су представљене три методе мерења.

Ове методе су:

- ✓ метода панела,
- ✓ монетарна метода,
- ✓ метода циља.

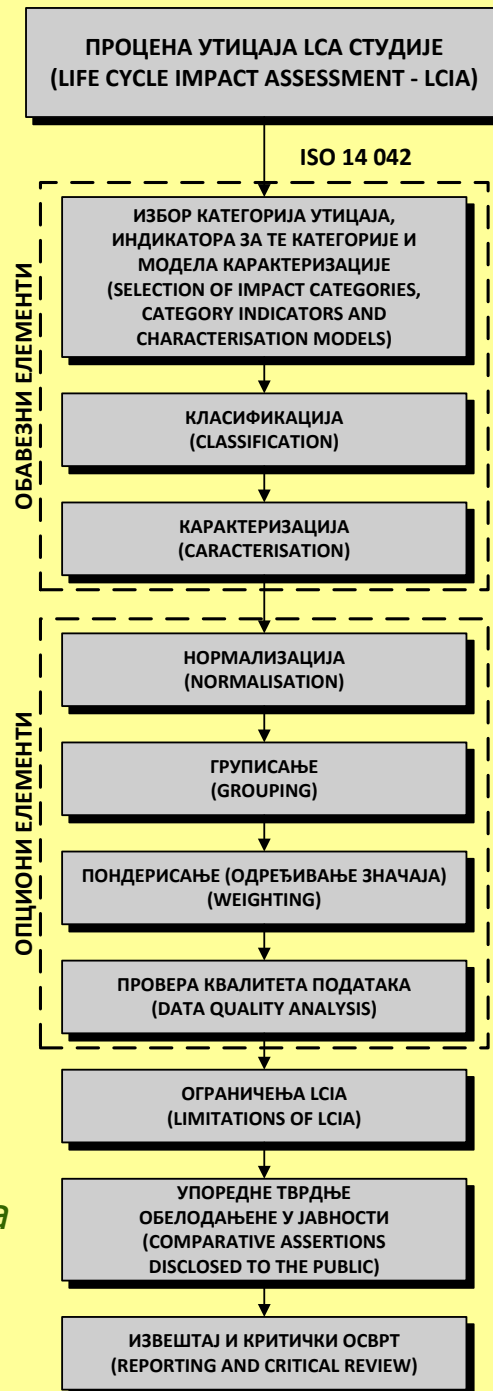
У **панел методи** група људи, који су представници друштва, дају своје мишљење о релативном значају категорије утицаја. Чланови групе одређују важност категорија утицаја на основу четири елемента, а то су:

- ✓ **степен научне несигурности,**
- ✓ **трајање утицаја (загађења),**
- ✓ **степен иреверзибилности (неповратности),**
- ✓ **скала утицаја (загађења).**

Ово значи да се утицаји са непознатим последицама разматрају озбиљније од оних са научно познатим последицама. Утицаји са дугим трајањем су важнији од краткотрајних утицаја; неповратни утицаји су озбиљнији од повратних. Глобални утицаји имају виши фактор значајности од регионалних и локалних утицаја.

- ✓ У **монетарној методи** група људи је замољена да додели монетарне вредности различитим категоријама утицаја. У овој методи се мери спремност друштва да плати да би се избегла штета узрокована датим утицајем.
- ✓ У **методи циља** релативни значај је повезан са неком врстом циља категорије утицаја, нпр. политичке мете и циљеви. У овој методи је процењена раздаљина између "статуса кво" и циљаног нивоа утицаја.

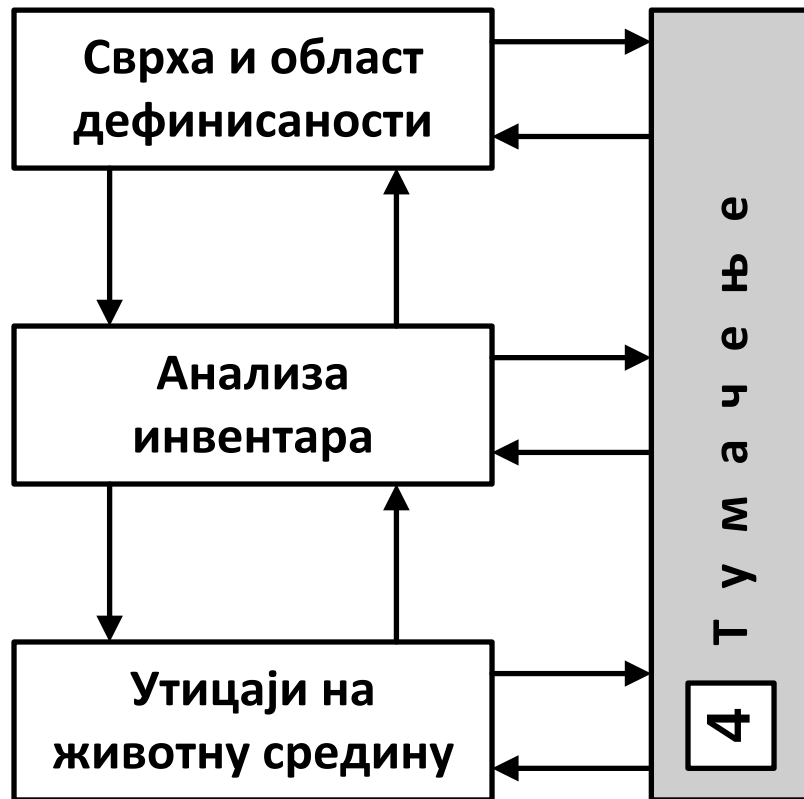
На крају треба забележити да према **ISO 14 042 (2000)** **одређивање значаја (пондерисање) није дозвољено ако је потребно упоредити два производа.**



*Кораци фазе процене утицаја
према ISO 14 042 (2000E)*

ИНТЕРПРЕТАЦИЈА – ТУМАЧЕЊЕ ЖИВОТНОГ ЦИКЛУСА ПРОИЗВОДА LIFE CYCLE INTERPRETATION

Оквир LCA студије



Директна примена:

- развијање производа
- унапређивање производа
- стратешко планирање
- односи са јавношћу
- маркетинг
- остало

Четврти и последњи корак **LCA** студије, по имену **тумачење животног циклуса**, је објашњен у **ISO 14043 (2000)**.

Тумачење животног циклуса производа се састоји из следећих корака:

- ✓ идентификација значајних питања, заснована на резултатима **LCI** и **LCIA** (identification of significant issues, based on the results of the **LCI** and **LCIA** phases of **LCA**),
- ✓ процену (евалуацију) резултата, која укључује проверу потпуности комплетности, проверу осетљивости и проверу постојаности (evaluation, comprising completeness, sensitivity and consistency checks),
- ✓ закључке, препоруке и извештај, тј. документацију (conclusions, recommendations and reporting).

Остали елементи анализе, укључујући критички осврт, обухваћени су у додатку клаузулом 9 стандарда **ISO 14043 (2000)**.

- ✓ Четврта фаза **LCA** студије се спроводи после сваке од претходних фаза и укључује тумачење резултата, који могу дати повратне информације у вези са претходним фазама (итеративни процес) и омогућити потенцијално побољшање.
- ✓ **ISO 14 043 (2000)** уводи метод под називом "**анализа доприноса**" да би се сазнала кључна питања и слабе тачке производа. Резултати карактеризационог утицаја су изражени у матрици где редови приказују параметре инвентара а колоне приказују јединичне процесе и активности. Оваква матрица се може израчунати за сваку категорију утицаја. Као пример је приказана следећа табела за категорију утицаја глобално загревање, где су два параметра инвентара **CO₂** и **CH₄** приказана у два реда, а у пет колона је приказано пет фаза животног циклуса.

	Материјал	Дизајн и Производња	Дистрибуција	Употреба	Крај животног циклуса	Сума
CO ₂	R1	M1	D1	U1	E1	S1=R1+M1+D1+U1+E1
CH ₄	R2	M2	D2	U2	E2	S2=R2+M2+D2+U2+E2
Сума	R1+R2	M1+M2	D1+D2	U1+U2	E1+E2	S1+S2

- Јединица улаза у табели је **g CO₂ - eq**.
- Сваки улаз у матрицу се подели укупним утицајом система производа (**S1 + S2**) и изрази као проценат од укупног.
- Сада када су те вредности у процентима доступне, важно је дефинисати "**Cut-off**" ограничења.
- На пример, ако је ограничење постављено на 2%, сви доприноси мањи од те вредности се занемарују.
- Оно што остаје су **кључни резултати (питања)**.

- ✓ Циљ **провере комплетности** је да се провери и оцени да ли су **LCA** студијом обухваћени сви важни подаци и да ли су комплетни или не. Ако нису, морају се предузети одређене мере.
- ✓ У **провери осетљивости** се процењују утицаји варијација података о процесима, избор модела и других променљивих на резултате студије. Ове варијације (промене) се у процени осетљивости намерно чине са циљем да се утврди робустност резултата с обзиром на те варијације.
- ✓ *"Осетљивост" може да се дефинише као проценат промене или апсолутна девијација резултата у случају промене у рангу параметара, података и претпоставки.*
- ✓ **Провера постојаности** служи да се одреди да ли су претпоставке, методе, модели и подаци све време у складу са циљем и облашћу дефинисаности **LCA** студије.

- ✓ **Критички приказ LCA студије је објашњен у ISO 14 040 (1997).** Циљ критичког осврта је да оцени да ли LCA студија испуњава критеријуме описане у ISO стандардима, да оцени научне методе коришћене у LCA студији, процени квалитете података као и транспарентност документације. **Критички преглед може да уради експерт унутар компаније који није учествовао у LCA студији или нека институција споља.** Ова спољна институција може бити неки експерт или група људи заинтересована за LCA студије.
- ✓ Ако су резултати без грешака, може се организовати **финални извештај где су приказани резултати и претпоставке.** Извештај мора бити написан у односу на публику LCA студије. **Декларација о екологиčnosti производа (EPD – Environmental Product Declaration) је стандардизован начин писања оваквог извештаја за муштерије.**
- ✓ Сада када су резултати LCA студије постигнути и уочене слабе тачке и кључна питања, могу се предложити **препоруке за унапређење производа.**

ТУМАЧЕЊЕ (INTERPRETATION)

ISO 14 043

ИДЕНТИФИКАЦИЈА ЗНАЧАЈНИХ ПИТАЊА
(IDENTIFICATION OF SIGNIFICANT ISSUES)

ПРОЦЕНА (ЕВАЛУАЦИЈА) РЕЗУЛТАТА
(EVALUATION)

ВАЛИДАЦИЈА ПОДАТАКА
(CONCLUSIONS, RECOMMENDATIONS AND REPORTING)

Провера потпуности (комплетности)
(Completeness check)

Провера осетљивости
(Sensitivity check)

Провера постојаности (конзистентности)
(Consistency check)

Остале провере
(Other checks)

Кораци завршне фазе LCA према ISO 14 043 (2000)

ПИТАЊА

1. Шта је LCA студија и чему служи ?
2. На које четири фазе се дели LCA анализа према ISO 14 040 ? Графички приказати веза између фаза.
3. Објаснити варијанте (парцијалне анализе) LCA типа:
а) cradle-to-grave, б) cradle-to-cradle, в) cradle-to-gate, г) gate-to-grave, д) gate-to-gate ?
4. Зашто је LCA најсвеобухватнији алат ? Показати на примеру.
5. Предности и мане LCA ?

1. фаза LCA – Сврха и Област Дефинисаности – Goal & Scope Definition

6. Област примене (циљне групе) LCA ?
7. Шта обухвата област дефинисаности LCA студије ?
8. Дефинисати функцију производа, функционалну јединицу и референтни проток.
Примери: сушач наспрам убруса и канцеларијска столица ?
9. Дефинисати систем производа, јединични процес ?
10. Шта представљају границе система ? Објаснити "Cut-off" правило, масени и енергетски удео и временске, географске и технолошке границе.
11. Објаснити алокацију.
12. Захтеви за квалитетом података и дефинисање начина писања извештаја ?

2. фаза LCA – Анализа Инвентара Животног Циклуса – Life Cycle Inventory analysis – LCI

13. Кораци процедуре прикупљања података код LCI према ISO 14 041 ?
14. Шта су улази (inputs), а шта излази (outputs) процеса ?
15. Шта подразумева припрема за прикупљање података ?
16. Објаснити дијаграм тока процеса (процесну шему) и материјала.
17. Објаснити процес прикупљања података. Због чега варирају подаци у базама података ?
18. Потврђивање квалитета података према ISO 14 041 ?

- 19.Шта представља "оптерећење животне средине јединичним процесом" ?
- 20.Шта је "оптерећење животне средине системом производа", шта систем компоненте, а шта "попис (инвентар) резултата"?
- 21.Сједињавање података и утицај на транспарентност података ? Анализа осетљивости и "cut-off" критеријуми ?
- 22.Објаснити алокацију (распоређивање) и рециклирање, фактор распоређивања и рециклирани садржај. Показати на примеру.
- 23.Алокација приликом реупотребе и рециклаже ? Примери ?
- 24.Дотеривање граница система ? Дефинисати елементарне токове. Упоредивост LCA студија ?
- 25.Табела инвентара ?

3. фаза LCA – Анализа Утицаја Животног Циклуса – Life Cycle Impact Assessment – LCIA

- 26.Кораци 3. фазе LCA према ISO 14 042 и подела на главне и опционе делове (Сл. 12.30) ?
- 27."Приступ средње тачке" и "приступ крајње тачке" и неке од метода LCIA ?
- 28.Избор категорија утицаја, индикатора категорија утицаја и модела карактеризације ?
- 29.Објаснити класификацију.
- 30.Карактеризација, карактеризациони фактор (CF), оптерећање животне средине (EL), еквивалентна јединица и карактеризациони утицај (CI) ?
- 31.Нормализација, природни утицај, нормализовани утицај (NI) и нормализациона референца (N) ?
- 32.Груписање ?
- 33.Пондерисање, измерени утицај (WI) и методе мерења ?
- 34.Шта према ISO 14 042 није дозвољено код пондерисања ?

4. фаза LCA – Тумачење Животног Циклуса – Life Cycle Interpretation

- 35. Кораци поступка тумачење LCA према ISO 14 043 ?
- 36. Шта је анализа доприноса ?
- 37. Идентификација значајних (кључних) питања ?
- 38. Провере комплетности, осетљивости и постојаности ?
- 39. Критички осврт, EPD и препоруке за унапређење производа ?

Кључне речи:

(life cycle assessment, **LCA**, goal & scope definition, life cycle inventory analysis, **LCI**, life cycle impact assessment, **LCIA**, life cycle interpretation, cradle-to-grave, cradle-to-cradle, cradle-to-gate, gate-to-grave, gate-to-gate, hidden history, **LCA** limitations, function, functional unit, reference flow, system boundaries, critical review, study report, process flow diagram, material flow, input, output, process, unit process, database, capital equipment, temporal, geographical and technology coverage, product system, cut-off, environmental load, **EL**, allocation procedures, allocation factor, impact category, classification, characterisation factor, **CF**, characterisation impact, **CI**, normalisation, grouping, weighting, data aggregation, elementary flow, reporting, problem-oriented, damage-oriented, mid point approach, end point approach, **SETAC**, significant issues, comprising completeness, sensitivity and consistency checks)