



**CIRI · ENERGIA E AMBIENTE**  
CENTRO INTERDIPARTIMENTALE PER LA RICERCA INDUSTRIALE  
UNIVERSITA' DI BOLOGNA



DIPARTIMENTO DI CHIMICA INDUSTRIALE  
"TOSO MONTANARI"

## Introduzione alla metodologia LCA ed applicazioni

 **Ordine Provinciale Dei Chimici Di Trieste**

**Fabrizio Passarini**

Centro Interdipartimentale di Ricerca Industriale “Energia e Ambiente”

U.O. “Ecologia industriale”

Dip. Chimica Industriale “Toso-Montanari” U.O.S. di Rimini

*Alma Mater Studiorum* – Università di Bologna

[fabrizio.passarini@unibo.it](mailto:fabrizio.passarini@unibo.it)

**Trieste, 15/04/2016**



# Schema della presentazione

- Introduzione
- Principi di LCA
- Fasi LCA
- Casi studio LCA





# Schema della presentazione

- Introduzione
- Principi di LCA
- Fasi LCA
- Casi studio LCA



"One day son this carbon footprint will be all yours."



## Suggerimenti bibliografici

---

EEA (European Environmental Agency), 1998

*Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources*,  
Environmental Issues Series no. 6 (<http://www.eea.europa.eu/publications/GH-07-97-595-EN-C/>)

### Libro

G. Sonnemann, F. Castells, M. Schuhmacher, 2004

*Integrated Life-cycle and Risk Assessment for Industrial Processes*  
Lewis Publishers

European Platform on Life Cycle Assessment

(<http://eplca.jrc.ec.europa.eu/>)

### Standard ISO:

14040: 2006 (Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework)

14044: 2006 (Requirements and guidelines)





## Recenti documenti strategici europei

---

### *IPP Integrated Product Policy*

### Politica Integrata dei Prodotti

Sviluppare il concetto di “ciclo di vita ambientale”

COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL CONSIGLIO  
E AL PARLAMENTO EUROPEO: COM(2003) 302 (18.6.2003)

**Una politica pubblica esplicitamente orientata a modificare e migliorare la prestazione ambientale dei sistemi prodotto.**

La Politica Integrata di Prodotto (IPP) è mirata ai momenti in cui vengono prese le decisioni e che influenzano notevolmente l'impatto ambientale del ciclo di vita dei prodotti e offrono spazio per un miglioramento, in particolare

- progettazione ecologica dei prodotti
- scelta informata dei consumatori
- integrazione del principio “*chi inquina paga*” nel prezzo dei prodotti.





# Recenti documenti strategici europei

## Settimo Programma di Azione per l'Ambiente



Vivere bene entro i limiti  
del nostro pianeta

*Proposta per un programma generale  
di azione dell'Unione in materia di  
ambiente*

**Introduzione**

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

<http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/7eap/it.pdf>



## Recenti documenti strategici europei

---

Decisione del Parlamento Europeo e del Consiglio (1386/2013/UE) su un Programma generale di Azione dell'Unione in materia di ambiente fino al 2020.

### Obiettivi prioritari

- 1: proteggere, conservare e migliorare il capitale naturale dell'Unione
  - 2: trasformare l'Unione in un'economia a basse emissioni di carbonio, efficiente nell'impiego delle risorse, verde e competitiva
  - 3: proteggere i cittadini dell'Unione da pressioni legate all'ambiente e da rischi per la salute e il benessere
  - 4: sfruttare al massimo i vantaggi della legislazione unionale in materia di ambiente
  - 5: **migliorare le basi scientifiche della politica ambientale**
  - 6: garantire investimenti a favore delle politiche in materia di ambiente e clima e farlo al giusto prezzo
  - 7: migliorare l'integrazione ambientale e la coerenza delle politiche
  - 8: migliorare la sostenibilità delle città dell'UE
  - 9: aumentare l'efficacia dell'azione dell'Unione nell'affrontare le **sfide ambientali e climatiche** a livello regionale e mondiale
-



## Settimo Programma d'Azione per l'Ambiente

Obiettivo prioritario 9: *Aumentare l'efficacia dell'azione dell'Unione nell'affrontare le sfide ambientali e climatiche a livello regionale e mondiale.*

(n. 32) È altresì essenziale assicurare che la **biomassa** in tutte le sue forme sia prodotta e utilizzata in modo sostenibile ed efficace durante tutto **il suo ciclo di vita**, così da ridurre al minimo o da evitare impatti negativi sull'ambiente e il clima, e tenendo debitamente conto del contesto economico dei diversi usi della biomassa quale risorsa

(n. 35) Saranno adottate misure volte a migliorare ulteriormente la **prestazione ambientale di beni e servizi** sul mercato dell'Unione nel corso **del loro intero ciclo di vita**.

(n. 36) Visto che **l'80 % di tutti gli impatti ambientali associati a un prodotto nel suo ciclo di vita si decide in fase di progettazione**, il quadro politico dell'Unione dovrebbe garantire che i prodotti prioritari commercializzati nel mercato dell'Unione siano **progettati in maniera ecocompatibile**.

(n. 100) Intensificherà inoltre gli sforzi per conseguire l'obiettivo concernente la **corretta gestione delle sostanze chimiche durante il loro ciclo di vita**, e dei rifiuti pericolosi, come ribadito alla conferenza di Rio + 20, nonché per sostenere le altre convenzioni correlate

# “Tabella di marcia per un’Europa efficiente sotto il profilo delle risorse” (COM(2011) 571)

## 3.1. Consumo e produzione sostenibili

Per orientare i consumatori nella scelta occorre fornire loro informazioni accurate basate sugli **impatti attinenti al ciclo di vita** e sui costi dell’utilizzo delle risorse.

### 3.1.2. *Incentivare una produzione efficiente*

Evitare, ove possibile, l’uso di sostanze chimiche pericolose e promuovere la chimica “verde” può aiutare a proteggere risorse essenziali come il suolo e le acque e a rendere altre risorse come le materie prime, più sicure, più semplici e meno costose da riciclare e riutilizzare.

**Milestone:** entro il 2020 saranno predisposti incentivi commerciali e strategici che ricompenseranno gli investimenti delle imprese nell’utilizzo efficiente delle risorse. **Tutte le imprese e i loro investitori potranno misurare e confrontare il loro utilizzo delle risorse in termini di ciclo di vita.**



COMMISSIONE EUROPEA

Bruxelles, 20.9.2011  
COM(2011) 571 definitivo

COMUNICAZIONE DELLA COMMISSIONE AL PARLAMENTO EUROPEO,  
AL CONSIGLIO, AL COMITATO ECONOMICO E SOCIALE EUROPEO E  
AL COMITATO DELLE REGIONI

Tabella di marcia verso un’Europa efficiente nell’impiego delle risorse

[SEC(2011) 1067 definitivo]  
[SEC(2011) 1068 definitivo]

---

## Horizon 2020

### Punto 5 (“Azione per il clima, efficienza delle risorse e materie prime”)

*5.3.2. Promuovere l'approvvigionamento e l'uso sostenibili delle materie prime, a livello di esplorazione, estrazione, trasformazione, riciclaggio e recupero*

Sarà adottato un **approccio “dell'intero ciclo di vita”**, dall'approvvigionamento di materie prime alla fine di detto ciclo, che richieda un **utilizzo minimo di energia e risorse**.

*5.4.3. Misurare e valutare i progressi compiuti verso una Green Economy*

Seguendo **un approccio basato sul ciclo di vita**, la ricerca e l'innovazione miglioreranno la qualità e la disponibilità di dati, metodi di misurazione e sistemi, attinenti all'efficienza delle risorse e all'ecoinnovazione [...] I risultati serviranno a monitorare, valutare e ridurre **i flussi di materiale e di energia coinvolti** nella produzione e nel consumo e permetteranno ai responsabili politici e alle imprese di tener presenti, nelle loro iniziative e decisioni, costi ed esternalità ambientali. |



COMMISSIONE EUROPEA

Bruxelles, 30.11.2011  
COM(2011) 811 definitivo

2011/0402 (CNS)

Proposta di

**DECISIONE DEL CONSIGLIO**

del XXX

che stabilisce il programma specifico recante attuazione del programma quadro di ricerca e innovazione (2014-2020) – Orizzonte 2020



## Primi tentativi di LCA

---

Uno dei primi studi simili ad un LCA, comunicato pubblicamente, è di H. Smith, Conferenza Mondiale sull'Energia (1968): **Calcolo della richiesta cumulativa di energia per la produzione di intermedi e prodotti chimici.**

“L'energia cumulativa è presa come la somma di combustibile ed energia elettrica direttamente consumata nelle successive fasi produttive, l'energia indirettamente richiesta per la generazione della corrente, l'approvvigionamento di combustibile e materia prima, di servizi ulteriori rispetto a combustibile e energia, ed infine la fabbricazione ed edificazione dei necessari impianti produttivi.

Non viene presa in considerazione l'energia di combustione che sarebbe altrimenti stata disponibile dagli idrocarburi che sono stati utilizzati come materie prime”.





# Primi tentativi di LCA

## ROUTES TO FINAL PRODUCTS

Figure 1

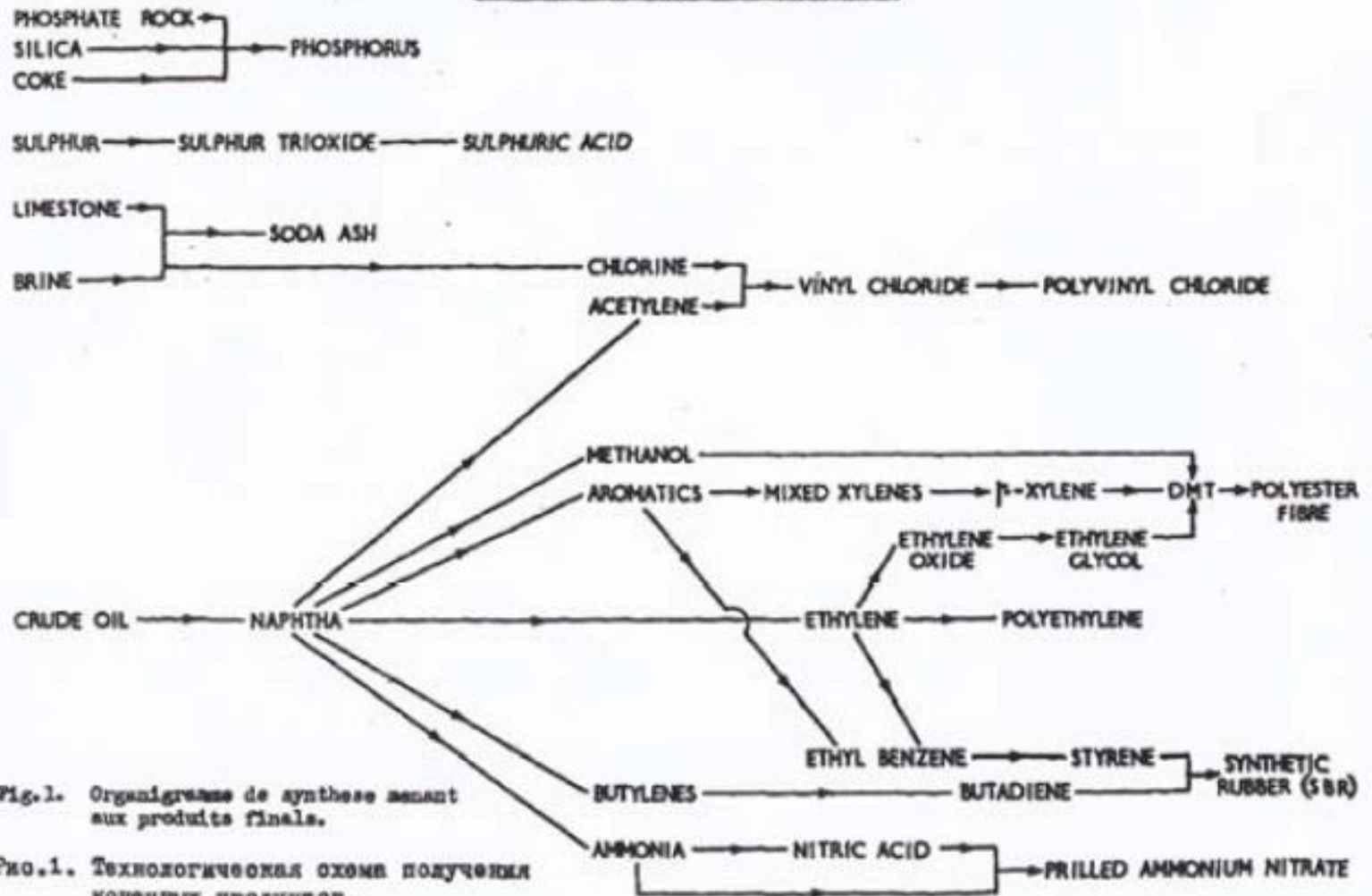
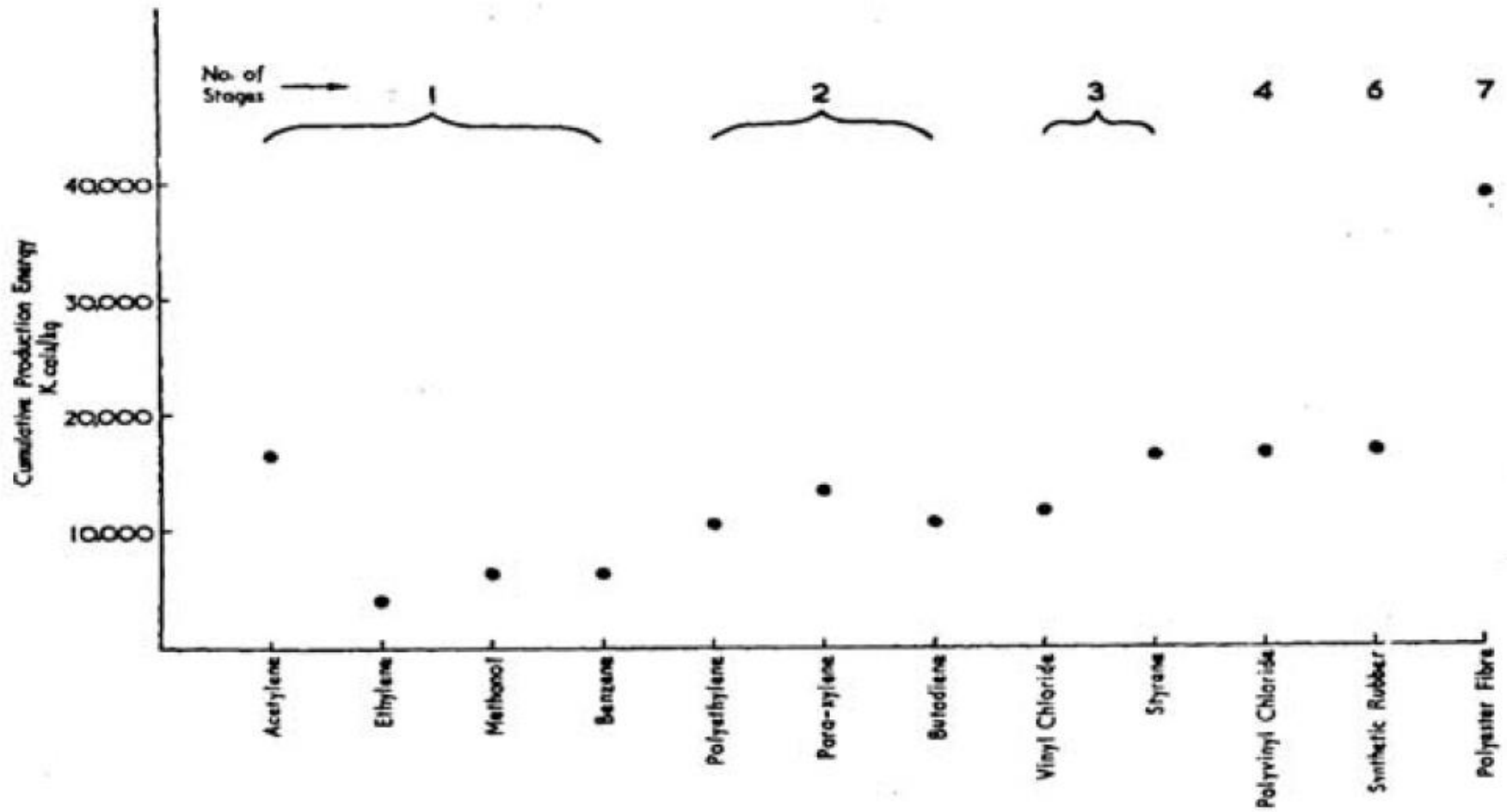


Fig. 1. Organigramme de synthese menant aux produits finals.

Рис. 1. Технологическая схема получения конечных продуктов.

Figure II

### CUMULATIVE PRODUCTION ENERGY OF ORGANIC COMPOUNDS COMPARED WITH STAGES IN PRODUCTION OPERATION







## Primi tentativi di LCA

---

Ricerca commissionata da Coca-Cola Company nel 1969 pose le basi per i metodi attuali di LCA negli USA: confronto tra diversi contenitore per bevande; quali producono minori rilasci nell'ambiente e quali influiscono meno sull'approvvigionamento delle risorse naturali? (studio inizialmente identificato come REPA = Resource and Environmental Profile Analysis)

Altro studio, commissionato da Mobil Chemical Company per capire se vaschette in polistirene fossero davvero più inquinanti di quelle in carta (come dicevano i concorrenti).



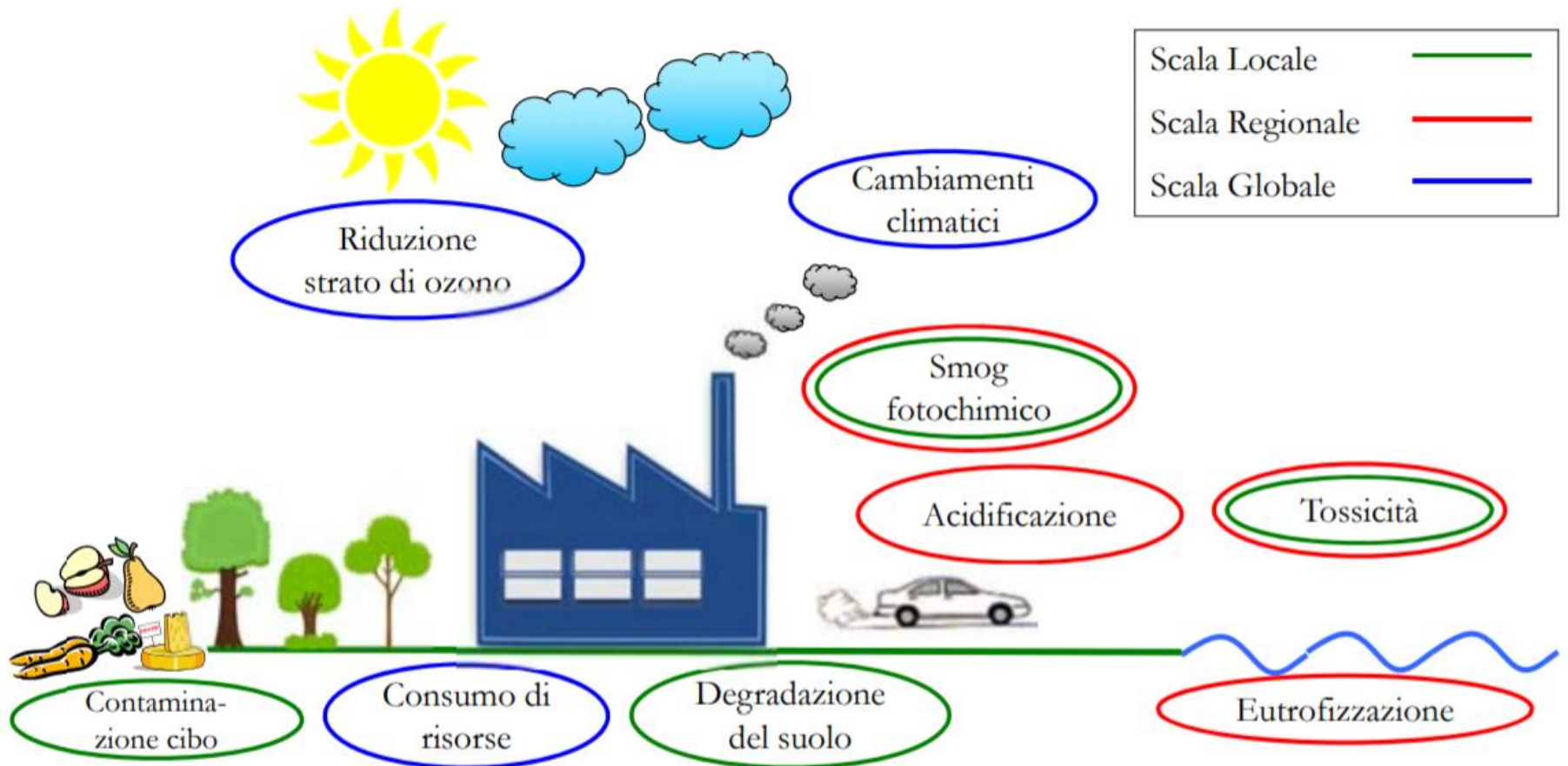
## Alcuni cenni riguardo allo sviluppo storico della metodologia LCA

---

- 1960s – Primi studi su “Resource and Environmental Profile Analysis” (REPAs).
- 1970s – Primi modelli di LCA (es. Boustead, UK).
- 1980s – Diffusione della metodologia, mancanza di standardizzazione, risultati contraddittori.
- 1992 – SETAC pubblica “Guidelines for Life Cycle Assessment: A Code of Practice”
- 1997-2000s – Pubblicazioni di norme ISO della serie 14040-43.
- 2001 – Pubblicazioni di norme ISO Standards e Reports Tecnici 14047-49.
- 2000 – UNEP e SETAC creano Life Cycle Initiative.
- 2006 – Pubblicazione delle nuove norme ISO 14040/44



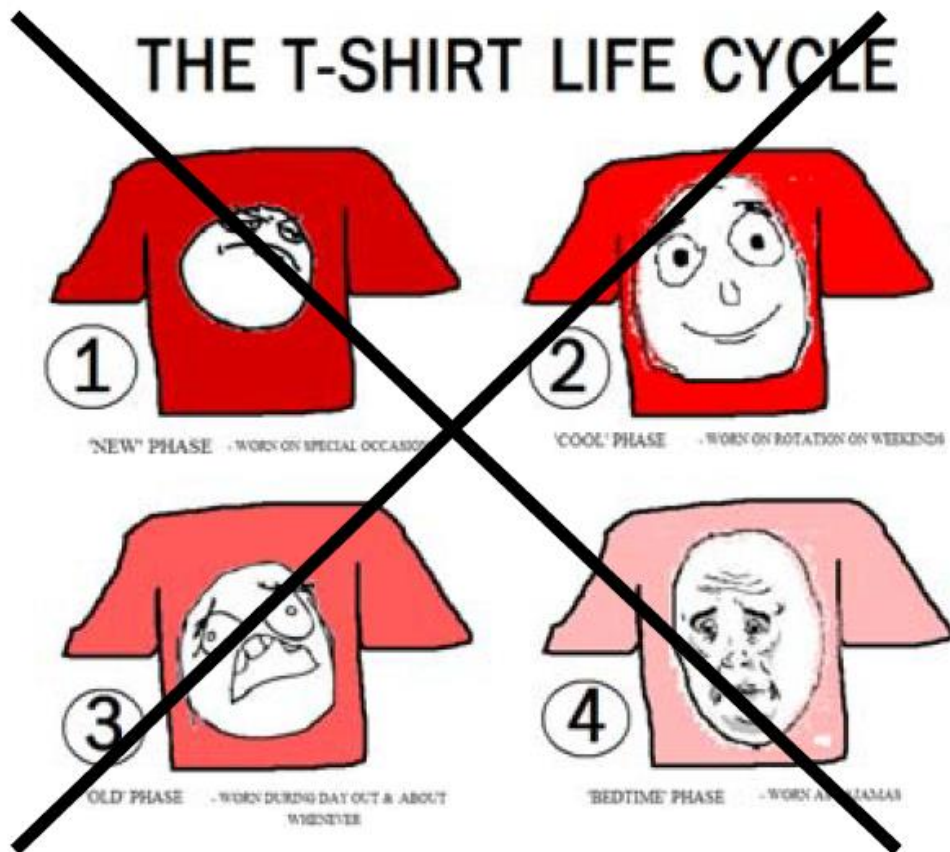
# Diversi impatti ambientali





# Schema della presentazione

- Introduzione
- Principi di LCA
- Fasi LCA
- Applicazioni LCA





# Il concetto di ciclo di vita





# Definizione di LCA

---

## Life Cycle Assessment (Analysis)

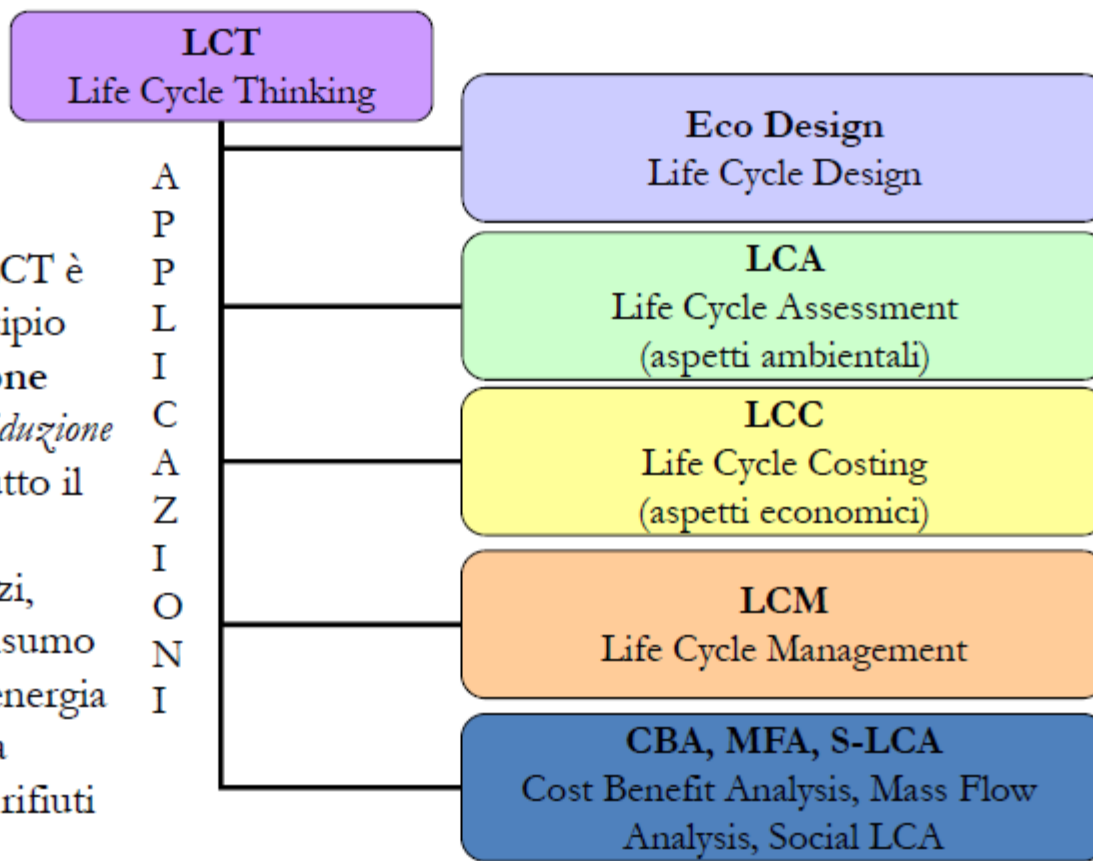
“Una LCA è un processo oggettivo di **valutazione dei carichi ambientali** connessi con un prodotto, un processo o una attività, attraverso l’identificazione e la quantificazione dell’energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell’ambiente, per valutare l’impatto di questi usi di energia 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” (SETAC, 1993).





# Life Cycle Thinking

Il concetto di LCT è basato sul principio della **prevenzione** mediante una *riduzione degli impatti* in tutto il **ciclo di vita** di prodotti e servizi, limitando il consumo di materiali ed energia e diminuendo la produzione dei rifiuti





# L'approccio LCA

---

Da un punto di vista generale, l'approccio LCA è completamente diverso da quello adottato dagli economisti per descrivere i processi industriali (tradizionalmente suddivisi in settori industriali: estrattivo, tessile, delle costruzioni, ecc.).

L'approccio LCA è invece concentrato sull'**analisi delle funzioni da soddisfare** in ogni settore produttivo o di servizio coinvolto: ad es., la distribuzione del latte comprende industria alimentare, del packaging (vetro, PET o poliaccoppiato), della carta e chimica (per l'etichettatura), dei trasporti, ecc.

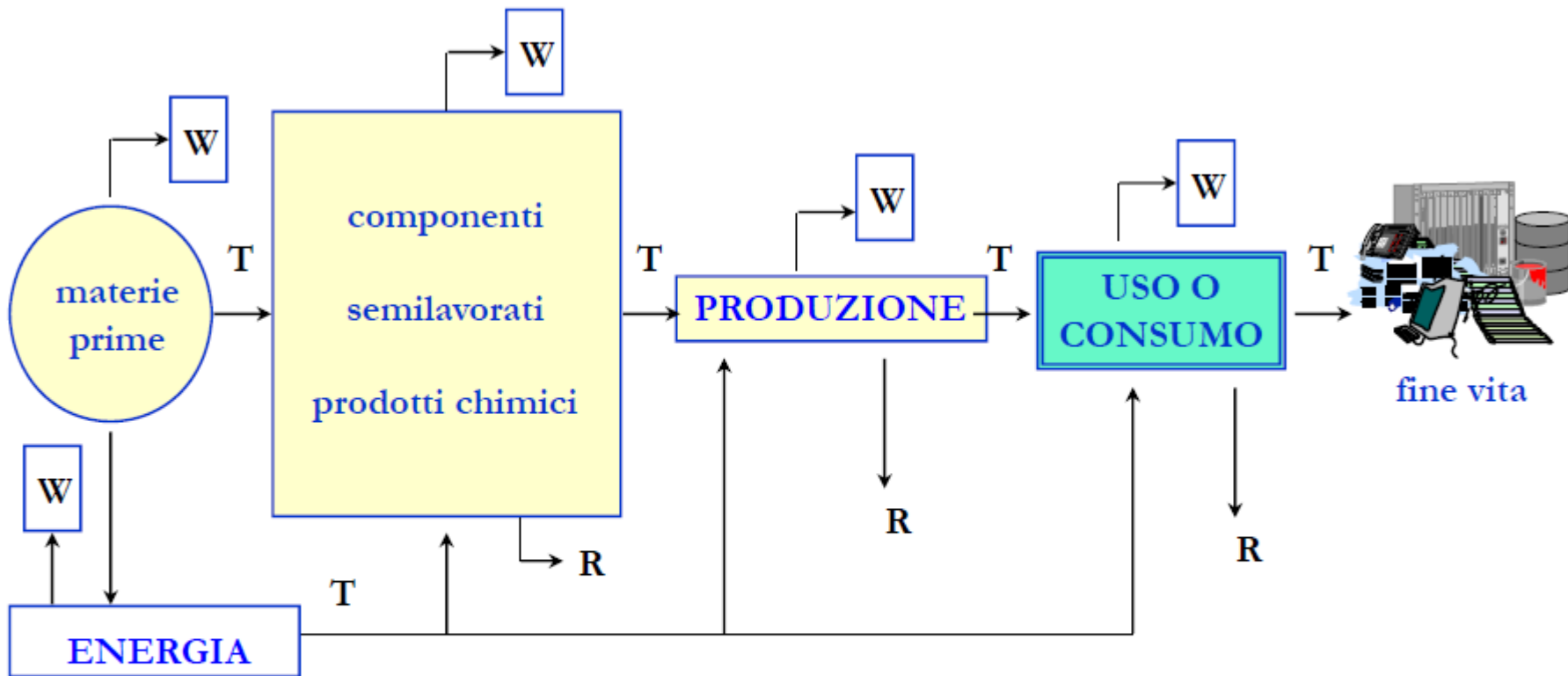
|

# *L'approccio LCA*

Fin dalle prime esperienze applicative a vari settori produttivi, lo strumento si qualifica per quello che può offrire: **non ha significato paragonare in assoluto materiali diversi tra loro**, ma solo funzioni che possono essere realizzate, a parità di prestazioni, utilizzando materiali alternativi.

Lo **scopo** è quello di confrontare da un punto di vista ambientale **funzioni equivalenti con l'utilizzo di soluzioni e materiali diversi**.

# *L'LCa analizza l'intero sistema*



T: trasporti

W: rilasci nell'ambiente

R: riciclo o riuso



# Es.: il ciclo di vita di un CD/DVD

## The Life Cycle of a CD or DVD



**Y**ou listen to music on your stereo, play them in your car stereo, or watch movies on your computer. Compact Discs (CDs) and Digital Versatile Discs (DVDs) are everywhere! Only a few million years ago, they were just a collection of dirt and rocks.

On your next trip to the store, look for CDs and DVDs. They are made from plastic, and they are made from a special process that uses a lot of energy. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.

Follow the life cycle of a CD or DVD on this poster to learn more about how these products are made and how you can help reduce their environmental impact.



**Disposal**  
The CD or DVD you use is made from plastic. It is not biodegradable, and it can take a long time to break down. If you throw it away, it will end up in a landfill. You can help reduce the amount of waste by recycling your CD or DVD. Many electronics stores and recycling centers accept them.

### Reuse, Recycling or Disposal

**Reuse**  
A good way to reduce the amount of waste is to reuse your CD or DVD. You can use it again and again. If you have a CD or DVD that you no longer use, you can give it to a friend or family member. You can also use it as a gift. Reusing your CD or DVD can help reduce the amount of waste that goes into a landfill.

**Purchasing Decisions**  
You can help reduce the amount of waste by making smart purchasing decisions. When you buy a CD or DVD, look for one that is made from recycled plastic. Many manufacturers use recycled plastic to make their discs. You can also look for discs that are made from biodegradable materials. These discs will break down more quickly than those made from plastic. You can also look for discs that are made from recycled paper. These discs are made from recycled newspaper and other paper products. They are made from a special process that uses a lot of energy. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.

**Designing for the Environment**  
If you are a designer, you can help reduce the amount of waste by designing products that are easy to recycle. You can use recycled materials in your designs. You can also design products that are made from biodegradable materials. These products will break down more quickly than those made from plastic. You can also design products that are made from recycled paper. These products are made from recycled newspaper and other paper products. They are made from a special process that uses a lot of energy. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.



### Materials Acquisition

CDs and DVDs are made from plastic. The plastic is made from a special process that uses a lot of energy. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.



### Materials Processing

Materials processing is the process of taking raw materials and turning them into a finished product. In the case of CDs and DVDs, the raw materials are plastic and metal. The plastic is melted and then pressed into a disc. The metal is used to make the disc's surface. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.



### Manufacturing

The manufacturing process for CDs and DVDs is a complex one. It involves a lot of steps, from the design of the disc to the final product. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.



### Transportation/Distribution

Once a CD or DVD is made, it needs to be transported to the store. This is done by truck, train, or plane. The process of transporting CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.

### Packaging

CDs and DVDs are packaged in plastic cases or cardboard sleeves. The packaging is made from recycled materials. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.

### Useful Life

CDs and DVDs are used for a long time. They are a great way to store music and movies. The process of making CDs and DVDs is a complex one, and it involves a lot of steps. From the design of the disc to the final product, you can make better choices about the products you buy, and how you use them.



<http://www.epa.gov/osw/education/pdfs/finalposter.pdf>

# *Che cos'è l'LCA*

- Definita da una **norma ISO**
- Metodo di valutazione degli impatti ambientali di un prodotto o servizio dalla “**culla alla tomba**”
- Valuta sia gli impatti **diretti** (quelli controllati di solito da ARPA, ASL, ecc...) che quelli **indiretti**



# *Il concetto di impatti indiretti*

Es.: Produzione di caffè.



1 tazza di caffè richiede ~ 140 L d'acqua per essere prodotta

|



## Il concetto di “impatti indiretti”



Es: Fabbricazione di un computer.

Generalmente si considerano le emissioni dall'industria o al limite (ma si sa piuttosto poco) la fase di smaltimento.

Durante la produzione: emissioni dalla manifattura (sottoprodotti, purificazione, ecc.), consumo di energia, trasporto e distribuzione.

Poi c'è la fase d'uso (consumo di batterie, di luce, ecc.)

Infine, c'è il fine vita (processi di smontaggio, recupero di materia, riciclaggio con relative emissioni, smaltimento del non recuperabile).

Ma gli impatti maggiori avvengono a monte (estrazione materie prime e trattamento: consuma i  $\frac{3}{4}$  dell'energia del suo ciclo di vita prima di essere acceso e 1700 kg di materiali vari, di cui 240 kg di petrolio - *Nature Mater.* 2004, 3, 287)



# *Perché usare l'LCA*

- LCA fornisce uno schema per analizzare la **performance ambientale** delle singole operazioni della produzione e dell'intero sistema.
- LCA permette l'analisi di **molteplici impatti** ambientali
- Fornisce lo schema per **organizzare** una mole notevole di dati ed informazioni.



# LCA : usi comuni

## USARE LCA PER

Aiutare ad identificare, quantificare, interpretare e valutare gli impatti ambientali di un prodotto, una funzione o un servizio

Selezionare indicatori rilevanti di performance ambientali per paragonare tra loro prodotti con la medesima funzione.

Comparare gli impatti ambientali di un prodotto con uno standard di riferimento (es. strumento analitico dell'Ecolabel)

Identificare le opportunità di miglioramento degli aspetti ambientali di un prodotto, individuando gli stadi del ciclo di vita che presentano impatto ambientale dominante

Assistere il processo decisionale delle industrie e della Pubblica Amministrazione (ad esempio: pianificazione strategica, definizione di priorità, progettazione o riprogettazione di prodotti, processi o servizi)

Comunicazione di informazioni ambientali (es. Dichiarazione ambientale EMAS) e marketing (ad esempio: etichette ecologiche, pubblicizzazione di prodotti ambientalmente compatibili).

## NON USARE LCA PER

Risolvere problemi di localizzazione di un'opera (usare la VIA)

Risolvere problemi relativi ad una specifica sostanza (usare SFA: Substance Flow Analysis)

Risolvere problemi ambientali di una azienda (usare SGA)

Risolvere problemi di uno specifico processo produttivo (usare BAT)

Rispondere a problemi relativi alla sicurezza e al rischio (usare RA)



# <http://www.isprambiente.gov.it/it/certificazioni>

Il Sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS = *Eco-Management and Audit Scheme*) è un sistema a cui possono aderire volontariamente le imprese e le organizzazioni, sia pubbliche che private, aventi sede nel territorio della Comunità Europea o al di fuori di esso, che desiderano impegnarsi nel valutare e migliorare la propria efficienza ambientale.

Il primo Regolamento EMAS n. 1836 è stato emanato nel 1993 e nel 2001 è stato sostituito dal Regolamento n. 761 che, a sua volta sottoposto a revisione, è stato sostituito nel 2009 dal nuovo Regolamento n. 1221.

EMAS è principalmente destinato a migliorare l'ambiente e a fornire alle organizzazioni, alle autorità di controllo ed ai cittadini (al pubblico in senso lato) uno strumento attraverso il quale è possibile avere informazioni sulle prestazioni ambientali delle organizzazioni.

Il sistema di gestione relativo alle attività tecniche di registrazione EMAS, accreditamento e sorveglianza dei Verificatori Ambientali EMAS sono svolte in conformità alla norma ISO 9001:2008 (Certificato 9175 rilasciato da IMQ-CSQ).



**Ecolabel**  
[www.ecolabel.eu](http://www.ecolabel.eu)

Ecolabel UE è il marchio di qualità ecologica dell'Unione Europea (Ecolabel UE) che contraddistingue prodotti e servizi che pur garantendo elevati standard prestazionali sono caratterizzati da un ridotto impatto ambientale durante l'intero ciclo di vita.

Ecolabel UE è stato istituito nel 1992 dal Regolamento n. 880/92 ed è oggi disciplinato dal Regolamento (CE) n. 66/2010 in vigore nei 28 Paesi dell'Unione Europea e nei Paesi appartenenti allo Spazio Economico Europeo – SEE (Norvegia, Islanda, Liechtenstein).

Ecolabel UE è un'etichetta ecologica volontaria basata su un sistema di criteri selettivi, definito su base scientifica, che tiene conto degli impatti ambientali dei prodotti o servizi lungo l'intero ciclo di vita ed è sottoposta a certificazione da parte di un ente indipendente (organismo competente).

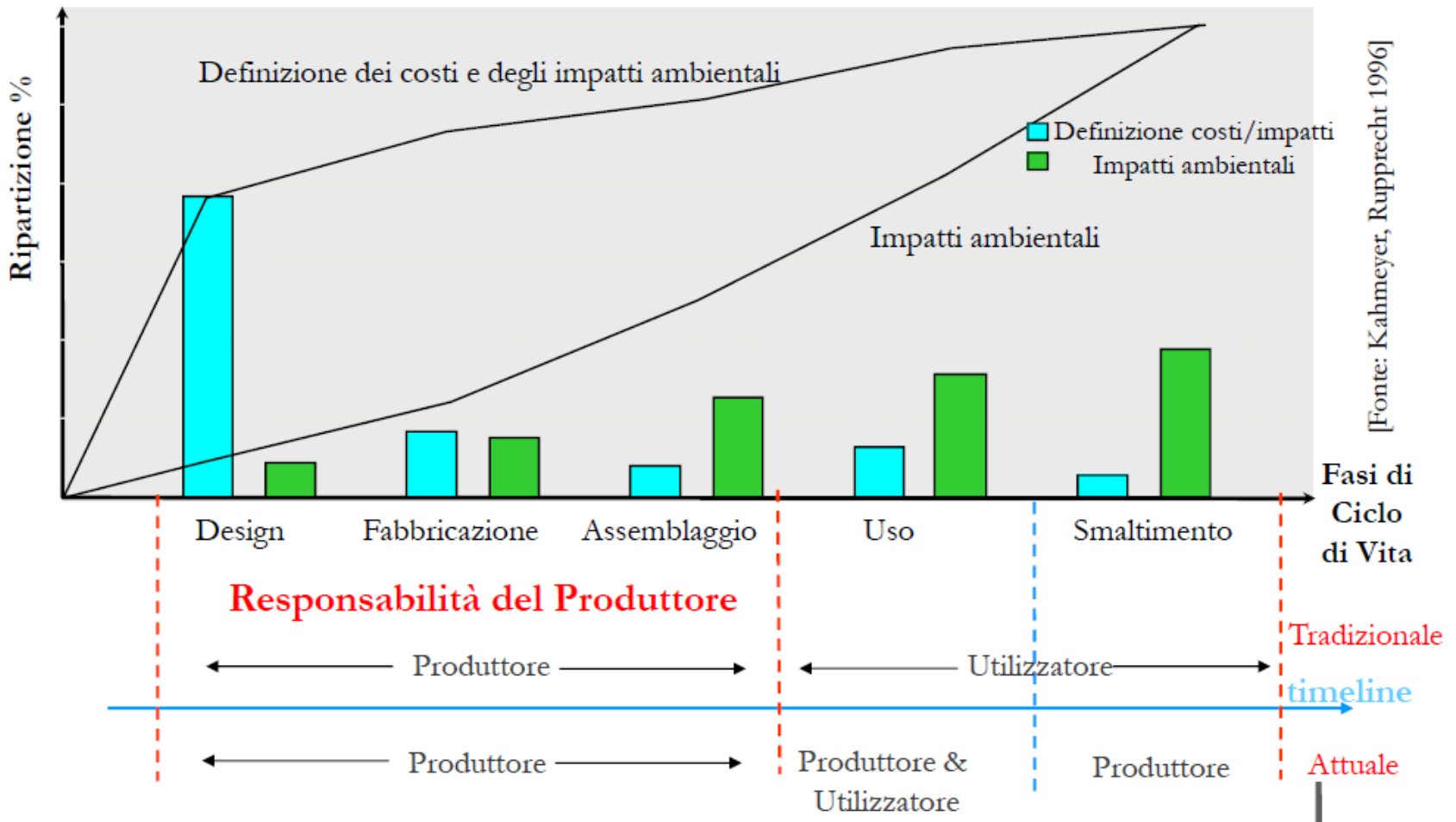
La prestazione ambientale è valutata su base scientifica analizzando gli impatti ambientali più significativi durante l'intero ciclo di vita del prodotto o del servizio, tenendo anche conto della durata della vita media dei prodotti e della loro riutilizzabilità/riciclabilità e della riduzione degli imballaggi e del loro contenuto di materiale riciclato.

# *I principi chiave per affrontare le tematiche ambientali*

- valutazione sistemica e complessiva
  - Molto spesso ci sono contraddizioni tra diversi aspetti ambientali: **occorre un approccio olistico per evitare di spostare semplicemente il problema**
- prevenzione
  - Cambiare durante lo stadio di progettazione costa anche 1000 volte di meno che durante la produzione/erogazione del servizio
- miglioramento continuo
  - Occorre instaurare un processo dinamico virtuoso



# Progettazione ecologica



# Definizioni e Norme ISO 140140

Principali categorie di impatto ambientale da tenere in considerazione riguardano l'*utilizzo di risorse*, la *salute dell'uomo* e le *conseguenze ecologiche*.

La **ISO 14040:2006** (1/7/2006) ha rivisto e sostituito le 14040:1997, 14041:1998, 14042:2000 e 14043:2000.

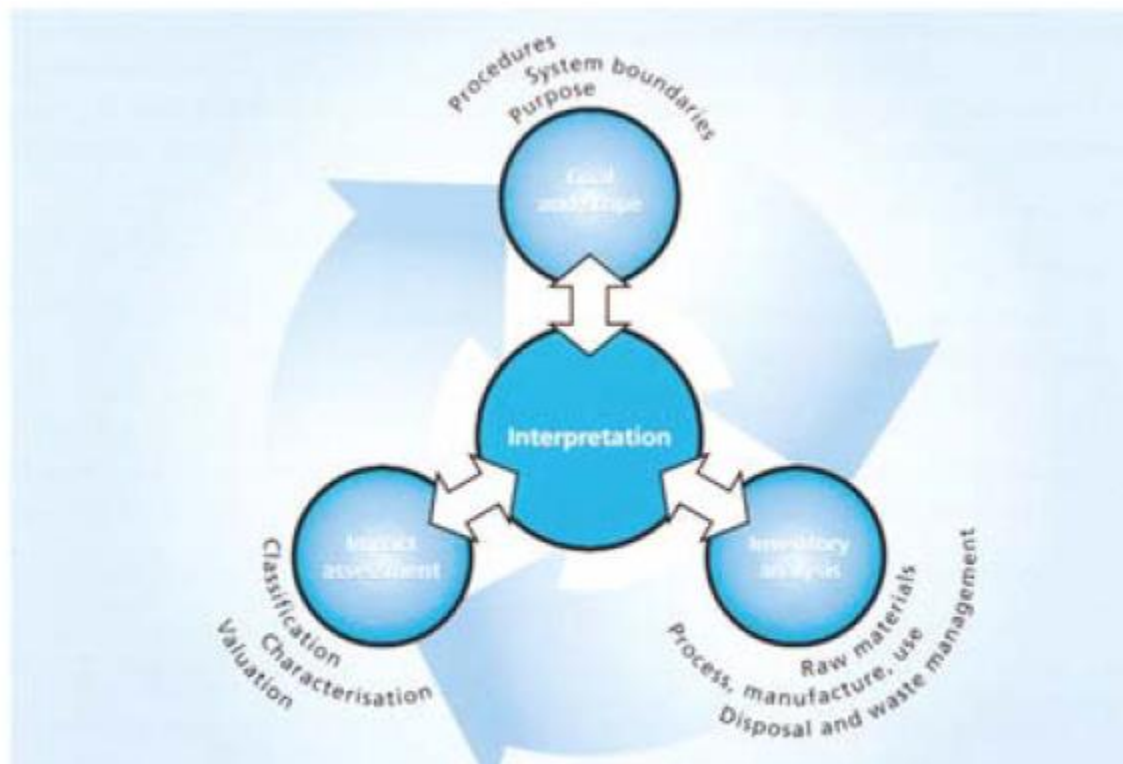
La **ISO 14044:2006** (31/8/2006) definisce in dettaglio i requisiti per condurre un'analisi LCA.

Ci sono anche: ISO 14047:2012 (esempi su come applicare ISO 14044 a situazioni di impact assessment); ISO 14048:2002 (formattazione della documentazione dei dati); ISO 14049:2012 (esempi su come applicare ISO 14044 a definizione di obiettivo e scopo ed analisi di inventario)



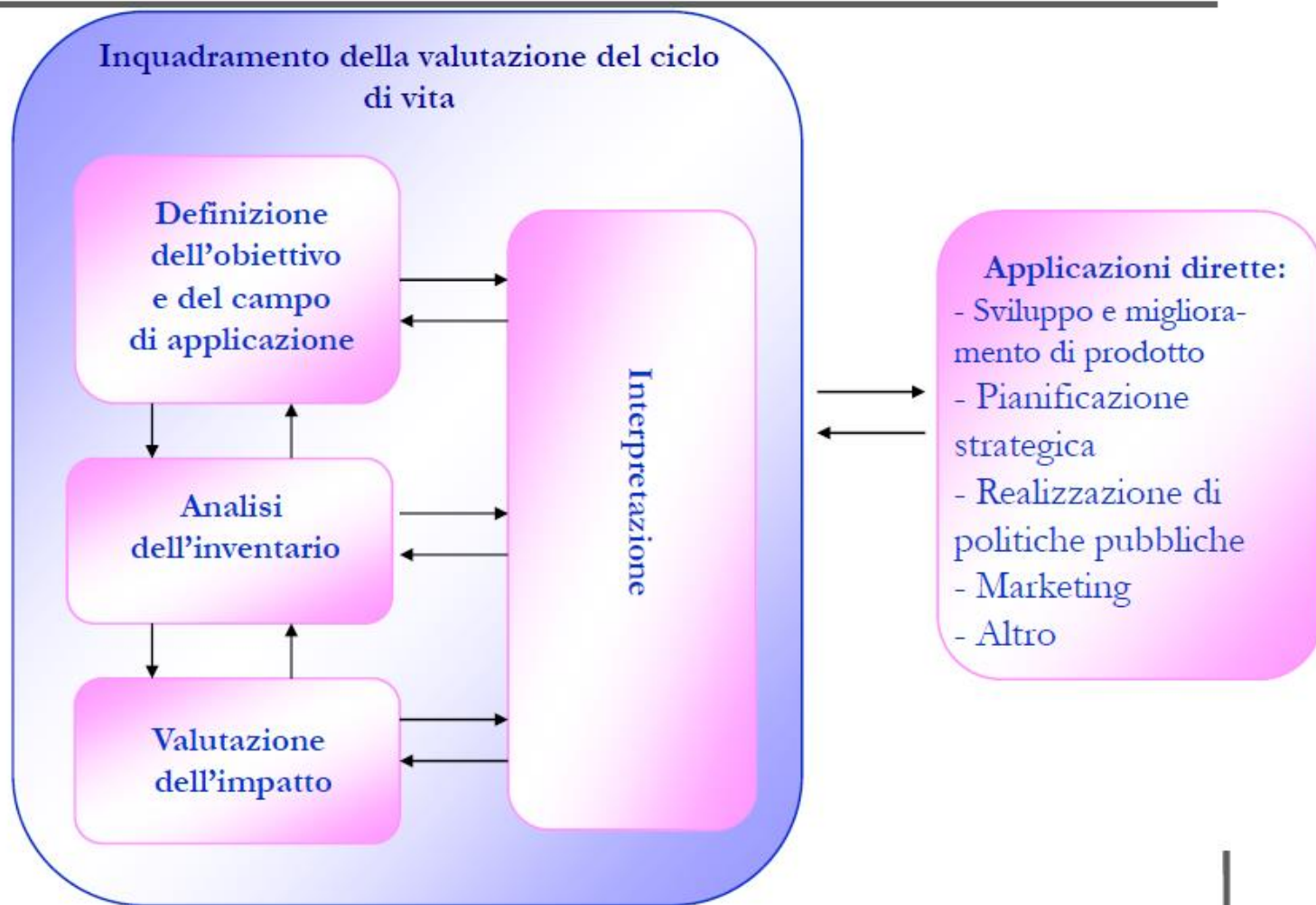
# Schema della presentazione

- Introduzione
- Principi di LCA
- Fasi LCA
- Casi studio LCA





## Fasi della metodologia LCA (ISO 14040)



# LCA: struttura concettuale

---

1. **Goal and Scope definition** (*Definizione degli obiettivi e del campo di applicazione dello studio*) nella quale si definiscono in maniera univoca lo scopo e i confini del sistema considerato.
2. **Life Cycle Inventory** (*Inventario del ciclo di vita*) vengono quantificati i flussi in ingresso e in uscita dai confini del sistema definiti nella fase precedente
3. **Life Cycle Impact Assessment** (*Valutazione degli impatti*) vengono trasformati i dati della tabella di inventario in contributi ad un numero ridotto di categorie di impatto
4. **Life Cycle Interpretation** (*interpretazione*) dove si utilizza una procedura sistematica di identificazione e controllo delle conclusioni tratte dall'analisi dell'inventario e dalla valutazione degli impatti del sistema



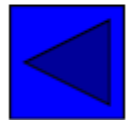
# *Goal and scope definition*

Viene progettata per ottenere le necessarie specificazioni dello studio di LCA. Procedura:

1. Definire lo scopo dello studio di LCA, finendo con la definizione dell'**unità funzionale**, che è il riferimento quantitativo per lo studio.

2. Definire lo scopo dello studio, che abbraccia due compiti principali

- Stabilire **limiti** spaziali tra il sistema prodotto studiato e l'intorno, generalmente chiamato "l'ambiente".



- Dettagliare il sistema disegnando il suo **diagramma di flusso** tenendo conto di una prima stima di input da ed output verso l'ambiente (flussi o carichi elementari verso l'ambiente)

3. Definire i **dati richiesti**, che comprendono una specificazione dei dati necessari per l'analisi di inventario e la successiva fase di valutazione degli impatti

# *Life Cycle Inventory*

Questa analisi raccoglie tutti i dati dei processi unitari all'interno di un sistema prodotto e le lega all'unità funzionale dello studio.

1. **Raccolta dati**, specificando tutti i flussi input ed output dei processi nel sistema considerato (interni - da un'unità all'altra, o esterni)
2. **Normalizzazione** sull'unità funzionale, ovvero quantificazione di tutti i dati relativamente ad un'unità (ad es., di prodotto studiato).
3. **Allocazione**, che significa la distribuzione delle emissioni e delle estrazioni di risorse entro un dato processo attraverso i suoi diversi prodotti (es., raffinazione del petrolio fornisce nafta, benzina, oli pesanti, ecc.)
4. **Valutazione dei dati**, che comprende una valutazione di qualità degli stessi (es., effettuando eventualmente un'analisi di sensibilità)



# *Life Cycle Impact Assessment*

Ha lo scopo di rendere i risultati della fase precedente più comprensibili e gestibili in relazione alla salute umana, la disponibilità di risorse, e l'ambiente naturale. Per compiere questo, la tavola di inventario deve essere convertita in un numero inferiore di indicatori.

1. **Selezione e definizione di categorie di impatto**, che sono classi di un numero selezionato di impatti ambientali (effetto serra, acidificazione, ecc.)
2. **Classificazione** mediante assegnazione dei risultati dell'analisi di inventario alle categorie di impatto relative.
3. **Caratterizzazione** mediante aggregazione dei risultati dell'inventario in termini di fattori adeguati (“fattori di caratterizzazione”) di diversi tipi di sostanze entro le categorie di impatto; quindi è definita un'unità comune per ogni categoria. I risultati di questo stadio sono noti come il “profilo ambientale” del sistema prodotto.

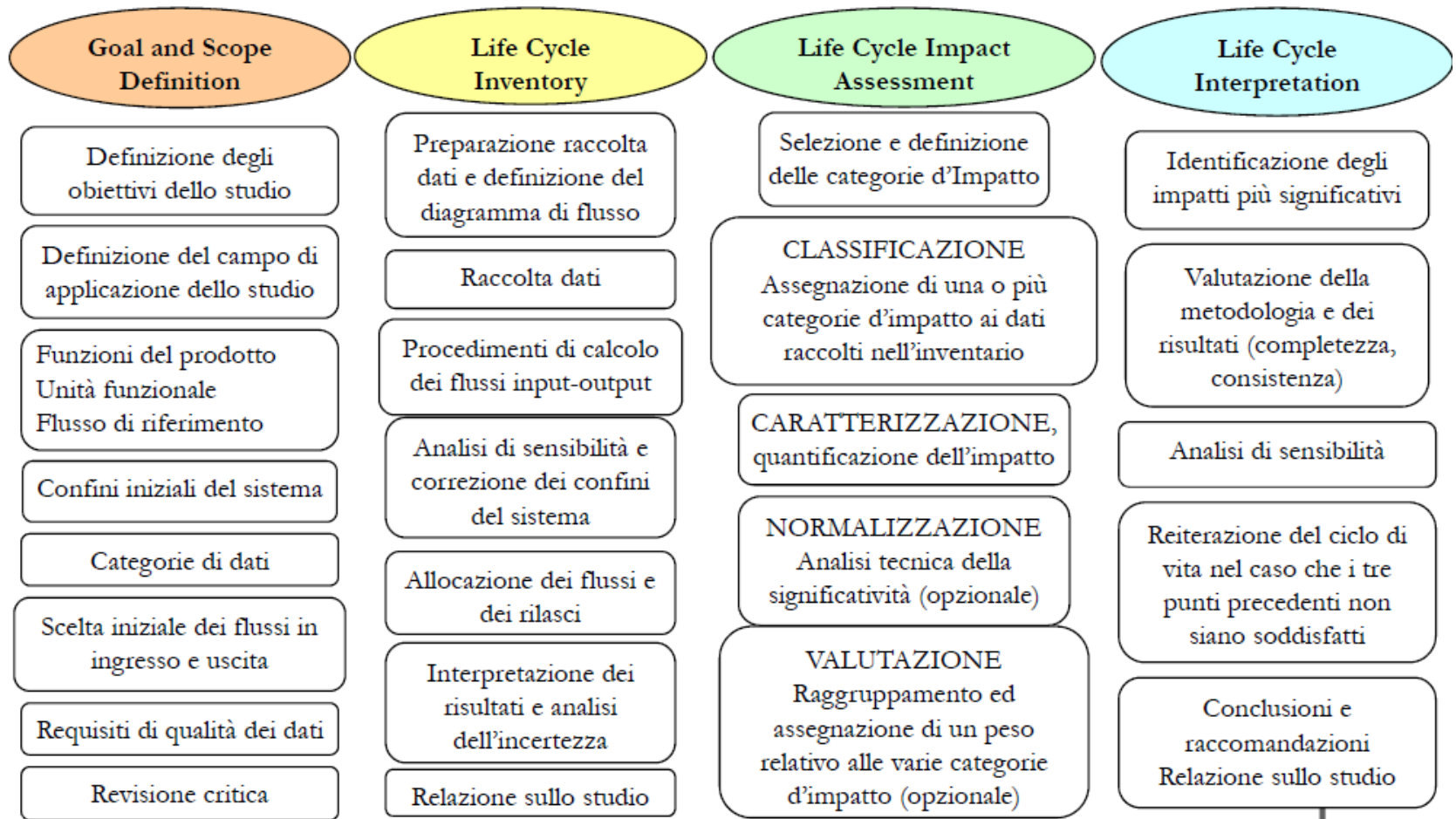


# Life Cycle Interpretation

Vuole valutare i risultati delle due fasi precedenti e confrontarle con lo scopo dello studio fissato nella prima fase.

1. **Identificazione dei risultati più importanti** dell'analisi di inventario e della valutazione degli impatti.
2. **Valutazione dei risultati dello studio**, consistenti in una serie di procedure: controllo di completezza, analisi di sensibilità, analisi di incertezza e controllo di consistenza.
3. **Conclusioni, raccomandazioni e rapporti**, comprendenti una definizione del risultato finale, un confronto con l'obiettivo originale dello studio, procedure per una revisione critica, e un resoconto finale dei risultati.

# LCA: struttura concettuale





# *L'unità funzionale e il flusso di riferimento*

**L'unità funzionale** è ciò che viene confrontato

Esempi:

*Per la valutazione di un processo*

Es.: 1 t di composto prodotto attraverso differenti processi industriali

*Per la valutazione di un prodotto:*

Es., nel caso di contenitori per bevande in poliaccoppiato / carta / vetro si può confrontare:

- 1 kg di poliaccoppiato/alluminio/vetro
- l'impatto dei singoli contenitori una volta immessi sul mercato
- la fornitura di una stessa quantità di bevanda al consumatore

Il Flusso di riferimento è utilizzato nell'inventario

L'**unità funzionale** è un concetto centrale, la misura dell'efficacia prodotta dal sistema studiato. Viene usata come base di calcolo e spesso anche di confronto tra diversi sistemi che perseguono la stessa funzione.

- Esempi:

- Sistema che produce imballaggio: ?

- Vernice: ?

- Asciugatura mani: confronto tra asciugamano di carta e sistema ad aria?



Unità funzionale per il confronto:  
1 L d'acqua contenuta

