

*L4 – Design*  
*A.A. 2021 - 2022*

*Introduzione alla*  
*Life Cycle Assessment (LCA)*

*Prof. Marina Mistretta*



- Cosa significa sostenibile dal punto di vista energetico ed ambientale?



Per rispondere abbiamo bisogno di misurare la sostenibilità ambientale con metodi scientificamente affidabili.



**Life Cycle Assessment**

Vi è la necessità di misurare la sostenibilità ambientale con metodi scientificamente affidabili

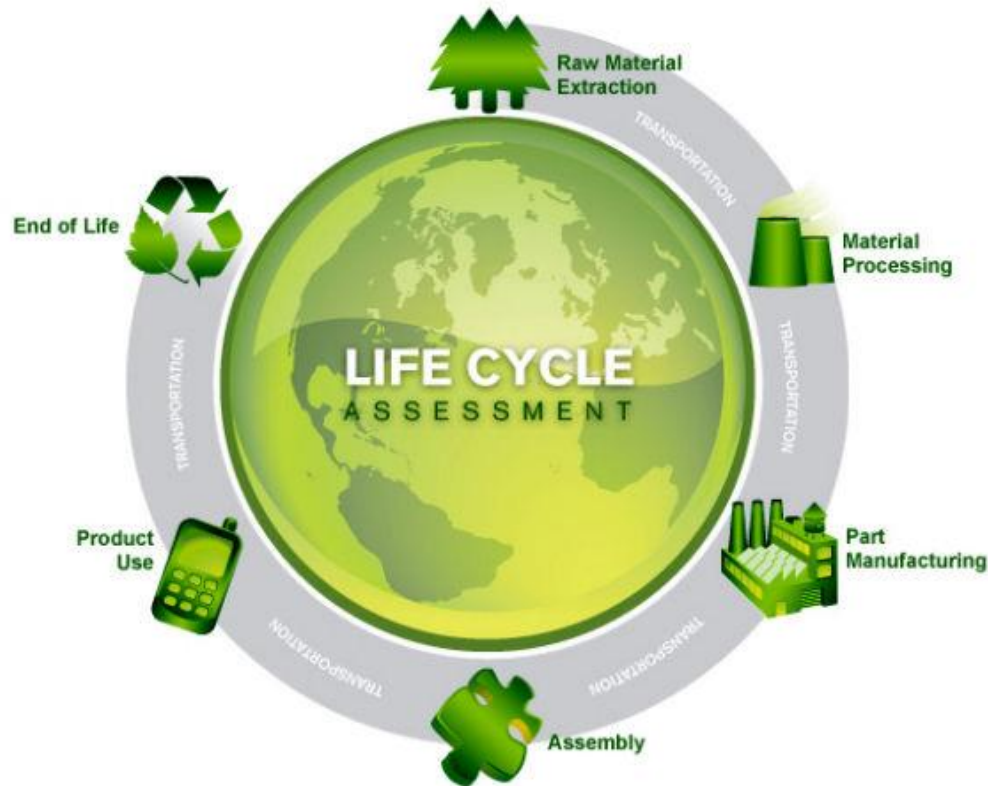
## Life Cycle Assessment



# Life Cycle Assessment: metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

La Life Cycle Assessment (LCA) è una metodologia standardizzata a livello internazionale che consente di stimare gli impatti energetico – ambientali attribuibili al ciclo di vita di un prodotto/servizio e di identificare i processi maggiormente responsabili di tali impatti.

ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006



# La metodologia dell'Analisi di Ciclo di Vita

**Fonte: ISO 14040 (dal 1997)**

L'Analisi del Ciclo di Vita (o Life Cycle Assessment - LCA) è una metodologia che consente di valutare i potenziali impatti ambientali di un sistema di prodotto, mediante:

- la compilazione di un inventario, ossia del calcolo dei flussi di materia (materiali in forma solida, liquida e gassosa) e di energia in ingresso e in uscita dal sistema prodotto;
- la valutazione dei potenziali impatti ambientali associati ai flussi in ingressi e in uscita;
- l'interpretazione dei risultati in relazione agli obiettivi dello studio.



# La metodologia dell'Analisi di Ciclo di Vita

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

**Fonte: SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry**

La LCA studia gli impatti lungo tutto il ciclo di vita del prodotto «dalla culla alla tomba», ossia dall'acquisizione delle materie prime, attraverso la fabbricazione e l'impiego, fino alla fase di fine di vita.

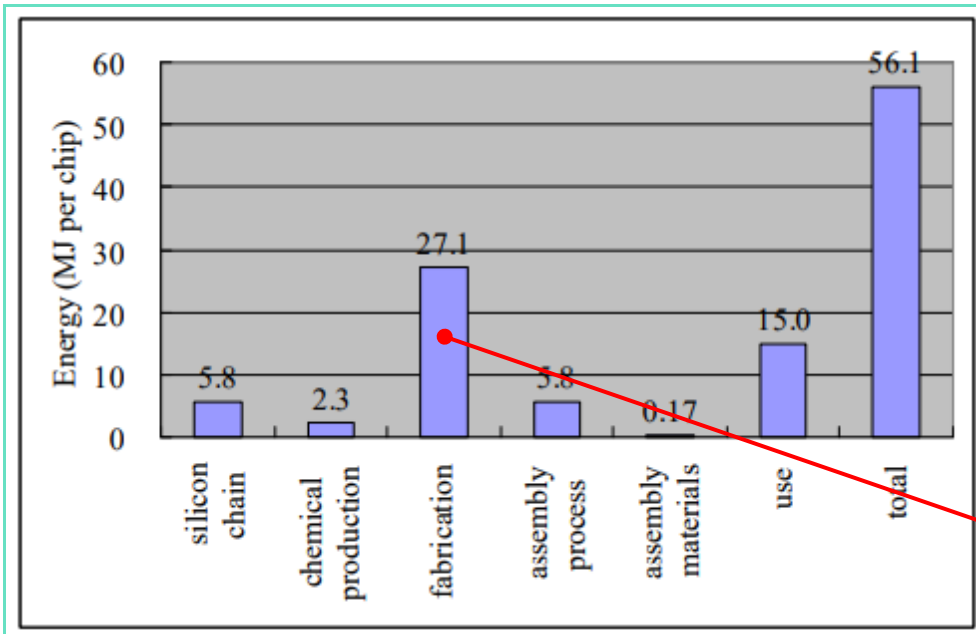


- In che modo la LCA si collega alle ricerche sulla sostenibilità?



I nuovi computer sono efficienti dal punto di vista energetico e consumano meno energia (soprattutto in stand-by).

Siamo sicuri che il consumo energetico (elettricità) è il principale impatto di un computer? Ci sono emissioni durante il ciclo di vita?



Source: Eric Williams United Nations University



Elevato consumo di energia per la produzione e l'uso di un piccolo chip di memoria

Un computer...

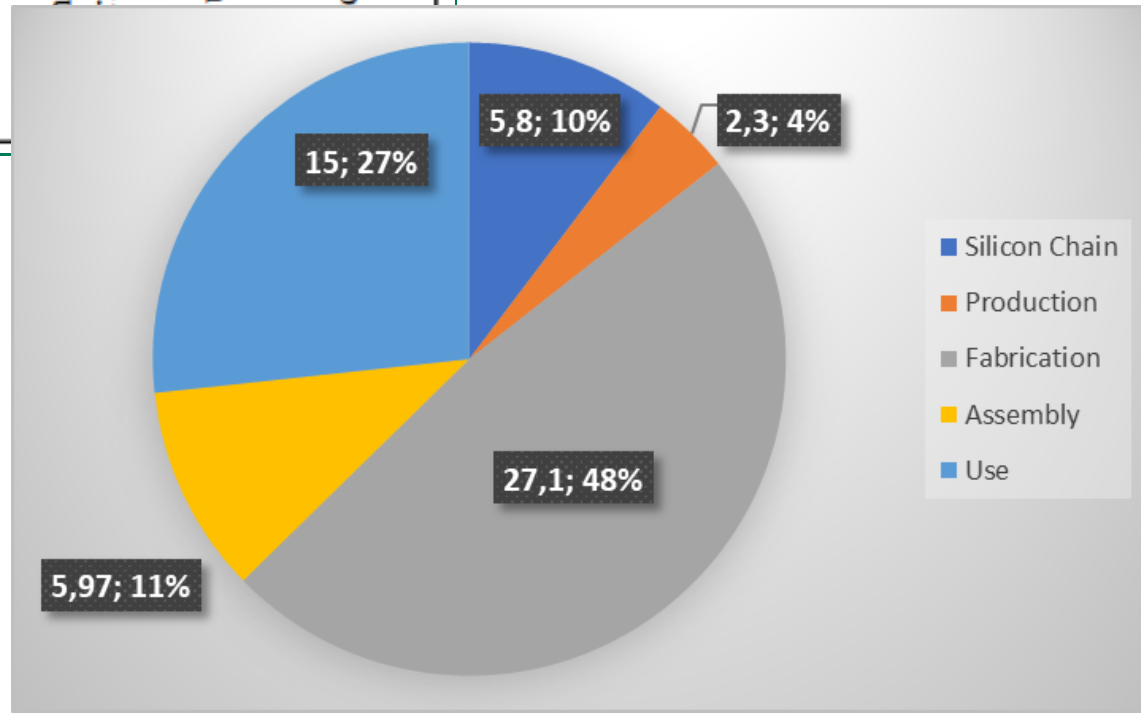
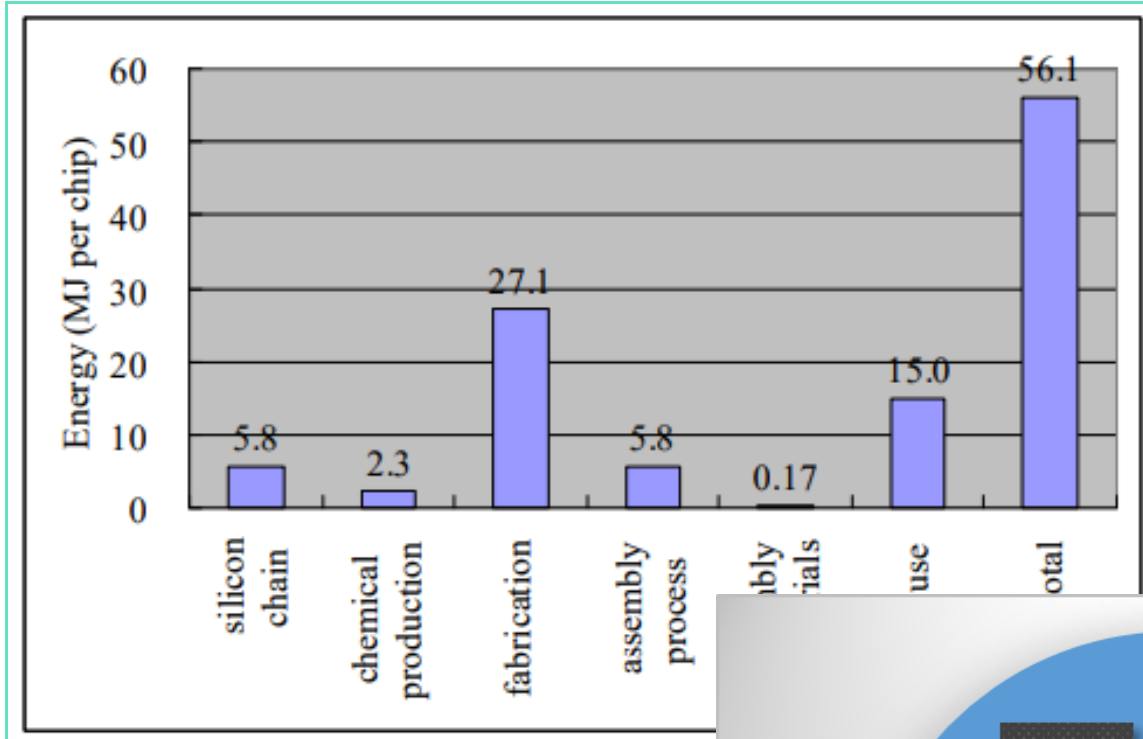
...può richiedere l'estrazione e il consumo di materiali rari

...può richiedere lo sviluppo di tecnologie ad elevato consumo energetico o che causano emissioni di sostanze tossiche

...può creare nuovi flussi di rifiuti.



# Elevato consumo di energia per la produzione e l'uso di un piccolo chip di memoria



# La Life Cycle Assessment: metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale



Ogni scelta che effettuiamo influenza la sostenibilità con conseguenze spesso di vasta portata ...

Le innovazioni di prodotto o di processo hanno conseguenze ambientali nello spazio e nel tempo che spesso è difficile prevedere!



CONSEGUENZE  
NELLO SPAZIO

CONSEGUENZE  
NEL TEMPO



# La Life Cycle Assessment: metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

## Impatti diretti e indiretti

Es: consumo di elettricità per illuminazione



Qual è l'impatto ambientale connesso all'illuminazione di una stanza?



# La Life Cycle Assessment: metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

## Impatti diretti e indiretti

Quali sono le conseguenze ambientali dell'illuminazione di una stanza?



**La decisione di illuminare la stanza crea un impatto ambientale fuori dai confini della stanza ...**

# La Life Cycle Assessment: metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

## Impatti diretti e indiretti

Quali sono le conseguenze ambientali dell'illuminazione di una stanza?



Ma questo  
è tutto?



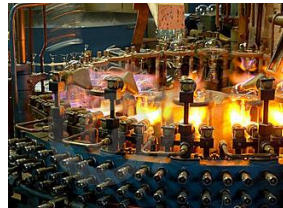
# La Life Cycle Assessment: metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

## Impatti diretti e indiretti

I processi coinvolti sono molteplici...



...



# La Life Cycle Assessment: metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

ALTRI SISTEMI

CENTRALE  
TERMOELETTRICA

RETE ELETTRICA

**È NECESSARIO  
ESTENDERE I CONFINI  
GEOGRAFICI ...  
CONSEGUENZE NELLO  
SPAZIO**

LA MIA STANZA



# La Life Cycle Assessment una metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

## Perché la LCA?

### Approccio Life Cycle:

- ❖ Coglie la complessità che si nasconde dietro ad un prodotto
- ❖ Evita lo spostamento dell'impatto da una fase del ciclo di vita ad un'altra.

### Approccio Multicriteriale:

- ❖ Evita lo spostamento da una categoria di impatto a un'altra.





# Life Cycle Assessment

- **UNI EN ISO 14040:2006** “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Principi e quadro di riferimento”, che fornisce in un quadro generale le pratiche, le applicazioni e le limitazioni della LCA, ed è destinata ad una vasta gamma di potenziali utenti e parti interessate, anche con una conoscenza limitata della valutazione del ciclo di vita (ISO, 2006a);
- **UNI EN ISO 14044:2006** “Gestione ambientale – Valutazione del ciclo di vita – Requisiti e linee guida”, che è stata elaborata per la preparazione, la gestione e la revisione critica del ciclo di vita e rappresenta il principale supporto per l’applicazione pratica di uno studio di LCA (ISO, 2006b).

Altri riferimenti per lo svolgimento di studi LCA sono i seguenti:

- **International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook** - General guide for Life Cycle Assessment - Provisions and Action Steps (EC - JRC, 2010);
- **Product Environmental Footprint (PEF) Guide** (European Commission, 2013).

# La Life Cycle Assessment una metrica per la valutazione della sostenibilità ambientale

## Perché la LCA?

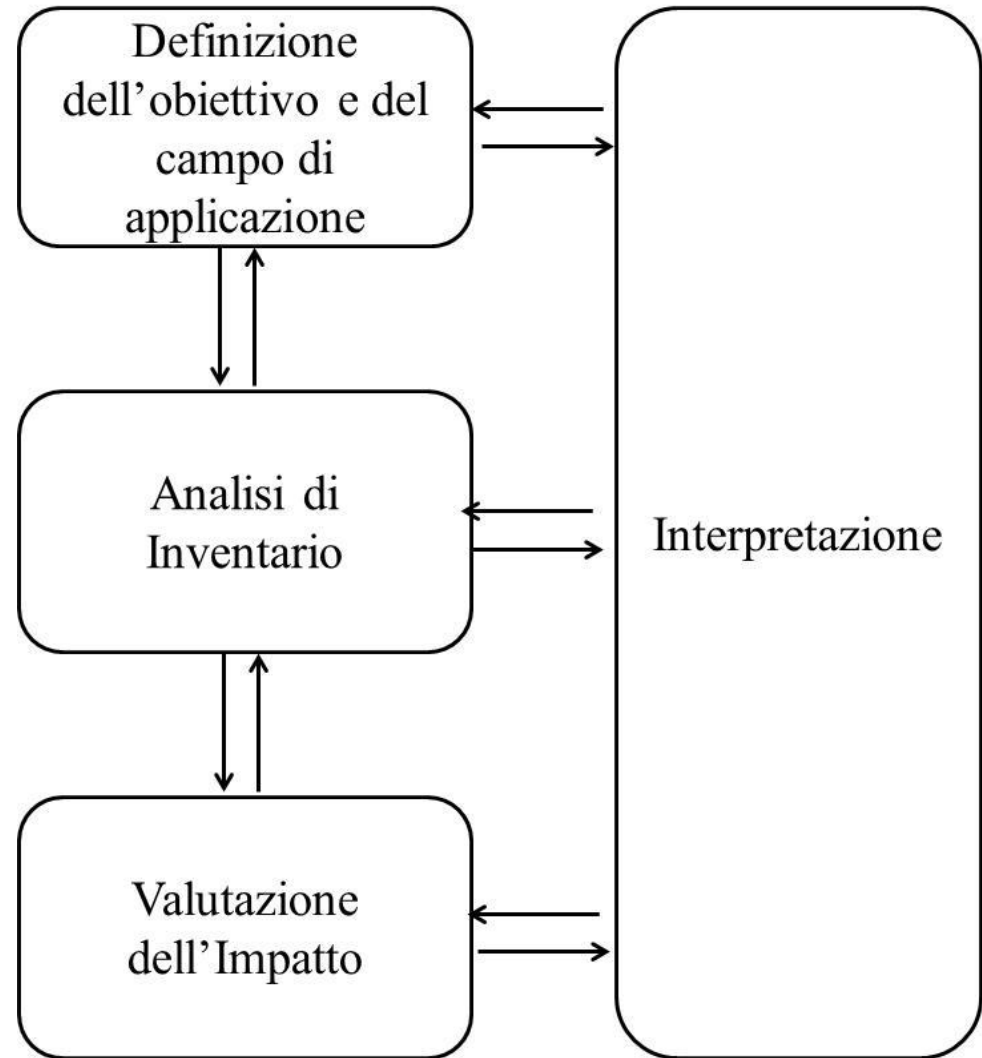
Le norme della serie ISO 14040 assumono la metodologia LCA come strumento utile a:

- identificare gli impatti ambientali nelle diverse fasi di ciclo di vita;
- individuare gli indicatori più idonei nel misurare le prestazioni ambientali
- orientare la progettazione di nuovi prodotti/processi/servizi al fine di minimizzare gli impatti ambientali e supportare la pianificazione strategica delle imprese



## Schema dell'Analisi di Ciclo di Vita

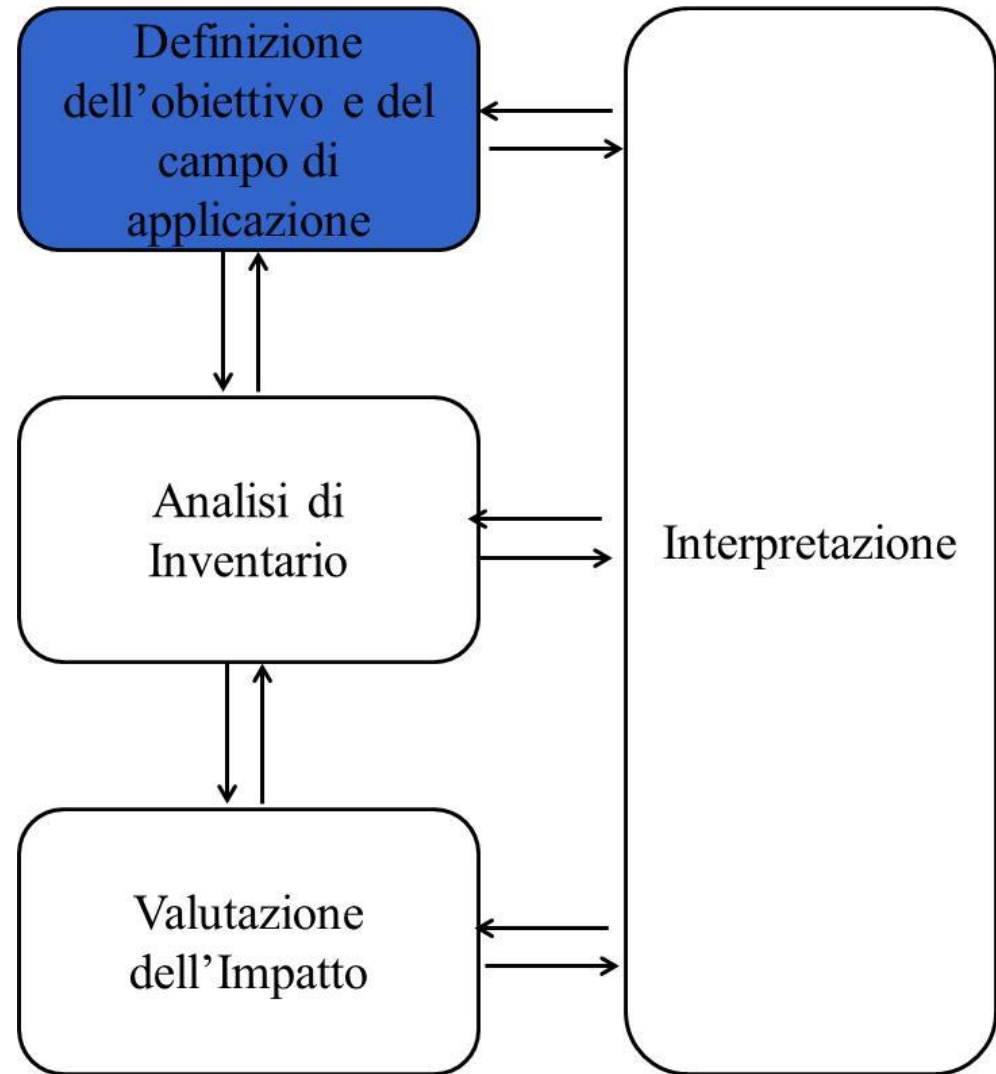
**Uno studio LCA è strutturato in quattro fasi.**



## Goal and scope definition

Fase preliminare, in cui vengono esplicitate:

- Definizione degli obiettivi dello studio
- Definizione del campo di applicazione (le finalità dello studio, l'unità funzionale - U.F.-, i confini del sistema, le metodologie di impatto impiegate e gli indicatori selezionati).



# Goal and scope definition

### Definizione dell'obiettivo

- Motivazione dello studio
- Applicazione prevista
- ...

### Definizione del campo di applicazione

- Descrizione del sistema in esame
- Definizione della funzione, unità funzionale e flusso di riferimento
- Confini del sistema
- Metodo per la valutazione degli impatti ambientali

### Sistema di prodotto:

Lampada a led,  
Vita utile 50.000 ore



### Funzione:

Illuminare una stanza per  
50.000 ore

### Flusso di riferimento:

1 lampade a led

Approvvigionamento delle materie  
prime e delle risorse energetiche

Trasporto

Processo di produzione

Trasporto

Installazione

Uso e manutenzione

Trasporto

Trattamenti di fine vita

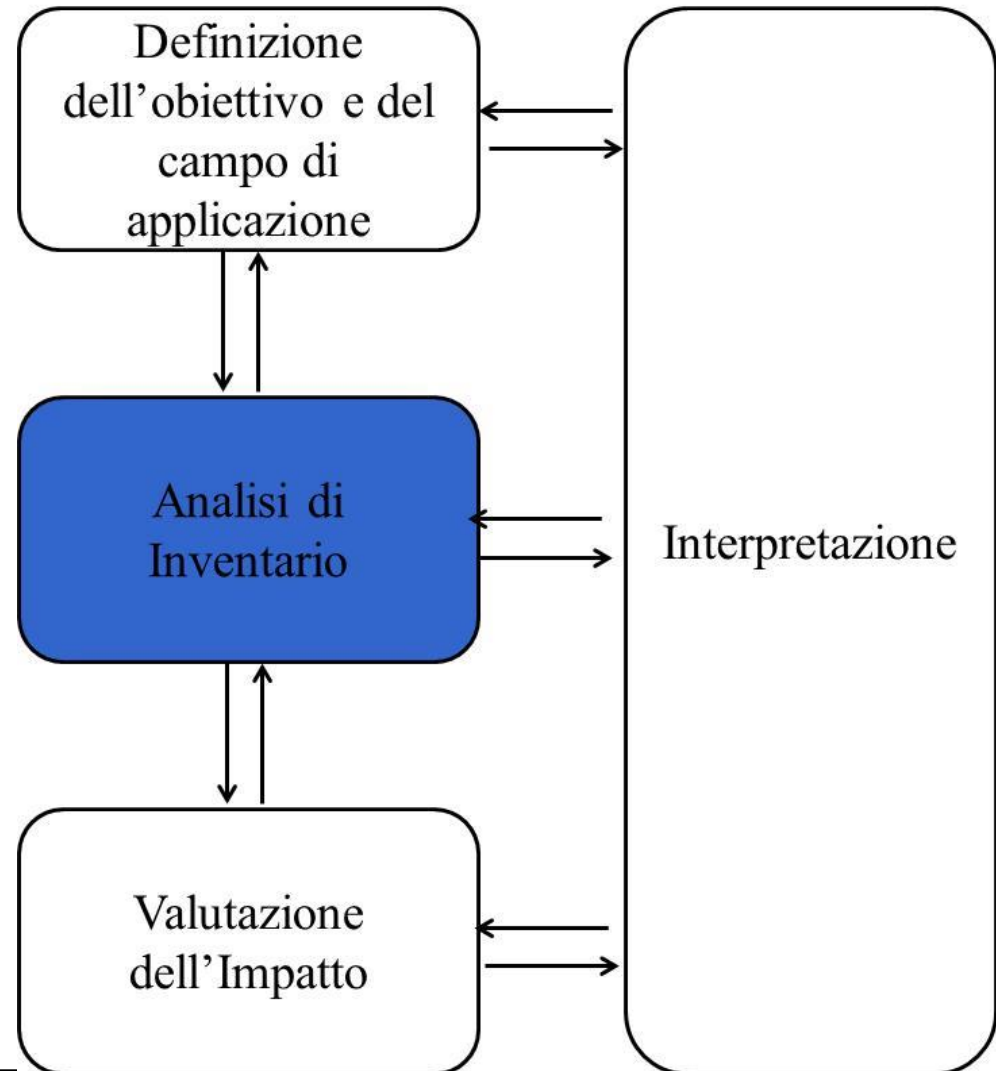
Global Warming potential, Acidification  
potential, Ozone depletion potential,  
Resource depletion, ...

<b>Sistema</b>	<b>Possibili unità funzionali</b>
Produzione di argilla espansa	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 kg di argilla espansa</li><li>• 1 m<sup>3</sup> di argilla espansa confezionata</li></ul>
Erogazione di servizi alberghieri	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 ospite</li><li>• 1 stanza offerta</li></ul>
Tappi di bottiglia	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 tappo</li><li>• 1 kg di tappi</li></ul>
Produzione e distribuzione di energia elettrica	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1 kWh immesso in rete</li><li>• 1 kWh fornito alle utenze</li></ul>

### Life cycle inventory (LCI)

L'analisi dell'inventario di ciclo di vita è la fase della LCA, durante la quale **sono contabilizzati i dati di input/output riferiti al sistema oggetto di studio**. In questa fase sono raccolti ed elaborati i dati necessari al conseguimento degli obiettivi dello studio.

**Quindi è la fase in cui bisogna ricostruire i flussi di energia e di materiali, inclusi tutti i processi di trasformazione e trasporto.**

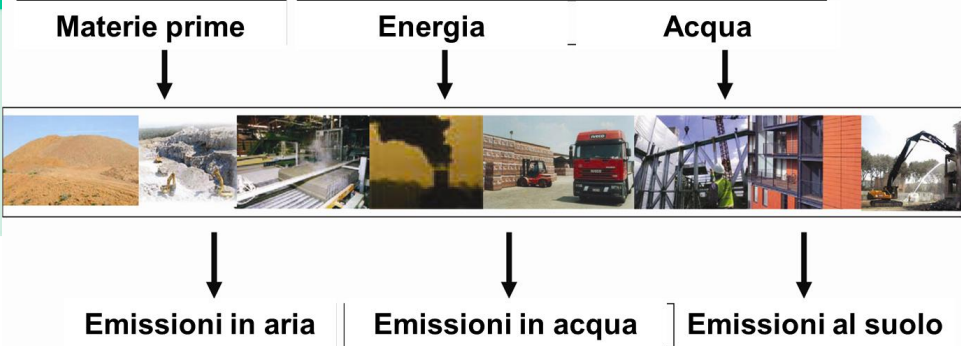


# Life cycle inventory (LCI)

## Inventario del ciclo di vita

- Raccolta dati
- Definizione delle procedure di calcolo
- Selezione dei dataset per la modellizzazione dei processi di background

## Dati primari



## Database



European Commission EU Science Hub EPLCA

### European Platform on Life Cycle Assessment

Home About us Methods Data LC Projects Library Contact

#### Dataset entry-level compliance

(1 of 236) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 10 entries per page (2360 total)

Name	Developer	Node
Aerated concrete block, mix of P2.04 and P4.05, production mix, at plant, average density 433 kg/m3	PE INTERNATIONAL	ELCD
Aluminium extrusion profile, primary production, production mix, at plant, aluminium semi-finished extrusion product, including primary production, transformation and recycling	EAA	ELCD
Articulated lorry transport, Euro 0, Total weight 12-14t (without fuel), consumption mix, to consumer, diesel driven, 1980s, cargo, 12-14t, gross weight / 9.3t payload capacity	thinkstep	thinkstep
Articulated lorry transport, Euro 0, Total weight 14-20t (without fuel), consumption mix, to consumer, diesel driven, 1980s, cargo, 14-20t, gross weight / 11.4t payload capacity	thinkstep	thinkstep



# Life cycle inventory (LCI)

## Database

### Consumo delle risorse:

- consumo di materie prime e risorse energetiche

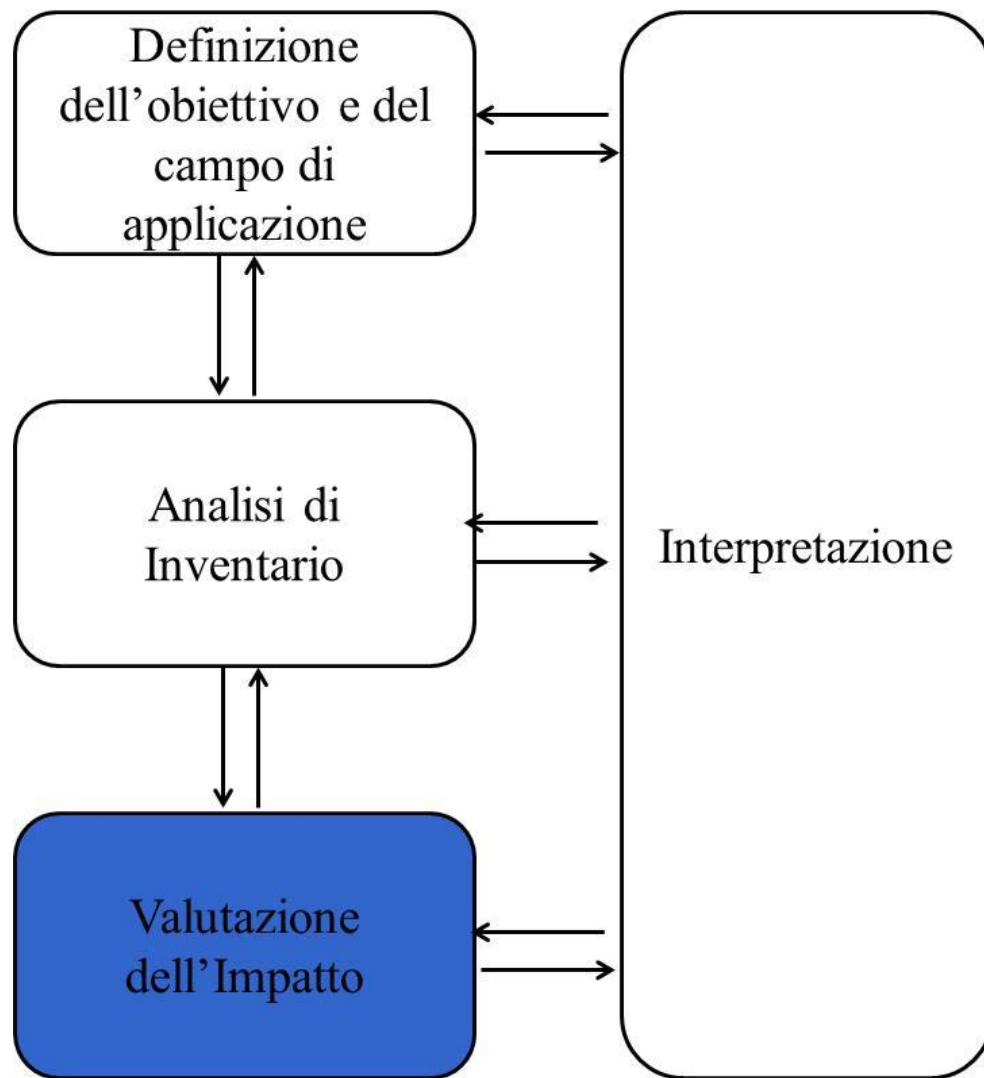
### Carichi ambientali:

- emissioni di inquinanti nell'aria, nell'acqua e nel suolo



## **Life cycle impact assessment (LCIA)**

Valutazione dell'impatto di ciclo di vita (Life Cycle Impact Assessment - LCIA) : in questa fase si effettua una valutazione dell'impatto ambientale provocato dal processo o dall'attività in esame quantificandone gli effetti a seguito dei rilasci nell'ambiente



## Valutazione degli impatti di ciclo di vita (LCIA)

### Valutazione degli impatti di ciclo di vita

- Classificazione
- Caratterizzazione
- Normalizzazione
- Pesatura

L'analisi degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente (emissioni o reflui) e del consumo di risorse provocati dalle attività produttive

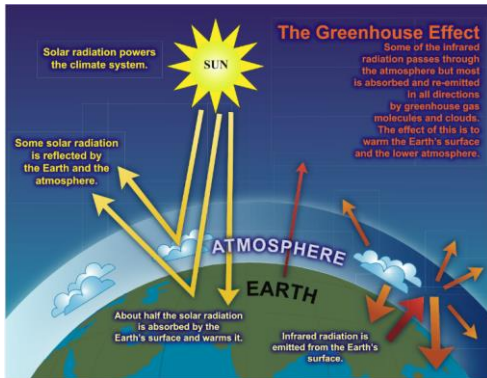
**Individuazione e interpretazione scientifica delle correlazioni tra le emissioni nell'ambiente e gli effetti ambientali**



**Categorie di Impatto ambientale**

# Categoria di Impatto Ambientale

## Cambiamento climatico

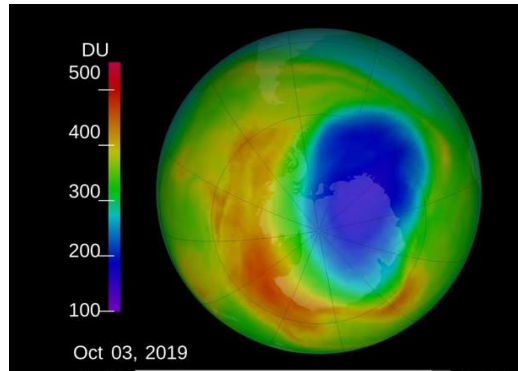


Aumento delle concentrazioni di gas serra di origine antropica ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,...)



Aumento della capacità dell'atmosfera di trattenere calore

## Buco dell'ozono



Aumento delle concentrazioni di gas ozono distruttivi (CFC-11, Halon 1202, CFC-10)



Alterazione dell'equilibrio delle reazioni fotochimiche di formazione e di distruzione dell'ozono nella stratosfera

## Eutrofizzazione dei corpi idrici



Aumento dall'apporto di sostanze nutritive quali l'azoto e il fosforo



Aumento del consumo di ossigeno con effetti negativi sull'intero ecosistema

## L'effetto serra (Global Warming)

Il Global Warming Potential (GWP) di una sostanza è una misura della sua capacità di assorbire calore, nell'arco di un periodo prestabilito di tempo, dovuto all'emissione istantanea di 1 kg della sostanza nell'atmosfera odierna relativamente a quello generato da 1 kg del gas di riferimento, CO<sub>2</sub>.

Il GWP della CO<sub>2</sub> è posto pari a 1.

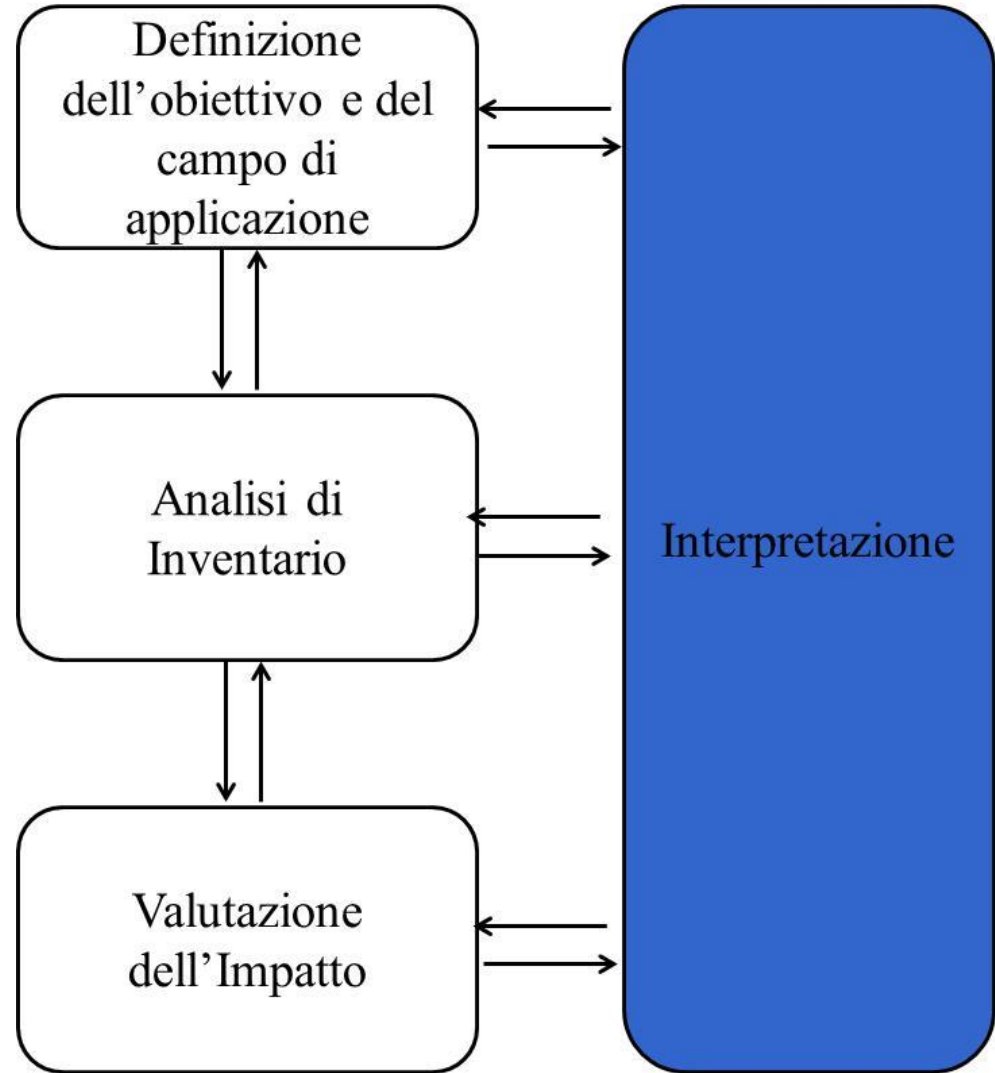
Il GWP di una sostanza è calcolato per ciascun gas serra tenendo conto della sua capacità di assorbimento delle radiazioni che del tempo di permanenza nell'atmosfera.

Risultato d'inventario	Fattore di caratterizzazione e (kgCO <sub>2eq</sub> /kg)
• CO <sub>2</sub>	• 1
• CH <sub>4</sub>	• 30,5
• N <sub>2</sub> O	• 265
• CFC <sub>11</sub>	• 4.660
• SF <sub>6</sub>	• 23.500
• ...	• ...

## Life cycle interpretation

L'interpretazione è la fase finale della LCA, durante la quale lo studio effettuato e i risultati della LCIA sono analizzati al fine di verificare l'affidabilità dello studio e di trarre raccomandazioni, conclusioni e di fornire un supporto ai decisori, in accordo con l'obiettivo e il campo di applicazione.

È la fase necessaria per definire strategie di miglioramento delle prestazioni ambientali del sistema in esame e/o dell'affidabilità dello studio.



---

## **Le origini della LCA**

La maggiore consapevolezza dell'importanza della tutela ambientale e dei possibili impatti associati ai prodotti, sia alla loro produzione che al loro consumo, ha aumentato l'interesse verso lo sviluppo di metodi che consentono di comprendere meglio e di stimare questi impatti.

La metodologia ha avuto il suo impulso iniziale nei primi anni '60, quando alcuni ricercatori, che affrontavano il problema del consumo delle risorse e della produzione di acque reflue nei processi industriali, decisero di studiare i processi di produzione da un punto di vista ambientale, adottando una prospettiva di ciclo di vita.

---

---

## **Le origini della LCA**

I primi esempi di applicazione della LCA risalgono al 1970, quando venne usata come strumento di supporto alle decisioni da alcune compagnie degli Stati Uniti, dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente (Environmental Protection Agency - EPA), e da alcuni produttori britannici di bottiglie.

Nel caso delle compagnie Americane, gli studi sono stati effettuati sotto il nome di REPA (Resource and Environmental Profile Analysis), con lo scopo di caratterizzare il ciclo di vita di alcuni materiali usati nei processi industriali e di confrontare, dal punto di vista ambientale, differenti materiali.

Il termine Analisi del Ciclo di Vita è stato coniato nel 1993 durante il Congresso della SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry).

---



---

## Le origini della LCA

Uno dei primi studi di LCA (1969) è stato sviluppato dalla Coca Cola Company allo scopo di determinare le conseguenze ambientali della produzione di diversi tipi di contenitori per bevande e di identificare quale materiale (plastica, vetro o alluminio) e quale strategia di impiego a fine vita del contenitore (a perdere o a rendere) fosse migliore dal punto di vista ambientale.



## L'Analisi del ciclo di vita e le politiche Europee

La LCA rappresenta uno dei pilastri delle politiche Europee che hanno come obiettivo l'uso sostenibile delle risorse, la produzione e il consumo sostenibili, l'etichettatura ambientale (eco-labeling), la progettazione eco-compatibile (eco-design), l'eco-innovazione, la prevenzione dei rifiuti e il loro riciclo.

**Direttiva 2002/96/CE sui rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche (RAEE)**

**Direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti**

**COM(2011) 571 definitivo - Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse**

**COM(2008) 397 definitivo - sul piano d'azione "Produzione e consumo sostenibili" e "Politica industriale sostenibile"**

**Regolamento (CE) No 66/2010 relativo al marchio di qualità ecologica dell'Unione europea (Ecolabel UE)**

**COM(2013) 196 definitivo - Costruire il mercato unico per i prodotti verdi. Migliorare le informazioni sulle prestazioni ambientali dei prodotti e delle organizzazioni .**

# L'Analisi del ciclo di vita e le politiche Europee

DIRETTIVA 2009/125/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO

del 21 ottobre 2009

relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia

(rifusione)

È opportuno agire nella fase progettuale del prodotto connesso all'energia, poiché è emerso che è in tale fase che si determina l'inquinamento provocato durante il ciclo di vita del prodotto ed è allora che si impegna la maggior parte dei costi.

4. Nell'elaborare un progetto di misura di esecuzione, la Commissione:

a) prende in considerazione il ciclo di vita del prodotto e tutti i suoi significativi aspetti ambientali, fra cui l'efficienza energetica. La profondità dell'analisi degli aspetti ambientali e

# L'Analisi del ciclo di vita e le politiche Europee

DIRETTIVA 2009/125/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO  
del 21 ottobre 2009

relativa all'istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione  
ecocompatibile dei prodotti connessi all'energia  
(rifusione)

## Parte 1. Parametri di progettazione ecocompatibile per i prodotti

1.1. Nella misura in cui si riferiscono alla progettazione del prodotto, gli aspetti ambientali significativi devono essere identificati tenendo presenti i seguenti stadi del ciclo di vita del prodotto:

- a) selezione e impiego di materie prime;
- b) fabbricazione;
- c) condizionamento, trasporto e distribuzione;
- d) installazione e manutenzione;
- e) uso; e
- f) fine vita, nel senso di prodotto che è giunto al termine del suo primo uso fino allo smaltimento definitivo.

## Perché effettuare l'analisi di ciclo di vita?

- evita lo spostamento dell'impatto da una fase del ciclo di vita ad un'altra;
- evita lo spostamento da una categoria di impatto ad un'altra;
- è uno strumento utile per confrontare prodotti e servizi.

La LCA permette di avere una visione globale del prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita includendo anche taluni impatti normalmente ignorati o trascurati (come quelli connessi allo smaltimento).

---

## Perché effettuare l'analisi di ciclo di vita?

### **La LCA può essere di supporto per:**

- Identificare le opportunità di miglioramento degli aspetti ambientali dei prodotti nei diversi stadi del loro ciclo di vita;
- Informare i decision-makers (mondo industriale, organizzazioni governative e non governative), ad esempio su strategie di pianificazione, scelta di priorità, progettazione o ri-progettazione di prodotti o di processi;
- Scegliere indicatori rilevanti di prestazione ambientale;
- Attività commerciali, per esempio per ottenere una dichiarazione ambientale o un sistema di etichettatura ecologica.