

22/01/2021

ing. Marco Barbanera

UTS (Linea L4)

Università degli Studi della Tuscia

METTIAMOCI
IN RIGA

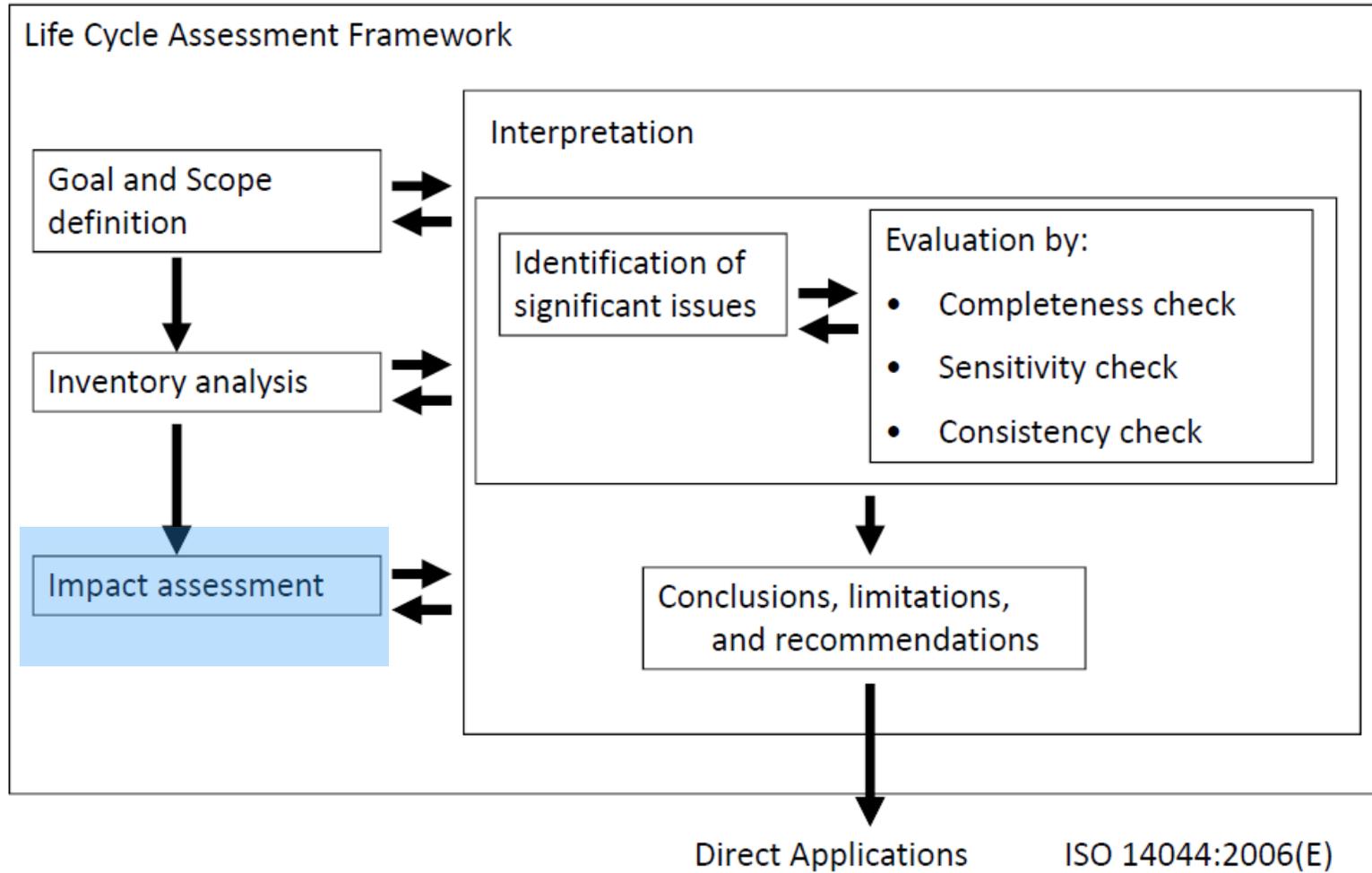
Life Cycle Assessment e valutazione
dell'impronta ambientale per la PA:
istruzioni per un uso efficiente



Analisi degli impatti e principali effetti sull'ambiente



LCA Framework





Principi della Valutazione degli Impatti

La fase d'Inventario fornisce una vasta quantità di dati e informazioni sull'utilizzo delle risorse naturali e sulle emissioni nell'ambiente.

Relazionare questa serie d'informazioni con una valutazione dei loro effetti sull'ambiente comporta l'acquisizione di una vasta serie di conoscenze.

Compito dell'LCIA è proprio quello di convertire i dati puramente di bilancio forniti dall'Inventario in una serie di misure d'impatto che permettano di valutare gli effetti ambientali del sistema in esame

Compartment	Substance	PE-bag (one-time)	PE bag (multiple uses)	Paper bag	Biodegradable bag
		emission [g/bag]	emission [g/bag]	emission [g/bag]	emission [g/bag]
air	Ammonia (NH3)	3,34E-03	1,23E-02	4,17E-01	1,56E+00
air	Carbon dioxide	1,11E+04	3,64E+04	1,84E+04	1,49E+04
air	Methane, fossil	3,71E+01	1,20E+02	1,74E+02	6,05E+01
air	CFC-113	3,61E-02	2,64E-05	1,10E-05	1,10E-03
air	Nitrous oxide	7,29E-02	9,77E-02	6,01E-01	1,34E+00
air	Nitrogen oxide	2,98E+01	1,06E+02	7,99E+01	5,50E+01
air	Phosphorus	3,00E-01	3,00E+00	4,00E+00	1,00E+01
air	Particulates, < 2.5 um	2,11E+01	7,34E+01	5,19E+00	2,30E+00
air	Sulfur oxides	2,57E+01	9,60E+01	2,87E+01	3,49E+01
land	Land occupation (in m2)	2,93E-06	1,16E-05	1,42E-04	2,96E-04
water	Strontium-90 (in kBq)	1,00E-07	1,30E-07	1,00E-08	1,00E-08
water	water consumption (in l)	6,04E-02	8,44E-02	8,56E-01	3,07E-02

Principi della Valutazione degli Impatti



Mediante l'analisi LCA si determinano impatti **POTENZIALI** e non reali:

- la valutazione degli impatti è fatta sulla base di un'unità funzionale la cui dimensione viene scelta in modo arbitrario
- non esiste una corrispondenza univoca tra le dimensioni dei processi di un sistema produttivo e gli impatti attuali degli stessi processi. Il motivo dipende dal livello di fondo preesistente degli indicatori di qualità ambientale e dal fatto che i singoli processi produttivi possono appartenere a più di un sistema
- i dati sulle emissioni sono astratti da un contesto temporale e spaziale

Struttura di un metodo di valutazione degli impatti



La norma ISO 14040/14044 distingue step obbligatori e facoltativi per la fase LCIA

- **selezione e definizione delle categorie d'impatto**
- **assegnazione di una o più categorie d'impatto ai dati raccolti nell'Inventario (Classificazione)**
- **quantificazione dell'impatto (Caratterizzazione)**
- **analisi tecnica della significatività (Normalizzazione)**
- **assegnazione di un peso relativo alle varie categorie d'impatto (Valuatazione)**

Selezione e definizione delle categorie d'impatto



Le categorie prescelte dovranno essere facilmente identificabili e legate alle aree di protezione generale

Categoria di impatto	Scala	Risorse	Salute umana	Qualità ecosistemi
Riscaldamento globale	Globale		*	+
Riduzione ozono stratosferico	Globale		*	*
Tossicità umana	Globale/regionale/Locale		+	
Acidificazione	Regionale/Locale		+	+
Eutrofizzazione	Regionale/Locale			+
Consumo di risorse abiotiche	Globale	+		
Uso del suolo	Locale	*		

+ effetti diretti

** effetti indiretti*

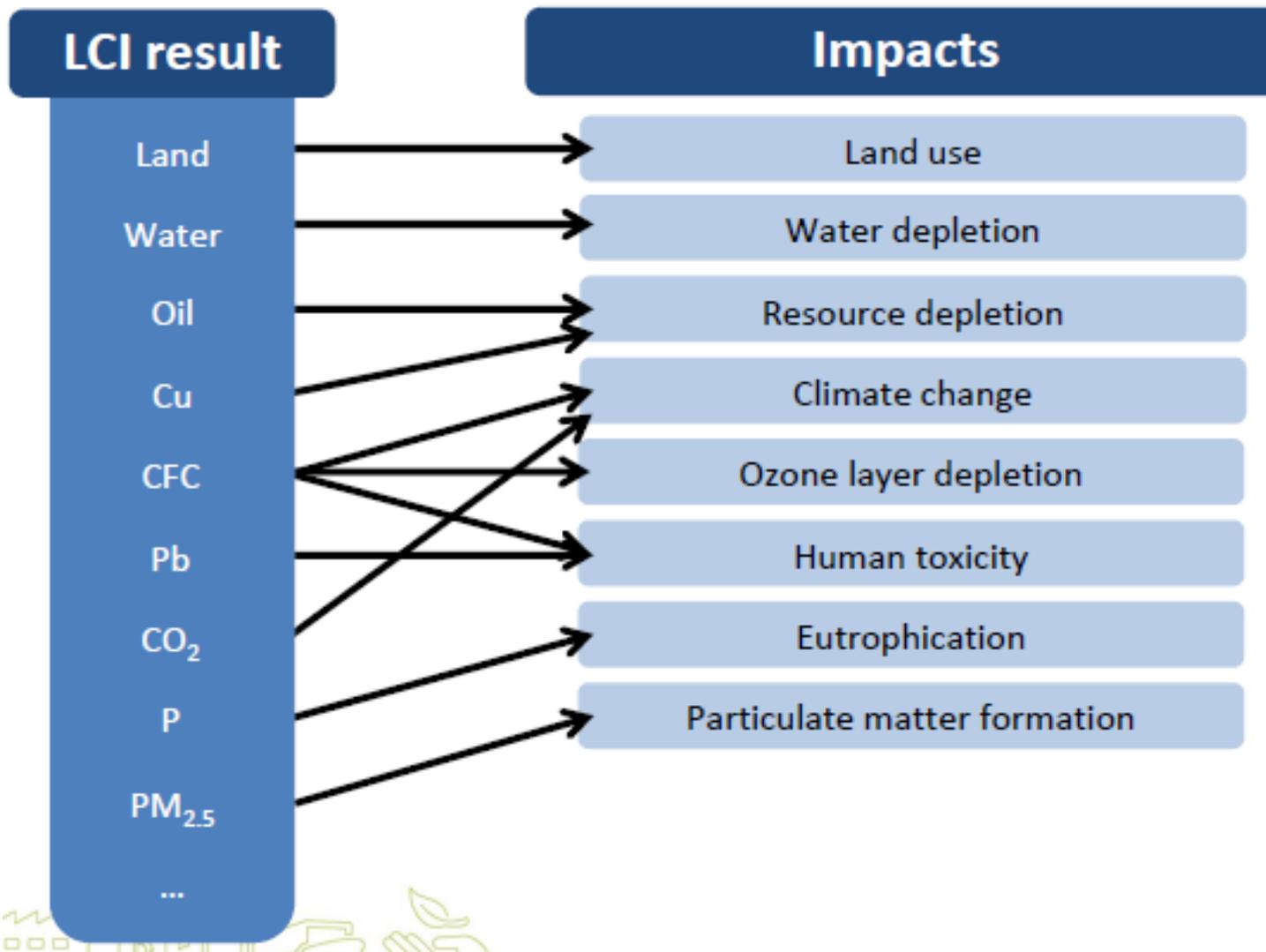
Classificazione



Si assegna ciascun flusso elementare (risultato dell'analisi di inventario) alla o alle rispettive categorie di impatto (impatti multipli).

- **in parallelo**: un unico fattore di stress agisce su una o più categorie d'impatto in modo indipendente (es.: tossicità e acidificazione prodotti dall'anidride solforosa)
- **in serie**: un unico fattore genera una catena d'impatti interrelazionati l'uno all'altro (es.: metalli pesanti influiscono sull'ecotossicità e quindi sulla tossicità umana)
- **indiretti**: l'impatto secondario provocato appartiene ad una categoria d'impatto completamente diversa (es.: tossicità dell'alluminio indotta dall'acidificazione)

Classificazione



Caratterizzazione



- Definizione di un **indicatore** per ciascuna categoria di impatto
- Definizione di un **fattore di caratterizzazione** per ciascun flusso elementare individuato nella fase di classificazione.

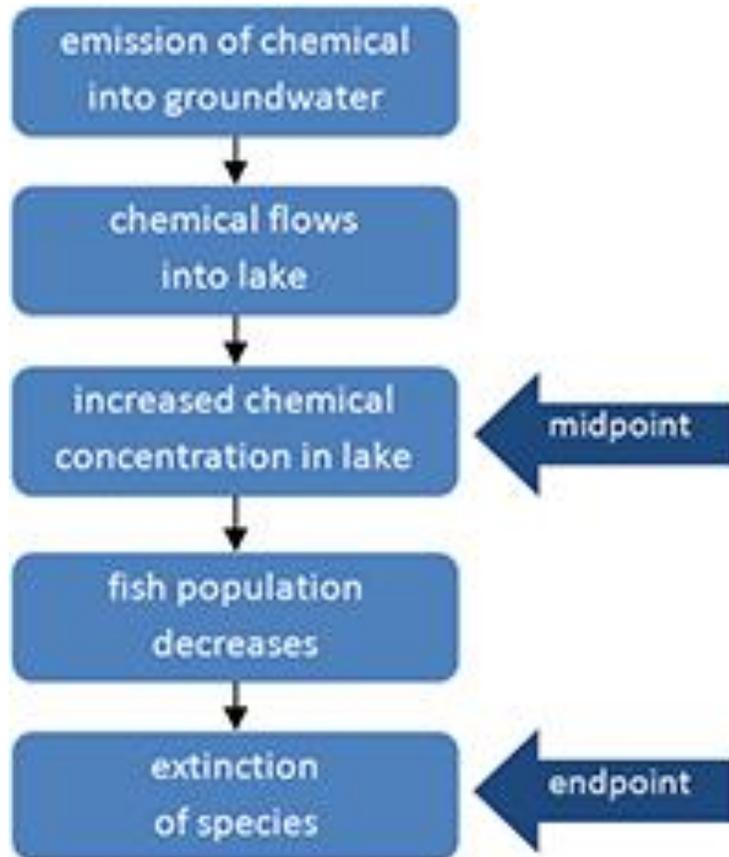
Le quantità di ciascun flusso elementare vengono quindi moltiplicate per un "fattore equivalente" che misura l'intensità dell'effetto di una sostanza sul problema ambientale considerato.

LCI results	Climate change	Acidification	Particulate matter
1000 g CO ₂	x 1 = 1000		
10 g SO ₂		x 1.31 = 13.1	x 0.061 = 0.61
5 g N ₂ O	x 298 = 1490	x 0.74 = 3.7	x 0.0072 = 0.036
4 g PM _{2.5}			x 1 = 4
Characterized results	2.49 kg CO₂-eq.	0.0168 mol H⁺-eq.	0.0046 kg PM_{2.5}-eq.

Caratterizzazione

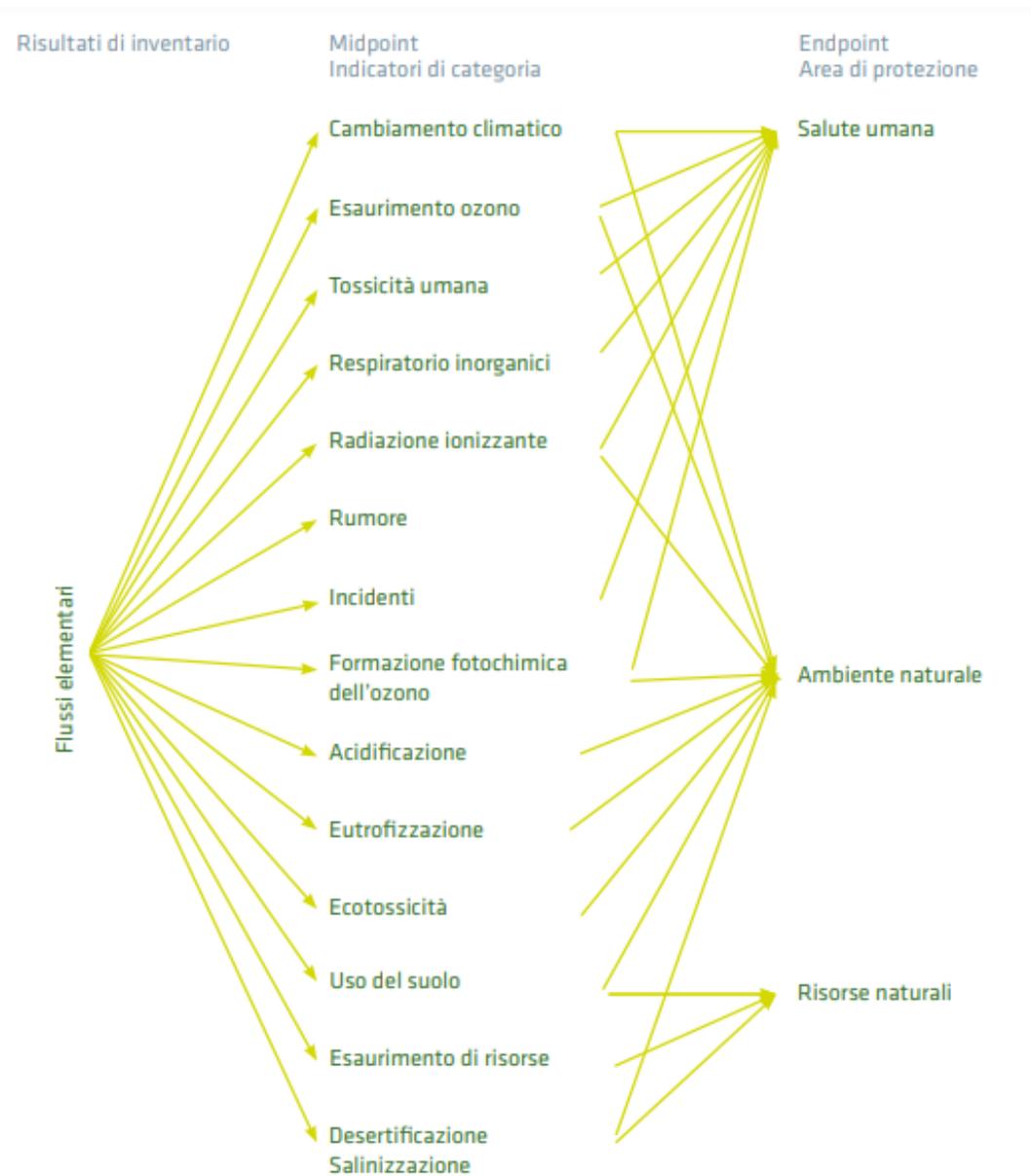


Catena Causa-Effetto



- **Analisi della diffusività**, che lega la sostanza emessa alla variazione della sua concentrazione nel tempo;
- **Analisi dell'esposizione**, che lega questa variazione di concentrazione ad una dose assorbita dall'uomo o dalle specie vegetali e animali
- **Analisi degli effetti**, che lega la dose assorbita agli effetti sulla salute umana e sull'ecosistema
- **Analisi dei danni**, che quantifica gli effetti dopo l'esposizione

Caratterizzazione



Normalizzazione



Trasforma un indicatore dividendolo per un valore di riferimento selezionato. Gli indicatori risultato della fase di caratterizzazione vengono comparati a valori di riferimento rappresentati dai dati medi elaborati su scala mondiale, regionale o europea, e riferiti ad un determinato periodo di tempo. Attraverso la normalizzazione è possibile quindi stabilire l'intensità dell'impatto ambientale del sistema studiato rispetto alla media dell'impatto generato dall'uomo nell'area geografica prescelta come riferimento.

LCI results	Climate change	Acidification	Particulate matter
1000 g CO ₂	x 1 = 1000		
10 g SO ₂		x 1.31 = 13.1	x 0.061 = 0.61
5 g N ₂ O	x 298 = 1490	x 0.74 = 3.7	x 0.0072 = 0.036
4 g PM _{2.5}			x 1 = 4
	+ + +		
Characterized results	2.49 kg CO ₂ -eq.	0.0168 mol H ⁺ -eq.	0.0046 kg PM _{2.5} -eq.
Normalization factor	6803 kg CO ₂ -eq. person*year	49.44 mol H ⁺ -eq. person*year	2.746 kg PM _{2.5} -eq. person*year
Normalized results	0.000366 person*year	0.00034 person*year	0.00169 person*year

Pesatura

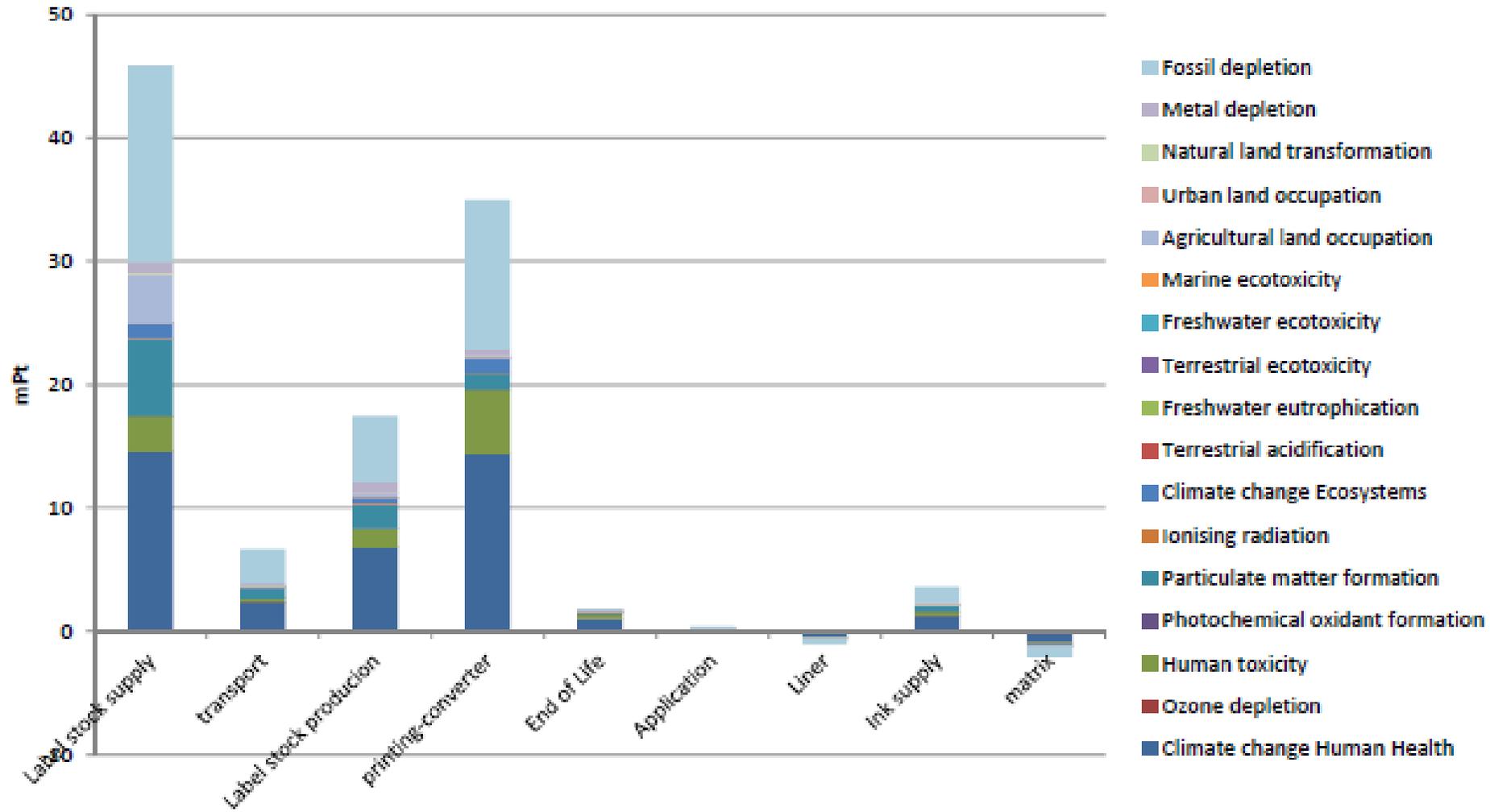


La Pesatura all'interno di un LCIA è quello stadio in cui i contributi delle diverse categorie d'impatto vengono pesati in modo da poter essere confrontati tra di loro.

Lo scopo è quello di ottenere un'ulteriore interpretazione e aggregazione dei dati dell'Impact Assessment

LCI results	Climate change	Acidification	Particulate matter
1000 g CO ₂	x 1 = 1000		
10 g SO ₂		x 1.31 = 13.1	x 0.061 = 0.61
5 g N ₂ O	x 298 = 1490	x 0.74 = 3.7	x 0.0072 = 0.036
4 g PM _{2.5}			x 1 = 4
	+ + +		
Characterized results	2.49 kg CO ₂ -eq.	0.0168 mol H ⁺ -eq.	0.0046 kg PM _{2.5} -eq.
Normalized results	0.000366 person*year	0.00034 person*year	0.00169 person*year
Weighting factor	x 23	x 4.2	x 6.6
	+ + +		
Weighted results	0.021 pt		

Pesatura



Principali Categorie di Impatto



- Riscaldamento Globale
- Esaurimento dell'ozono stratosferico
- Smog fotochimico
- Acidificazione del terreno e delle acque
- Eutrofizzazione
- Esaurimento delle risorse abiotiche (fossili e non fossili)

EPD (DICHIARAZIONE AMBIENTALI DI PRODOTTO)

PEF (IMPRONTA AMBIENTALE DI PRODOTTO)

SEZIONE 5 - RISULTATI LCA

Le seguenti tabelle illustrano i risultati dello studio LCA (valutazione del ciclo di vita). Informazioni di base su tutti i moduli dichiarati sono riportate al capitolo 3. È possibile convertire i risultati riferiti al kg usando il seguente fattore di conversione 0,0328.

RISULTATI LCA - IMPATTO AMBIENTALE per 1 m ² di piastrella di ceramica (30,5 kg / m ²)																
Parameter	Unit	A1-3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
GWP	[kg CO ₂ -eq.]	1,25E+01	8,10E-01	2,84E+00	0,00E+00	4,04E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,29E-02	6,09E-02	1,65E-01	-3,18E-01
ODP	[kg CFC11-eq.]	6,45E-11	2,96E-14	7,64E-12	0,00E+00	7,63E-12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,22E-15	2,74E-14	3,73E-14	-1,03E-12
AP	[kg SO ₂ -eq.]	2,66E-02	6,68E-03	4,25E-03	0,00E+00	5,85E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,76E-04	4,35E-04	9,74E-04	-7,81E-04
EP	[kg PO ₄ ³⁻ -eq.]	3,80E-03	7,44E-04	8,66E-04	0,00E+00	4,47E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,00E-05	1,05E-04	1,35E-04	-1,28E-04
POCP	[kg ethene-eq.]	1,92E-03	3,43E-04	3,40E-04	0,00E+00	6,56E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	-1,09E-04	4,75E-05	7,57E-05	-8,33E-05
ADPE	[kg Sb-eq.]	4,28E-05	5,89E-08	6,88E-06	0,00E+00	1,33E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,68E-09	8,05E-08	6,32E-08	-1,31E-07
ADPF	[MJ]	2,03E+02	1,07E+01	2,17E+01	0,00E+00	3,46E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,11E+00	1,19E+00	2,13E+00	-5,70E+00
Legenda	GWP = potenziale di riscaldamento globale; ODP = potenziale di esaurimento dello strato di ozono nella stratosfera; AP = potenziale di acidificazione del terreno e delle acque; EP = potenziale di eutrofizzazione; POCP = potenziale di formazione di ossidanti fotochimici dell'ozono troposferico; ADPE = potenziale di esaurimento delle risorse abiotiche non fossili; ADPF = potenziale di esaurimento delle risorse abiotiche fossili															

Riscaldamento Globale



L'effetto serra, o riscaldamento globale, è causato da una serie di gas che hanno la proprietà di bloccare il passaggio delle radiazioni infrarosse perché hanno un'elevata capacità assorbente. Questo si traduce in un disturbo all'equilibrio termico della terra con la possibilità di ripercussioni sulle condizioni climatiche generali





Riscaldamento Globale

Indicatore della categoria di impatto: kg CO₂eq

Fattore di caratterizzazione: GWP (kg CO₂/kg sostanza)

Il GWP di un gas viene calcolato come il contributo al riscaldamento globale di una determinata quantità del gas diviso per il contributo di una quantità corrispondente di CO₂, considerando

- la capacità di assorbimento nell'infrarosso
- il tempo di vita in atmosfera

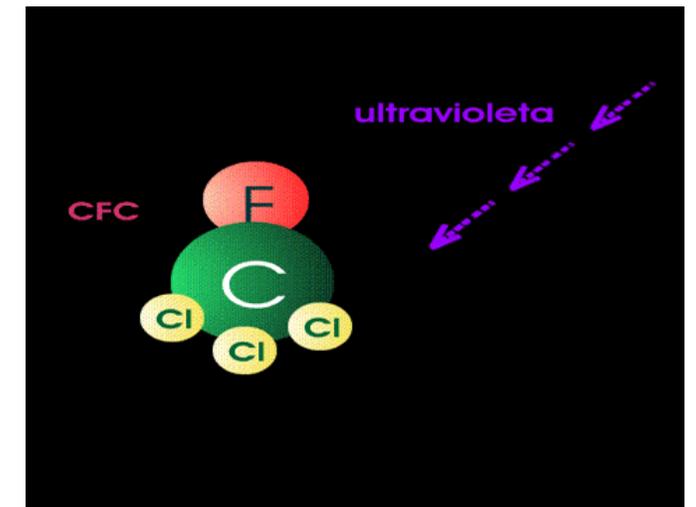
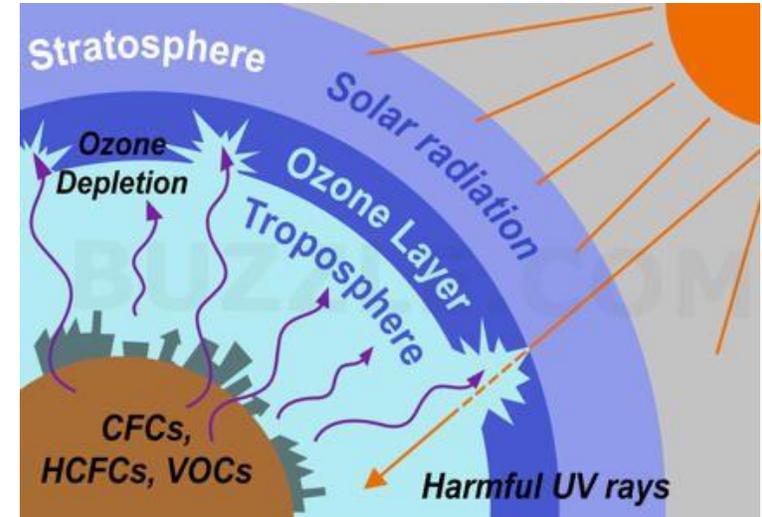
Sostanza (1 kg)	Vita (anni)	GWP 20 EPD (CML)	GWP 100		GWP 500 EPD (CML)
			EPD (CML)	PEF (IPCC 2013)	
Anidride carbonica	Variabile	1	1	1	1
Metano	12	72	25	36.8	8
Protossido di azoto	120	289	298	298	153
HCFC-124	14	3830	609	635	435
Esafluoruro di zolfo	3200	16300	22800	26100	32600
Tetrafluoruro metano	50000	5210	7390	7350	11200

Esaurimento dell'ozono stratosferico

L'ozono presente nella stratosfera (25-50 km) svolge una funzione molto importante poiché **assorbe la maggior parte delle radiazioni ultraviolette provenienti dal sole**, estremamente dannose in virtù della loro elevata energia

A seconda della durata e dell'intensità dell'esposizione ai raggi UV-B, gli impatti sulla **salute umana** includono tumori della pelle, cataratta, malattie del sistema immunitario, bruciore agli occhi e irritazione alle vie respiratorie.

Gli effetti sugli **ecosistemi** sono legati a danni alla pelle degli animali, agli organi fotosintetici delle piante che provocano una ridotta fotosintesi e quindi minori rese e alla perdita di fitoplancton.



**METTIAMOCI
IN RIGA**

Esaurimento dell'ozono stratosferico



Indicatore della categoria di impatto: kg CFC-11eq

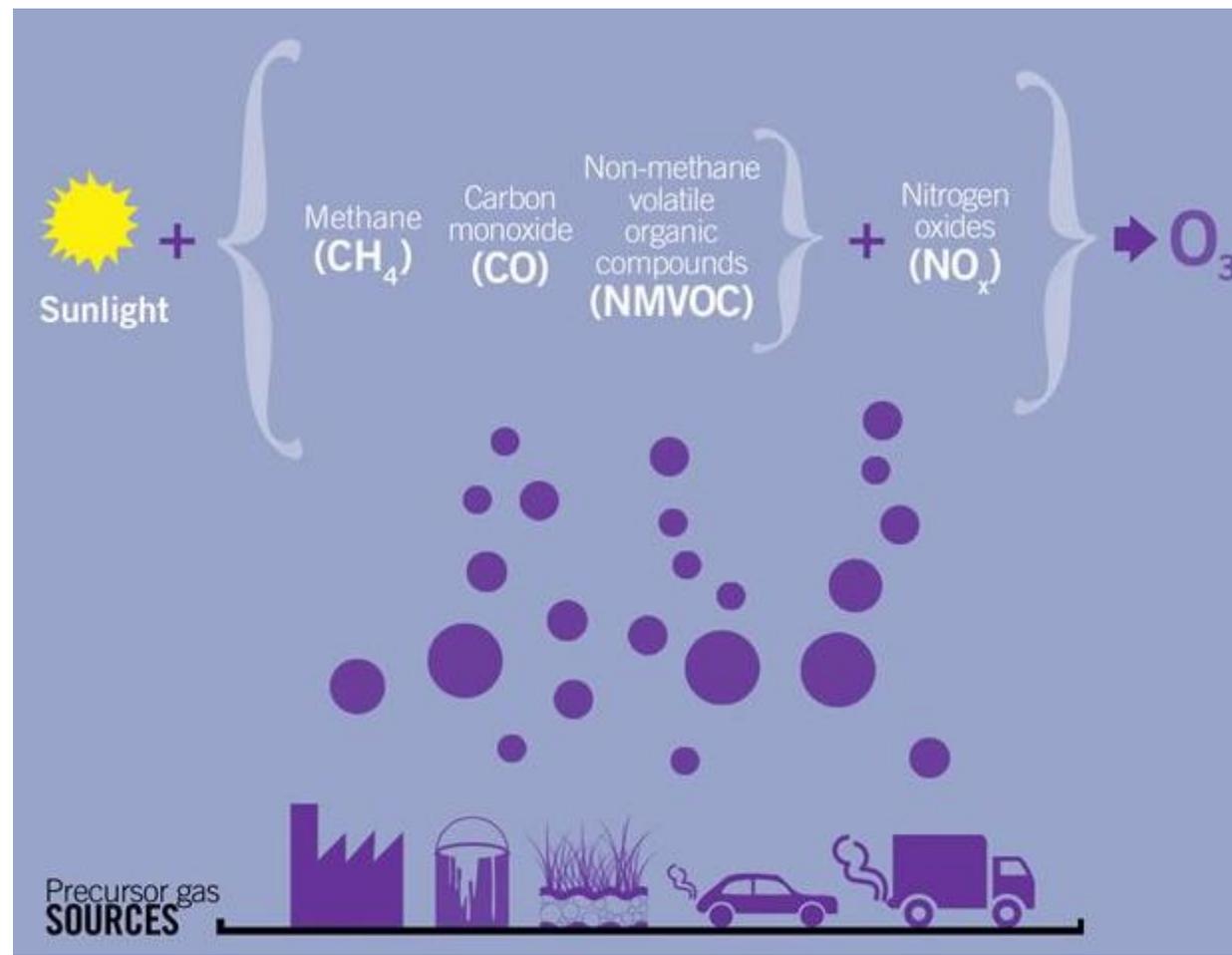
Fattore di caratterizzazione: ODP (kg CFC-11eq/kg sostanza)

Sostanza	Vita (anni)	EPD (CML)	PEF (WMO)
Halon 1001	0.7	0.38	0.57
Halon 1301	65	12	15.2
Clorometano (R-40)	1.3	0.02	0.015
Tetraclorometano (R-10)	26	0.73	0.72
CFC-115	1700	0.44	0.26
Halon 1211	16	6	6.9
HCFC-141b	9.3	0.12	0.102

Smog fotochimico

Gli impatti sull'uomo si verificano quando l'ozono, che si forma nella troposfera, viene inalato e viene a contatto con la superficie delle vie respiratorie, dove danneggia i tessuti e causa malattie respiratorie.

Gli impatti sulla vegetazione si verificano quando l'ozono attacca le superfici delle piante o penetra nelle foglie delle piante, causando danni ossidativi sui loro organi fotosintetici. Sono state stimate perdite di resa produttiva delle colture del 10-15% in aree con elevate concentrazioni di ozono.



Smog fotochimico



Indicatore della categoria di impatto: kg Etilene-eq (EPD), kg NMVOC-eq (PEF)

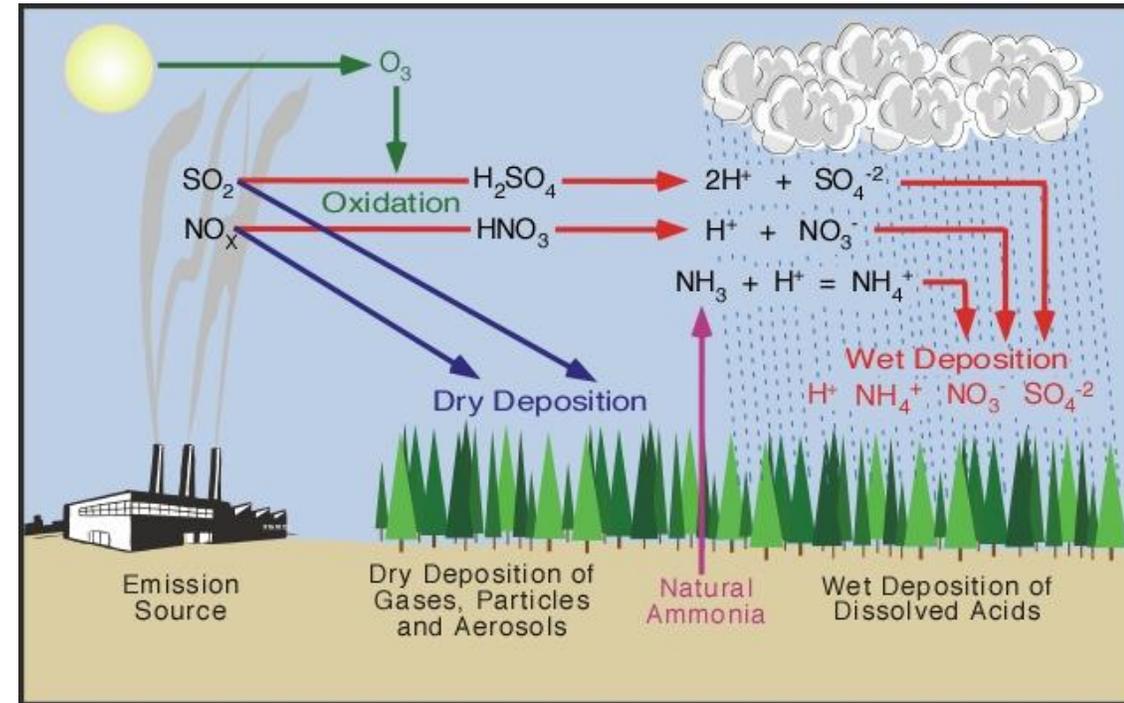
Fattore di caratterizzazione: POCP (kg Etilene-eq/kg sostanza, kg NMVOC-eq/kg sostanza)

Sostanza	EPD (CML)	PEF (LOTOS-EUROS)
Metano	0.006	0.01
Monossido di carbonio	0.027	0.046
Etilbenzene	0.73	1.23
Toluene	0.64	1.08
Metanolo	0.14	0.236
Esano	0.48	0.814
Etanolo	0.40	0.674

Acidificazione

Un abbassamento del pH nell'atmosfera o in acqua può essere causa di un aumento della mortalità dei pesci, di danni ai beni artistici, alla vegetazione e può avere ripercussioni anche sulla salute dell'uomo. Ad esempio la solubilità dei metalli tossici aumenta con il diminuire del pH dell'acqua dei laghi, in particolare l'alluminio può precipitare sulle branchie dei pesci a pH 5.

A causa della loro elevata solubilità in acqua, il tempo di permanenza nell'atmosfera di queste sostanze acidificanti è limitato a pochi giorni, e quindi l'acidificazione è un **impatto regionale**. Inoltre il potenziale di acidificazione di una sostanza dipende anche dalla sensibilità dell'ambiente ricevente in termini di capacità tampone.



Acidificazione



Indicatore della categoria di impatto: kg SO₂-eq (EPD), mol H⁺-eq (PEF)

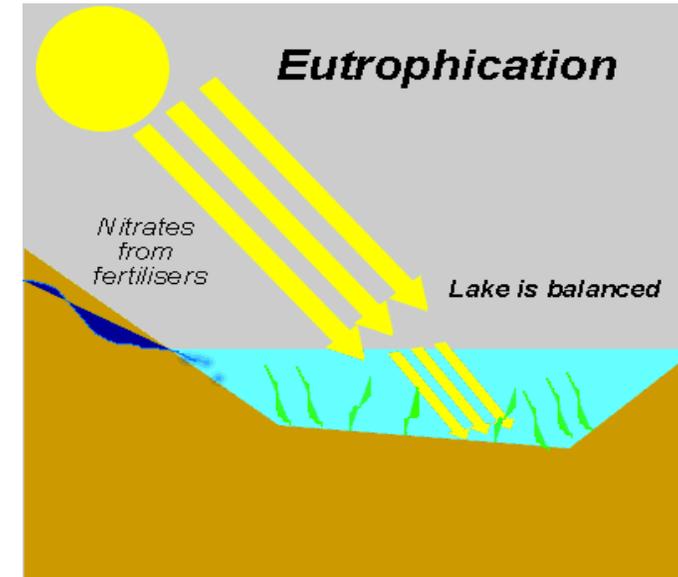
Fattore di caratterizzazione: AP (kg SO₂-eq/kg sostanza, mol H⁺-eq/kg sostanza)

Sostanza	EPD (CML)	PEF (Accumulated Exceedance)
Ammoniaca	1.88	3.02
Anidride solforosa	1	1.31
Ossidi di azoto	0.7	0.74
Anidride solforica	0.8	1.05

Eutrofizzazione

L'arricchimento in nutrienti di un ecosistema si verifica quando nell'ambiente vengono introdotte sostanze che contengono N o P in forma biologicamente disponibile.

In sistemi acquatici una crescita abnorme della comunità algale ha come conseguenza un impoverimento in ossigeno. Le emissioni di sostanze nutrienti di origine antropica derivano soprattutto dall'uso di fertilizzanti nell'attività agricola ma gli ossidi di azoto prodotti dalla combustione sono ugualmente significativi. L'eutrofizzazione è un impatto con effetti su scala locale o regionale.



Eutrofizzazione



Indicatore della categoria di impatto: kg PO₄³⁻-eq (EPD), kg N-eq (PEF, marine)

Fattore di caratterizzazione: POCP (kg PO₄³⁻-eq/kg sostanza, kg N-eq/kg sostanza)

Sostanza	EPD (CML)	PEF (EUTREND)
Nitrati in acqua	0.1	0.226
Ossidi di azoto in aria	0.13	0.389
Ammoniaca in aria	0.35	0.092
Ammonio in acqua	0.33	0.778
Nitriti in acqua	0.1	0.304

Nella PEF si distinguono tre categorie di impatto: marine, freshwater e terrestrial eutrophication

Esaurimento delle risorse abiotiche

Le risorse abiotiche sono risorse naturali (minerali e risorse fossili). Il consumo di risorse abiotiche è una delle più discusse categorie di impatto e sono di conseguenza disponibili molti metodi per caratterizzare i contributi a tale categoria. Tra questi il principale prevede l'aggregazione e la valutazione delle risorse abiotiche basandosi sul concetto di "riserve ultime", ossia la quantità di risorse che è ancora disponibile, stimata moltiplicando la concentrazione media naturale della risorsa nel principale mezzo di estrazione (ad esempio la crosta terrestre) per la massa o il volume di tale mezzo (ad esempio la massa della crosta terrestre).



Esaurimento delle risorse abiotiche



Indicatore della categoria di impatto: kg Sb-eq (EPD, PEF), MJ (EPD, PEF)

Fattore di caratterizzazione: ADPE (kg Sb-eq/kg sostanza), ADPF (MJ/kg sostanza)

Sostanza	EPD, PEF (CML)
Alluminio	$1.09 \cdot 10^{-9}$
Oro	52
Nickel	$6.53 \cdot 10^{-5}$
Cadmio	0.157
Rame	0.00137
Carbone	26.3
Petrolio	42.3
Torba	12.5

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

ing. Marco Barbanera

UTS Sogesid – Linea L4

Università degli Studi della Tuscia

METTIAMOCI IN RIGA

