

Come utilizzare PEF ed LCA per misurare la circolarità delle imprese - Life Cycle Assessment

Matteo Donelli
Università Bocconi

Progetto SMART – 05 aprile 2019

Il dilemma ambientale



■ Quale scegliereste?

Il dilemma ambientale

- Come posso scegliere il prodotto più «green»?



Life Cycle Assessment (LCA)

- Una LCA è un processo oggettivo di valutazione dei carichi ambientali connessi con un prodotto, un processo o una attività, attraverso l'identificazione e la quantificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente, per valutare l'impatto di questi usi di energia e di materiali e dei rilasci nell'ambiente e per valutare e realizzare le opportunità di miglioramento ambientale.
- La valutazione include l'intero ciclo di vita del prodotto, processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, la manutenzione, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale" (*Guidelines for Life-Cycle Assessment: A Code of Practice*, SETAC, Brussels)

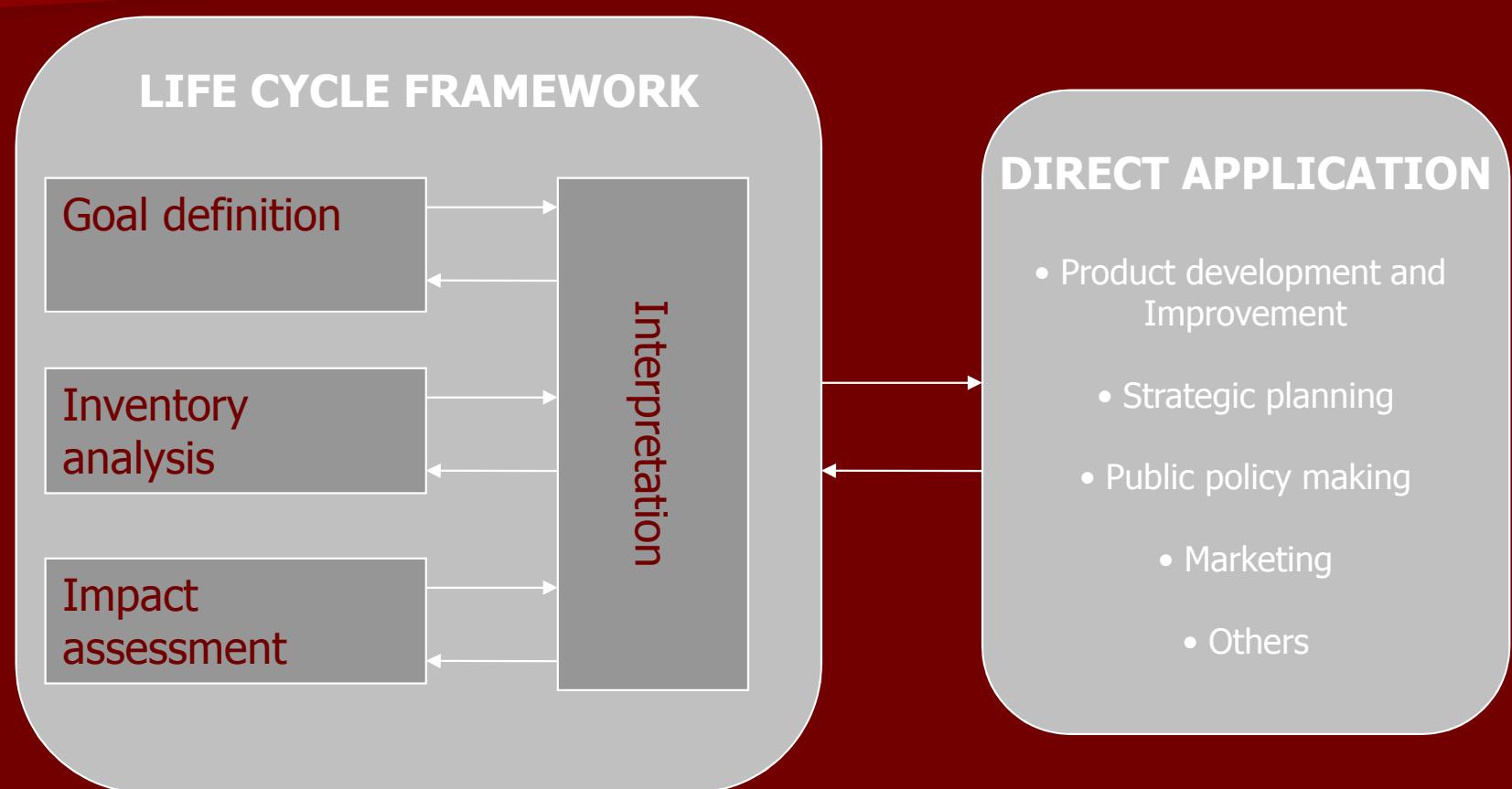
Life Cycle Assessment (LCA)

- **ISO 14040-14044** : “*compilation and evaluation of the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle*”
- LCA can assist in
 - identifying opportunities to improve the environmental performance of products at various points in their life cycle,
 - informing decision-makers in industry, government or non-government organizations (e.g. for the purpose of strategic planning, priority setting, product or process design or redesign),
 - the selection of relevant indicators of environmental performance, including measurement techniques, and
 - **marketing** (e.g. implementing an ecolabelling scheme, making an environmental claim, or producing an **environmental product declaration**).

Life Cycle Assessment (LCA)

- **ISO 14040-14044** : “*compilation and evaluation of the inputs, outputs and the potential environmental impacts of a product system throughout its life cycle*”
- LCA can assist in
 - identifying opportunities to improve the environmental performance of products at various points in their life cycle,
 - informing decision-makers in industry, government or non-government organizations (e.g. for the purpose of strategic planning, priority setting, product or process design or redesign),
 - the selection of relevant indicators of environmental performance, including measurement techniques, and
 - **marketing** (e.g. implementing an ecolabelling scheme, making an environmental claim, or producing an **environmental product declaration**).

Life Cycle Assessment (LCA)

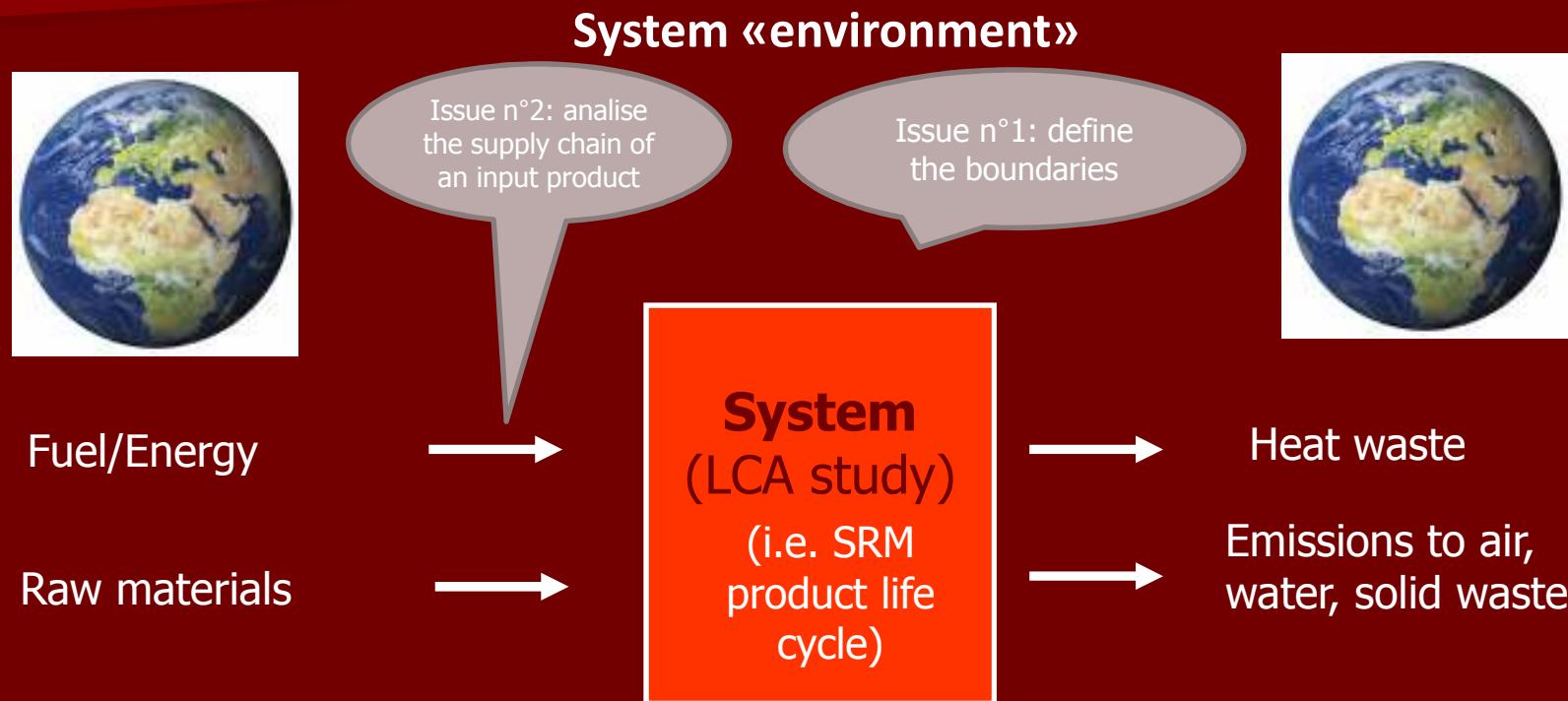


Life Cycle Assessment (LCA)

Goal definition

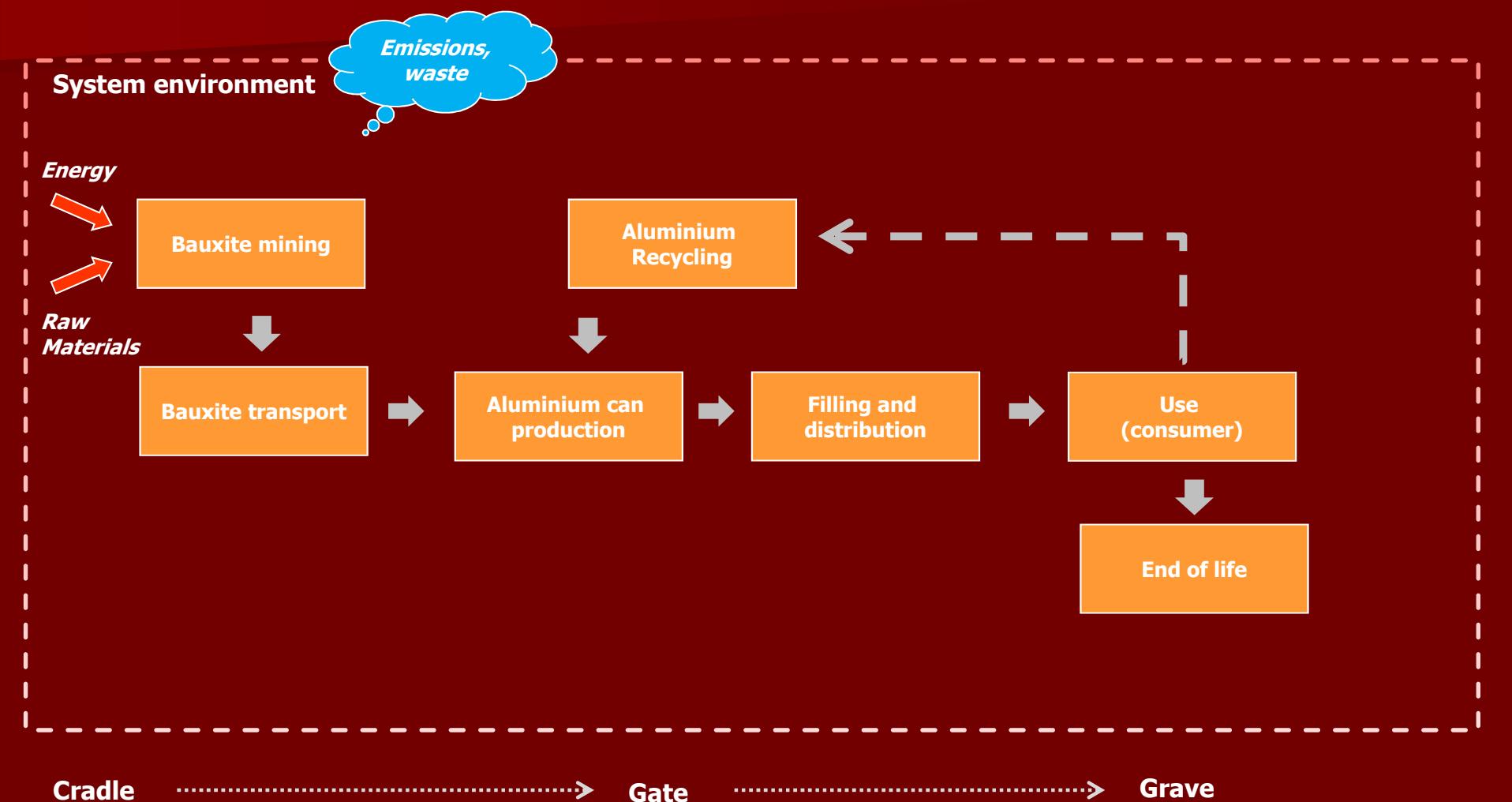
- ⇒ Fase preliminare dove vengono definiti alcuni elementi fondamentali:
- **Scopo dello studio LCA;**
 - **Unità funzionale;**
 - **Confini del sistema;**
 - **Fabbisogno di dati (categorie; qualità);**
 - **Ipotesi e limitazioni**

LCA – Life Cycle Assessment



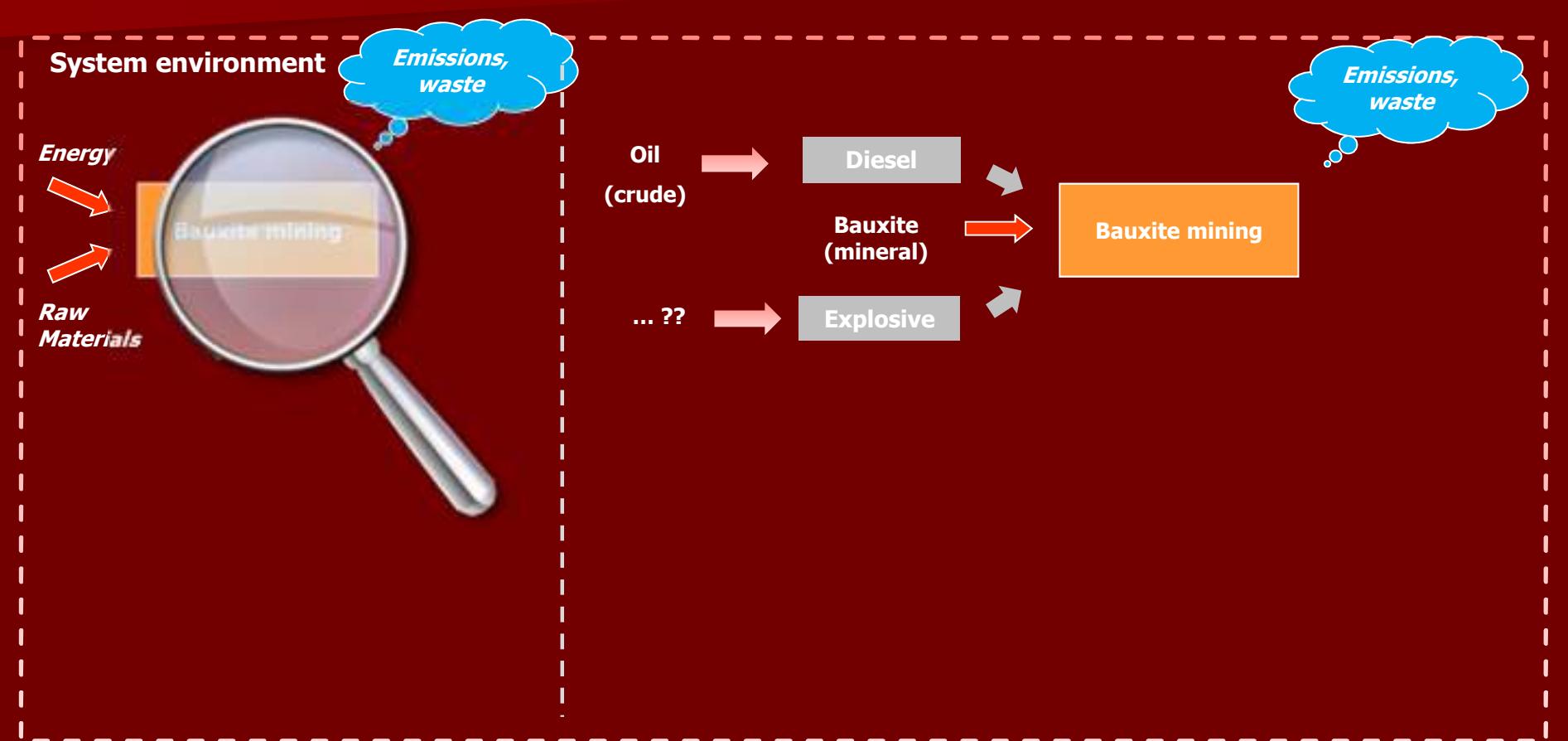
Life Cycle Assessment (LCA)

System Boundaries



Life Cycle Assessment (LCA)

System Boundaries



Life Cycle Assessment (LCA)

Inventory analysis

→ E' la fase più importante dello studio LCA, nella quale si procede alla costruzione di un modello analogico della realtà in grado di rappresentare nella maniera più fedele possibile gli scambi tra le singole operazioni in ogni fase del ciclo di vita

→ L'obiettivo è realizzare un inventario che fornisca dati oggettivi relativi a :

- materie prime e materiali (rinnovabili e non),
- energia (da fonti rinnovabili e non),
- emissioni in atmosfera e in corpi idrici, rifiuti solidi

Strumenti :

- ✓ flow charts;
- ✓ procedure di raccolta dati (database) e di allocazione

Life Cycle Assessment (LCA)

Inventory analysis

⇒ I dati raccolti sono solitamente classificati come

- primari vs secondari
- specifici vs generici

⇒ **La qualità dei dati produce la qualità dei risultati:**

- L'output (LCI result) di un inventario di ciclo di vita che cataloga i flussi che attraversano il sistema analizzato rappresenta il punto di partenza per la fase successiva: life cycle impact assessment

Life Cycle Assessment (LCA)

Allocazione: quanto latte serve per un kg di formaggio???



Life Cycle Assessment (LCA)

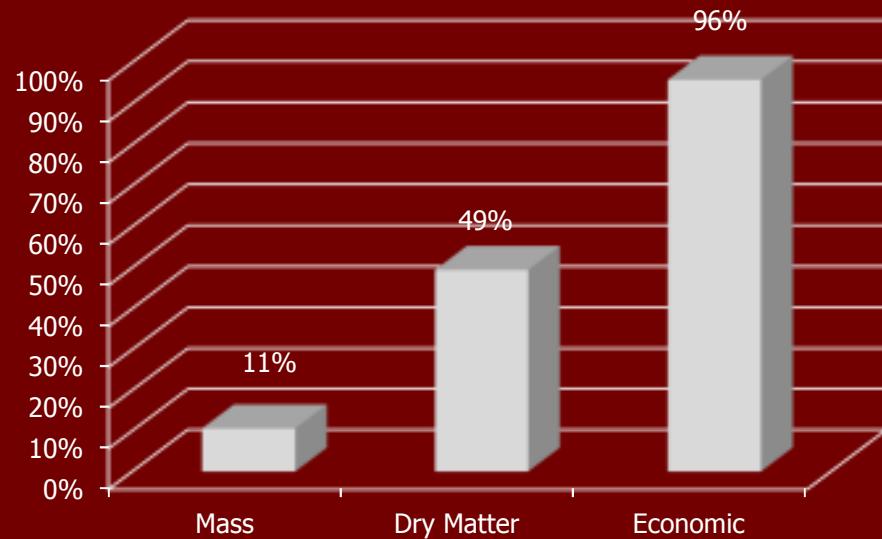
Allocazione: quanto latte serve per un kg di formaggio???

Prodotto	MASSA (kg)	SOSTANZA SECCA (%)	VALORE ECONOMICO (EUR/kg)
Latte	10	12,5%	0,36
Formaggio (cagliata)	1,05	54%	2,3
Siero	8,85	7%	0,012

Prodotto (% allocazione)	MASSA	SOSTANZA SECCA	VALORE ECONOMICO
Formaggio (cagliata)	$1,05 \times (1,05 + 8,85) = 1,05 \times 10 = 1,05$ = 11%	$1,05 \times 54\% = 0,57$ $0,57 / (0,57 + 0,62) = 0,57 / 1,19 = 0,48$ = 48%	$1,05 \times 2,3 = 2,42$ $2,42 / (2,42 + 0,11) = 2,42 / 2,53 = 0,96$ = 96%
Siero	$8,85 \times (1,05 + 8,85) = 8,85 \times 10 = 8,85$ = 89%	$8,85 \times 7\% = 0,62$ $0,567 / (0,57 + 0,62) = 0,567 / 1,19 = 0,48$ = 52%	$8,85 \times 0,012 = 0,11$ $0,11 / (2,42 + 0,11) = 0,11 / 2,53 = 0,04$ = 4%

Life Cycle Assessment (LCA)

Allocazione: quanto latte serve per un kg di formaggio???



Criterio economico vs massa: + 803% di consumo di latte!!!

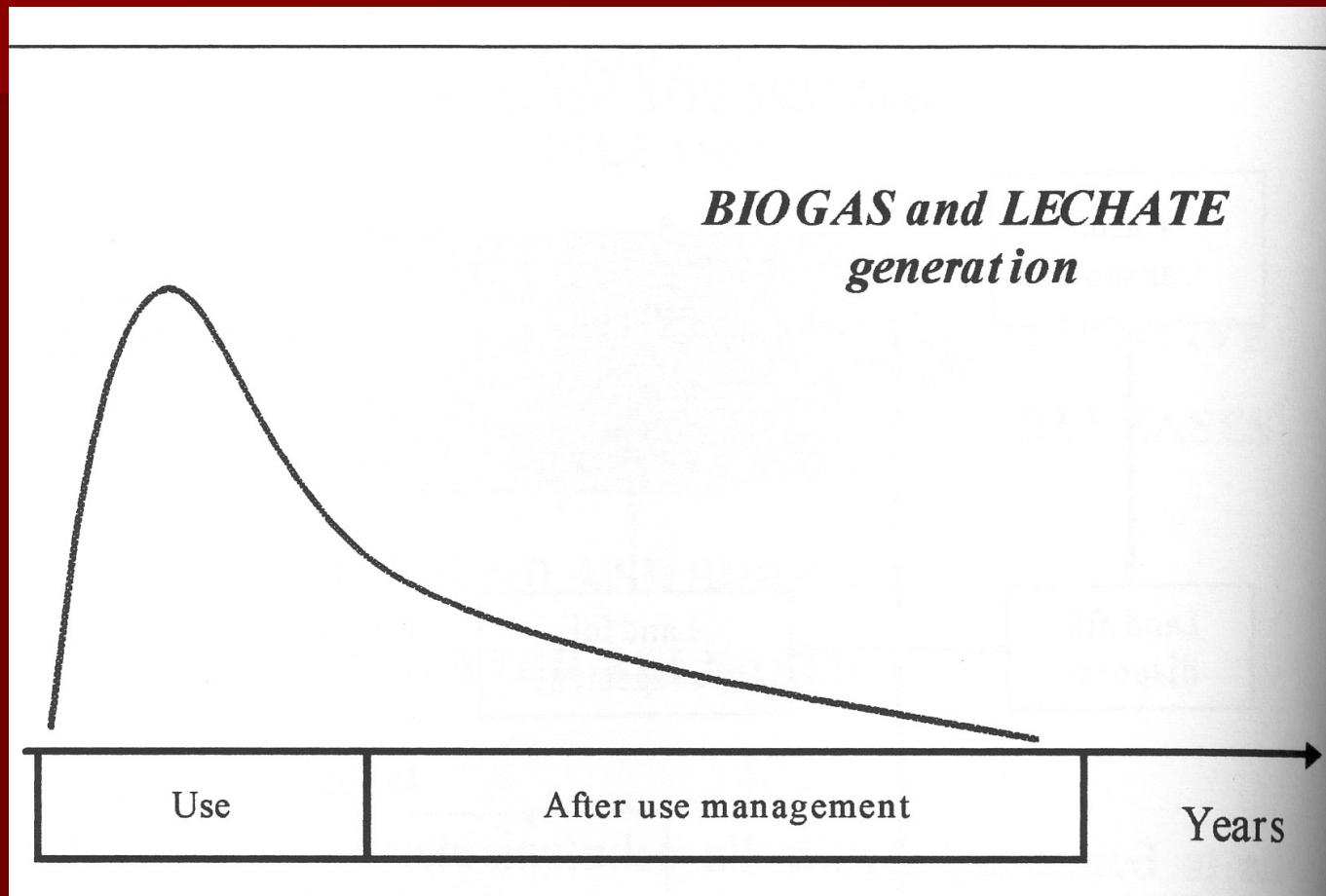
Life Cycle Assessment (LCA)

Inventory analysis

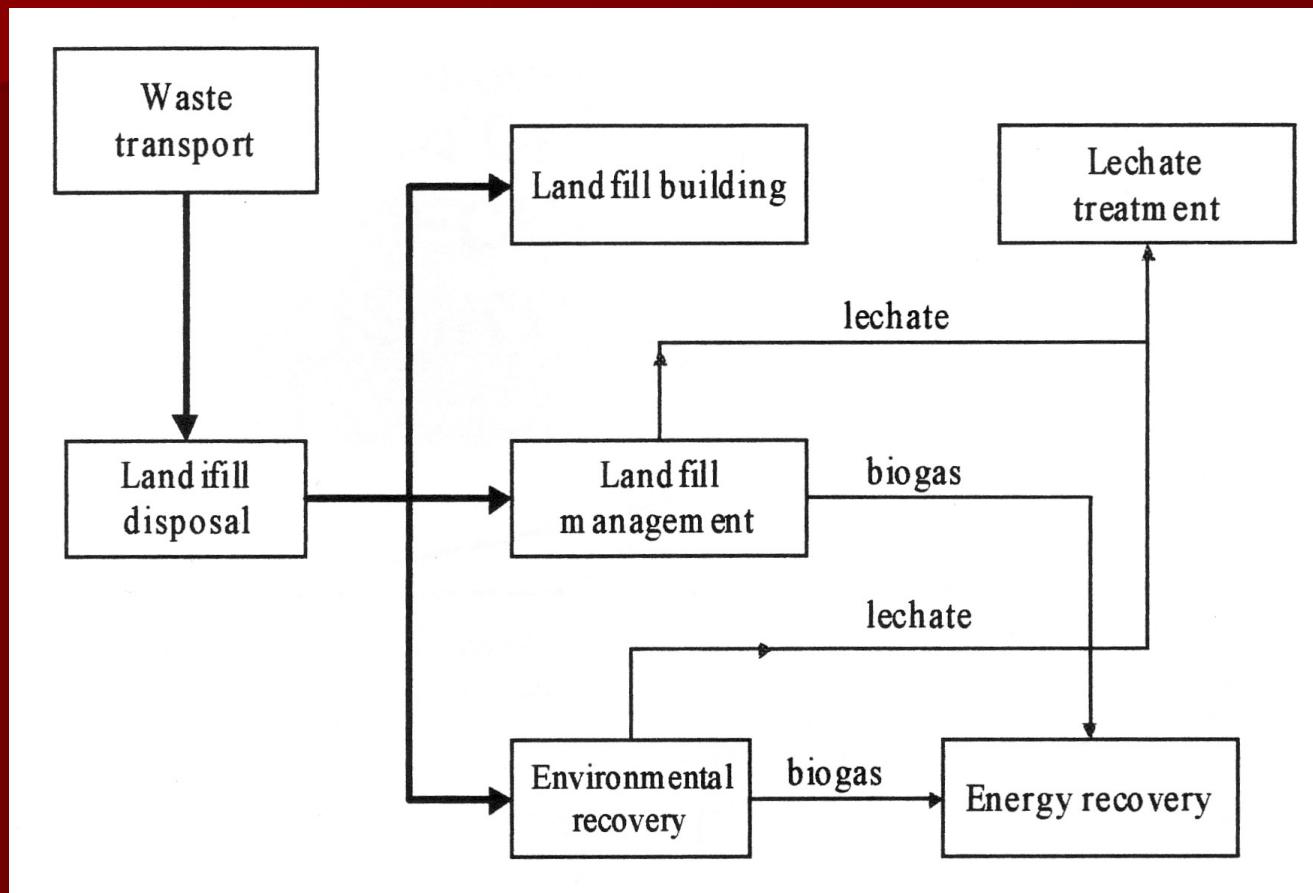
⇒ Come gestire ...

- Elettricità (mix energetico)
- Trasporti
- Capital goods/Infrastrutture
- Distribuzione
- Fase d'uso
- Fine vita

Life Cycle Assessment (LCA)



Life Cycle Assessment (LCA)



Life Cycle Assessment (LCA)

Impact assessment

Dopo aver costruito l'inventario degli input e output rilevanti,

- ⇒ valutare il **potenziale impatto ambientale** associato a quegli input e output (raggruppare input e output che contribuiscono agli stessi impatti ambientali)
- ⇒ i potenziali impatti ambientali sono riportati in **categorie di impatto**
- ⇒ ogni categoria di impatto ha il proprio **indicatore**
- ⇒ Le categorie di impatto possono avere scala geografica differenze (global impacts vs local impacts)

Life Cycle Assessment (LCA)

Impact assessment

Impact Categories	Indicator	Description
Climate Change (GWP 100)	kg CO ₂ eq	Capacity of a greenhouse gas to influence radiative forcing. It relates to the capacity to influence changes in the global, average surface-air temperature and subsequent change in various climate parameters and their effects, such as storm frequency and intensity, rainfall intensity and frequency of flooding, etc.
Ozone Depletion	kg CFC-11 eq	Ozone Depletion accounts for the degradation of stratospheric ozone due to emissions of ozone depleting substances, for example long-lived chlorine and bromine-containing gases (e.g. CFCs, HCFCs, Halons).
Particulate Matter/Respiratory Inorganics	kg PM2.5 eq	Particulate Matter/Respiratory Inorganics accounts for the adverse health effects on human health caused by emissions of Particulate Matter (PM) and its precursors (NOx, SOx, NH3)
Ionising Radiation – human health effects	kg U235 eq	Ionising Radiation, human health accounts for the adverse health effects on human health caused by radioactive releases.
Photochemical Ozone Formation	kg NMVOC eq	Photochemical Ozone Formation accounts for the formation of ozone at the ground level of the troposphere caused by photochemical oxidation of Volatile Organic Compounds (VOCs) and carbon monoxide (CO) in the presence of nitrogen oxides (NOx) and sunlight. High concentrations of ground-level tropospheric ozone damage vegetation, human respiratory tracts and manmade materials through reaction with organic materials.
Acidification	molc H+ eq	Acidification addresses impacts due to acidifying substances in the environment. Emissions of NOx, NH3 and SOx lead to releases of hydrogen ions (H+) when the gases are mineralised. The protons contribute to the acidification of soils and water when they are released in areas where the buffering capacity is low, resulting in forest decline and lakes acidification.

Life Cycle Assessment (LCA)

Impact assessment

Impact Categories	Indicator	Description
Eutrophication – terrestrial	mol N eq	Nutrients (mainly nitrogen and phosphorus) from sewage outfalls and fertilised farmland accelerate the growth of algae and other vegetation in water. The degradation of organic material consumes oxygen resulting in oxygen deficiency and, in some cases, fish death. Eutrophication translates the quantity of emission of substances into a common measure expressed as the oxygen required for the degradation of dead biomass.
Eutrophication – aquatic	kg P eq	Nutrients (mainly nitrogen and phosphorus) from sewage outfalls and fertilised farmland accelerate the growth of algae and other vegetation in water. The degradation of organic material consumes oxygen resulting in oxygen deficiency and, in some cases, fish death. Eutrophication translates the quantity of emission of substances into a common measure expressed as the oxygen required for the degradation of dead biomass.
Eutrophication – marine	kg N eq	Nutrients (mainly nitrogen and phosphorus) from sewage outfalls and fertilised farmland accelerate the growth of algae and other vegetation in water. The degradation of organic material consumes oxygen resulting in oxygen deficiency and, in some cases, fish death. Eutrophication translates the quantity of emission of substances into a common measure expressed as the oxygen required for the degradation of dead biomass.
Resource Depletion – water use related to local scarcity of water	m ³ water eq	Resource Depletion addresses use of natural resources, either renewable or non-renewable, biotic or abiotic.
Mineral, fossil & renewable resource depletion	kg Sb eq	Resource Depletion addresses use of natural resources, either renewable or non-renewable, biotic or abiotic.

Life Cycle Assessment (LCA)

Impact assessment

LCI	Characterization factors		
	Climate Change	Photochemical Smog	Acidification
CO_2	1	0	0
CH_4	25	0,0101	0
SO_x	0	0,0811	0,74
...

LCI	Characterization factors		
	Climate Change	Photochemical Smog	Acidification
$\text{CO}_2 : n$	$1 \times n$	$0 \times n$	$0 \times n$
$\text{CH}_4 : m$	$25 \times m$	$0,0101 \times m$	$0 \times m$
$\text{SO}_x : l$	$0 \times l$	$0,0811 \times l$	$0,74 \times l$
...	... (total sum)	... (total sum)	... (total sum)

Esempio di Classificazione e Caratterizzazione

Example: classification of data for a T-Shirt study

Classification of data in the climate change impact category:

CO ₂	Yes
CH ₄	Yes
SO ₂	No
NO _x	No

Example: Calculation of EF impact assessment results

Global warming

			CF		
CO ₂ g	5,132	x	1	=	5.132 kg CO ₂ eq
CH ₄ g	8.2	x	25	=	0.205 kg CO ₂ eq
SO ₂ g	3.9	x	0	=	0 kg CO ₂ eq
NO _x g	26.8	x	0	=	0 kg CO ₂ eq
			Total	=	5.337 kg CO ₂ eq

Life Cycle Assessment (LCA)

Impact assessment

La Commissione Europea (ILCD) classifica la qualità e affidabilità dei fattori di caratterizzazione di ogni singola categoria:

I = recommended and satisfactory

II = recommended but in need of improvements

III = recommended but to be applied with caution

Life Cycle Assessment (LCA)

Impact assessment

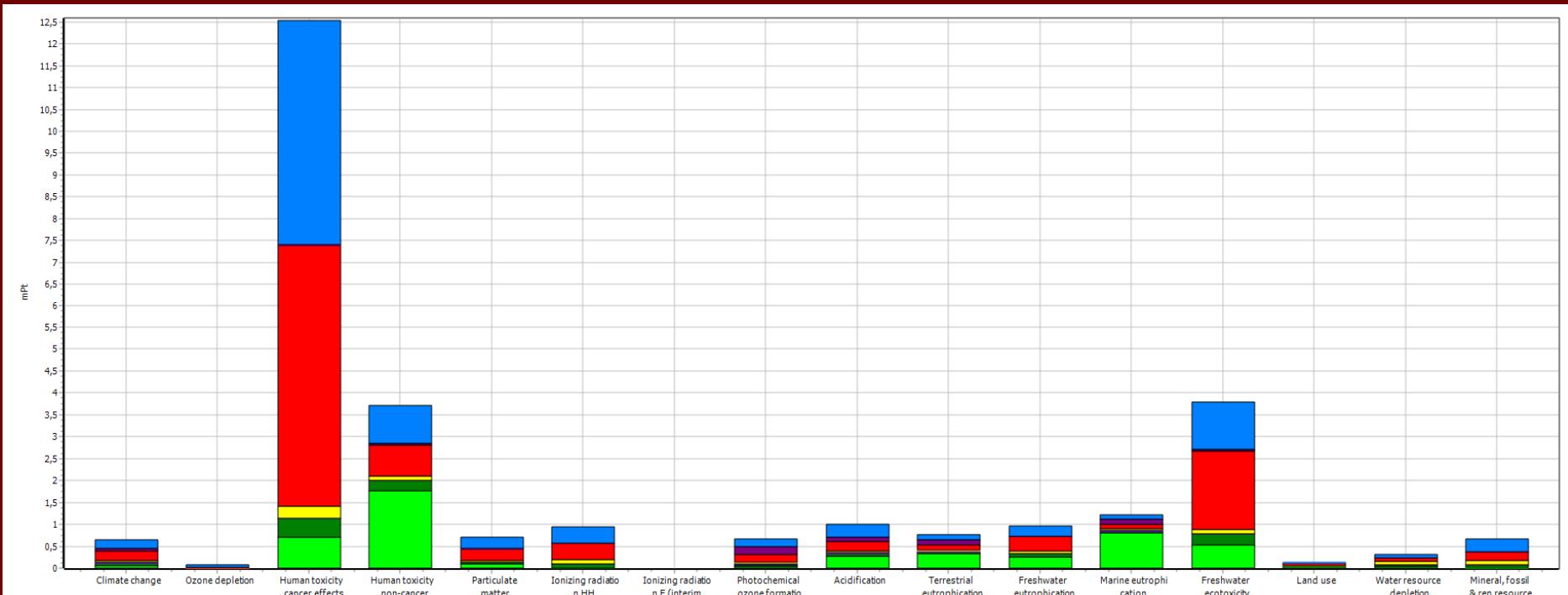
E' possibile confrontare categorie di impatto differenti??

⇒ **normalizzazione** (dare un'idea della magnitudo di un impatto) e **pesatura** (dare una idea della importanza relativa di una specifica categoria di impatto rispetto alle altre)

Impact category	Normalization	Weighting
Climate change	0,00011	0,06667
Ozone depletion	46,3	0,06667
Human toxicity, cancer effects	27100	0,06667
Human toxicity, non-cancer ef	1876	0,06667
Particulate matter	0,263	0,06667
Ionizing radiation HH	0,000885	0,06667
Ionizing radiation E (interim)	0	0
Photochemical ozone formation	0,0315	0,06667
Acidification	0,0211	0,06667
Terrestrial eutrophication	0,00568	0,06667
Freshwater eutrophication	0,676	0,06667
Marine eutrophication	0,0592	0,06667
Freshwater ecotoxicity	0,000114	0,06667
Land use	1,34E-5	0,06667
Water resource depletion	0,0123	0,06667
Mineral, fossil & ren resource d	9,9	0,06667

Life Cycle Assessment (LCA)

Impact assessment: single score (ILCD 2011 Midpoint Method)



Life Cycle Assessment (LCA)

Interpretazione dei risultati

- ⇒ **interpretare** i risultati delle fasi di inventario e impact assessment secondo gli obiettivi dello studio
- ⇒ Lo scopo di tale attività è:
 - ⇒ verificare la consistenza dei risultati (sensitivity analysis)
 - ⇒ individuare environmental hotspots
 - ⇒ confrontare alternative
 - ⇒ ...
- ⇒ **Valutare opportunità di ridurre il carico ambientale associato al ciclo di vita di un prodotto** (energia, materie prime, emissioni, ecc.)