



ETICA PER LA PROGETTAZIONE

Analisi ciclo di vita dei prodotti

Prof. Antonella Valvassori
antonella.valvassori@unipv.it



ONU – Agenda 2030

25 settembre 2015



ONU – Agenda 2030

Obiettivo 9: Costruire un'infrastruttura resiliente e promuovere l'innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile

Gli investimenti in infrastrutture – trasporti, irrigazione, energia e tecnologie dell'informazione e della comunicazione – sono cruciali per realizzare lo sviluppo sostenibile e per rafforzare le capacità delle comunità in molti paesi. Si riconosce ormai da tempo che la crescita della produttività e dei redditi, così come migliori risultati nella sanità e nell'istruzione, **richiedono investimenti nelle infrastrutture.**

Lo sviluppo industriale inclusivo e sostenibile è la prima fonte di generazione di reddito; esso permette un aumento rapido e sostenuto del tenore di vita delle persone e fornisce soluzioni tecnologiche per **un'industrializzazione che rispetti l'ambiente.**

Il progresso tecnologico è alla base degli sforzi per raggiungere obiettivi legati all'ambiente, come **l'aumento delle risorse e l'efficienza energetica.** Senza tecnologia e innovazione, non vi sarà industrializzazione, e senza industrializzazione non vi sarà sviluppo.

Traguardi

9.1 **Sviluppare infrastrutture di qualità, affidabili, sostenibili e resilienti** – comprese quelle regionali e transfrontaliere – per supportare lo sviluppo economico e il benessere degli individui, con particolare attenzione ad un accesso equo e conveniente per tutti

9.4 Migliorare entro il 2030 le infrastrutture e riconfigurare in modo sostenibile le industrie, **umentando l'efficienza nell'utilizzo delle risorse e adottando tecnologie e processi industriali più puliti e sani per l'ambiente**, facendo sì che tutti gli stati si mettano in azione nel rispetto delle loro rispettive capacità

9.5 Aumentare la ricerca scientifica, migliorare le capacità tecnologiche del settore industriale in tutti gli stati – in particolare in quelli in via di sviluppo – nonché **incoraggiare le innovazioni** e incrementare considerevolmente, entro il 2030, il numero di impiegati per ogni milione di persone, nel settore della ricerca e dello sviluppo e la spesa per la ricerca – sia pubblica che privata – e per lo sviluppo

Fonte: <https://unric.org/it/agenda-2030/>



ONU – Agenda 2030

Obiettivo 12: Garantire modelli sostenibili di produzione e di consumo

Per consumo e produzione sostenibili si intende la promozione dell'efficienza delle risorse e dell'energia, di infrastrutture sostenibili, così come la garanzia dell'accesso ai servizi di base, a lavori dignitosi e rispettosi dell'ambiente e a una migliore qualità di vita per tutti. La sua attuazione contribuisce alla realizzazione dei piani di sviluppo complessivi, **alla riduzione dei futuri costi economici, ambientali e sociali**, al miglioramento della competitività economica e alla riduzione della povertà.

Il consumo e la produzione sostenibile puntano a “fare di più e meglio con meno”, aumentando i benefici in termini di benessere tratti dalle attività economiche, attraverso la **riduzione dell'impiego di risorse, del degrado e dell'inquinamento nell'intero ciclo produttivo**, migliorando così la qualità della vita. Ciò coinvolge stakeholder differenti, tra cui imprese, consumatori, decisori politici, ricercatori, scienziati, rivenditori, mezzi di comunicazione e agenzie di cooperazione allo sviluppo.

E' necessario per questo un **approccio sistematico e cooperativo tra soggetti attivi nelle filiere, dal produttore fino al consumatore.**

Ciò richiede inoltre di coinvolgere i consumatori in iniziative di sensibilizzazione al consumo e a **stili di vita sostenibili**, offrendo loro adeguate informazioni su standard ed etichette, e coinvolgendoli, tra le altre cose, nell'approvvigionamento pubblico sostenibile.

Traguardi

12.2 Entro il 2030, raggiungere la **gestione sostenibile e l'utilizzo efficiente delle risorse naturali**

12.4 Entro il 2030, raggiungere **la gestione eco-compatibile di sostanze chimiche e di tutti i rifiuti durante il loro intero ciclo di vita**, in conformità ai quadri internazionali concordati, e ridurre sensibilmente il loro rilascio in aria, acqua e suolo per minimizzare il loro impatto negativo sulla salute umana e sull'ambiente

12.5 Entro il 2030, ridurre in modo sostanziale la produzione di rifiuti attraverso **la prevenzione, la riduzione, il riciclo e il riutilizzo**

12.6 Incoraggiare le imprese, in particolare le grandi aziende multinazionali, ad adottare pratiche sostenibili e ad integrare le informazioni sulla **sostenibilità nei loro resoconti annuali**

EFFICACIA

Impegno nell'incremento dei realizzi, legati agli obiettivi aziendali.
E' più efficace l'azienda che meglio soddisfa i bisogni
per i quali ha scelto di operare

ECONOMICITA'

Esprime la relazione esistente tra
il valore delle risorse impiegate
nella gestione delle aziende e il
valore delle risorse generate dal
processo produttivo che
nell'azienda si svolge

EFFICIENZA

Uso accorto dei fattori della produzione al fine del contenimento
degli sprechi senza detrimento della qualità.
Consente di ottenere parità di risultati con minore impiego di fattori produttivi.

Valutazione del Ciclo di Vita: LCA (Life Cycle Assessment) –
*compilazione e valutazione attraverso tutto il ciclo di vita degli
elementi in ingresso e in uscita di un sistema di prodotto, nonché i
potenziali impatti ambientali.*

(Fonte: Norma UNI EN ISO 14040)

LCA - strumento utilizzato per analizzare gli impatti ambientali di un prodotto lungo tutte le fasi del suo ciclo di vita utile:

- estrazione delle materie prime
- lavorazione dei materiali
- assemblaggio del prodotto
- utilizzo del prodotto
- smaltimento finale.



cradle to grave (“dalla culla alla tomba”) dall’estrazione delle materie prime fino al ritorno alla terra sotto forma di rifiuti

Le implicazioni ambientali coprono tutti i tipi di impatto sull’ambiente, come il consumo di risorse e l’emissione di sostanze inquinanti e pericolose.

Negli ultimi anni sono state introdotte delle semplificazioni:

from cradle to gate (dalla culla al cancello): dall'estrazione delle materie prime fino alla produzione e all'assemblaggio del prodotto nell'azienda che lo immette sul mercato, lo studio esclude la fase di utilizzo e di smaltimento del prodotto;

from gate to gate (dal cancello al cancello): si considera solo ciò che sta all'interno dei "cancelli dell'azienda", si escludono gli approvvigionamenti e la distribuzione del prodotto finito: lo studio analizza le fasi di fabbricazione e assemblaggio del prodotto;



from cradle to cradle (dalla culla alla culla): tiene conto del fine vita del prodotto attraverso il recupero di energia e materiali, nell'ottica di diminuire la quantità di rifiuti da inviare allo smaltimento in discarica.

gate to grave: include le fasi relative alla distribuzione, uso e smaltimento a fine utilizzo

Origini e sviluppo della LCA



Fine anni '60: la preoccupazione per la crescente esauribilità delle risorse fossili, induce a redigere i primi studi sul consumo delle risorse nei processi industriali.

Anni '70: La crisi energetica degli anni '70 e poi la difficoltà a gestire i rifiuti, stimolano la messa a punto di nuove metodologie più virtuose. Lo studio base per la metodologia odierna, riguarda uno studio comparativo su 9 diversi contenitori per bevande e venne pubblicato nel 1974 dal Midwest Research Institute.

Per la prima volta lo studio è applicato ad un **prodotto** e non più ad un singolo processo industriale.

Vengono realizzati gli studi da REPA (**R**esource and **E**nvironmental **P**rofile **A**nalysis) per Coca Cola Company e Mobil Chemical Company

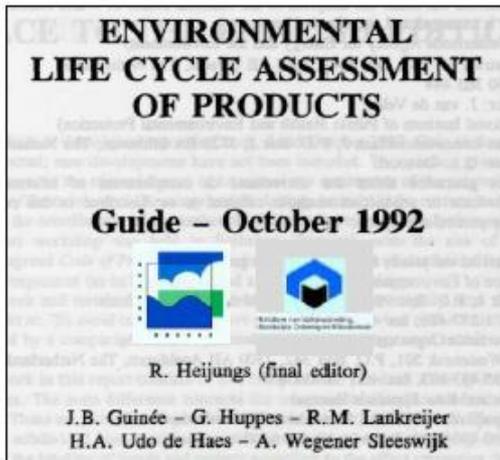


Origini e sviluppo della LCA

Anni '80: Viene pubblicato il manuale di Analisi Energetica Industriale (Boustead et al., 1979).

Cresce sempre di più la sensibilità ambientale.

Anni '90: Primi congressi mondiali di SETAC (**S**ociety of **E**nvironmental **T**oxicology and **C**hemistry), forum scientifico internazionale della LCA.



CML Guide

Si avvia un processo di standardizzazione per l'unificazione delle procedure che realizza la pubblicazione di manuali da parte di diversi gruppi di ricerca e la pubblicazione della norma ISO 14040 nel 1997

Chi richiede uno studio LCA?che parte da approccio LCT

Industrie e aziende

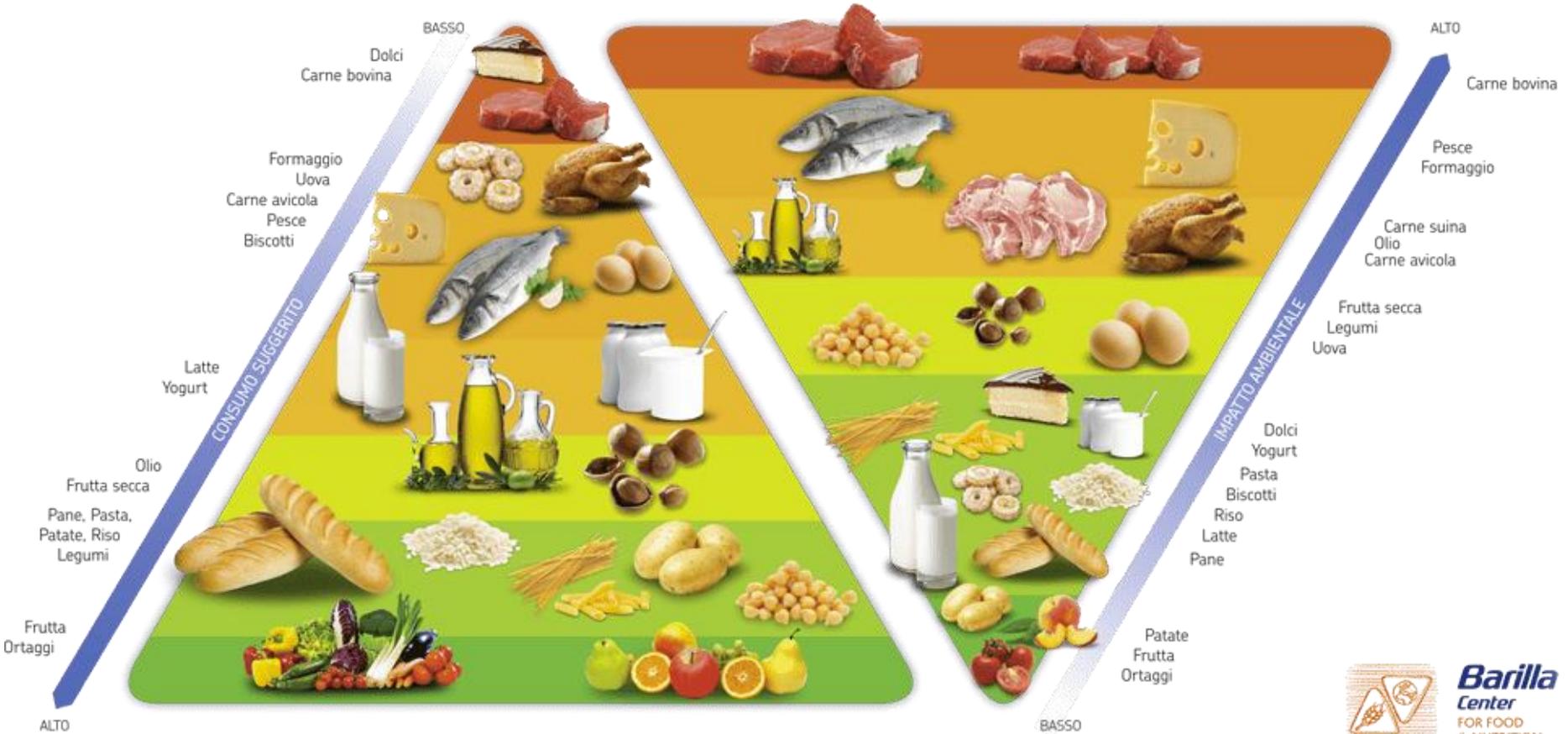
Enti pubblici (Nazionali, Regionali, Locali)

ONG (es. associazioni di consumatori, ambientaliste, ecc)

LCA è uno strumento utile alle imprese per:

- identificare le ***opportunità di miglioramento*** dal punto di vista ambientale, sia per l'ottimizzazione dell'impiego delle risorse
- commercializzare un prodotto mediante una dichiarazione o un sistema di ***etichettatura ambientale***, migliorando l'immagine, le relazioni con le istituzioni, ecc.

PIRAMIDE AMBIENTALE



PIRAMIDE ALIMENTARE



FONDAZIONE BCFN © 2015

Impronta idrica della Piramide Alimentare



La Piramide ambientale analizza LCA completo dei cibi, valutandone l'impatto ambientale in relazione a:

- Emissione di gas serra (Carbon footprint)
- Uso delle risorse idriche (Water footprint)
- Uso del territorio (Ecological footprint)

Perchè richiedono uno studio LCA?

Enti pubblici (Nazionali, Regionali, Locali)

Come appoggio tecnico e supporto per:

- eco-labelling (etichettatura eco-sostenibile)
- definizione di sussidi e tassazioni
- definizione di politiche ambientali
- svolgimento dell'attività di controllo

ONG (es. associazioni di consumatori, ambientaliste, ecc)

Come supporto:

- informativo verso il consumatore
- alla trattazione di tematiche e dibattiti ad interesse pubblico
- alle proposte orientate ad influenzare le decisioni pubbliche e aziendali.

Non sempre
la valutazione del ciclo di vita
garantisce una diminuzione
del consumo energetico o delle emissioni,
ma il riuscire a valutare in modo complessivo un
servizio o un prodotto,
può evitare
l'applicazione di un intervento ritenuto migliorativo
per un aspetto energetico o ambientale,
ma che in realtà
sposta solo il problema
da un punto ad un altro del sistema considerato.

Fasi LCA

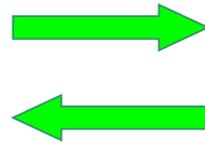
Nella prima fase dello studio devono essere definiti con chiarezza:

obiettivo e campo di applicazione

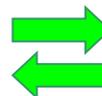
L'obiettivo di una LCA deve stabilire in modo univoco l'applicazione prevista, le motivazioni che inducono a realizzare lo studio e il pubblico di destinazione



Attraverso **l'analisi d'inventario** si quantificano i flussi dei materiali ed dell'energia in entrata ed in uscita di un sistema di prodotto



La **valutazione degli impatti** stima la portata di potenziali impatti ambientali utilizzando i risultati dell'inventario.



Interpretazione e Miglioramento - fase in cui i risultati ottenuti dalla analisi dell'inventario e dalla valutazione d'impatto sono combinati tra loro per trarre conclusioni e raccomandazioni, rivolte a coloro che prendono decisioni, in coerenza con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio.

Fasi della LCA → A - OBIETTIVO (Goal) e CAMPO DI APPLICAZIONE (Scope)

In questa fase viene definita la

ragione per la quale viene effettuato uno studio LCA
e costituisce la fase preliminare.

Prima si devono definire i processi che fanno parte della LCA del sistema analizzato ed individuarne i confini.

Generalmente, nella fase di
“*Goal and scope definition*”
la "partita" si gioca tra il
committente dello studio e l'analista LCA.



Secondo quanto riportato nella **norma UNI EN ISO 14044 2006 (aggiornata 2018 e 2021)** l'obiettivo dello studio deve stabilire chiaramente :

4.2.2

Obiettivo dello studio

Nel definire gli obiettivi di un LCA, i seguenti elementi devono essere chiaramente descritti:

- l'applicazione prevista;
- le motivazioni per effettuare lo studio;
- il tipo di pubblico a cui è destinato, cioè a quali persone si intendono comunicare i risultati dello studio;
- se i risultati sono destinati ad essere usati per effettuare asserzioni comparative destinate alla divulgazione al pubblico.



UNI EN ISO 14044:2006

© UNI

Pagina 7

“un procedimento oggettivo di **valutazione dei carichi energetici ed ambientali** relativi ad un processo o un'attività, effettuato attraverso **l'identificazione dell'energia consumata, dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente.**

La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo **l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale”**

ISO 14001

Standard internazionale riguardante le problematiche ambientali.

L'aspetto innovativo introdotto dalle norme ISO 14000 è stato il passaggio da un atteggiamento "passivo" (affrontare un problema quando questo si pone onde poter restare entro i limiti stabiliti dalle leggi) ad un atteggiamento "attivo".

Lo scopo di queste norme, citato nel loro capitolo introduttivo, è:

“fornire alle organizzazioni i fondamenti di un sistema efficace di gestione ambientale che, integrati con le altre esigenze di gestione, aiutino le organizzazioni a raggiungere i loro obiettivi ambientali ed economici”.

Tale tipologia di norma è redatta per essere applicata ad organizzazioni di ogni tipo e dimensione, adattandosi alle differenti situazioni geografiche, culturali e sociali.

Ragioni (*reason*) per le quali è richiesto uno studio LCA

Uno studio LCA può essere fatto per:

- Confrontare diverse modalità di gestione dei rifiuti.
- Confrontare diverse tipologie di trasporto.
- Valutare le migliori tecnologie possibili.
- Scegliere tra differenti tipi imballaggi
- Pianificare il miglioramento di un prodotto già esistente o progettarne un nuovo.

Chi sono i **destinatari** (*intended audience*) dello studio?

- ✓ Sviluppatori di prodotto (*product developers*)
- ✓ Vertici dirigenziali (*top management*)
- ✓ Amministrazioni pubbliche
- ✓ Clienti privati
- ✓ Altri

Qual è il livello di dettaglio che si vuol ottenere?

Dipende dall'utente finale: se lo studio viene fatto per un uso interno all'azienda (es. migliorare le performance ambientali del prodotto), allora si può fare una LCA semplice; al contrario se lo studio deve essere divulgato l'elaborazione sarà più complessa.

Nel definire il campo di applicazione è necessario considerare e descrivere esplicitamente:

Unità Funzionale

unità funzionale: Prestazione quantificata di un sistema di prodotto da utilizzare come unità di riferimento. *base di calcolo*

Fonte: Norma UNI EN ISO 14040

Misura delle prestazioni funzionali degli output del mio “sistema prodotto” (ciò che sarà confrontato).

L'**unità funzionale** quantifica gli aspetti qualitativi e quantitativi della **funzione** attraverso le domande:

“che cosa” (**what**)?

“quanto” (**how much**)?

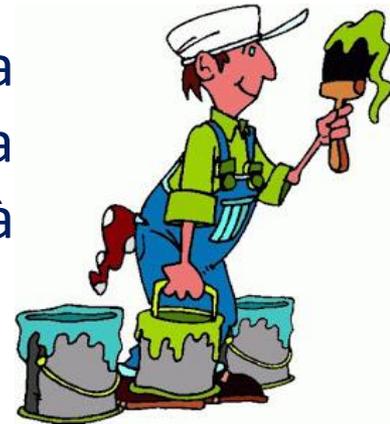
“quale livello di qualità (**how well**)?”

“per quanto tempo” (**for how long**)?

Esempio: tinteggiatura pareti

Unita funzionale = mq di parete da tinteggiare

Dopo aver definito l'unità funzionale, bisogna determinare la quantità di prodotto necessaria a soddisfare la funzione quantificata tramite l'unità funzionale.



Tale quantità è il

flusso di riferimento → litri necessari per coprire la superficie fissata dall'unità funzionale

..... essa

dipende dalle **caratteristiche di performance del prodotto**

Unità funzionale - ESEMPI

LCA di una sedia (riferimento di studio)

Unità funzionale: durata della sedia/

LCA di una bottiglia in PET vs Bottiglia in vetro

Unità funzionale: acqua minerale consumata in Italia annualmente per ogni persona (172 litri/persona)

LCA comparazione prestazioni di 2 detersivi.

Unità funzionale: kg di biancheria pulita per detersivo..... a parità di qualità del «pulito».

L'unità funzionale è indispensabile per comparare i risultati di una LCA. Quando si valutano sistemi differenti, si deve assicurare che il confronto venga fatto su base comune.

Fasi della LCA → B - ANALISI D'INVENTARIO

L'inventario consiste nella descrizione quantitativa di tutti i flussi di materiali ed energia attraverso i confini del sistema sia in ingresso sia in uscita.



Il risultato dell'inventario è la stesura di una tabella d'inventario che mostra tutti gli usi delle risorse, le emissioni associate all'unità funzionale, comprese tutte le sostanze e i concimi chimici impiegati.

L'inventario è costituito da **5** parti:

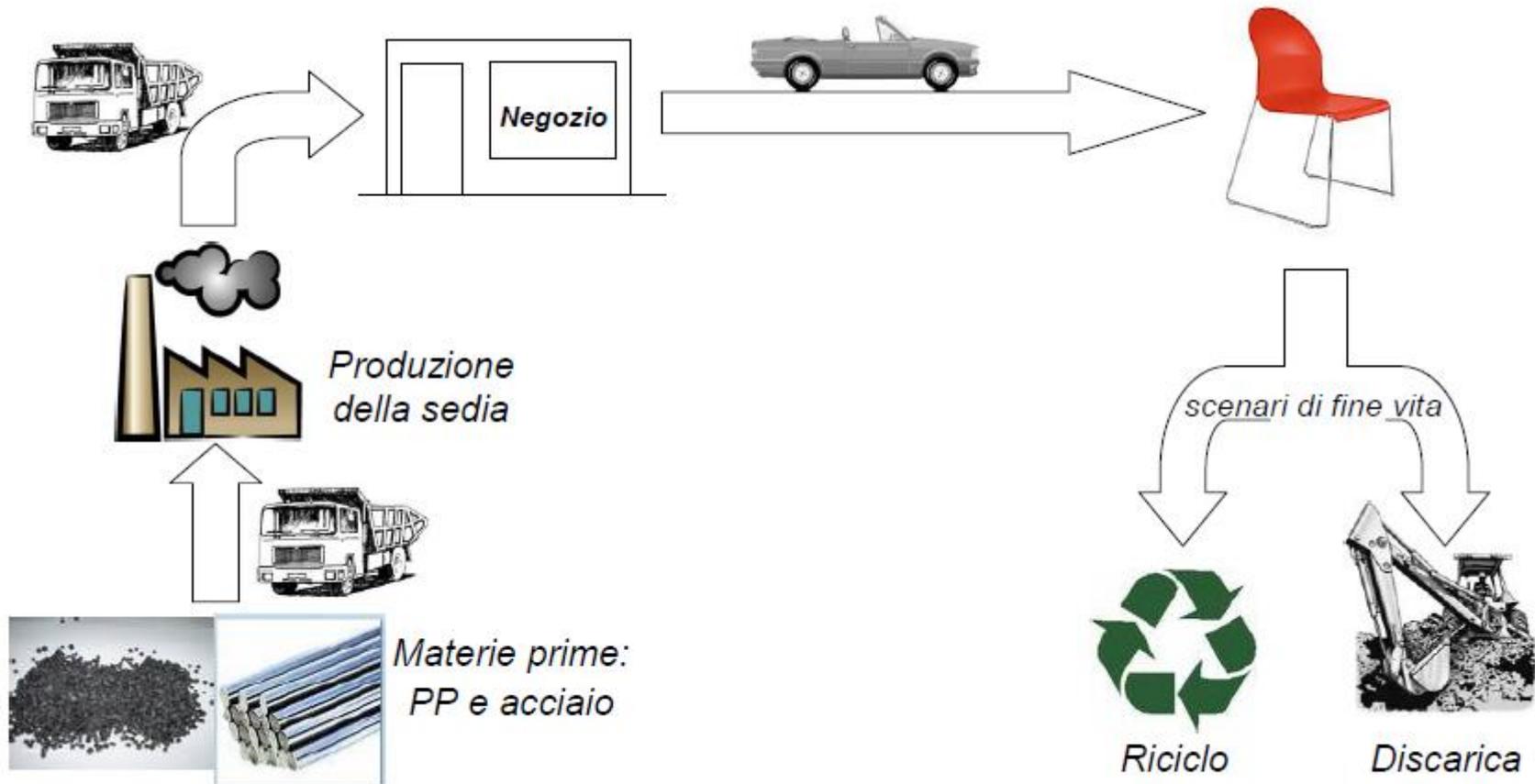
1. Confini del sistema (System Boundaries)
2. Diagramma di flusso (Process Flowchart)
3. Raccolta dati (Collection of Data)
4. Regole di allocazione degli impatti (Allocation Procedures)
5. Elaborazione dei dati (Processin Data).

Ciclo di vita di un prodotto



1- Confini del sistema (livello di dettaglio)

Confini del sistema per una LCA semplificata di una sedia con la seduta in polipropilene PP e la struttura in acciaio



Prima di inserire i dati nel software è necessario definire i confini del sistema e costruire un diagramma di flusso del processo completo.

2- Diagramma di Flusso / Inventario

Lo schema più rappresentativo tiene conto di:

1. Produzione principale
2. Produzione secondaria e co-prodotto
3. Produzione dei materiali ausiliari
4. Produzione di energia
5. Consumo di energia
6. Trasporti
7. Trattamento rifiuti

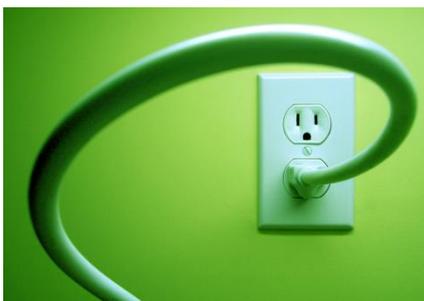
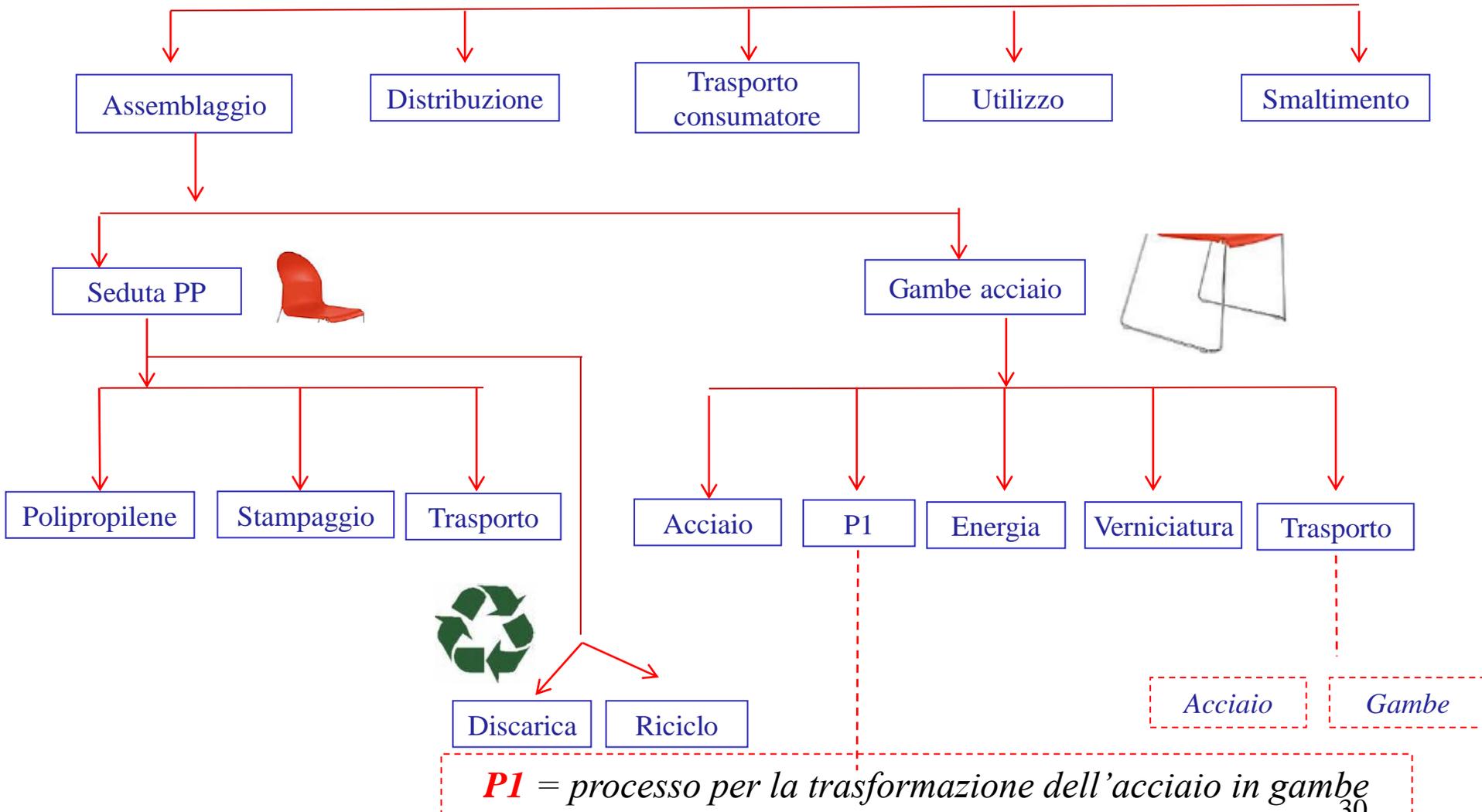


Diagramma di flusso per una LCA semplificata di una sedia con la seduta in polipropilene PP e la struttura in acciaio

LCA

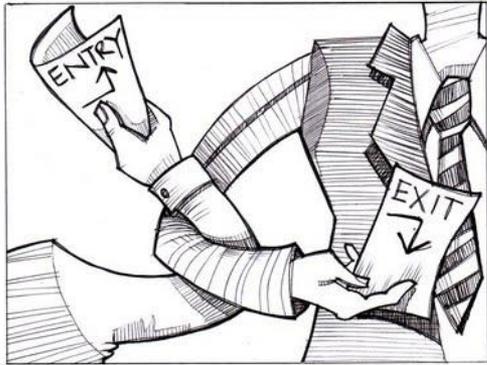


NB - Nel diagramma di flusso le scatole rappresentano le componenti del sistema mentre le frecce rappresentano i flussi di materiali.



3- Raccolta Dati

I dati si riferiscono ai flussi in ingresso (INPUT) e quelli in uscita (OUTPUT).



Lo scopo è quello di redigere un vero e proprio bilancio ambientale, in questa fase bisogna fare attenzione alla qualità del dato.

I dati raccolti possono essere distinti in **tre categorie**:

- Dati primari: si effettuano dei rilevamenti diretti oppure si recuperano da certificati di analisi ufficiali (MUD, analisi di laboratorio).
- Dati secondari: recuperati dalla letteratura ad esempio: riviste, libri, database.
- Dati terzo livello: provenienti da stime e valori medi.

Come si cercano i dati che servono?



- Conoscenza diretta
- Librerie e banche dati
- Internet

- Motori di ricerca scientifici
- Contatti telefonici
- Sperimentazione diretta
- Consigli richiesti ai fornitori di dati, a colleghi o conoscenti, etc.

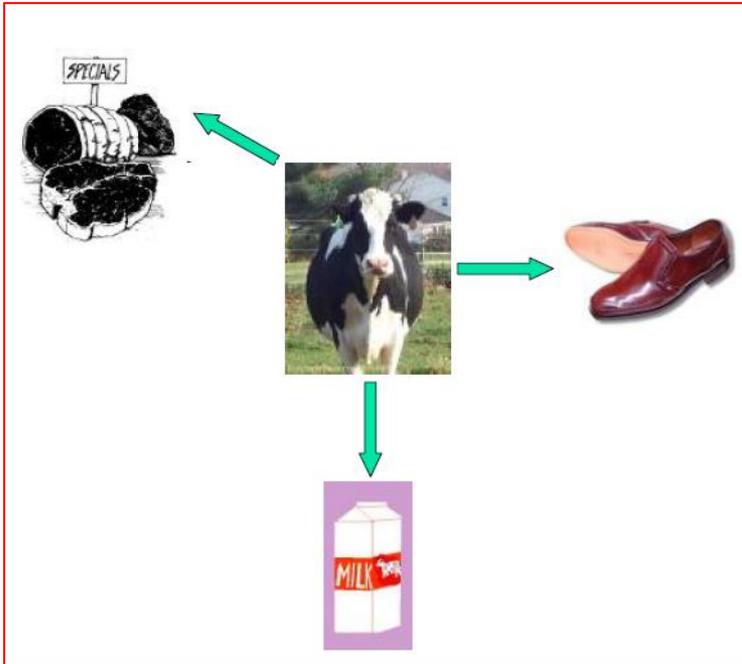


Esempio scheda raccolta dati

STUDIO DI VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI AMBIENTALI ASSOCIATI ALLA COLTIVAZIONE DI SOIA DA AGRICOLTURA CONVENZIONALE	
obiettivo dello studio	
<p>Lo studio mira a valutare gli impatti ambientali associati alle varie fasi di coltivazione convenzionale della soia. I dati richiesti sono perciò suddivisi per le diverse fasi che si susseguono durante un ciclo di coltivazione. Perché lo studio abbia valore generale è importante riferire i dati richiesti ad <u>un ettaro</u> di terreno coltivato</p> <p>NOTA: riportati in <i>corsivo</i> (ed eventualmente anche tra parentesi) i dati primari comunicati, che hanno permesso il calcolo diretto degli altri dati.</p>	
INFORMAZIONI GENERALI	
PRODOTTO COLTIVATO : TIPO DI COLTIVAZIONE (convenzionale, biologica) : ZONA COLTIVATA : TIPOLOGIA DEL TERRENO COLTIVATO : ANINATA DI RIFERIMENTO DEI DATI RACCOLTI :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : ARATURA	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : ORE LAVORO [ore/ha] :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : ERPICATURA DI SGROSSATURA	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : ORE LAVORO [ore/ha] :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : CONCIMAZIONE	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : (*) CONCIME USATO : QUANTITA' DI CONCIME SPARSA [kg/ha] : ORE LAVORO [ore/ha] : SCARTI E RIFIUTI (tipologia e quantità) :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : ERPICATURA DI FINISSAGGIO	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : ORE LAVORO [ore/ha] :	

<i>fase del processo di coltivazione</i> : SEMINA	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : (*) Q.TA' DI SEMENTI TRATTATE USATE [kg/ha] : INDICE DI GERMINABILITA' DELLE SEMENTI [%] : ORE LAVORO [ore/ha] : SCARTI E RIFIUTI (tipologia e quantità) :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : TRATTAMENTO INFESTANTI	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : (*) DISERBANTI USATI : QUANTITA' DI DISERBANTE USATA [kg/ha] : QUANTITA' DI ACQUA USATA PER IL DOSAGGIO DEI DISERBANTI [litri/kg di diserb.] : ORE LAVORO [ore/ha] : SCARTI E RIFIUTI (tipologia e quantità) :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : SARCHIATURA	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : ORE LAVORO [ore/ha] :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : TRATTAMENTI ANTIPARASSITARI	
MOTTRICE USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : (*) TIPI DI ANTIPARASSITARI USATI (fungicidi, acaricidi, anticriptogamici...) [kg]: QUANTITA' DI ANTIPARASSITARIO USATO [l/ha] : Q.TA' DI ACQUA USATA PER IL DOSAGGIO [l/ha] : ORE LAVORO [ore/ha] : SCARTI E RIFIUTI (tipologia e quantità) :	
<i>fase del processo di coltivazione</i> : RACCOLTA	
TIPO MIETITREBBIA USATA (tipo e potenza del mezzo) : CARBURANTE USATO: CARBURANTE CONSUMATO [litri/ettaro] : RIESA RACCOLTA [kg/ha] : QUANTITA' RESIDUO ORGANICO (STOCCHI DI SOIA) [kg/ha] : ORE LAVORO [ore/ha] :	
<i>processi di</i> MANUTENZIONE DEI MEZZI	
Indicare per ogni mezzo il tipo di manutenzione svolto e le quantità di materiale usato. Compilare la scheda allegata "Manutenzioni mezzi" (*) Allegare la scheda tecnica relativa	

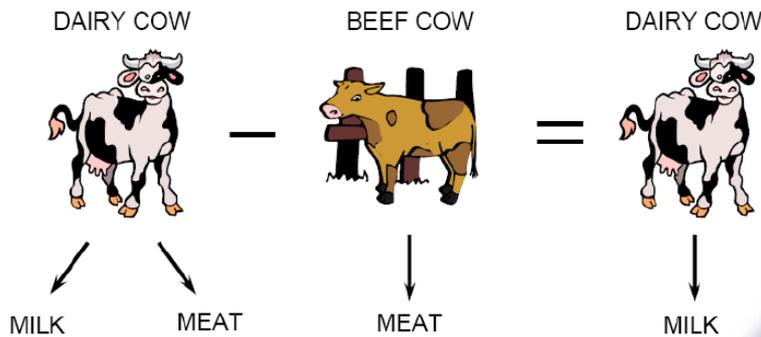
4- Regole di allocazione degli impatti



Per alcuni processi industriali si producono più beni e si riciclano i prodotti intermedi o di scarto come fossero materie prime. I flussi di materia ed energia devono quindi essere allocati ossia ripartiti, ai differenti prodotti secondo procedure chiaramente definite.

Lo studio di LCA deve individuare i **processi condivisi** e analizzarli con procedure specifiche.

L'allocazione può essere fatta seguendo diversi criteri:



Ove possibile si dovrebbe evitare l'allocazione attraverso divisione di unità di processo da allocare in più sottoprocessi; meglio sarebbe separare il sistema di prodotti per evidenziare le co-produzioni

Quando l'allocazione è inevitabile, si devono impiegare relazioni fisiche chiare per il riparto (in base alla massa, al volume,...)

Se le relazioni fisiche non sono chiare usare altre relazioni, per esempio il valore economico dei co-prodotti (poco utilizzato).

5- Elaborazione dei Dati

I dati raccolti in relazione al ciclo produttivo sono inseriti in un software dedicato che crea una tabella d'impatti ambientali causati dall'unità funzionale in studio, la TABELLA dell'INVENTARIO.

Software utilizzati per lo studio LCA

SimaPro
Umberto
ECO-it
ECO-edit

SimaPro 

ATHENA Model
KCL-ECO 3.01
Design System 4.0
GaBi 4
LCAiT - CIT Ekologik
PTLaserTM

EcoScan 3.0
TEAM™
EcoLab



I dati raccolti relativi al ciclo produttivo vengono inseriti in un *software dedicato* che crea la tabella degli impatti ambientali causati dall'unità funzionale allo studio, stilando così la Tabella dell'Inventario

Documentazione | **Input/Output** | Parametri | Descrizione del sistema

Prodotti

Output noti a tecnosfera. Prodotti e coprodotti

Nome	Quantità fisica	Unità di misura	Quantità fisica	% Allocazioni	Tipo rifiuto	Categoria	Commento
GAMBE IN ACCIAIO	2	kg	Mass	100 %	Steel	SEDIA	
(Inserisci linea qui)							

Output noti a tecnosfera. Prodotti evitati

Nome	Quantità fisica	Unità di misura	Distribuzione	SD ^{^2} o 2 [°] SD	Min	Max	Commento
(Inserisci linea qui)							

Input

Input noti da natura (risorse)

Nome	Sottocompartimento	Quantità fisica	Unità di misura	Distribuzione	SD ^{^2} o 2 [°] SD	Min	Max	Commento
(Inserisci linea qui)								

Input noti da tecnosfera (materiali/combustibili)

Nome	Quantità fisica	Unità di misura	Distribuzione	SD ^{^2} o 2 [°] SD	Min	Max	Commento
Steel, low-alloyed, at plant/RER S	2	kg	Non definito				
(Inserisci linea qui)							

Input noti da tecnosfera (elettricità/calore)

Nome	Quantità fisica	Unità di misura	Distribuzione	SD ^{^2} o 2 [°] SD	Min	Max	Commento
lavorazione acciaio	2	kg	Non definito				
Electricity, medium voltage, at grid/IT S	4	MJ	Non definito				
Powder coating, steel/RER S	0,3	m2	Non definito				
Transport, lorry >32t, EURO3/RER S	2*300 = 600	kgkm					
Transport, lorry 16-32t, EURO3/RER S	2*100 = 200	kgkm					
(Inserisci linea qui)							

Output

Emissioni nell'aria

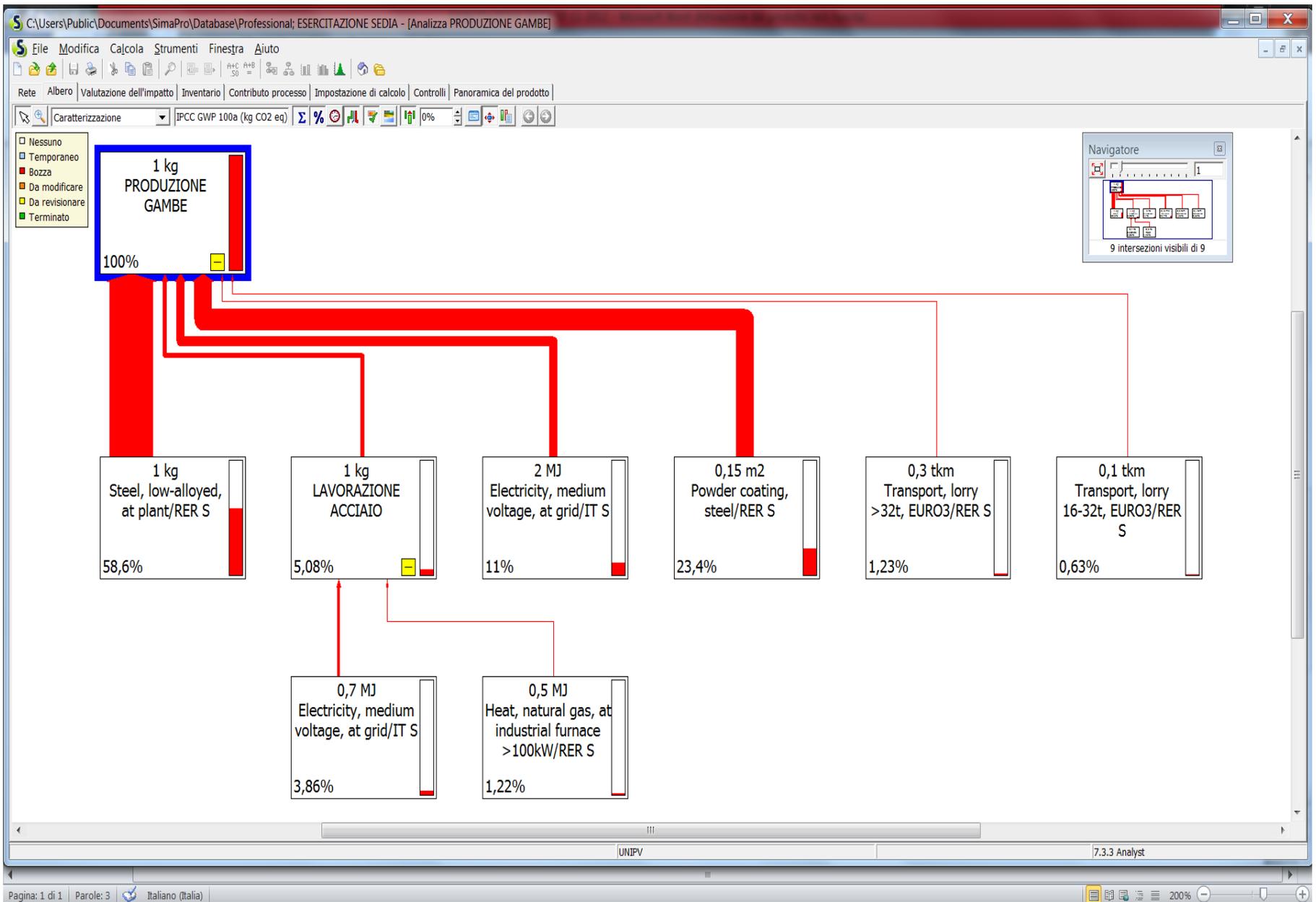
Nome	Sottocompartimento	Quantità fisica	Unità di misura	Distribuzione	SD ^{^2} o 2 [°] SD	Min	Max	Commento
(Inserisci linea qui)								

Emissioni in acqua

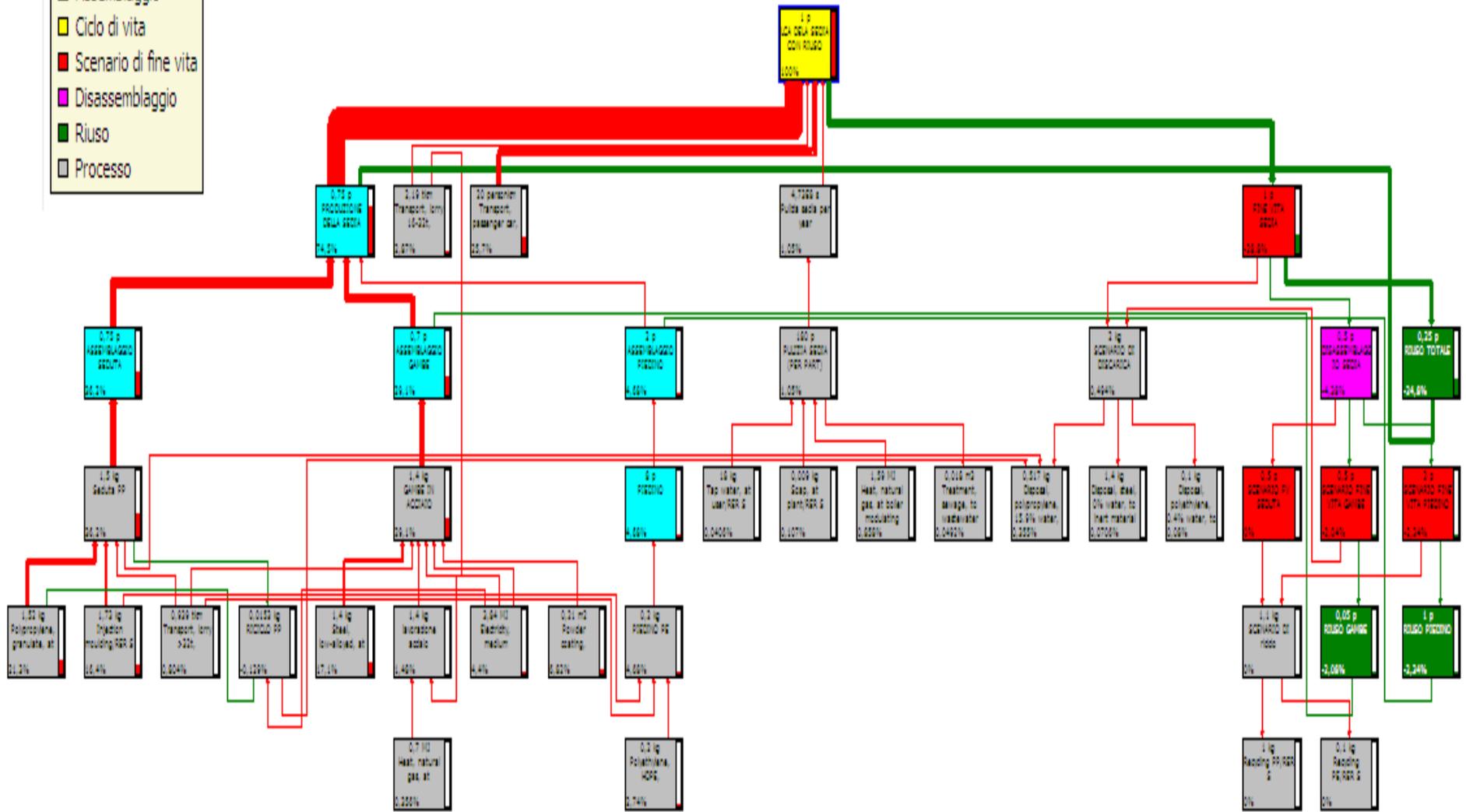
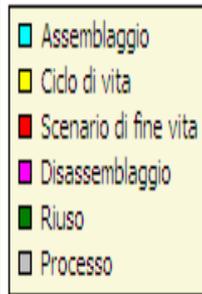
Nome	Sottocompartimento	Quantità fisica	Unità di misura	Distribuzione	SD ^{^2} o 2 [°] SD	Min	Max	Commento
(Inserisci linea qui)								

Emissioni nel terreno

training 2B | 7.3.0 Analyst



Albero dei processi per il ciclo di vita completo



Fasi della LCA → C - VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI

Le informazioni ottenute nell'analisi dell'inventario vengono classificate e aggregate nelle diverse categorie d'impatto a seconda degli effetti che possono avere sull'ambiente a livello locale, regionale o su scala globale.

I punti principali di questa fase sono:

1. Classificazione
2. Caratterizzazione } Obbligatorie ai sensi della Norma 14040

3. Normalizzazione

4. Pesatura

Impatto ambientale:

intervento di una
sostanza sull'ambiente
o sull'uomo.

1. Classificazione

In questa fase i dati dell'Inventario sono suddivisi in categorie d'impatto, riconducibili a tre grandi **categorie di danno:**

Categoria 1. Esaurimento delle risorse

Categoria 2. Salute umana

Categoria 3. Conservazione dell'ambiente

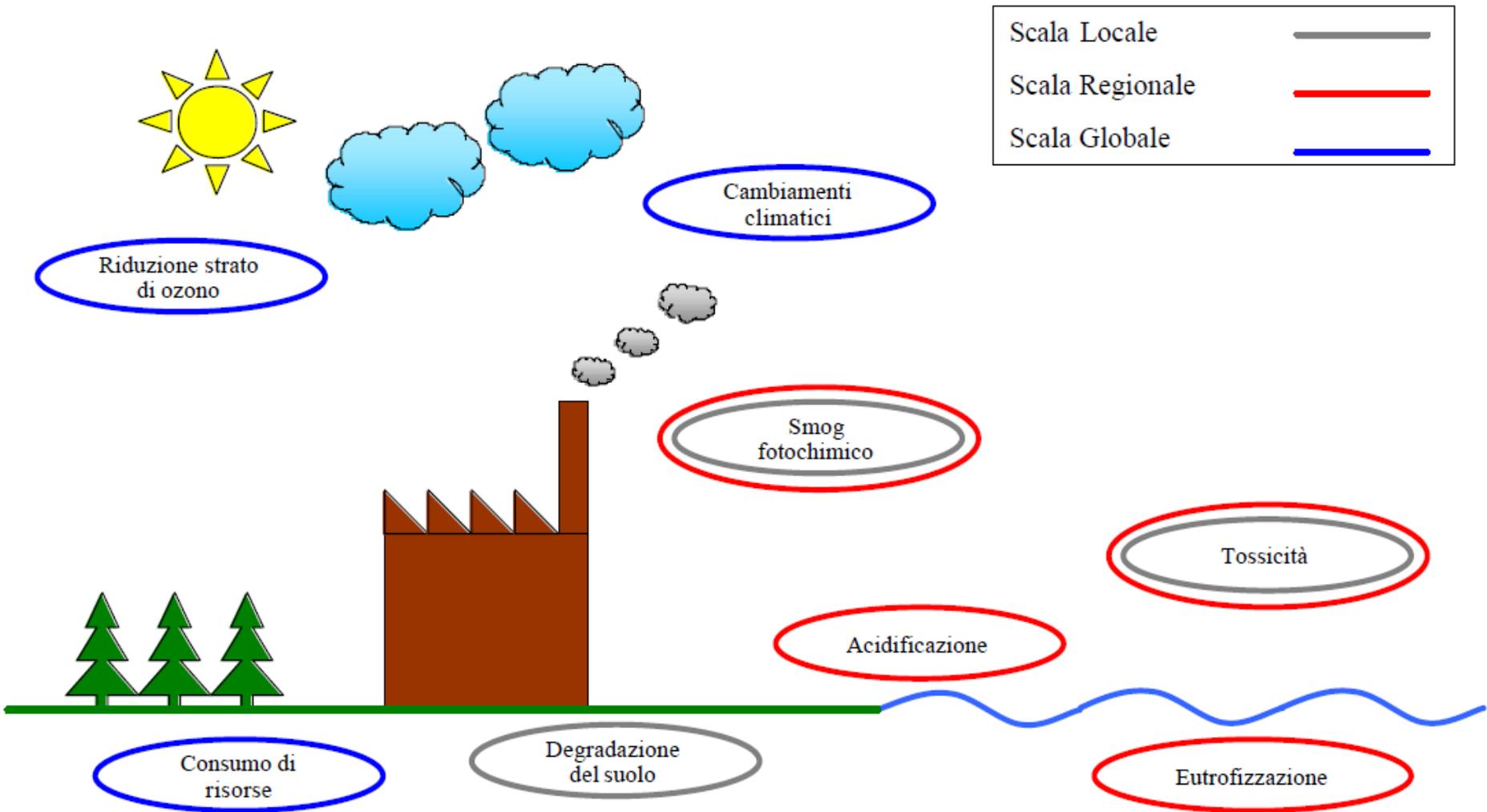
Le informazioni ottenute nell'analisi dell'inventario vengono classificate e aggregate nelle diverse categorie d'impatto a seconda degli effetti che possono avere sull'ambiente a livello locale, regionale o su scala globale.

1. Classificazione

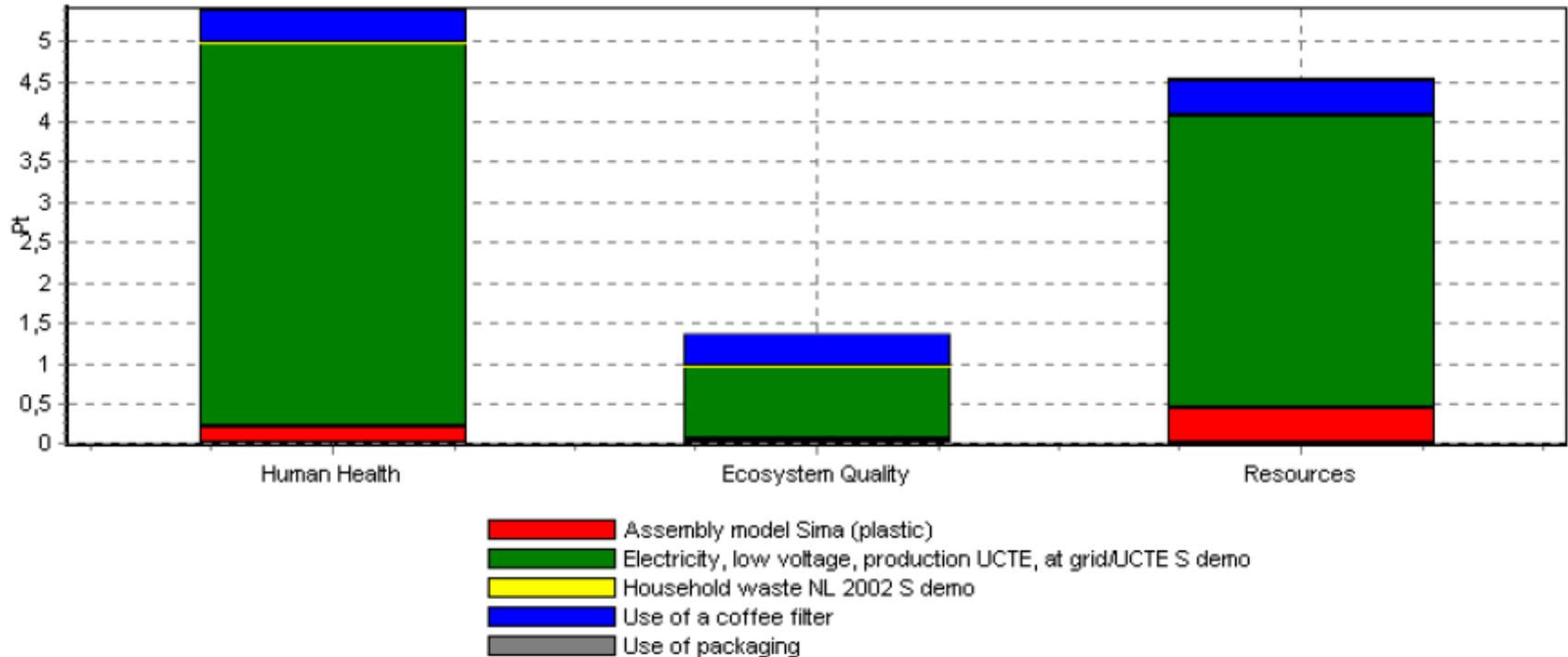
- Categoria 1. Esaurimento delle risorse, espresso come surplus di energia necessaria per la futura estrazione di minerali e combustibili fossili.
- Categoria 2. Salute umana espresso come il numero di anni di vita persi ⁽¹⁾ e il numero di anni vissuti in condizioni di disabilità ⁽²⁾.

[(1)e (2) sono combinati nel cosiddetto DALYs, Disability Adjusted Life Years, un indice usato anche dalla Banca Mondiale, OMS e WHO, World Health Organization)]

- Categoria 3. Conservazione dell'ambiente espresso come la perdita di specie presenti in una certa area durante un determinato periodo di tempo

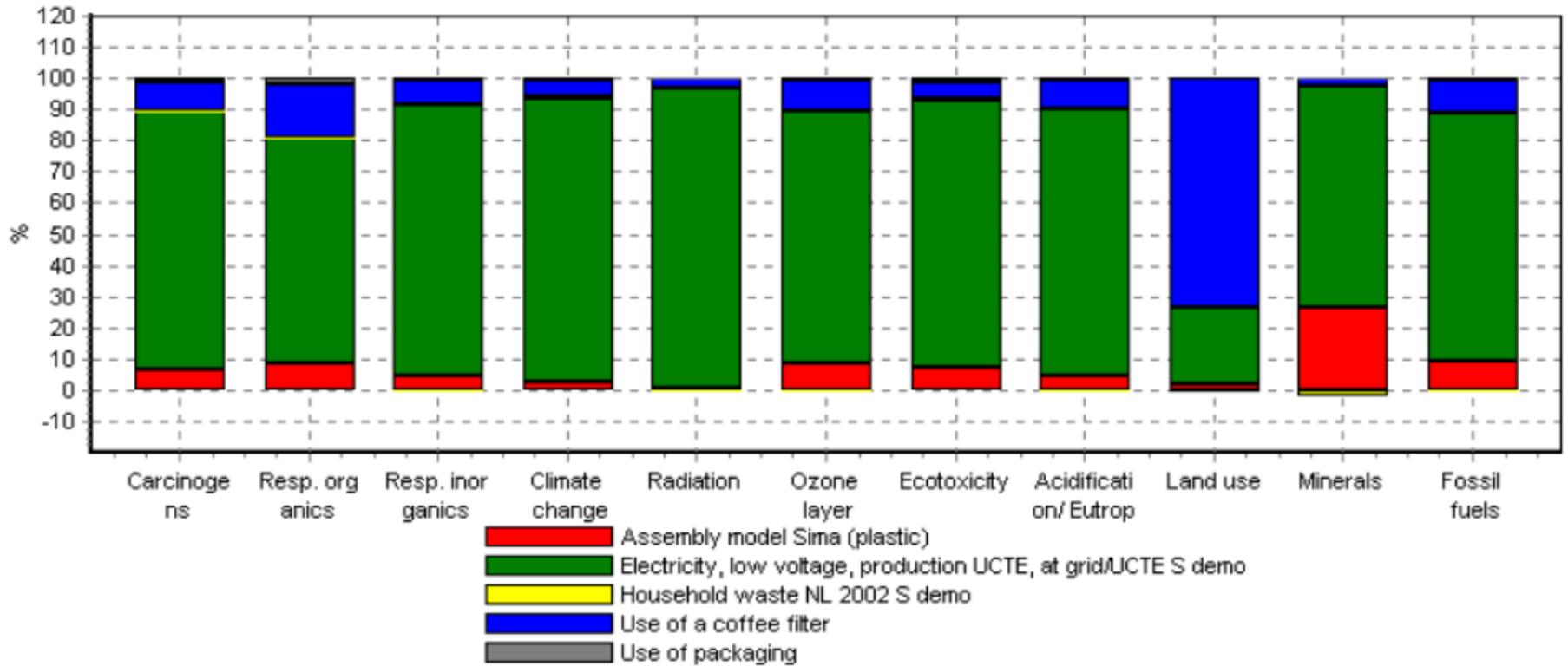


Valutazione degli impatti



Analyzing 1 p life cycle 'Life cycle model Sima (plastic)'; Method: Eco-indicator 99 (H) V2.1 / Europe EI 99 H/A / weighting

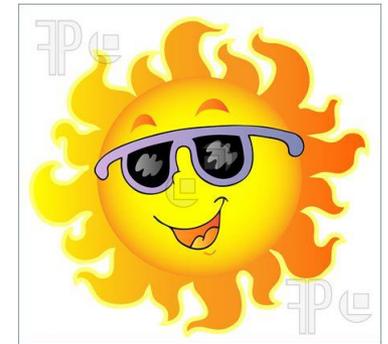
Valutazione impatti: macchina del caffè



Analyzing 1 p life cycle 'Life cycle model Sima (plastic)'; Method: Eco-indicator 99 (H) V2.1 / Europe EI 99 H/A / characterization

Le **categorie d'impatto** possono essere divise di due tipi:

categorie di input: riguardano gli impatti connessi con le risorse e i materiali utilizzati e consumati (combustibili fossili, minerali, acque sotterranee e superficiali, sabbia, ghiaia, energia solare, vento, legname, biomassa, l'uso del territorio);



categorie di output si riferiscono agli impatti causati dai rilasci di varie sostanze nell'ambiente (l'effetto serra, l'assottigliamento dello fascia di ozono, la tossicità umana, l'ecotossicità, la formazione di smog fotochimico, l'acidificazione)



Potenziale impoverimento delle risorse materiali ed energetiche: il consumo di risorse (materie prime) si riferisce al fatto che le attività umane riducono le riserve e le risorse non rinnovabili correndo il rischio che in futuro non possano più essere utilizzate come input nel sistema produttivo.

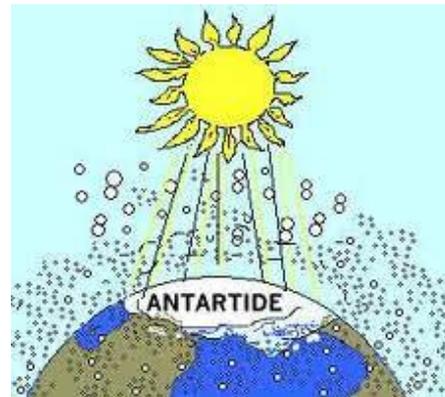


Come indicatore si utilizza l'Abiotic Depletion Factor (fattore di esaurimento abiotico, ADF): si determina stimando le riserve disponibili per le risorse considerate.



Oggi 1 miliardo e mezzo di persone non ha accesso all'acqua potabile.

Potenziale impoverimento dello strato d'ozono (ODP: Ozone Depletion Potential). Si utilizza il metodo sviluppato dal World Meteorological Organisation (Organizzazione Meteorologica Mondiale), che definisce il potenziale di esaurimento dell'ozono stratosferico di diversi gas, espressi tutti in kg CFC-11 equivalenti / kg emissione.



Potenziale riscaldamento globale (effetto serra). (GWP: Global Warming Potential).

L'indicatore per l'effetto serra è espresso in kg di CO₂ equivalenti ed è calcolato secondo la formula:
effetto serra = $\sum_i \mathbf{GWP}_i \times m_i$



I potenziali di riscaldamento globale dipendono dal tempo di esposizione, l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) ha compilato un elenco di valori dei GWP per differenti periodi di esposizione (20, 100 e 500 anni).

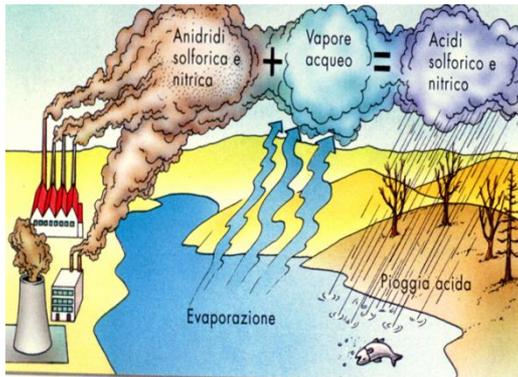
m_i = massa di sostanza i
rilasciata nell'ambiente
(kg).

GHG (Greenhouse gases)	GWP (kg CO2 eq.)
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC (R-134 a)	1.300
HCFC (R-142 b)	1.650
FREON	9.300



Ecotossicità delle acque e del suolo: Le emissioni di metalli pesanti (in particolare il Nickel, presente nei fertilizzanti chimici) hanno un contributo significativo sull'*ecotossicità terrestre*.





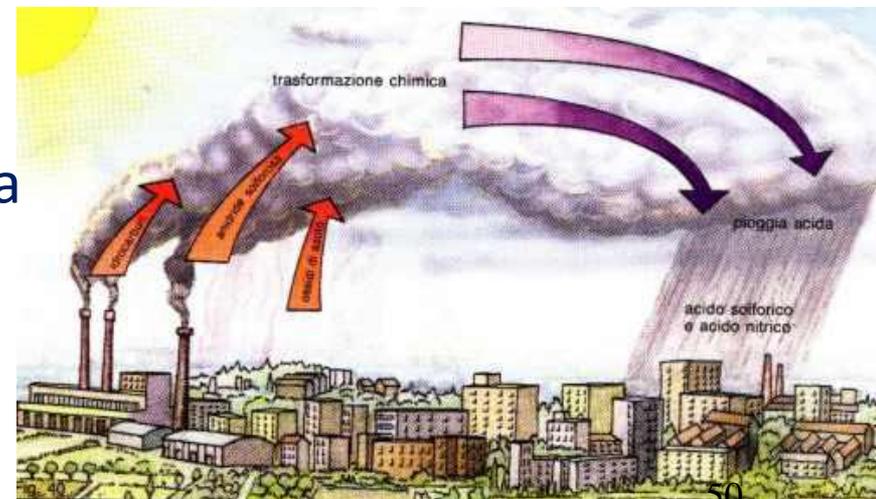
Acidificazione: la quantificazione degli impatti provocati da questo fenomeno avviene attraverso fattori di caratterizzazione denominati potenziali di acidificazione (Acidification Potential), che convertono tutte le emissioni in kg di SO₂ equivalenti.

L'indicatore dell'acidificazione è espresso in kg di SO₂ equivalente emessi:

$$\text{acidificazione} = \sum_i \mathbf{AP}_i \times \mathbf{m}_i$$

AP_i = potenziale di acidificazione della sostanza i (kg SO₂ eq. kg⁻¹)

m_i = massa di sostanza i rilasciata nell'atmosfera (kg).



Tossicità per l'uomo e per l'ambiente: questo indicatore riferisce agli effetti di sostanze tossiche, presenti nell'ambiente, sulla salute umana.



È espresso in kg di 1,4 diclorobenzene equivalenti:
 tossicità umana = $\sum_i \text{HTPi} \times m_i$

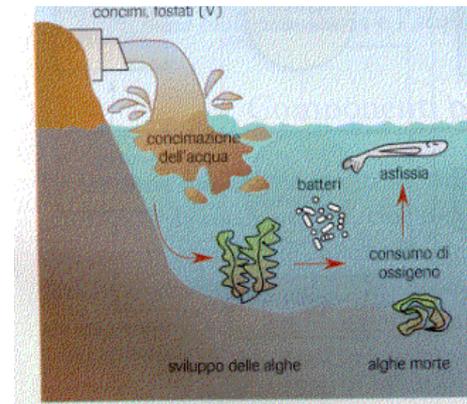
Inquinante	HTP _∞ (kg 1,4-DCB eq. kg ⁻¹)	Inquinante	HTP _∞ (kg 1,4-DCB eq. kg ⁻¹)
Diossine (I-TEQ)	1,9E+09	HF	2,9E+03
Cr ⁶⁺	3,4E+06	Benzene	1,9E+03
IPA	5,7E+05	Cr ³⁺	6,5E+02
As	3,5E+05	Pb	4,7E+02
Cd	1,5E+05	Zn	1,0E+02
Se	4,8E+04	NO _x (come NO ₂)	1,2E+00
Ni	3,5E+04	PM ₁₀	8,2E-01
Cobalto	1,7E+04	HCl	5,0E-01
V	6,2E+03	H ₂ S	2,2E-01
Hg	6,0E+03	NH ₃	1,0E-01
Cu	4,3E+03	SO ₂	9,6E-02

m_i = massa di sostanza i rilasciata nell'atmosfera (kg).

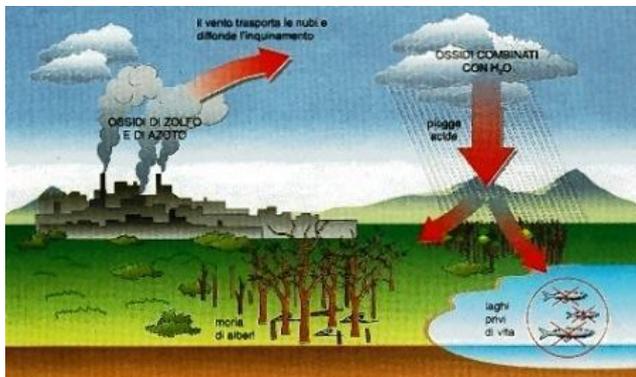


(FONTE: FRISCHKNECHT ET AL., 2007)

Eutrofizzazione si riferisce all'emissioni, in acqua e nell'aria, di nutrienti che raggiungono i vari ecosistemi e ne influenzano lo sviluppo e la crescita. La differente locazione geografica del sistema a cui si riferisce lo studio porta a diverse valutazioni di tale impatto.



Le fonti principali di eutrofizzazione sono l'uso agricolo di fertilizzanti e gli scarichi industriali e urbani, generalmente ricchi in azoto e fosforo.

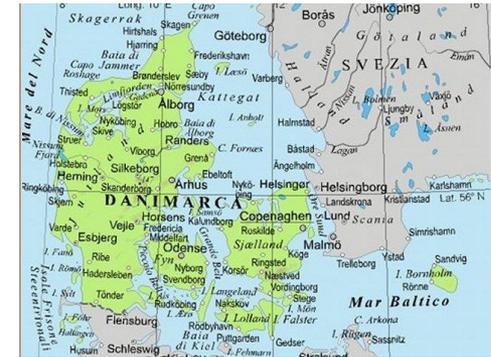


Il potenziale di nitrificazione (NP, *Nitrification potential*) si basa su una procedura stechiometrica e viene espresso come kg di fosfati equivalenti/kg emissione.

METODOLOGIE per lo STUDIO LCA

Nello studio di LCA è possibile adoperare fino a 16 metodi differenti.

Quando si fa uno studio LCA è buona regola utilizzare e confrontare almeno due metodi.



EDIP

Il metodo EDIP è stato creato in Danimarca nel 1991, con l'obiettivo di sviluppare una metodologia che permettesse di considerare gli aspetti ambientali nello sviluppo dei prodotti industriali.

Il metodo comprende categorie di danno:

- impatto ambientale;
- consumo delle risorse;
- impatto nell'ambiente di lavoro.

Eco-indicator 99

È il più utilizzato, è un metodo olandese *damage-oriented*, gli impatti sono espressi in tre macro-categorie di danno:

- salute umana (Human Health – HH);
- qualità degli ecosistemi (Ecosystem Quality – EQ);
- risorse (Resources – R).

La valutazione del danno nelle tre categorie è poi aggregata in un unico indice (single score) che permette di dare un “punteggio” agli scenari. Quanto più elevato è il valore del single score, tanto maggiore è il danno causato dal processo in esame.

L'Ecoindicator 99 è strutturato per un livello europeo; i danni sono normalizzati, infatti, rispetto al danno causato da un cittadino europeo in un anno.

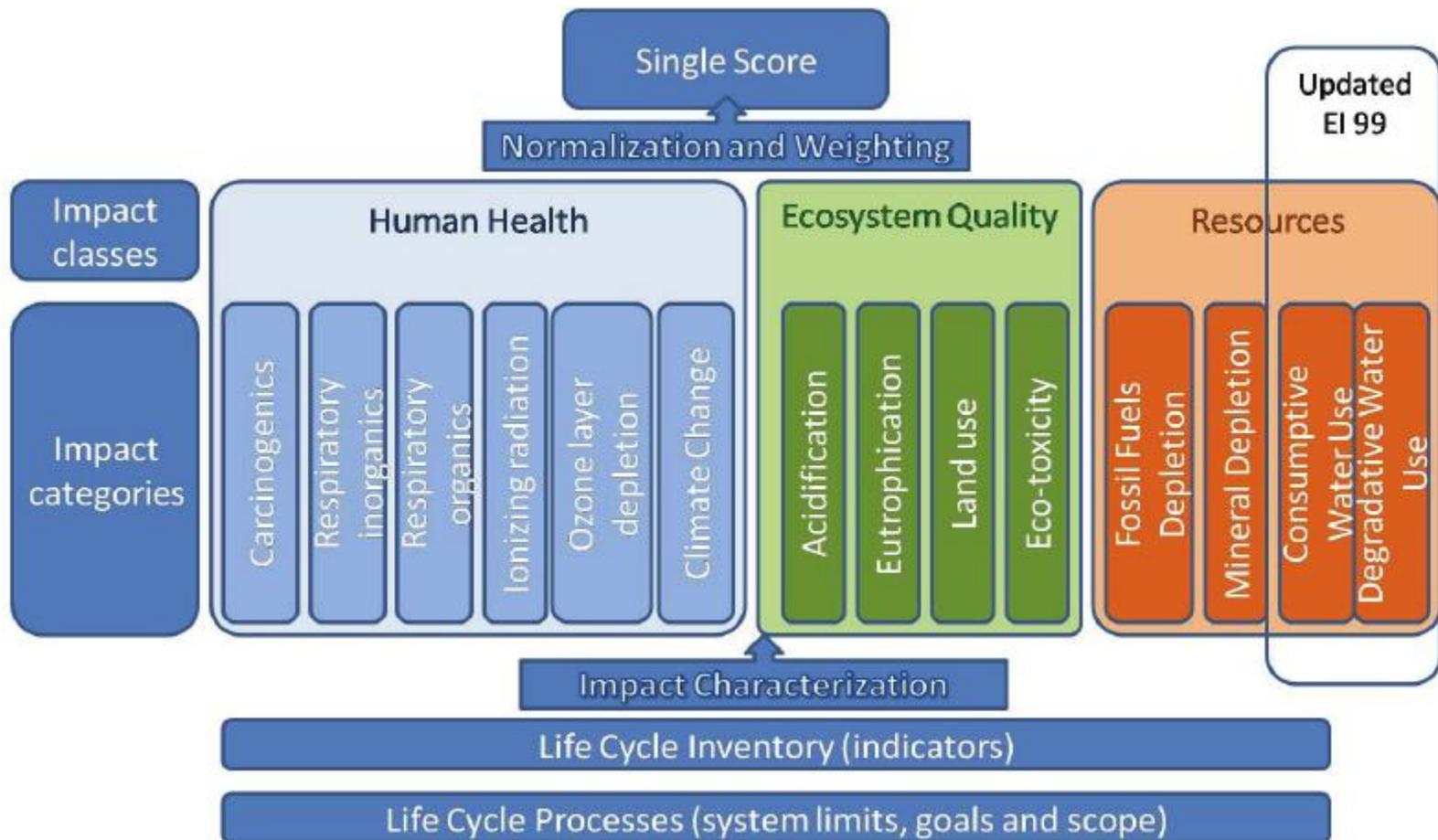
EPS 2000

La peculiarità di EPS 2000 è stimare il danno in base alla buona volontà da parte della società a pagare WTP (*willingness to pay*) per evitare un peggioramento delle condizioni considerate o per rimediare al danno creato, attribuendo un valore economico al danno.

Il metodo EPS 2000 classifica gli indicatori ambientali in quattro categorie di danno:

- Human Health;
- Ecosystem Production Capacity;
- Abiotic Stock Resource;
- Biodiversity;

In ogni categoria di danno sono comprese una o più categorie d'impatto, ciascuna univocamente determinata da una propria unità di misura.



Fasi della LCA → D - VALUTAZIONE DEI MIGLIORAMENTI

In questa fase sono valutate e selezionate le opzioni per ridurre gli impatti e i carichi ambientali dell'unità funzionale in studio. Dove possibile, si attua un miglioramento dell'impatto ambientale come ad es. minor richiesta d'energia, minori emissioni, minore uso di risorse, ecc.

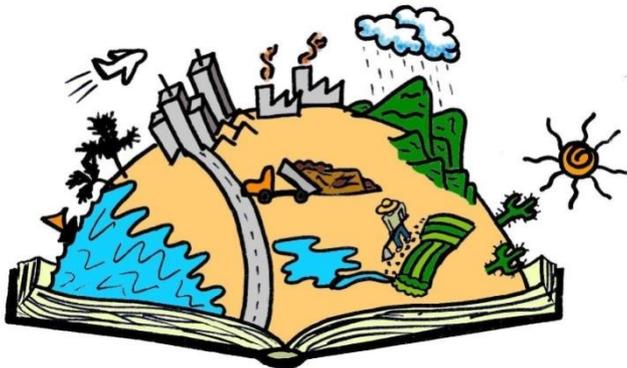


Ai risultati tecnico-ambientali forniti dalla LCA si uniscono altre informazioni che riguardano il prodotto di studio; informazioni di carattere economico-finanziario, politico-sociale, informazioni sulla ricettività-soddisfazione dei consumatori e sul consenso dell'opinione pubblica, al fine di trovare un prodotto eco-compatibile e prendere una corretta decisione circa la politica di prodotto aziendale.

LCA è un metodo basato sul **confronto**, quindi, non propone una soluzione assoluta, ma individua un insieme di alternative.

LIMITI DELLA LCA

Dispersione geografica: durante tutto il ciclo di vita di un prodotto, i suoi impatti ambientali hanno degli effetti in diverse regioni geografiche (l'estrazione del materiale avviene in una regione, la produzione in un'altra, la distribuzione che ha un impatto lungo tutto il tragitto che separa il magazzino dall'utilizzatore del prodotto, ecc.).



A causa di questa disomogeneità gli impatti possono essere difficilmente valutabili. Studiando solo il sistema produttivo questi problemi decadono, in quanto l'impatto ambientale è localizzato in una sola regione.

Allocazione complessa: a meno che il sistema non sia facilmente scomponibile in modo da rispettare le unità di prodotto, risulta complesso allocare a ogni singolo prodotto gli impatti ambientali del sistema di produzione. Il problema si risolve con uno studio orientato ai processi dove l'allocazione non è più necessaria;



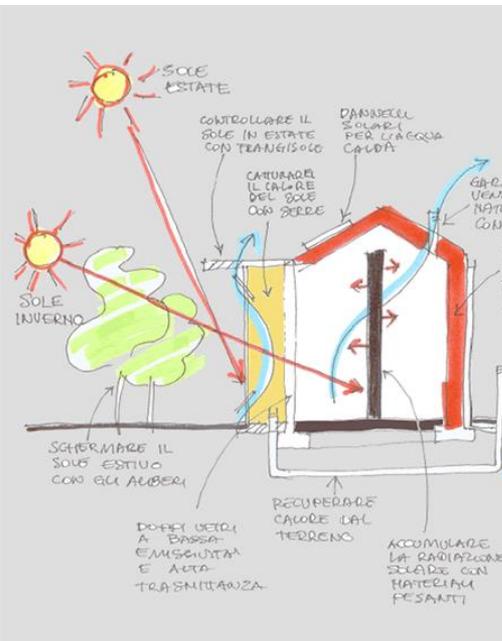
LCA IN EDILIZIA

La LCA, nata in ambito industriale, è da molti anni applicata al settore edilizio, sia ai prodotti impiegati in edilizia, sia all'edificio stesso.



Il fondamento della metodologia è l'approccio che consente di acquisire consapevolezza del danno o delle potenzialità ambientali dovute a ciò che avviene in ognuna delle fasi che compongono il ciclo di vita di un prodotto/edificio: produzione, trasporto, uso, riciclo, riuso o

dismissione. L'applicazione del metodo LCA in edilizia ha come obiettivo prioritario quello di **fornire informazioni ambientali di supporto alle scelte di progetto**, tramite una valutazione integrale dei consumi e delle emissioni inquinanti derivanti, dalla scelta di certi materiali e componenti edilizi, di certe soluzioni tecnico-costruttive e di certe soluzioni impiantistiche, durante la costruzione dell'edificio.



Lo studio LCA può essere utilizzato sia dai progettisti come confronto di due prodotti per scegliere quello meno impattante da un punto di vista ambientale, sia dai produttori per individuare dei miglioramenti lungo il ciclo di vita di un prodotto.



Un aspetto importante dell'utilizzo del metodo LCA nella costruzione degli edifici è quello di considerare il consumo energetico, non solo nella fase di gestione dell'edificio (es. riscaldamento), ma anche il consumo durante la costruzione.

Applicazioni della LCA in edilizia:

- metodo per la definizione dei criteri di assegnazione dell'ECOLABEL a materiali edili;
- metodo per lo sviluppo di banche dati di materiali e componenti edilizi;
- supporto per la definizione di metodi di valutazione dell'eco-compatibilità di manufatti architettonici.

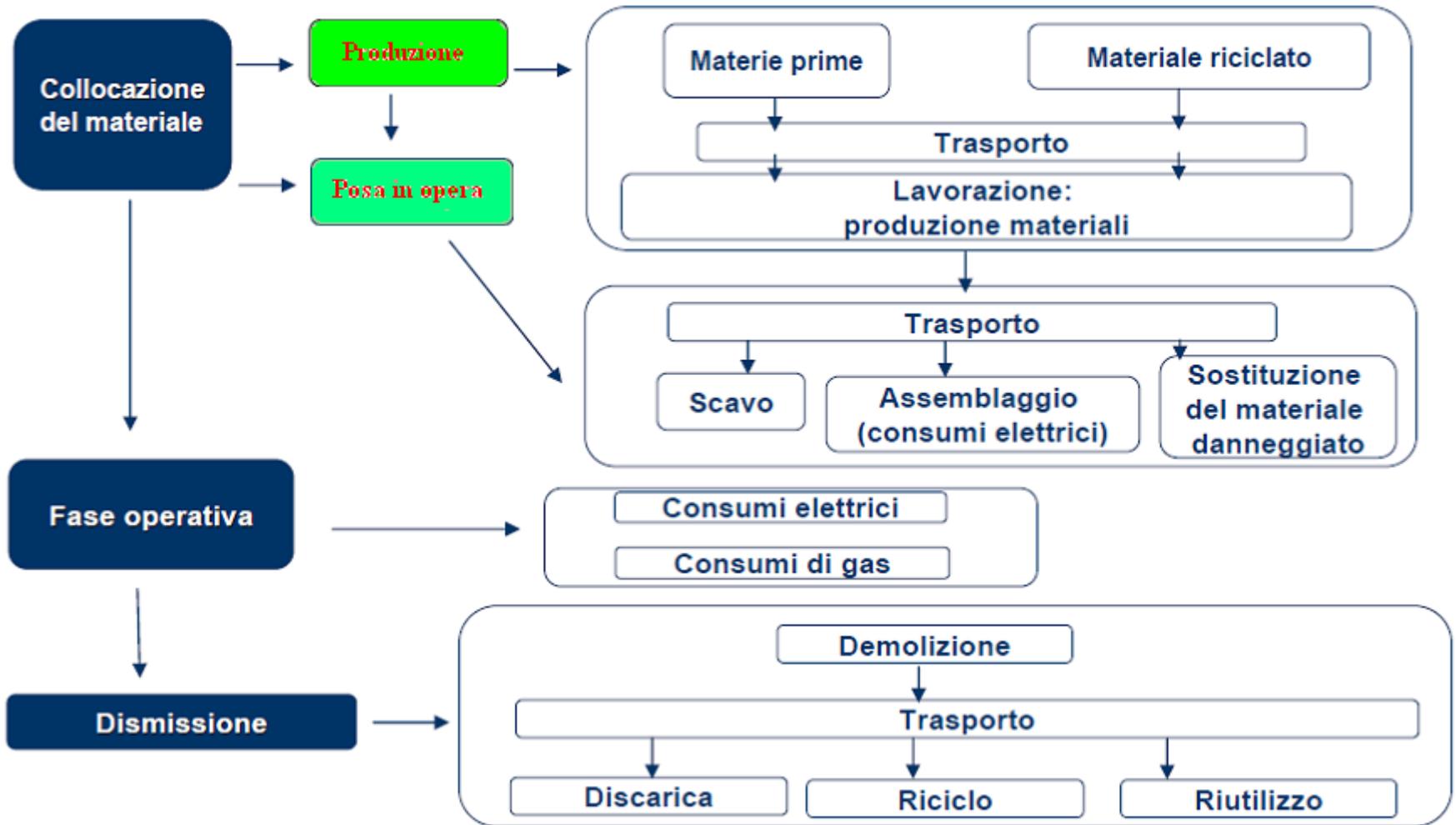


Non esistono materiali, componenti, tecniche costruttive eco-compatibili in senso assoluto ma l'eco-compatibilità dipende dalla specifica applicazione e dall'uso.



Confine di sistema per lo studio di LCA di un edificio

Fasi del ciclo di vita di un edificio



PRINCIPALI LIMITI

1. complessità del processo edilizio accresciuta dalle interazioni tra manufatto e fattori esterni;
2. quantità di operatori interessati nel ciclo di vita dell'edificio;
3. difficoltà nel reperimento dati;
4. l'analisi d'inventario è complessa in quanto le banche dati non sono pensate per materiali edili, spesso mancano materiali impiegati in edilizia.

PRINCIPALI POTENZIALITÀ

1. trasparenza del metodo: è un metodo quantitativo, quindi oggettivo;
2. quantificazione e qualificazione del danno ambientale del manufatto,
3. verifica del danno ambientale nelle diverse fasi del ciclo di vita del manufatto (costruzione-uso-manutenzione-dismissione)
4. comparazione tra soluzioni costruttive ed impiantistiche alternative- eco-design

APPLICAZIONI

Building Information Modeling (BIM)

Modellizzazione delle Informazioni di Costruzione.

Metodo multidimensionale* per ottimizzare progettazione, realizzazione e gestione delle costruzioni con l'appoggio di un software che esprime un modello geometrico tridimensionale, attraverso informazioni condivise a tutti i livelli della progettazione. È un modello di simulazione implementato nei primi anni del 2000 che prende in considerazione tutta la vita utile dell'opera, compresi uso e manutenzione.

Si impiega nella progettazione architettonica e nella gestione degli impianti tecnici (facility management).



* *tridimensionale+tempistica+costi+parametri tecnici*

Design sostenibile

Chiamato anche eco design o design ecologico consiste nella progettazione di un prodotto nel rispetto dell'ambiente.

L'intento del design sostenibile è quello di "eliminare completamente l'impatto negativo sull'ambiente attraverso un design intelligente e sensibile".

I Principi di Hannover (Expo 2000) "Bill of Rights for the Planet" stilati dall'architetto William McDonough con il chimico tedesco Michael Braungart, esprimono al meglio tale approccio.

1. Insistere sul diritto dell'umanità e della natura a coesistere in una condizione sana, solidale, diversificata e sostenibile.
2. Riconoscere l'interdipendenza. Gli elementi del design umano interagiscono e dipendono dal mondo naturale, con implicazioni ampie e diversificate su ogni scala. Espandere le considerazioni di progettazione per riconoscere tutti gli effetti.
3. Relazioni tra spirito e materia. Considera tutti gli aspetti dell'insediamento umano, inclusa la comunità, l'abitazione, l'industria e il commercio in termini di connessioni esistenti e in evoluzione tra la coscienza spirituale e quella materiale.

4. Accettare la responsabilità per le conseguenze delle decisioni progettuali sul benessere umano, la vitalità dei sistemi naturali e il loro diritto a coesistere.
5. Creare oggetti sicuri di valore a lungo termine. Non sovraccaricare le generazioni future con requisiti di manutenzione o gestione vigile di potenziali pericoli dovuti a creazioni imprudenti di prodotti, processi o standard.
6. Eliminare il concetto di rifiuto. Valutare e ottimizzare l'intero ciclo di vita di prodotti e processi, per avvicinarsi allo stato della natura in cui non ci sono rifiuti.
7. Affidarsi ai flussi energetici naturali. I progetti umani dovrebbero, come il mondo vivente, trarre le loro forze creative dal reddito solare perpetuo. Incorporare questa energia in modo efficiente e sicuro per un uso responsabile.
8. Comprendere i limiti del design. Nessuna creazione umana dura per sempre e il design non risolve tutti i problemi. Coloro che creano e progettano dovrebbero praticare l'umiltà di fronte alla natura. Tratta la natura come un modello e un mentore, non un disagio da eludere o controllare.
9. Cercare un miglioramento costante attraverso la condivisione della conoscenza. Incoraggiare la comunicazione diretta e aperta tra colleghi, mecenati, produttori e utenti per collegare considerazioni di sostenibilità a lungo termine con responsabilità etica e ristabilire la relazione integrale tra i processi naturali e l'attività umana.

Design sostenibile



Il LEED® è un programma di certificazione volontario che può essere applicato a qualsiasi tipo di edificio (sia commerciale che residenziale) e concerne tutto il ciclo di vita dell'edificio stesso, dalla progettazione alla costruzione.

LEED promuove un approccio orientato alla sostenibilità, riconoscendo le prestazioni degli edifici in settori chiave, quali il risparmio energetico ed idrico, la riduzione delle emissioni di CO2, il miglioramento della qualità ecologica degli interni, i materiali e le risorse impiegati, il progetto e la scelta del sito. Sviluppato dalla U.S. Green Building Council (USGBC), il sistema si basa sull'attribuzione di 'crediti' per ciascun requisito. La somma dei crediti costituisce i 4 livelli di certificazione: base, oro, argento, platino. (punteggio 40-110)



Una certificazione basata su crediti in 8 categorie

*La certificazione dell'edificio nella versione 4.0 del protocollo americano, si basa su una checklist suddivisa in otto categorie: **Trasporto e Ubicazione (LT)**, **Sostenibilità del sito (SS)**, **Efficienza risorse idriche (WE)**, **Energia e Atmosfera (EA)**, **Materiali e Risorse (MR)**, **Qualità degli ambienti interni (IEQ)**, **Innovazione (I)**, **Priorità Regionale (PR)**.*

<https://www.certificazioneleed.com/edifici/>



Shanghai Tower

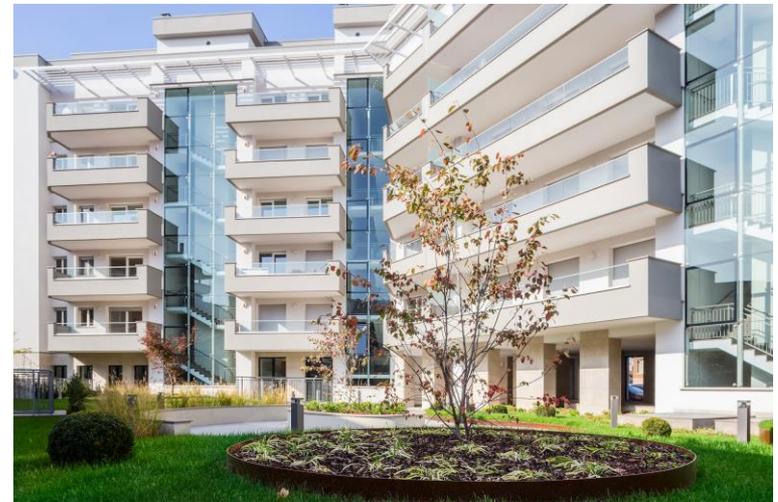
WASHINGTON DC



***Washington D.C. è la prima
Città certificata LEED***



Grattacielo Intesa San Paolo - Torino



Habitarìa - Milano



Sede Ghella SPA 81 su 110 - Roma



Torre Hadid City Life 84 su 110



Palazzo Novecento - Torino



**Scuola
Antonio Brancati
Pesaro**