

# Syllabus

<https://www.biologia.units.it/upload/insegnamenti/fc7ff35620512fc2d1faeb23f3f0fcbb.pdf>

## **Contenuti (Dipl.Sup.)**

1. Introduzione alla Chimica Ambientale: Chemodinamica, Inquinamento, Effetti locali, regionali e globali; Sostenibilità 2. CHIMICA ATMOSFERICA E INQUINAMENTO DELL'ARIA La chimica della stratosfera; La chimica dell'inquinamento dell'aria a livello del suolo Conseguenze ambientali e sanitarie 3. ENERGIA E CAMBIAMENTO CLIMATICO L'effetto serra ed il riscaldamento globale Fonti di energia; Combustibili fossili; carbone; gas naturale; petrolio; sequestro di CO<sub>2</sub>; Biomassa e biocombustibili; Fonti rinnovabili 4. CHIMICA E INQUINAMENTO DELL'ACQUA. Chimica delle acque naturali; l'acqua di mare. Acqua di falda; Potabilizzazione. Acque reflue CONTAMINANTI AMBIENTALI; contaminanti prioritari ed emergenti 5. RIFIUTI; RIFIUTI PERICOLOSI SUOLO E SEDIMENTI 6. Introduzione agli indicatori di sostenibilità; Life Cycle Assessment

## **Testi di riferimento**

Colin Baird, Michael Cann Chimica ambientale Terza edizione italiana condotta sulla quinta edizione americana A cura di Eudes Lanciotti, Massimo Stefani 2013 Pagine: 800 ISBN: 9788808173782; Materiale e riferimenti forniti durante le lezioni

## **Obiettivi formativi**

D1. Conoscenza e capacità di comprensione:  
Comprendere i principali processi chimici che avvengono nell'ambiente  
Comprendere i fenomeni derivanti dall'alterazione ad opera dell'uomo dei processi ambientali bio-geo-chimici  
D2. Conoscenza e capacità di comprensione applicate Identificare e descrivere misure e tecnologie per la mitigazione ed il contenimento dei fenomeni di alterazione ambientale associati all'inquinamento chimico  
D3. Autonomia di giudizio contestualizzare e valutare il contenuto di articoli scientifici su tematiche chimiche ambientali  
D4. Abilità comunicative Comunicare oralmente sinteticamente e con adeguata accuratezza, con supporto di software dedicati il contenuto di articoli scientifici su tematiche chimiche ambientali  
D5. Capacità di apprendere Identificare e consultare fonti di informazione specialistiche primarie per un'adeguata comprensione della letteratura scientifica di interesse

# Gli indicatori di sostenibilità ambientale

- L'indicatore è uno **strumento** di base della **conoscenza sintetica** di un problema, ottenuto attraverso una misura (quantitativa o descrittiva) della qualità di un **fenomeno** specifico.
- per rendere questi indicatori efficaci è necessario inserirli all'interno di **processi normativi e framework** condivisi a livello internazionale, tali da garantire i requisiti di **scientificità, riproducibilità ed affidabilità**.





# gli indicatori della sostenibilità

UN manuale

**SUSTAINABILITY  
INDICATORS**

*A HANDBOOK*



DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE CHIMICHE E DEI BIOSISTEMI

indice



*introduction  
ecological footprint  
emergy analysis  
greenhouse gas inventory  
natural capital accounting  
life cycle analysis  
exergy analysis  
environmental certification*

*glossary  
useful equivalents  
ARCA studies*

introduzione  
impronta ecologica  
analisi emergetica  
bilancio di CO<sub>2</sub>  
capitale naturale  
life cycle analysis  
analisi exergetica  
certificazione ambientale

glossario  
relazioni utili  
le ricerche di ARCA



# European Green Deal

The EU's roadmap for a sustainable economy, striving to make Europe climate neutral in 2050.

[Find more >](#)

## Environmental strategies and action plans



### Biodiversity strategy for 2030 - concrete actions

Read about the EU's biodiversity strategy for 2030 - our ambitious and long-term plan to protect nature and reverse the degradation of ecosystems.



### Chemicals strategy

Discover the EU's chemicals strategy to protect citizens and the environment, and boost innovation for safe and sustainable chemicals.



### Circular economy action plan

The EU's new circular action plan paves the way for a cleaner and more competitive Europe.



### Environment action programme to 2030

Read about the 8th Environment Action Programme (EAP) which will guide European environmental policy until 2030.



### Plastics strategy

Discover how the EU's plastics strategy aims to contribute to a circular economy, and tackles single-use plastics, microplastics and



### Zero pollution action plan

Discover the EU's zero pollution action plan for air, water and soil as part of the European Green Deal.



**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**



## Suggerimenti bibliografici

---

**EEA (European Environmental Agency), 1998**

*Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources,*

Environmental Issues Series no. <https://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/>)

<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/>

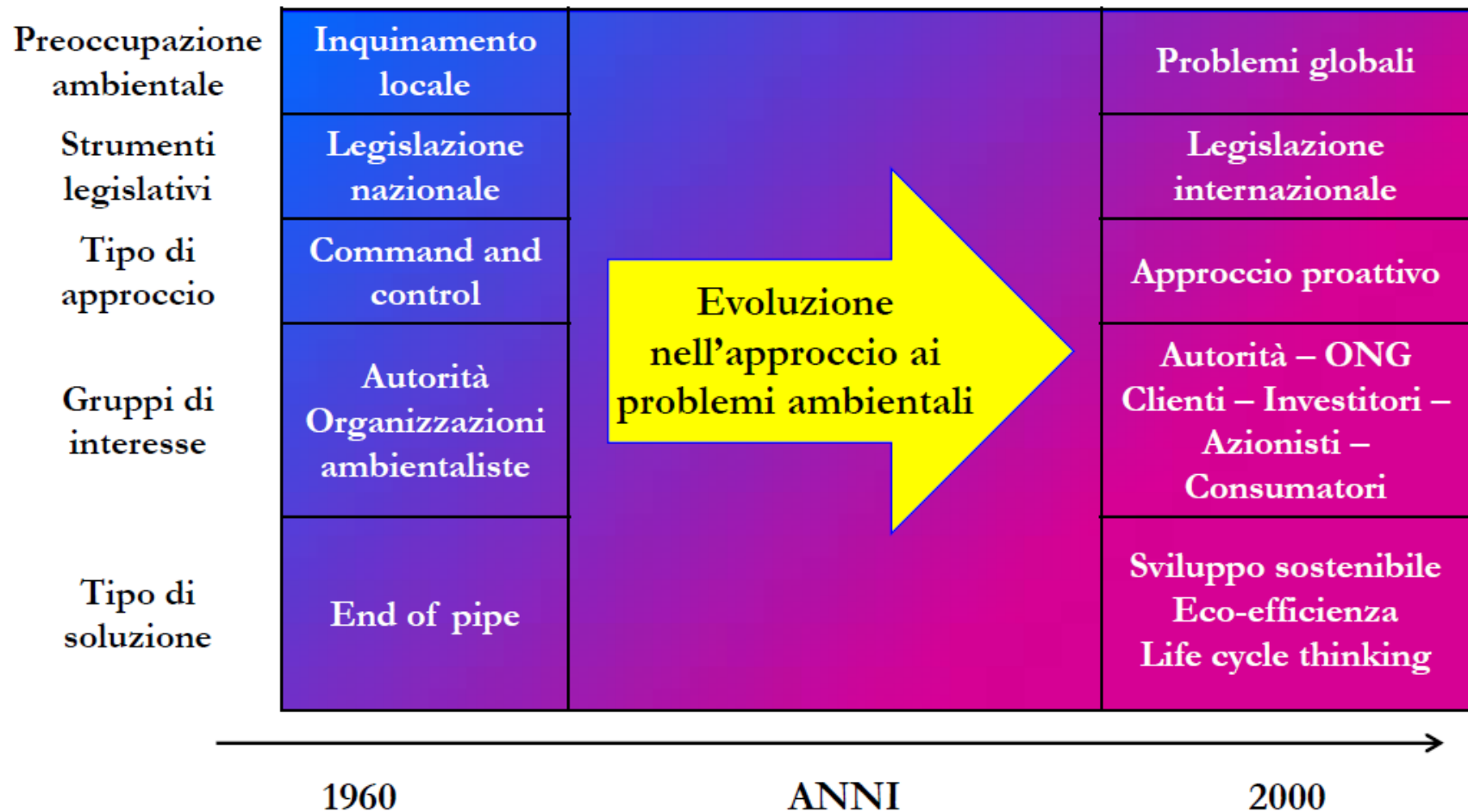
### **Standard ISO:**

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

14044: 2006 (Requirements and guidelines)



# Evoluzione culturale nell'approccio ai problemi ambientali





## 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.





## 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



## 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

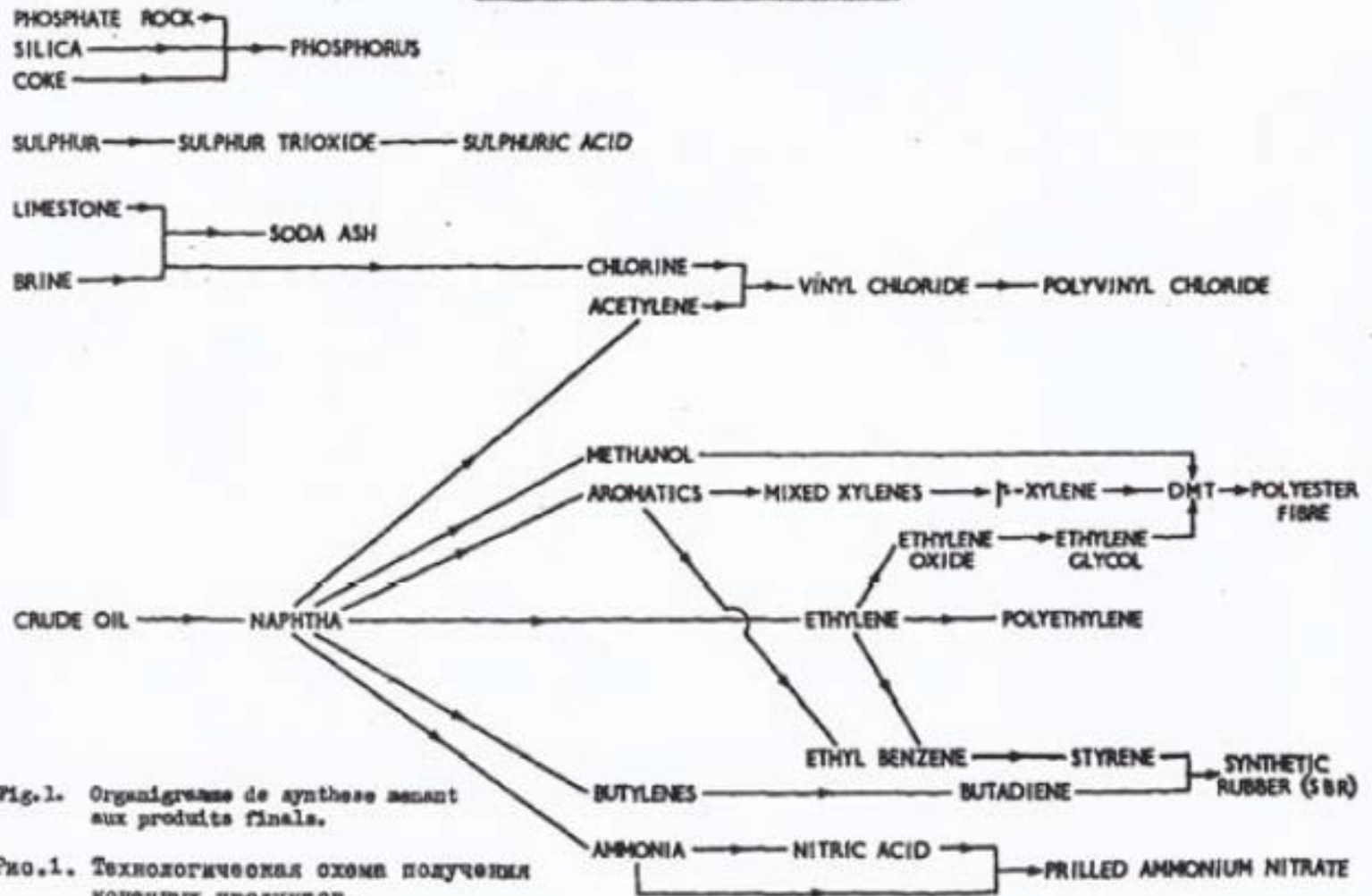
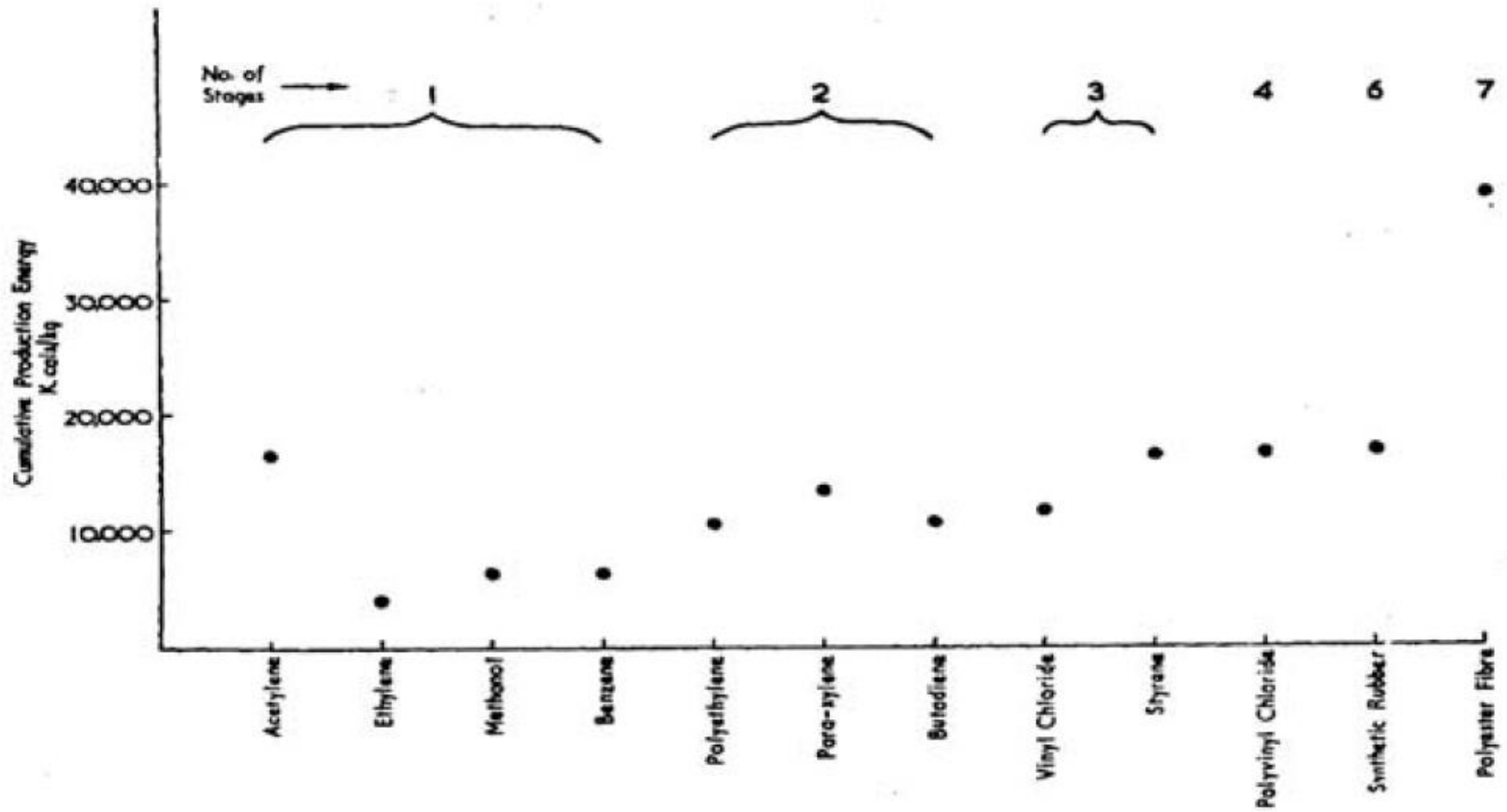


Fig. 1. Organigramme de synthèse menant aux produits finals.

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

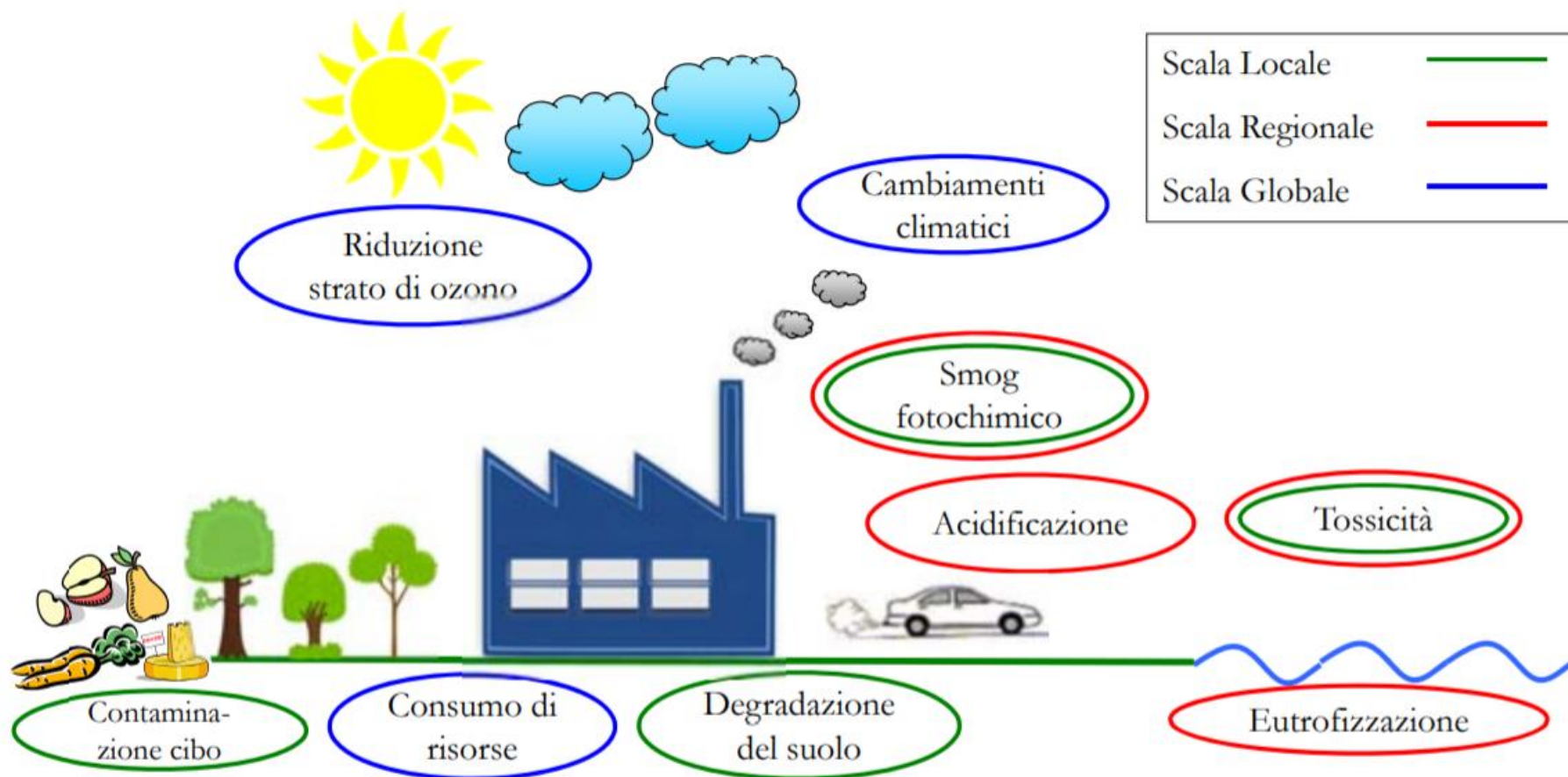
---

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).

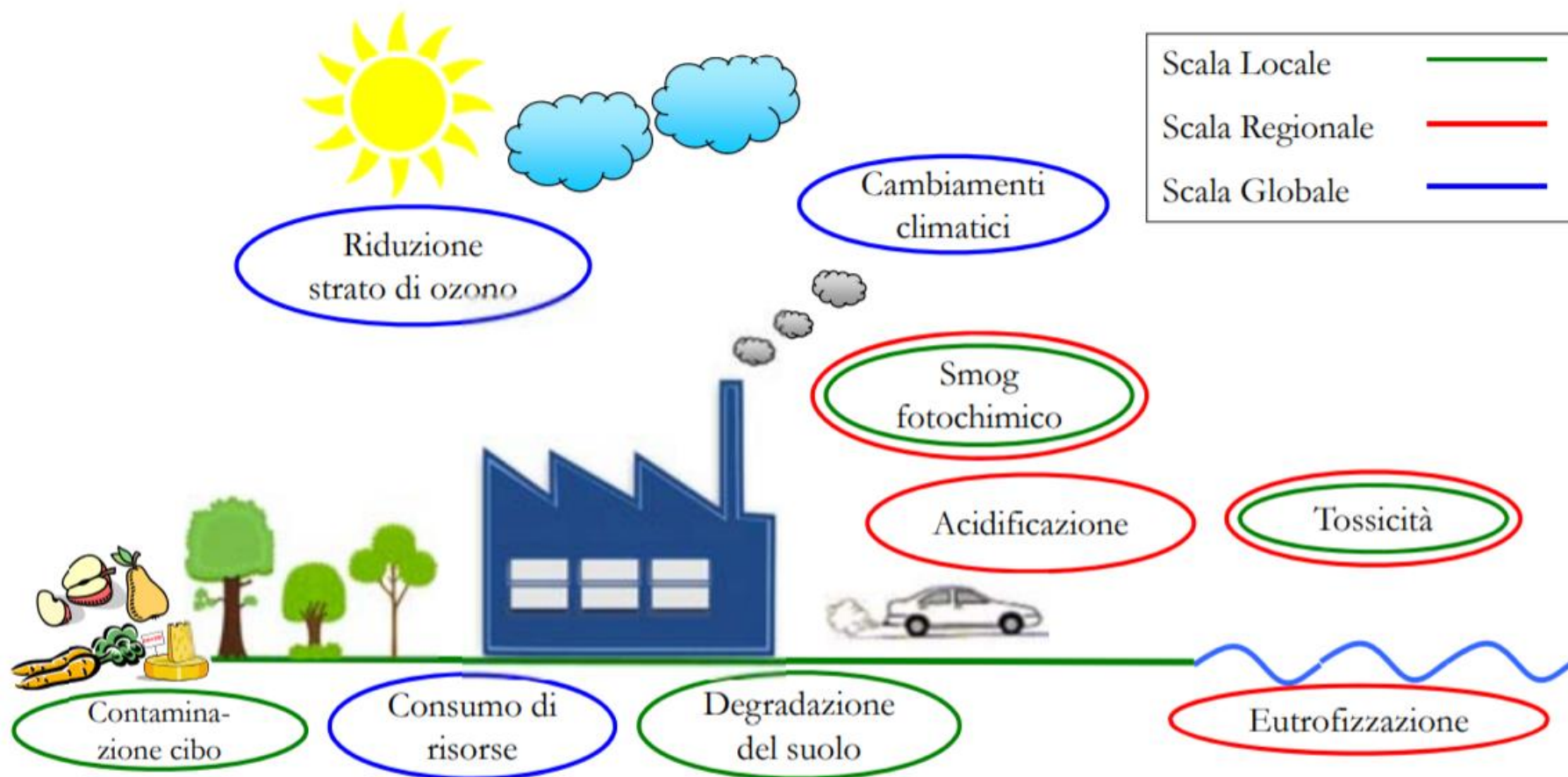


# Diversi impatti ambientali

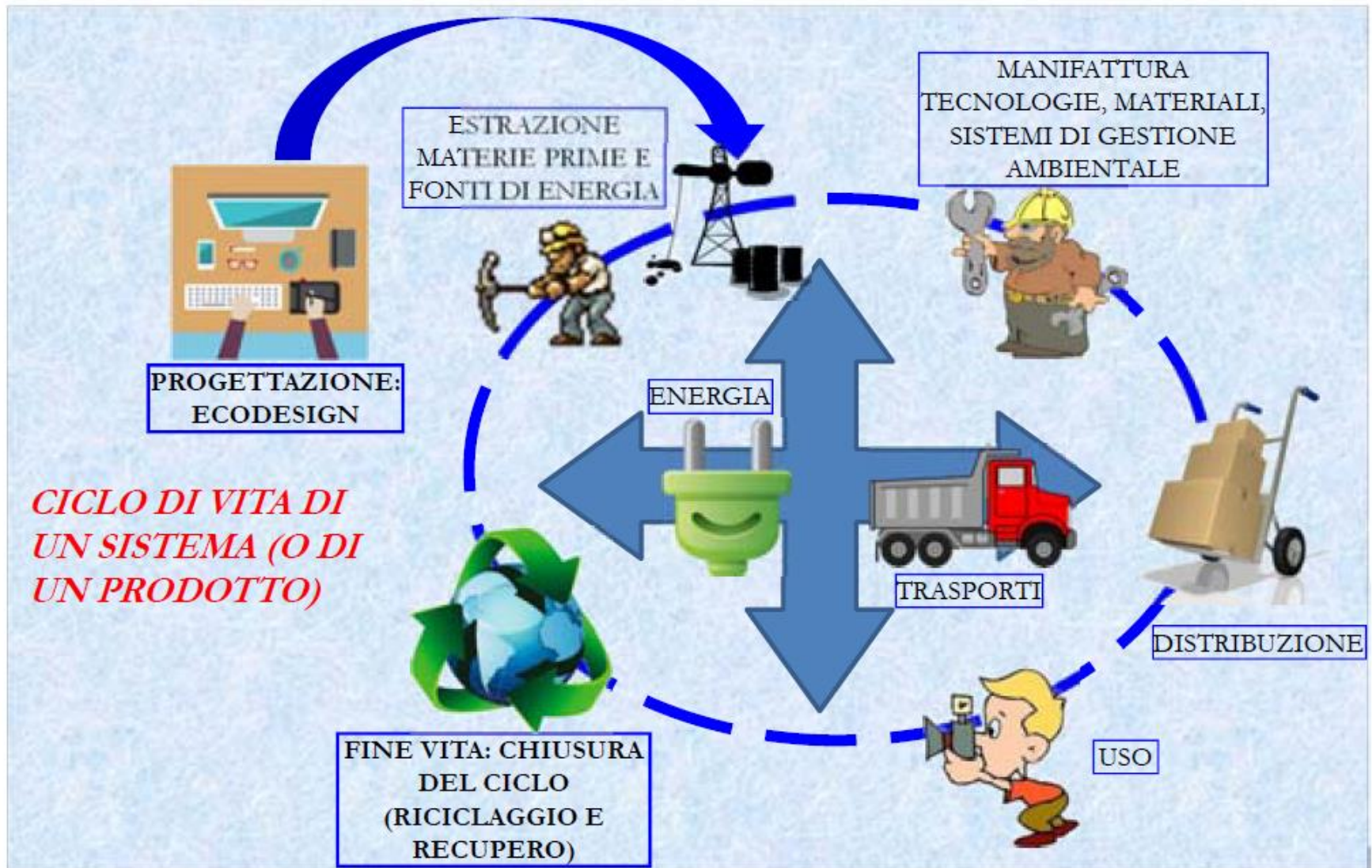




# Diversi impatti ambientali



# Il concetto di ciclo di vita







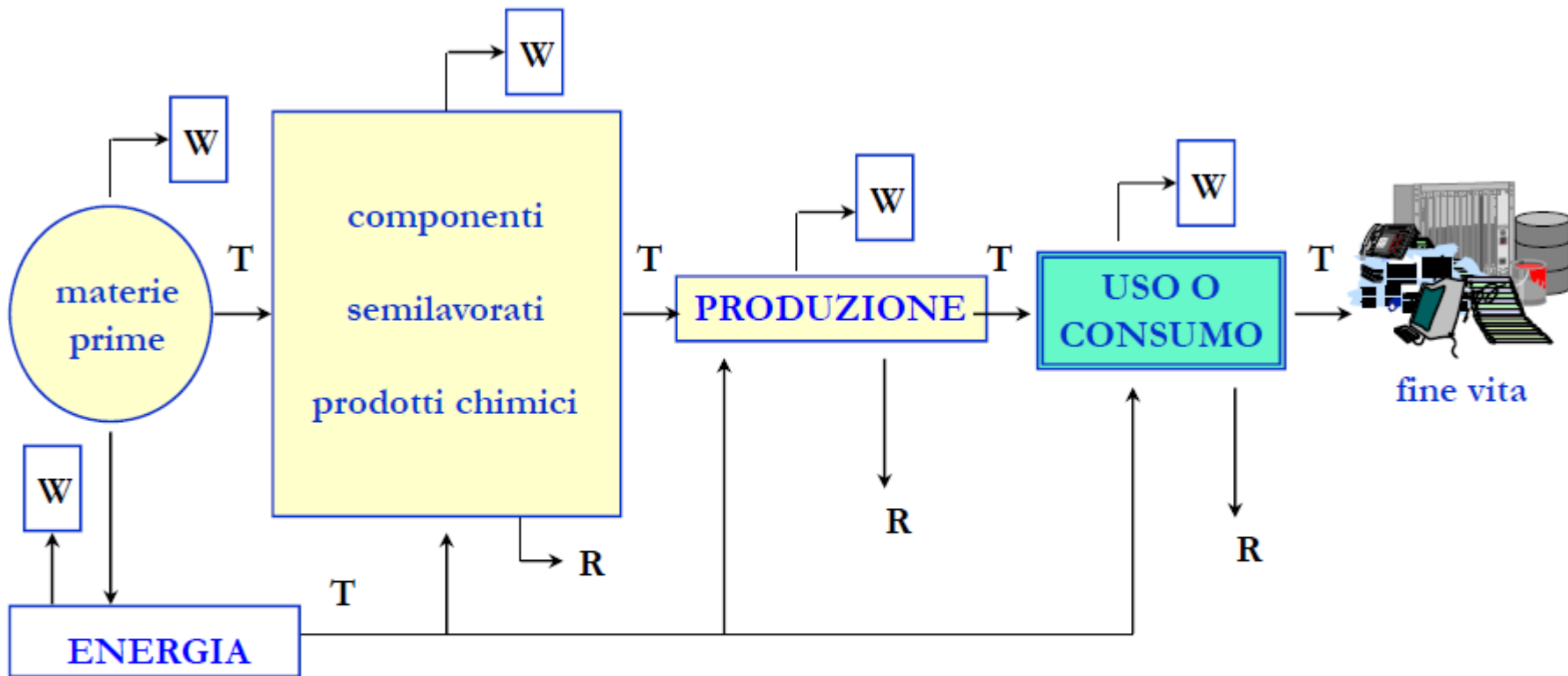
# Definizione di LCA

---

## 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).

# *L'LCa analizza l'intero sistema*



T: trasporti

W: rilasci nell'ambiente

R: riciclo o riuso

# *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.



# <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

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.

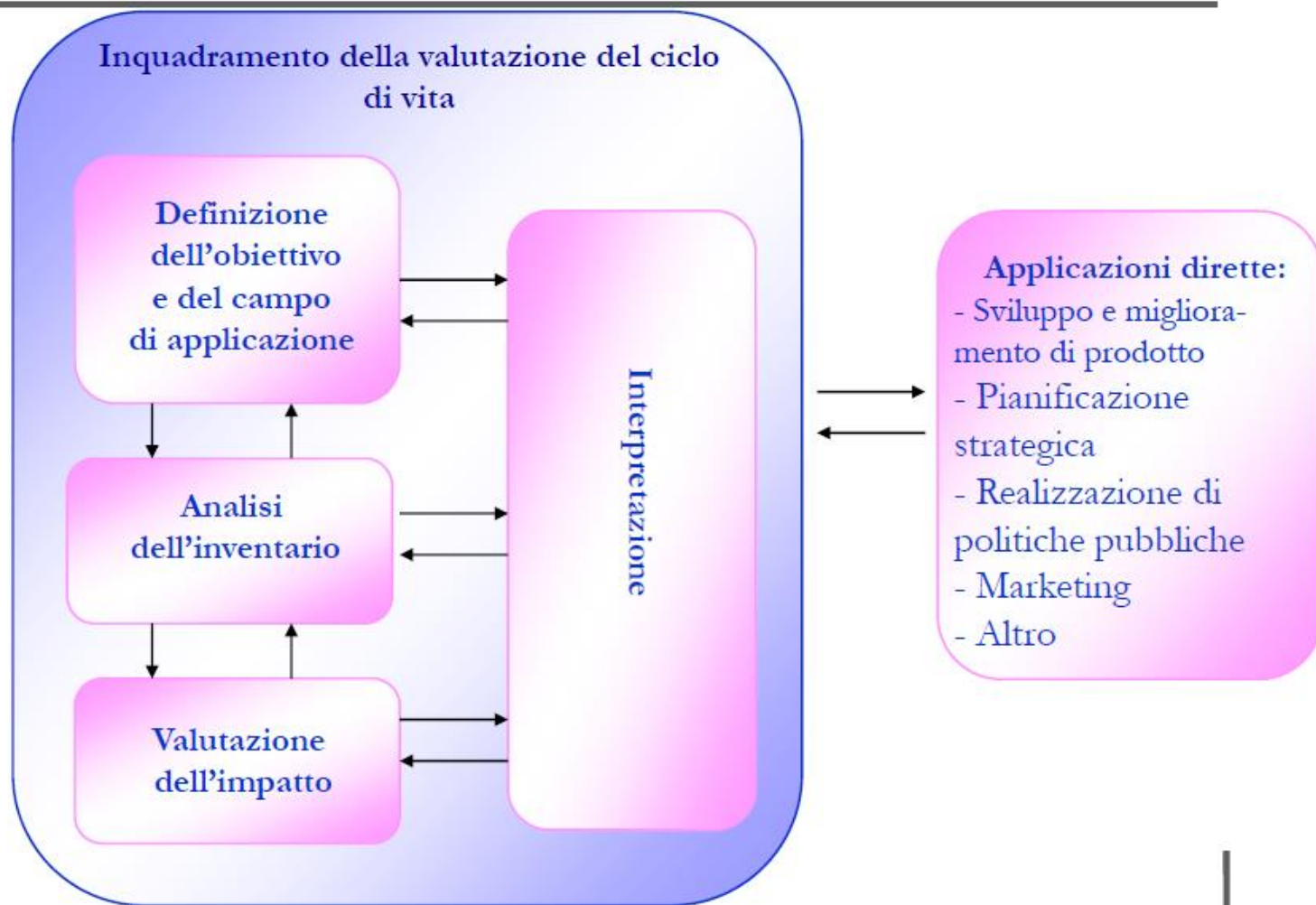
# *I principi chiave per affrontare le tematiche ambientali*

- 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





## 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

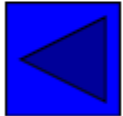
# *Goal and scope definition*

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".

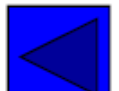
 - Dettagliare il sistema disegnando il suo **diagramma di flusso** tenendo conto di una prima stima di input da ed output verso l'ambiente (flussi o carichi elementari verso l'ambiente)

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.

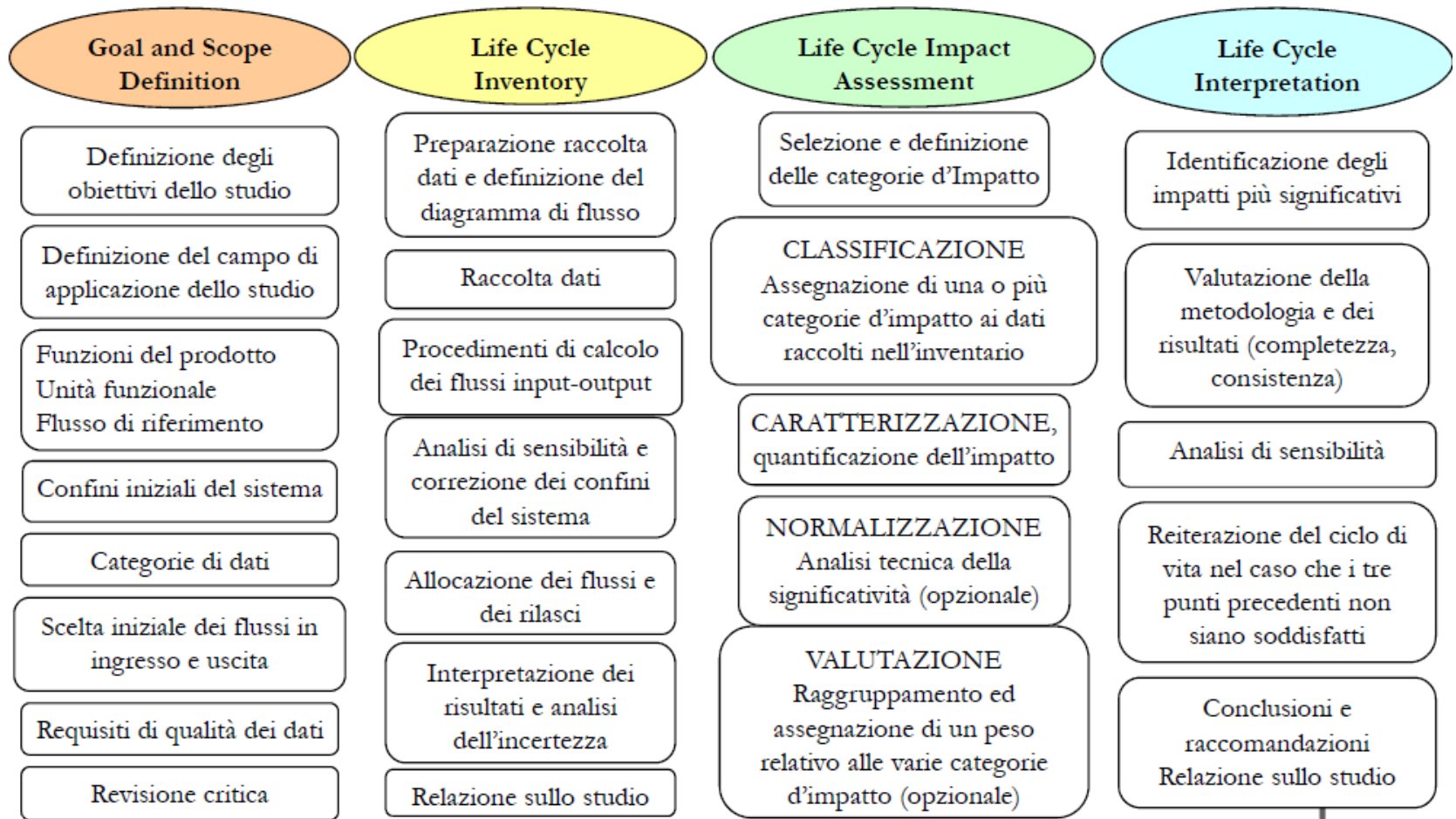


# Life Cycle Interpretation

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

Misura di quanto richiesto in uscita dai processi, in un dato sistema di prodotti, per soddisfare la funzione espressa dall'unità funzionale.

<http://lcarifiuti.net/wiki/Glossario>





# Using life cycle assessment to achieve a circular economy

Claudia Peña<sup>1</sup> · Bárbara Civit<sup>2</sup> · Alejandro Gallego-Schmid<sup>3</sup> · Angela Druckman<sup>4</sup> · Armando Caldeira- Pires<sup>5</sup> · Bo Weidema<sup>6</sup> · Eric Mieras<sup>7</sup> · Feng Wang<sup>8</sup> · Jim Fava<sup>9</sup> · Llorenç Milà i Canals<sup>8</sup> · Mauro Cordella<sup>10</sup> · Peter Arbuckle<sup>11</sup> · Sonia Valdivia<sup>12</sup> · Sophie Fallaha<sup>13</sup> · Wladimir Motta<sup>14</sup>

Received: 30 November 2020 / Accepted: 13 December 2020 / Published online: 25 January 2021

© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH, DE part of Springer Nature 2021

## Abstract

The current global interest in circular economy (CE) opens an opportunity to make society's consumption and production patterns more resource efficient and sustainable. However, such growing interest calls for precaution as well, as there is yet no harmonised method to assess whether a specific CE strategy contributes towards sustainable consumption and production. Life cycle assessment (LCA) is very well suited to assess the sustainability impacts of CE strategies. This position paper of the Life Cycle Initiative (hosted by UNEP) provides an LCA perspective on the development, adoption, and implementation of CE, while pointing out strengths and challenges in LCA as an assessment methodology for CE strategies.

**Keywords** Circular economy · Circularity · Life cycle assessment · Complementary methodologies



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE  
 DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA  
 CORSO DI LAUREA IN SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE E LA  
 NATURA

# Analisi dell'impatto ambientale e del livello di sostenibilità nel settore vitivinicolo

Laureanda:  
 Erica DOIMO

Relatore:  
 Prof. Pierluigi BARBIERI



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE  
 Dipartimento di scienze della vita

Corso di laurea triennale in  
**Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la natura**  
 Curriculum biologico

"La Valutazione del Ciclo di Vita come strumento di integrazione di informazione e supporto  
 decisioni nella transizione verso un'economia sostenibile: stato dell'arte, sviluppi recenti e il c  
 studio delle bottiglie in PET"

Relatore:  
 Pierluigi B

Laureanda:  
 Irene Miu

Anno accademico 2018-2019

## VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE NEL SETTORE AGROALIMENTARE: APPLICAZIONI ALLA PRODUZIONE DI MIELE

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE  
 DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA VITA

TESI DI LAUREA IN  
 SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'AMBIENTE E LA  
 NATURA

Laureanda:  
 ALBA SERAFINI

Relatore:  
 Prof. PIERLUIGI BARBIERI



Tesi triennale in Chimica  
 Federico Blanzan



## LCA nella valutazione di prodotti: considerazioni metodologiche

Indicatori e certificazioni ambientali, Norme ISO serie 14040, stima e  
 dichiarazione di incertezza.

