

La questione ambientale

Cos'è l'ambiente?

L'ambiente è.....

l'insieme delle risorse indispensabili a garantire la vita di tutte le specie viventi, animali o vegetali, semplici e complesse, presenti sul pianeta Terra.

l'insieme dei fattori che determinano la sopravvivenza di un organismo e la conservazione della specie cui esso appartiene nel corso del tempo.

Cos'è l'inquinamento?

L'inquinamento è....

l'insieme delle sostanze nocive che vengono immesse nell'ambiente in cui viviamo

Oppure

... il degrado dell'ambiente causato dall'immissione, da parte dell'uomo, di sostanze che ne alterano le caratteristiche chimico-fisiche

L'INQUINAMENTO PER UN “NATURALISTA”

Per un *naturalista*, il cui concetto di ambiente è legato essenzialmente all'ambiente naturale, la definizione di inquinamento riflette l'obiettivo della conservazione e protezione dell'ambiente naturale.

In questo senso è definibile inquinamento *ogni azione umana che comporti una modificazione degli equilibri e delle caratteristiche dell'ambiente naturale.*

Questa definizione risulta senz'altro troppo rigorosa se adottata in senso lato, in quanto tutti gli ambienti naturali, chi più chi meno, sono in continua, più o meno lenta, modificazione!

Cos'è l'inquinamento?

Convenzione di Barcellona

Protezione del Mar Mediterraneo contro l'inquinamento

Art. 2:

Inquinamento significa introduzione da parte dell'uomo, direttamente o indirettamente, di sostanze nell'ambiente marino, tali da provocarvi effetti deleteri dannosi per le risorse viventi, pericolose per la salute umana, di ostacolo alle attività marine, inclusa la pesca, di compromissione della qualità dell'acqua in relazione al suo uso, compresi gli usi ricreativi ed estetici.

N.B.: Il livello qualitativo oltre il quale la risorsa risulta inquinata non è univoco e **dipende dall'uso** che se ne vuol fare (esempio acque di balneazione o acqua di irrigazione).

DEFINIZIONE DI INQUINAMENTO

Una definizione più recente di carattere generale è contenuta nella Direttiva 96/61/CE (IPPC) **relativa alla prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento:**

*“Inquinamento è **l'introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana,** di sostanze, vibrazioni, calore o rumore nell'aria, nell'acqua o nel suolo, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell'ambiente, causare il deterioramento di beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell'ambiente o ad altri suoi legittimi usi”.*

“INQUINAMENTO”

Con il termine di *inquinamento ambientale* si intende la variazione della composizione dell'aria, del suolo e dell'acqua provocata dall'emissione di agenti inquinanti provenienti dalle attività umane (industriali, agricole e urbane) e tali comunque da **agire negativamente** sull'ambiente, nel senso che possono interferire con il ritmo di crescita delle specie viventi o danneggiare la salute umana e/o il territorio.

Gli *agenti inquinanti* possono essere di origine **chimica** (sotto forma di *sostanze gassose, solide o liquide*) o **fisica** (sotto forme particolari di energia come le *radiazioni ionizzanti, il calore, il rumore o le vibrazioni*).



LE INTERFERENZE CON L'AMBIENTE

L'utilizzo delle risorse naturali per produrre merci/servizi comporta inevitabili interferenze con l'ambiente.

Tali interferenze si possono manifestare sotto forma di vero e proprio dissesto del territorio, laddove vengono **prelevate le risorse** a causa di disboscamenti, stravolgimenti del suolo per attività minerarie, cave, costruzione di edifici, ecc. e sotto forma di **inquinamento**, soprattutto nelle località dove le merci/servizi vengono prodotti e utilizzati.

I danni potenzialmente arrecabili all'ambiente sono connessi a:

- **prelievo** dall'ambiente di risorse a ridotto grado di rinnovabilità, utilizzate come fattori di input del sistema produttivo: combustibili, materie prime scarse, acqua, ecc.;
- **scarico**, diretto o indiretto, nell'ambiente di **inquinanti materiali** e **immateriali** generati insieme all'output di prodotti-servizi destinati al mercato oppure connessi al loro successivo uso e/o fine vita.

In particolare, i fenomeni di **scarico materiale** possono riguardare l'aria, emissioni sotto forma di fumi, gas di CO_x, NO_x, SO_x, l'acqua, per ciò che concerne i reflui in uscita dalle strutture di produzione, e il suolo, con specifico riferimento ai rifiuti solidi, quali gli scarti e/o sfridi di produzione, i materiali derivanti dai prodotti a fine vita e gli imballaggi utilizzati per il trasporto di materie prime, semilavorati e prodotti finiti.

Gli scarichi di **inquinanti immateriali** sono, invece, inquadrabili nella categoria delle emissioni di energia in senso lato e fanno riferimento a rumori, radiazioni nucleari ed elettromagnetiche, energia luminosa.

Sorgenti e Pozzi



SORGENTI:

Miniere

Falde acquifere

Nutrienti nei suoli

POZZI:

Atmosfera

Acque superficiali

Discariche

Problemi ecologici

Possiamo distinguere tra **tempi geologici e tempi economici**: i tempi dell'economia sono non-compatibili con quelli dei processi di riequilibrio naturale (impatto traumatico/resilienza lenta). Di conseguenza, sorgono problemi ecologici.

Il **problema ecologico** nasce perché il sistema economico, per aumentare la produttività, modifica l'ecosistema di cui fa parte in tempi e modi diversi ("**alterazioni ambientali**") da quelli dei processi di riequilibrio ambientale.

Alterazione ambientale: modifica qualitativa (o diminuzione quantitativa) dei parametri fisici, chimici, biologici di un sistema ambientale (= **inquinamento**).

Tali alterazioni possono essere **reversibili** (riassorbibili dall'ecosistema planetario) e **irreversibili** (che hanno effetti squilibranti di lungo periodo).

Fattori necessari per la sopravvivenza

```
graph TD; A[Fattori necessari per la sopravvivenza] --> B[Atmosfera]; A --> C[Acqua]; A --> D[Suolo];
```

Atmosfera

Acqua

Suolo

ATMOSFERA

L'atmosfera è l'involucro di gas che circonda la Terra. La sua composizione è costante fino a circa 100 km di altitudine.

Composizione percentuale dell'atmosfera:

- ❖ Azoto (N_2) 78.0 %
- ❖ Ossigeno (O_2) 20.9 %
- ❖ Argon (Ar) 0.9 %
- ❖ Altri gas..... 0.1 %
- ❖ Anidride carbonica.....0.03%



Inquinamento atmosferico

E' dovuto alle emissioni di sostanze in atmosfera che influiscono in maniera più o meno immediata sulla qualità dell'aria.

Alcune delle sostanze emesse contribuiscono ai **principali problemi ambientali** relativi all'atmosfera:

- cambiamenti climatici
- diminuzione dell'ozono stratosferico
- acidificazione
- smog fotochimico

Inquinamento atmosferico

I principali problemi di inquinamento dell'aria riscontrati negli ultimi decenni possono ricondursi schematicamente a due eventi:

1. emissioni di **gas** e **microparticelle tossiche**, a causa di processi di combustione (nel riscaldamento delle abitazioni, nella locomozione di veicoli, nella produzione industriale)
2. emissioni di alcuni gas utilizzati sia negli impianti di refrigerazione che come propellenti delle bombolette spray, ove coadiuvano la fuoriuscita e la immediata dispersione delle sostanze in esse contenute.

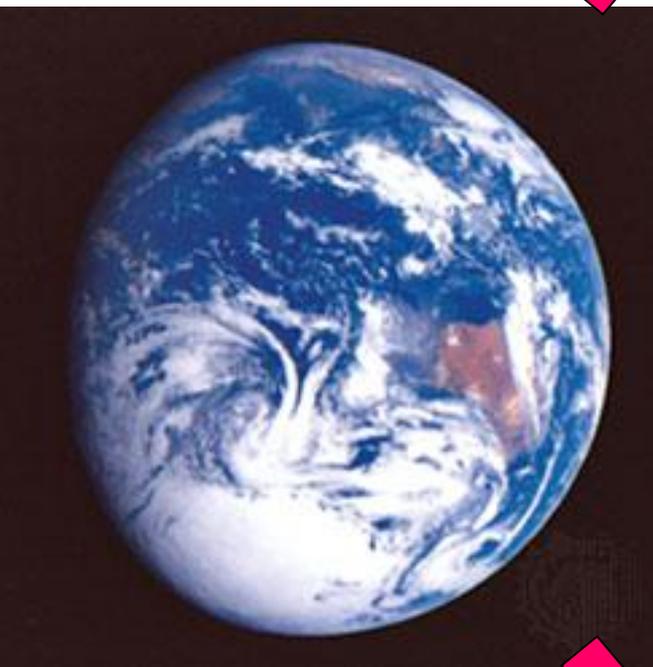
Nel primo caso vengono immesse nell'atmosfera sostanze inquinanti come ossidi di zolfo, alcuni ossidi di azoto, microparticelle di idrocarburi incombusti e quantità rilevanti di anidride carbonica.

Nel secondo caso i gas dispersi, clorofluorocarburi (CFC), intervengono nell'equilibrio naturale ossigeno-ozono presente negli strati più alti dell'atmosfera, alterandone le quantità relative, attraverso reazioni chimiche altrimenti poco rilevanti.

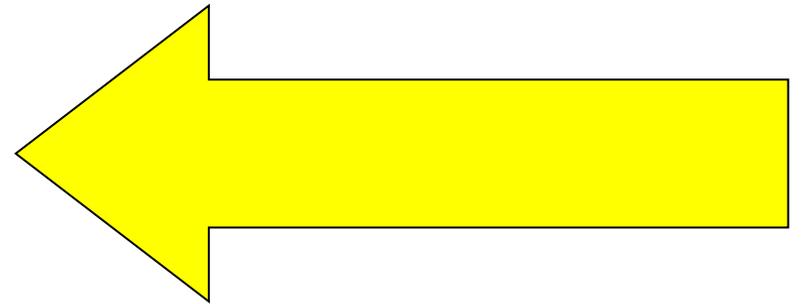
Effetto serra

Il clima della Terra è regolato dal continuo flusso di energia proveniente dal Sole. La radiazione solare non solo fornisce l'energia necessaria per la circolazione delle masse d'aria e delle correnti oceaniche, ma è anche responsabile della temperatura del nostro pianeta.

Circa il 30% della radiazione che colpisce la Terra viene immediatamente respinta verso il cosmo, ma il 70% passa attraverso l'atmosfera e raggiunge la superficie terrestre, riscaldandola.



Le radiazioni solari raggiungono la superficie del pianeta



In parte vengono riflesse e disperse nello spazio

La superficie terrestre, come ogni corpo riscaldato, emette **radiazione infrarossa**.

La radiazione infrarossa non riesce a passare attraverso l'atmosfera perché nell'atmosfera sono presenti dei gas che “riflettono” tale radiazione nuovamente in direzione della superficie terrestre.

In questo modo l'energia termica che la Terra irradia non può essere dispersa nello spazio, ma rimane confinata e ne aumenta la temperatura.

Questo è il cosiddetto “**effetto serra**”.

L'effetto serra

Energia Solare

Circa il 30%
delle radiazioni
infrarosse
si diffonde
nello spazio

I gas serra lasciano passare l'energia solare e intrappolano parte del calore creato dai raggi del sole

Radiazione
solare
assorbita
dalla Terra

Calore
intrappolato
e irradiato
dai gas serra

Una parte dell'energia
solare che raggiunge
il nostro pianeta viene
riflessa verso l'atmosfera
sotto forma di radiazioni
infrarosse



Le navi
bruciano
combustibile



Anidride
carbonica
rilasciata
dagli aerei

Mari e oceani
si riscaldano,
l'acqua evapora
e il calore così
formato viene
intrappolato
dai gas serra



Le industrie
rilasciano
anidride
carbonica



Taglio
delle
foreste



Consumo
di combustibili
fossili



MOLECOLE "OPACHE" ALLA RADIAZIONE INFRAROSSA:

Acqua	H_2O
Anidride carbonica	CO_2
Metano	CH_4
Protossido d'azoto	N_2O
...	

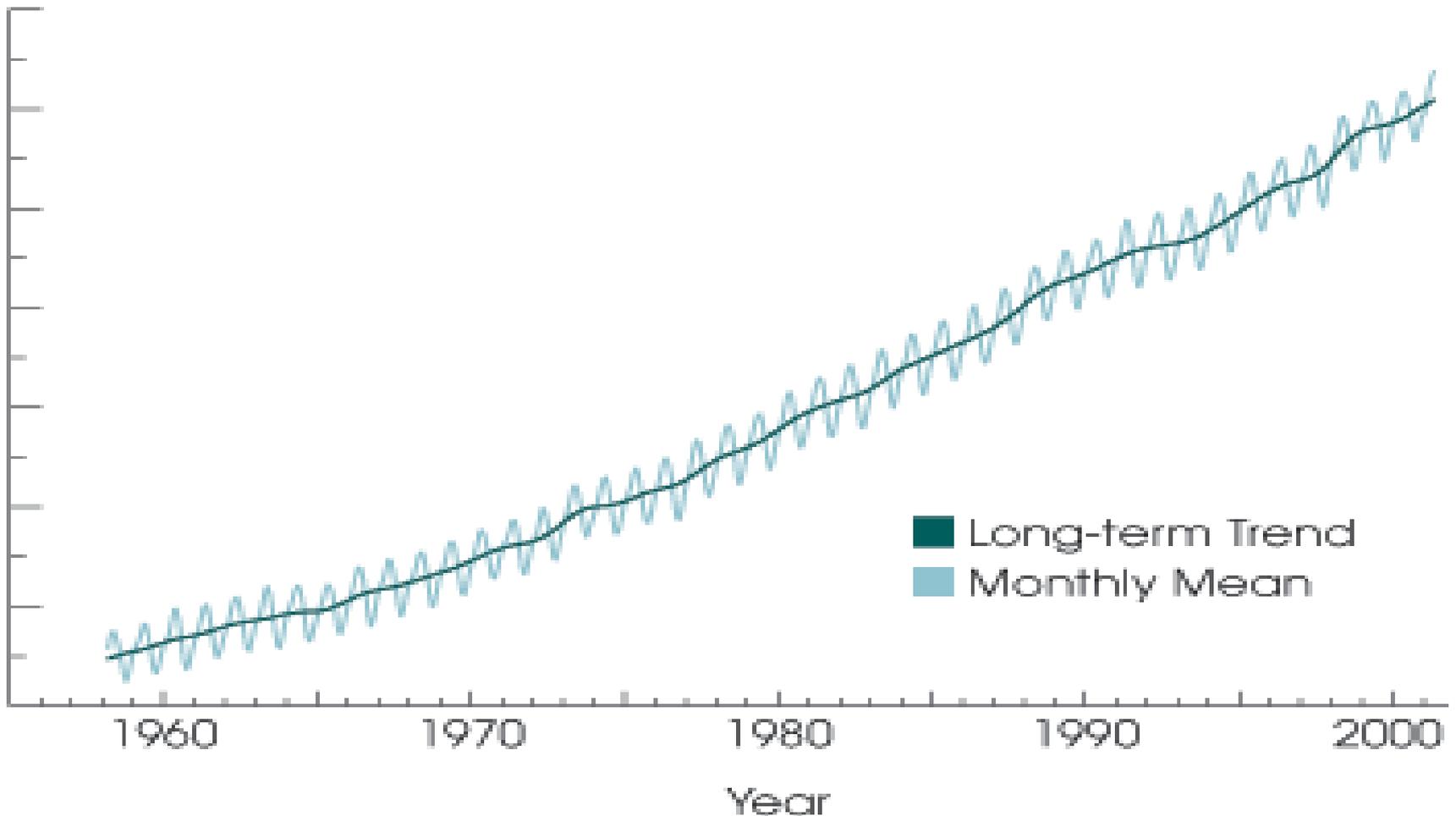
L'effetto serra è un **fenomeno naturale** che è stato di vitale importanza per lo sviluppo della vita sulla Terra: è stato calcolato che, se nell'atmosfera non ci fossero gas in grado di trattenere il calore irraggiato dalla superficie terrestre riscaldata dal Sole, la temperatura media sul nostro pianeta sarebbe di circa 19 gradi sotto lo zero, ovvero ben 33°C più bassa della temperatura media effettiva.

Emissioni di gas serra: CO₂

Il riscaldamento dello strato inferiore dell'atmosfera è attribuibile in gran parte alle emissioni di CO₂ connesse alle attività antropiche (impianti per la produzione di energia, impianti industriali, autoveicoli) ed in particolare all'utilizzo di combustibili fossili.

Emissioni di gas serra: CO₂

Atmospheric Carbon Dioxide Concentration



Acidificazione

Per piogge acide s'intendono quelle precipitazioni in cui le gocce d'acqua contengono disciolto acido solforico (H_2SO_4) o acido nitrico (HNO_3).

Il fenomeno delle piogge acide si manifesta soprattutto in zone adiacenti a grossi complessi industriali dove la pur piccola quantità di **zolfo** presente nei combustibili è comunque elevata per l'alta intensità e continuità dei processi di combustione.



ACIDIFICAZIONE

Gli ossidi di azoto, gli ossidi di zolfo e l'ammoniaca costituiscono i principali responsabili del fenomeno dell'acidificazione.

I primi due vengono emessi in atmosfera attraverso i processi di combustione, processi industriali e traffico; le emissioni di ammoniaca, invece, derivano principalmente da attività agricole, dallo smaltimento dei rifiuti e da processi naturali.

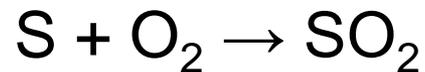
Questi gas una volta arrivati in quota vengono “assorbiti” dalle molecole d'acqua e precipitano a terra dando luogo alle piogge acide.

Acidificazione

Nei **combustibili**, costituiti principalmente da idrocarburi, sono presenti piccole quantità di composti contenenti **zolfo**.

Durante il processo di combustione questo elemento si combina facilmente con l'ossigeno, necessario per il processo, originando composti denominati ossidi di zolfo.

In una prima fase si forma:

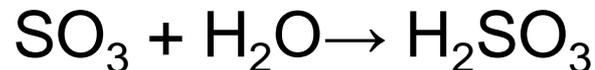


denominato biossido di zolfo o anidride solforosa.

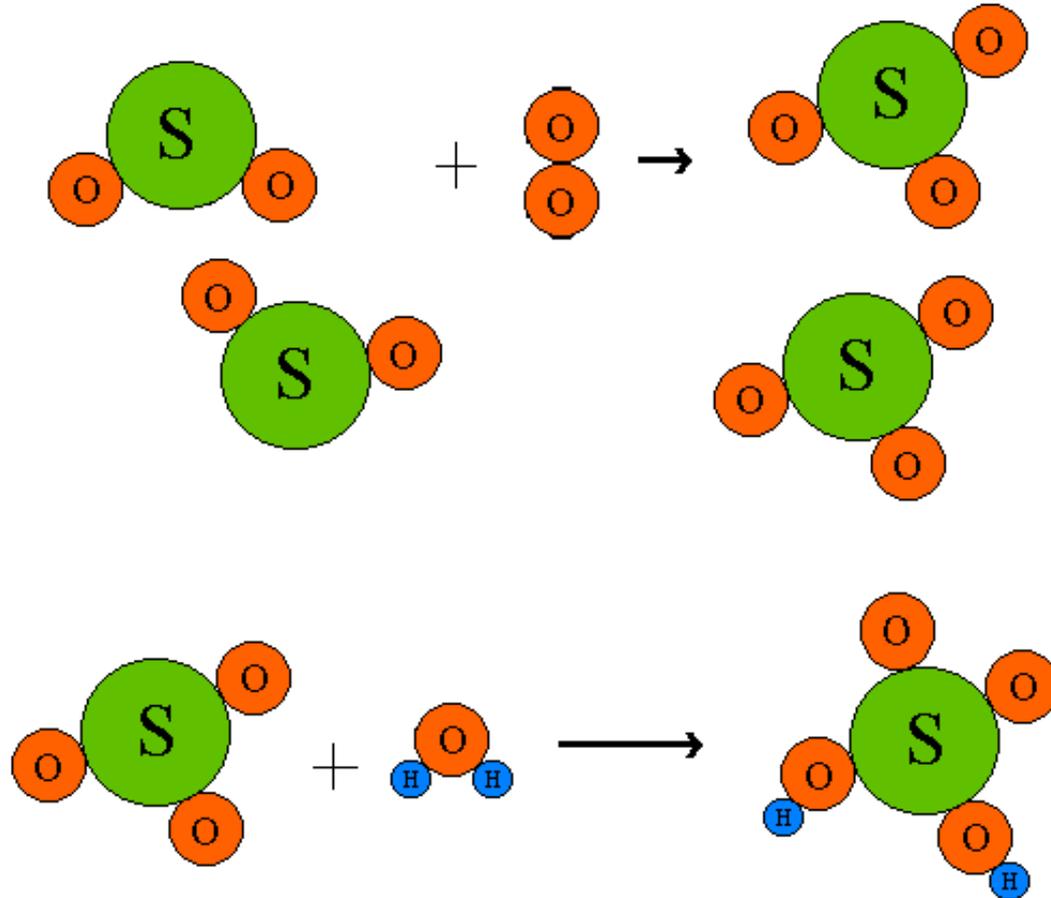
Successivamente questo gas può reagire ulteriormente con l'O₂ presente nell'aria formando anidride solforica secondo la reazione:



L'SO₃ reagisce facilmente con l'acqua formando acido solforico altamente tossico e corrosivo, costituente delle piogge acide



Acidificazione



Danni ambientali derivanti dalle piogge acide

I danni che derivano dall'acidificazione sono molteplici e rilevanti. Quando le piogge si depositano sulla superficie terrestre, gli acidi modificano la composizione delle acque di superficie, dei suoli e danneggiano la vegetazione.

(Nell'Europa centrale e settentrionale si sono già registrati gravi danni per migliaia di ettari di foreste).

L'acidità, inoltre, favorisce lo scioglimento dei metalli pesanti presenti nel terreno. La conseguente contaminazione degli ecosistemi d'acqua dolce provoca l'avvelenamento di grandi quantità di pesci.

Noti, ormai, sono anche i danni che le deposizioni acide provocano sui monumenti, minacciando il patrimonio artistico e architettonico di molti paesi.

OZONO

Uno dei problemi ambientali più discussi negli ultimi decenni è quello conosciuto come "**buco dell'ozono**", ossia un assottigliamento dello strato di ozono che circonda il globo terrestre.

Questo gas si estende ad una distanza di 25-30 km dal suolo con uno spessore di circa 5 km nella zona denominata **stratosfera** e protegge il nostro pianeta dagli effetti tossici dei raggi ultravioletti.

Infatti senza lo strato di ozono la quantità di radiazioni U.V. provenienti dal Sole sarebbe troppo elevata per permettere la sopravvivenza di molte specie.

Queste radiazioni, infatti, caratterizzate da energia e frequenza elevate, possono provocare cambiamenti nella struttura delle molecole che costituiscono il codice genetico delle cellule (DNA e RNA), provocando mutazioni o sviluppo di tumori (soprattutto della pelle per quanto riguarda l'uomo).

ozonosfera

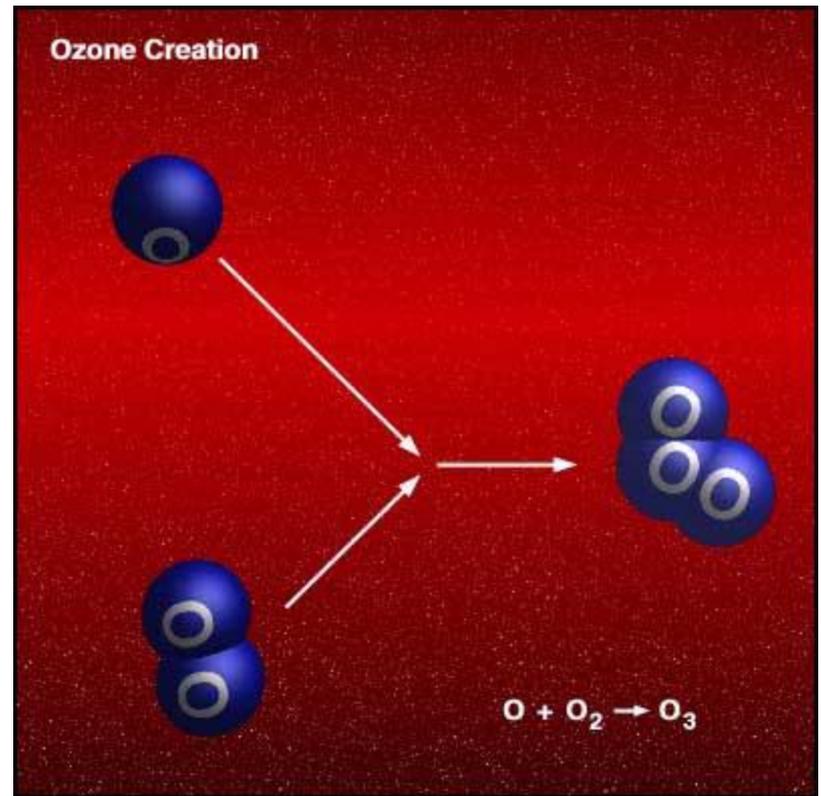
L'ozonosfera è lo strato dell'atmosfera terrestre compreso tra i 20 e i 50 km di quota, caratterizzato da una concentrazione di ozono relativamente alta, che può raggiungere le 10 ppm (parti per milione).

A queste quote, l'ozono si forma naturalmente per effetto dell'interazione delle molecole di ossigeno presenti nell'atmosfera con le radiazioni ultraviolette provenienti dal Sole.

La concentrazione naturale di ozono rimane pressoché costante grazie all'equilibrio tra il processo di produzione e quello di distruzione operato da alcuni composti dell'azoto, anch'essi presenti in atmosfera.

Che cos'è l'ozono?

L'ozono, la cui molecola è costituita da tre atomi di ossigeno, è un gas bluastro, molto reattivo.



OZONO

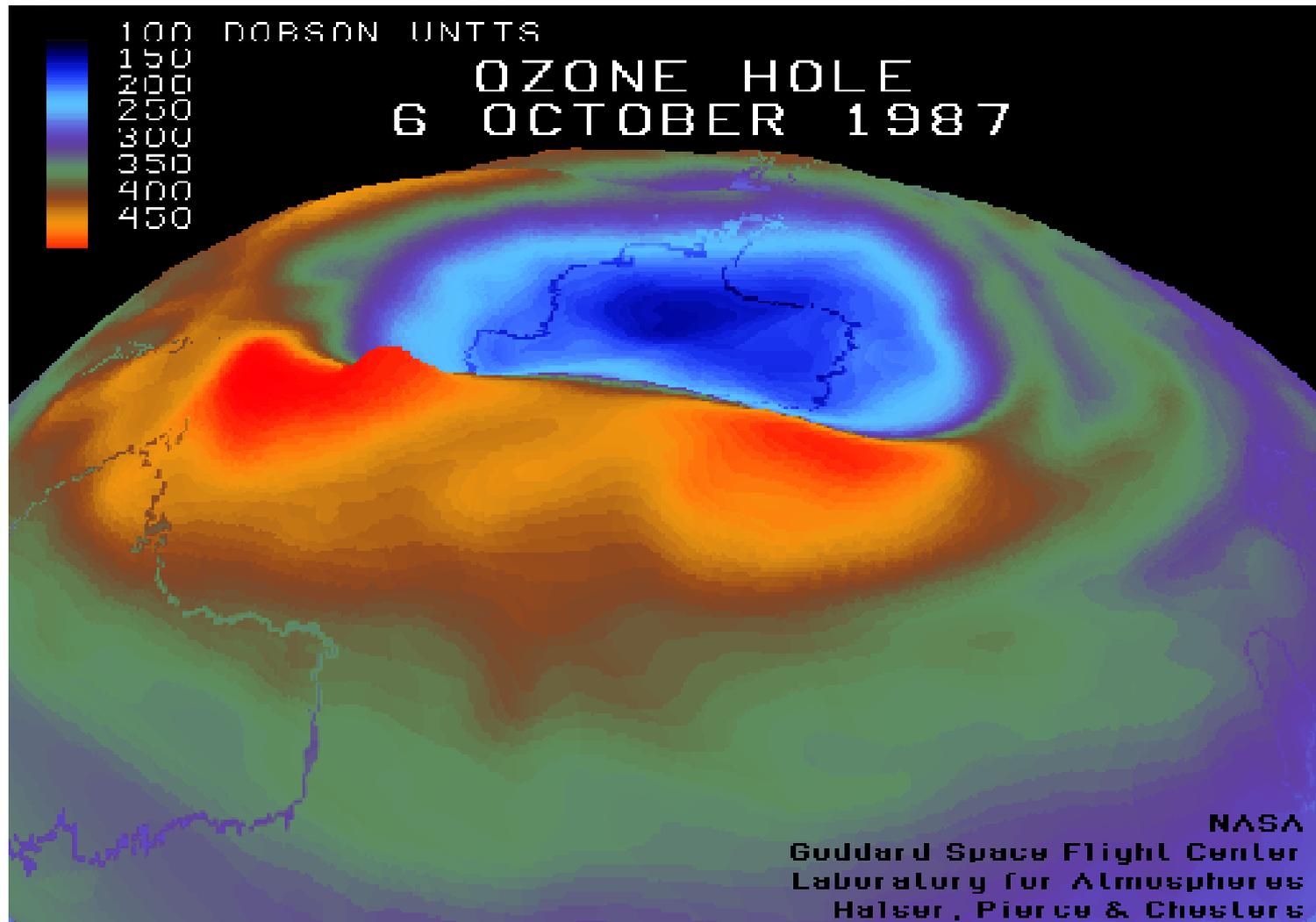
Circa il 90% dell' ozono terrestre è situato nell'ozonosfera. Solo una piccola parte dell' ozono è nella troposfera.

Mentre l'ozono stratosferico ci protegge dalle radiazioni UV, a bassa quota l'ozono è dannoso per la salute e per gli ecosistemi.

Fascia	Da Km	A Km
Troposfera	0	11
Stratosfera	11	50
Mesosfera	50	80
Termosfera	Oltre 80	

Ozonosfera : fascia con alte concentrazioni di ozono

Il “ buco dell’ozono”



Le sostanze chimiche sono le principali responsabili del problema. Comprendono molti gas contenenti cloro o bromo, come: i clorofluorocarburi (**CFC**), che contengono cloro, fluoro e carbonio, usati nei frigoriferi e come agenti espandenti nelle schiume; gli "Halons", usati come antifiamma; il bromuro di metile, usato in agricoltura.

Dopo la seconda guerra mondiale, i CFC sono stati ampiamente utilizzati, soprattutto perché chimicamente inerti e, di conseguenza, non tossici ed estremamente stabili.

I CFC non vengono sciolti dalla pioggia: dopo diversi anni, trasportati dai venti, raggiungono inalterati la stratosfera. Qui vengono degradati dalla intensa radiazione UV, e mediante queste reazioni vengono creati liberi atomi di cloro.

Ognuno di questi può distruggere molte migliaia di molecole di ozono prima di essere allontanato dall'atmosfera; il cloro è un catalizzatore per la distruzione dell'ozono.

Il bromo (proveniente per esempio dal bromuro di metile) è un catalizzatore anche più efficace del cloro.

LA RISORSA ACQUA

L'acqua costituisce un elemento essenziale per la vita e rappresenta una delle risorse limitate più condizionanti lo sviluppo.

L'acqua ricopre la maggior parte del globo terrestre e il suo ciclo condiziona tutti i processi di trasformazione, vitali e non vitali, che vi si sviluppano.

Ogni attività vitale per l'uomo necessita di acqua che abbia una composizione tale da soddisfare alcuni requisiti chimico-fisici e microbiologici; analogamente ogni ecosistema si sviluppa e vive armoniosamente se l'acqua che contribuisce al suo ciclo vitale mantiene le caratteristiche necessarie a questo scopo.

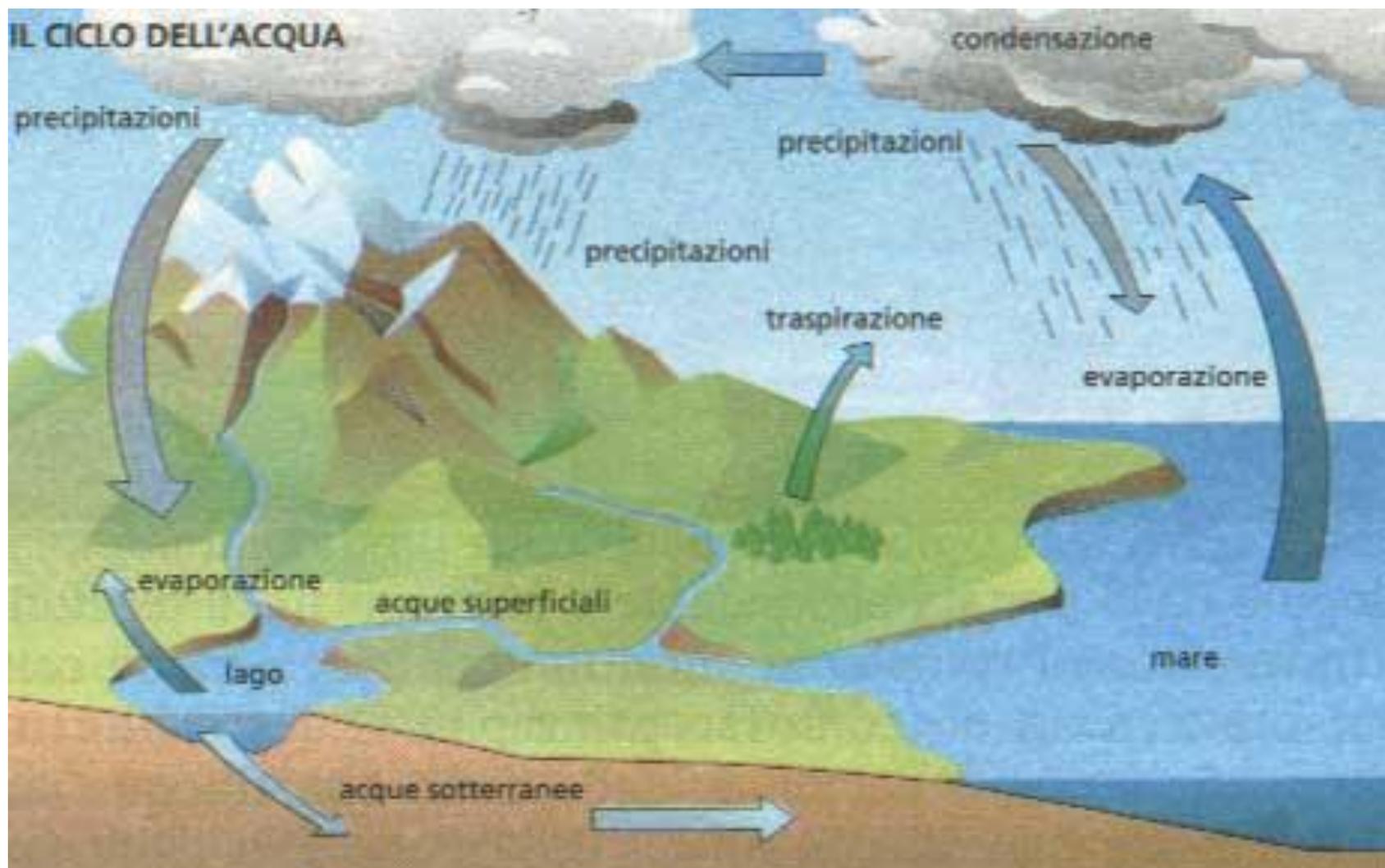
LA RISORSA ACQUA

L'acqua presente in natura circola e si trasforma nell'idrosfera seguendo dei percorsi che costituiscono il cosiddetto ciclo idrogeologico.

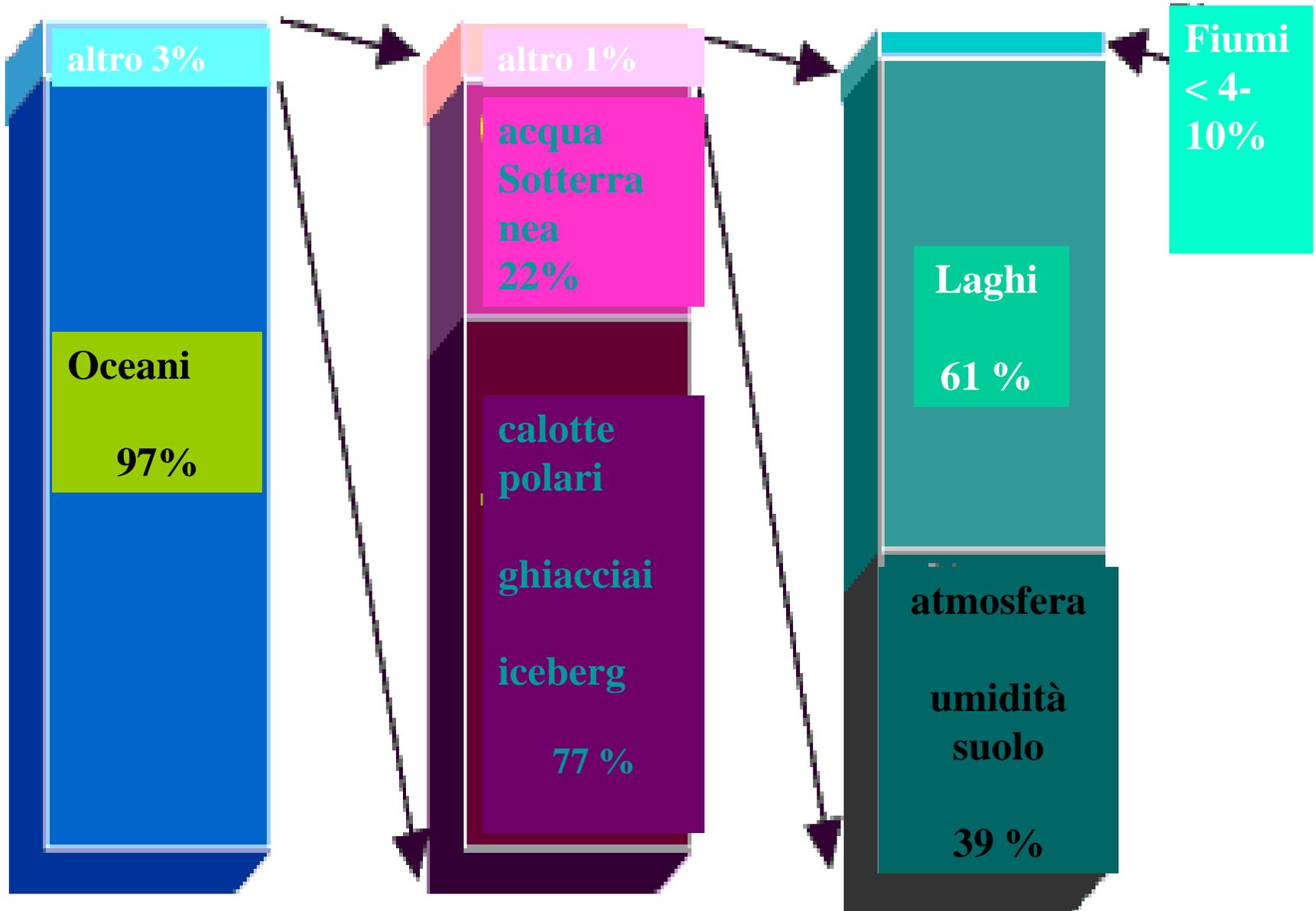
Esso non ha né principio né termine ed è attivato da due motori: l'azione dell'energia solare e la forza di gravità.

L'attività industriale ha influito molto negativamente sulle condizioni generali di mari, laghi e corsi d'acqua che, essendo la sede preferita degli scarichi provenienti da tali attività, hanno subito fenomeni estranei al normale equilibrio ambientale naturale.

IL CICLO DELL'ACQUA



Distribuzione dell'acqua sulla Terra



- Il volume delle risorse **d'acqua dolce** è circa il 3% del totale;
- Di queste risorse d'acqua dolce circa il 70% è sotto forma di ghiaccio e di neve permanente in regioni di montagna, nelle regioni dell'Antartico e dell'Artico;
- Circa il 25% è situato sottoterra. Questo costituisce circa il 97% di tutta l'acqua dolce che potenzialmente può essere utilizzata dagli uomini;
- L'acqua dolce contenuta nei fiumi e nei laghi è meno del 1% del totale dell'acqua dolce mondiale;
- Il totale dell'acqua dolce disponibile per gli ecosistemi e per gli uomini è l'1% di tutte le risorse d'acqua dolce e solo lo 0,01% di tutta l'acqua della Terra.

Alcuni dati importanti sull'acqua

- 1,5 miliardi di persone al mondo vivono senza accesso all'acqua potabile sana
- E' stato calcolato dalle UN che la quantità minima necessaria per lo svolgimento delle varie attività quotidiane è di circa 50 litri al giorno pro-capite; per la mera sopravvivenza in un clima temperato sono necessari almeno 5 litri al giorno.
- Il consumo giornaliero medio di un abitante dei PVS si aggira sui 20 litri al giorno, mentre in Italia è di 213 litri e negli USA è di 600 litri.
- Le perdite di acqua negli acquedotti vanno dal 30 al 50%
- Una lavatrice standard consuma in media 140 litri a ciclo
- Lo sciacquone del wc consuma 10-20 litri alla volta
- Una lavastoviglie consuma in media 60 litri

Sprechi

- I Paesi in via di sviluppo, pur utilizzando circa il doppio d'acqua per ettaro rispetto ai paesi industrializzati, hanno una produzione agricola pari ad un terzo, poiché metà dell'acqua destinata all'irrigazione evapora durante la fase di stoccaggio o di derivazione a causa delle elevate temperature, o si perde per strada per via di reti d'adduzione vetuste o irregolari.
- Per risolvere il problema degli sprechi sarebbe sufficiente introdurre tecnologie più moderne come l'irrigazione a goccia e rinnovare le reti, ma spesso gravi problemi finanziari bloccano queste scelte.

INQUINAMENTO DELL'ACQUA

- **Scarichi civili** che versano nei fiumi materia organica in quantità tali da superare le potenzialità autodepurative dei corsi d'acqua.
- **Scarichi industriali** che immettono nell'ambiente acquatico metalli pesanti e altre innumerevoli sostanze tossiche per gli organismi vegetali e animali, uomo compreso.
- **Fertilizzanti e pesticidi** veicolati dalle acque di scolo provenienti dai campi coltivati, che provocano fenomeni di eutrofizzazione.
- **Piogge acide**, ricaduta tramite pioggia di sostanze emesse da industrie e veicoli a motore e trasportate attraverso l'atmosfera.

La salinizzazione delle falde

- La salinizzazione è legata soprattutto all'intenso uso delle risorse idriche, in particolar modo nelle aree costiere.
- L'eccessivo sfruttamento delle falde acquifere per usi diversi - che non sono solo quelli agricoli, ma anche, per esempio, industriali e domestici - modifica nelle aree costiere gli equilibri fra le acque dolci e quelle salate.
- Sono soprattutto le attività dell'uomo che, sfruttando intensamente le falde, provocano una sorta di richiamo dell'acqua di mare, la cosiddetta intrusione marina: l'acqua salmastra, o comunque ad elevato livello di salinità, che gli agricoltori utilizzano può provocare nei suoli i processi di accumulo di sali o, nel momento in cui l'acqua viene fornita alle piante per irrigazione, danni diretti alle piante.

Inquinamento industriale

Le industrie si liberano dei rifiuti tossici derivanti dalle diverse lavorazioni attraverso discariche speciali. Tuttavia alcuni tipi di rifiuti tossici finiscono nei corsi d'acqua.

Tra i rifiuti tossici dell'industria troviamo:

I metalli pesanti (mercurio, usato spesso come fungicida; piombo, usato nelle batterie, nei proiettili, nelle vernici e nelle benzine; cadmio, usato nei rivestimenti di metallo, a volte come colorante e in alcuni tipi di batterie).

Gli **ossidi metallici** e i sottoprodotti dell'industria farmaceutica. Gli **Idrocarburi** tossici (usati per produrre insetticidi tipo il DDT o nelle lavorazioni di plastiche e vernici) Il **cromo** (usato per la "cromatura" dei metalli, nella lavorazione di pelli e nelle acque di raffreddamento delle industrie).

Gli scarichi industriali contengono una grande quantità di inquinanti e la loro composizione varia a secondo del tipo di processo produttivo. Il loro impatto sull'ambiente è complesso: spesso le sostanze tossiche contenute in questi scarichi **rinforzano reciprocamente i propri effetti dannosi** e quindi il danno complessivo risulta maggiore della somma dei singoli effetti.



Eutrofizzazione

La causa è la **crescita smisurata** delle popolazioni di organismi viventi **vegetali** negli strati più superficiali dei mari o dei laghi per un apporto in forte eccesso di nutrienti organici ed inorganici. Questi possono essere immessi direttamente nel bacino a causa di scarichi civili o industriali di zone circostanti, o indirettamente per l'afflusso di corsi d'acqua che portano così un inquinamento avvenuto anche molto lontano.

La presenza eccessiva di questi organismi condiziona notevolmente l'equilibrio degli ecosistemi acquatici presenti: infatti aumenta il consumo di ossigeno disciolto nell'acqua, diminuendone la disponibilità per altre forme viventi come i pesci. Questi ultimi di conseguenza muoiono, andando ad incrementare ancor di più il materiale organico che altri organismi possono metabolizzare.

L'eutrofizzazione per inquinamento da **fosforo** è in genere causata da:

- ❖ Detersivi
- ❖ Deiezioni
- ❖ Prodotti agricoli
- ❖ Zootecnia
- ❖ Industria
- ❖ Origine naturale

Eutrofizzazione

Le stesse fonti contengono inoltre azoto (soprattutto sotto forma di nitrati) responsabile anch'esso del fenomeno perché elemento importante del metabolismo delle specie viventi.

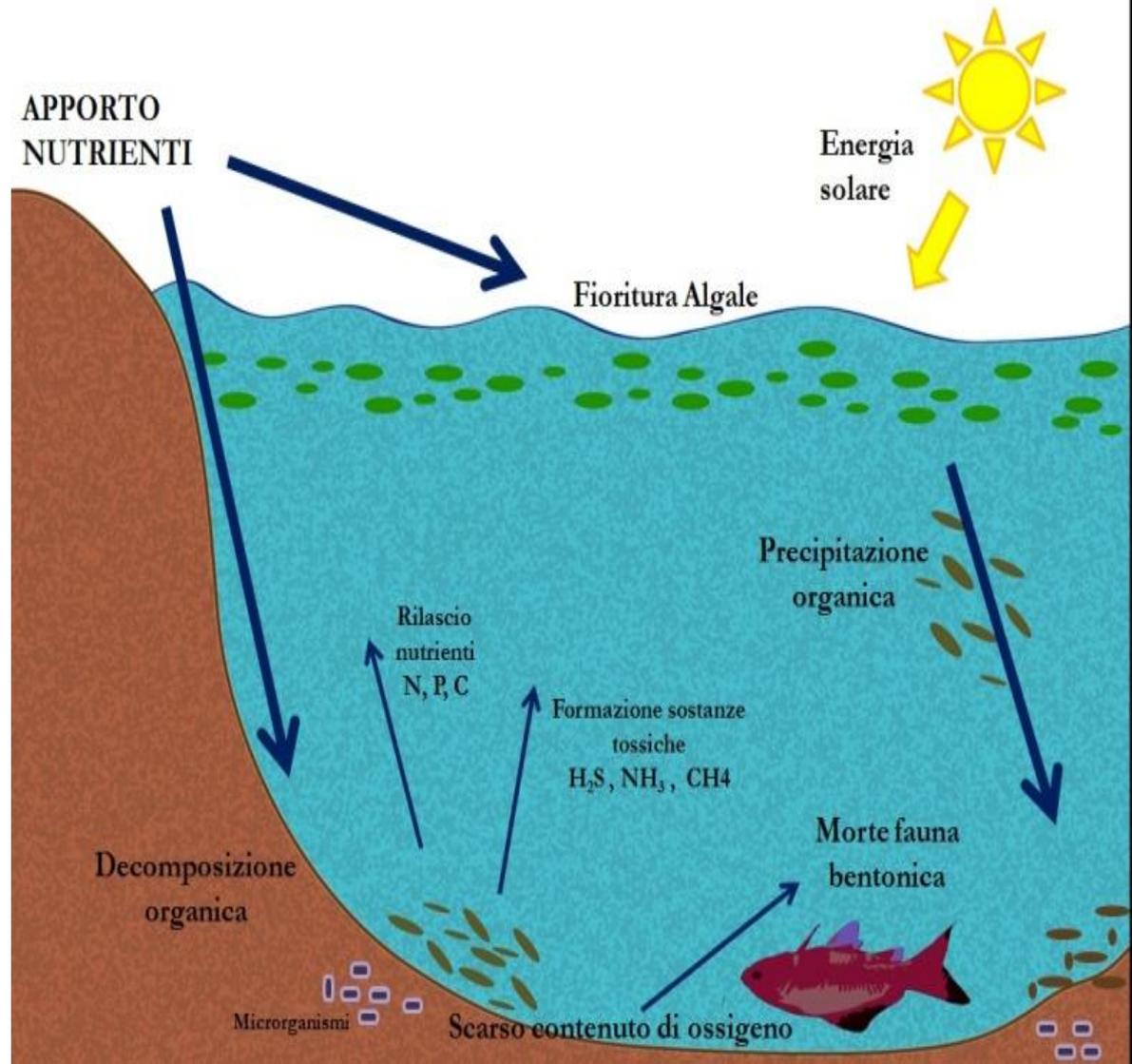
In funzione della concentrazione di fosforo presente nelle acque (principale causa dell'eutrofizzazione) i bacini possono essere distinti in:

- ❖ Oligotrofici (in buone condizioni)
- ❖ Mesotrofici (in condizioni di attenzione)
- ❖ Eutrofici (in condizioni alterate)

Analisi effettuate alla fine degli anni Ottanta su laghi italiani avevano rilevato che il 35% era oligotrofico, il 34% mesotrofico ed il 31% eutrofico.

La situazione è migliorata complessivamente per l'uso più diffuso di impianti di depurazione di acque civili ed industriali, per l'uso di **detersivi biodegradabili** al 90% e con il controllo dei rifiuti provenienti dalle attività agro-zootecniche.

Eutrofizzazione delle acque



Inquinamento da metalli pesanti

L'inquinamento da metalli pesanti è causato soprattutto dalla presenza di specie chimiche quali **piombo (Pb), cromo (Cr), mercurio (Hg) e cadmio (Cd)**.

La loro tossicità è elevata sia per l'uomo che per tutte le specie viventi perché **si legano con le strutture cellulari** in cui si depositano e dalle quali quindi non vengono eliminati facilmente.

Il mercurio scaricato nei bacini d'acqua, ad esempio, può essere trasformato da batteri marini in ione **CH₃-Hg⁺**, particolarmente pericoloso in questa forma perché solubile nei grassi; così, assimilato da vegetali e plancton, primi anelli della **catena alimentare acquatica**, da questi via via è assunto dai pesci più piccoli che alimentano poi i pesci più grandi, fino ad arrivare all'uomo. In questa catena il metallo si concentra sempre più, proprio a causa delle difficoltà di eliminazione.

Inquinamento da metalli pesanti

Per gli altri metalli i meccanismi sono analoghi. I metalli pesanti inquinano acqua e suolo.

Le fonti di inquinamento sono le industrie che fabbricano prodotti chimici che li contengono o quelle che li usano (come quelle che producono coloranti o l'industria conciaria).

Inoltre una grossa quantità è presente nei rifiuti urbani, derivante da miriadi di attività tecnico-commerciali. Per esempio le batterie per auto contengono piombo, le batterie per apparecchiature elettriche contengono mercurio e cadmio, le vernici il cromo.

Il piombo, inoltre, proviene dalla deposizione di polveri provenienti dalla combustione di benzine di vecchia generazione che contengono piombo tetraetile.

metalli pesanti

Per alcune sostanze non si può far riferimento alla capacità di carico in quanto **non esistono processi naturali** in grado di degradarle o di inattivarle.

Tra queste sostanze vi sono i metalli pesanti e alcuni composti organici (tossici in piccole quantità e destinati ad accumularsi nell'aria, nell'acqua, nel suolo, nelle biomasse o negli organismi animali).

Talora queste sostanze transitano da un *medium* a un altro: per esempio, gli alberi che crescono in aree molto inquinate assorbono metalli pesanti dall'aria e dal suolo ed eliminano parte di questi inquinanti in autunno, con la caduta delle foglie. I metalli pesanti tornano così al suolo da cui verranno riassorbiti con l'avvento della nuova stagione.

IL SUOLO

Il suolo è quello strato superficiale della Terra che deriva dall'alterazione o dalla trasformazione di materiali inorganici della litosfera e di miscele di sostanze organiche derivanti dagli organismi viventi.

In questa complessa struttura avvengono importanti processi chimici quali l'ammonificazione (produzione di ammoniaca e sali d'ammonio) e la nitrificazione (produzione di nitrati) per opera di microrganismi che così convertono l'azoto inorganico in azoto utilizzabile da organismi viventi.

Il suolo perciò è sottoposto ad un continuo cambiamento attraverso processi microscopici

Ciclo dell'azoto

- Anche se **N** è base della **vita**, **tuttavia** è presente sulla Terra, principalmente ($3,9 \cdot 10^{21}$ g), come azoto molecolare (**N₂**). nell'atmosfera: una **molecola inerte** e **non** direttamente **utilizzabile** dalla maggior parte degli organismi viventi.
- Solo poche specie di **procarioti** (batteri e **cianobatteri**) sono in grado di effettuare la **fissazione biologica** di N₂ atmosferico, rendendolo disponibile per le piante ed i microrganismi (**batteri simbiotici**).
- Anche l'energia liberata dai **fulmini** in atmosfera trasforma l'azoto biatomico in **ione nitrato** (**-NO₃⁻**) che si deposita sulle superfici di terre e oceani.

Ciclo dell'azoto

- Le **piante**, attraverso le radici, assorbono l'azoto dal suolo, principalmente nelle sue forme minerali di ione **nitrato** ($-\text{NO}_3^-$) e **ammonio** ($-\text{NH}_4^+$), e lo utilizzano per formare i loro costituenti organici.
- Gli **animali** fra cui l'uomo, assumono l'azoto ad essi indispensabile direttamente con la dieta (nelle **proteine** vegetali e animali).
- In seguito alla morte, i tessuti vegetali e animali si decompongono, ad opera di funghi e batteri, e l'**azoto organico** viene trasformato in **ammoniaca** (NH_3) e, per opera dei batteri denitrificanti, in N_2 (processo di **denitrificazione**), che ritorna in atmosfera (→ il **ciclo si chiude**).

L'inquinamento del suolo

L'inquinamento del suolo è un fenomeno meno conosciuto, meno evidente ed anche meno studiato rispetto all'inquinamento delle acque e dell'aria.

La sua minore notorietà è imputabile a diverse ragioni:

- ❖ L'inquinamento del suolo ha effetti meno immediati sull'uomo rispetto, ad esempio, all'inquinamento atmosferico;
- ❖ L'inquinamento del suolo è meno appariscente rispetto all'inquinamento di un corso d'acqua dovuto a scarichi fognari industriali;
- ❖ Il suolo è un ecosistema meno conosciuto e studiato rispetto agli ecosistemi acquatici

L'inquinamento del suolo

Le cause più frequenti d'inquinamento sono l'utilizzo di **diserbanti e pesticidi** in agricoltura, **la produzione di rifiuti** (non avviati a processi regolamentati di smaltimento) e **l'accumulo di agenti inquinanti** che derivano dall'inquinamento dell'aria (acidità delle piogge e materiale particolato) e dell'acqua (composti azotati, fosforo, metalli pesanti).

Il lento ed inesorabile percolamento, favorito dalle acque piovane, degli agenti inquinanti attraverso lo strato permeabile del terreno potrà arrivare ad inquinare persino le falde acquifere sotterranee.

Questo inquinamento è il più pericoloso:

- ❖ si rivelerà dopo tempi piuttosto lunghi (mesi o anni)
- ❖ è persistente perché gli strati sottostanti le falde sono impermeabili
- ❖ interferirà con tutte le attività umane, soprattutto quelle vitali che necessitano di acque potabili

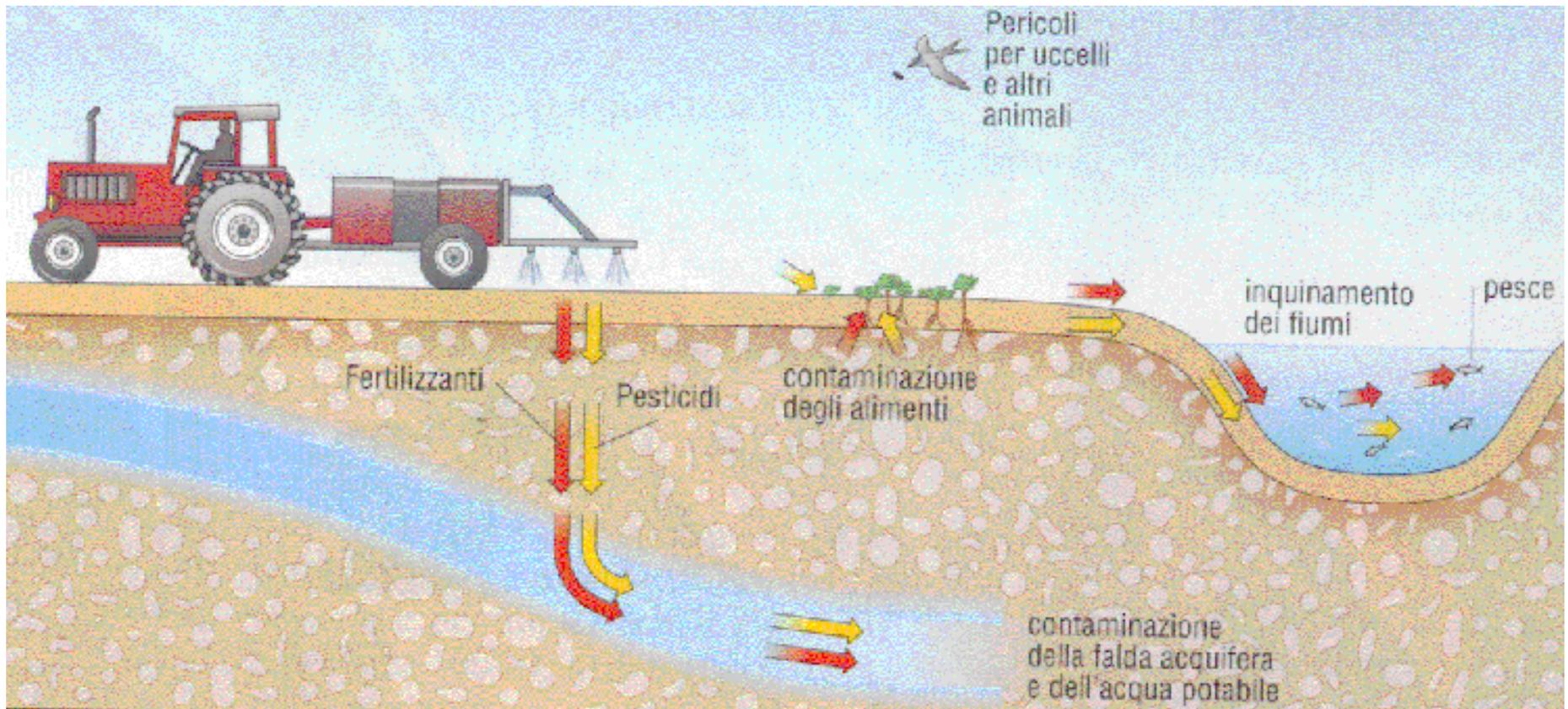
Effetti dell'inquinamento del suolo

Contaminazione globale: dovuta all'immissione nel suolo di sostanze tossiche e persistenti, che possono entrare nelle catene alimentari e dare origine a fenomeni di bioaccumulo.

Alterazioni dell'ecosistema suolo sono
fondamentalmente di tre tipi:

- ❖ Perdita di biodiversità;
- ❖ Riduzione della fertilità;
- ❖ Riduzione del potere autodepurante

Inquinamento del suolo



La Biodiversità

- Biodiversità è **la varietà di organismi viventi** presenti in un determinato ambiente.
- Una **definizione** largamente condivisa è: una misura della diversità relativa fra organismi presenti in ecosistemi diversi, la ricchezza in specie animali e vegetali che vivono in un determinato ambiente. Più è alto il numero di specie e minore è il numero degli individui di ciascuna specie, più elevato è l'indice di biodiversità.
- La diversità biologica è un requisito essenziale per mantenere la vita sulla Terra. Non sappiamo quale sia il livello minimo sopportabile di riduzione della biodiversità e la comunità scientifica non ha ancora identificato numerosi processi naturali di base.

Perdita di biodiversità

La riduzione progressiva della biodiversità in agricoltura rappresenta un pericolo per la sicurezza alimentare in tutto il mondo.

Le colture geneticamente uniformi sono intrinsecamente deboli e mostrano le stesse reazioni di fronte alle avversità climatiche, ambientali e alle malattie.

La diversità genetica è una risorsa insostituibile

L'agricoltura mondiale non può fare a meno della diversità genetica delle specie "selvatiche". Senza un costante apporto di geni "selvatici", le specie coltivate sarebbero rapidamente distrutte da parassiti e malattie

Parassiti e patogeni sviluppano infatti molto rapidamente un **adattamento** (ossia una **resistenza**) ai pesticidi ed agli antiparassitari.

Più genericamente, si può dire che la presenza di una ricca varietà di specie in un ambiente ne **aumenta la sua resilienza**, ossia la sua capacità di tornare "a posto" dopo avere subito uno stress

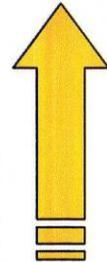
L'attuale modello di sviluppo



Attività antropiche



**Consumo di
Risorse naturali**



**Impatto
ambientale**



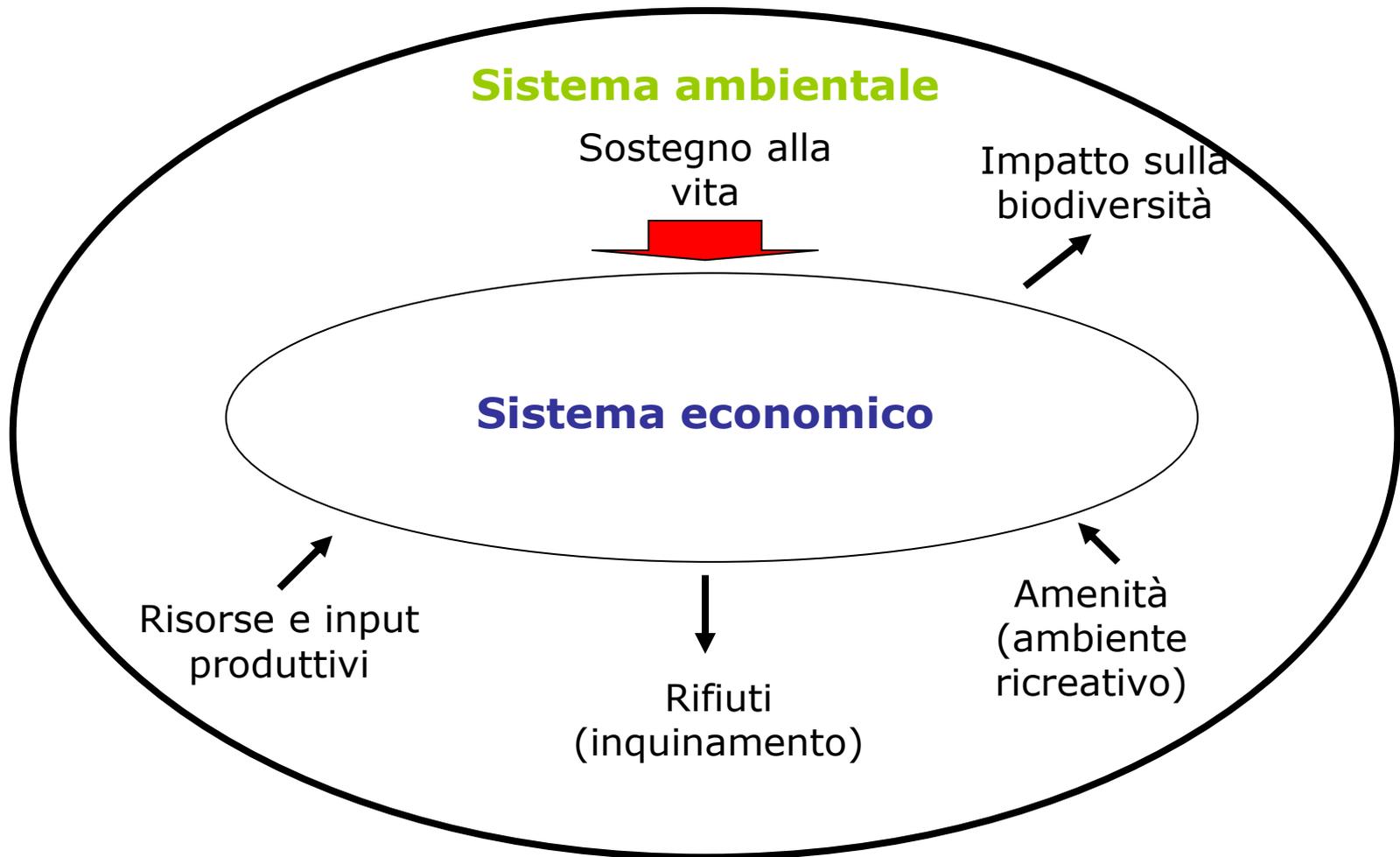
Ambiente naturale



Imprese e Ambiente

L'emergenza dei problemi ambientali ha molto condizionato lo sviluppo delle imprese, soprattutto per la necessità di adeguare alle norme di tutela ambientale le modalità di realizzazione dei propri processi e tale esigenza ha modificato radicalmente l'assetto produttivo in tutti i suoi aspetti.

L'economia può funzionare solo con il sostegno del proprio fondamento ecologico.



Evoluzione storica

- **Fino agli anni '70** – fase della **non significatività:**
le risorse sono considerate illimitate
- **Anni '80** – fase della **regolamentazione:**
la tutela è affidata al legislatore che reprime gli abusi (command & control)
- **Anni '90** – fase del **miglioramento continuo:**
V Programma d'azione per l'ambiente

Strategie aziendali

- **Passività:**
L'importante è non subire sanzioni penali
- **Strategia adattiva:**
Si faccia il minimo indispensabile per evitare problemi
- **Strategia proattiva:**
Miglioriamo assieme le nostre prestazioni

Sviluppo sostenibile

Lo sviluppo sostenibile indica **un processo di cambiamento** per cui lo sfruttamento delle risorse naturali, la direzione degli investimenti, l'orientamento dello sviluppo tecnico e i mutamenti istituzionali sono armonizzati, in modo da tenere conto sia delle necessità presenti che di quelle future.

Lo sviluppo deve essere concepito nel rispetto della vocazione intrinseca del territorio (ecosviluppo).