

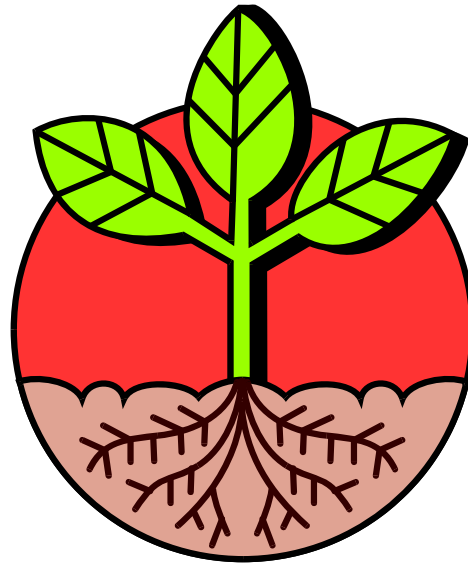
ECOLOGIA APPLICATA



Concetto di ECOSISTEMA

ECOLOGIA

Conciliazione fra
esigenze ecologiche
e bisogni economici



Impatto ambientale
della produzione
di energia

ECONOMIA



Costo dell'energia
e contributo allo sviluppo

ENERGIA



Ecologia e Ecosistemi

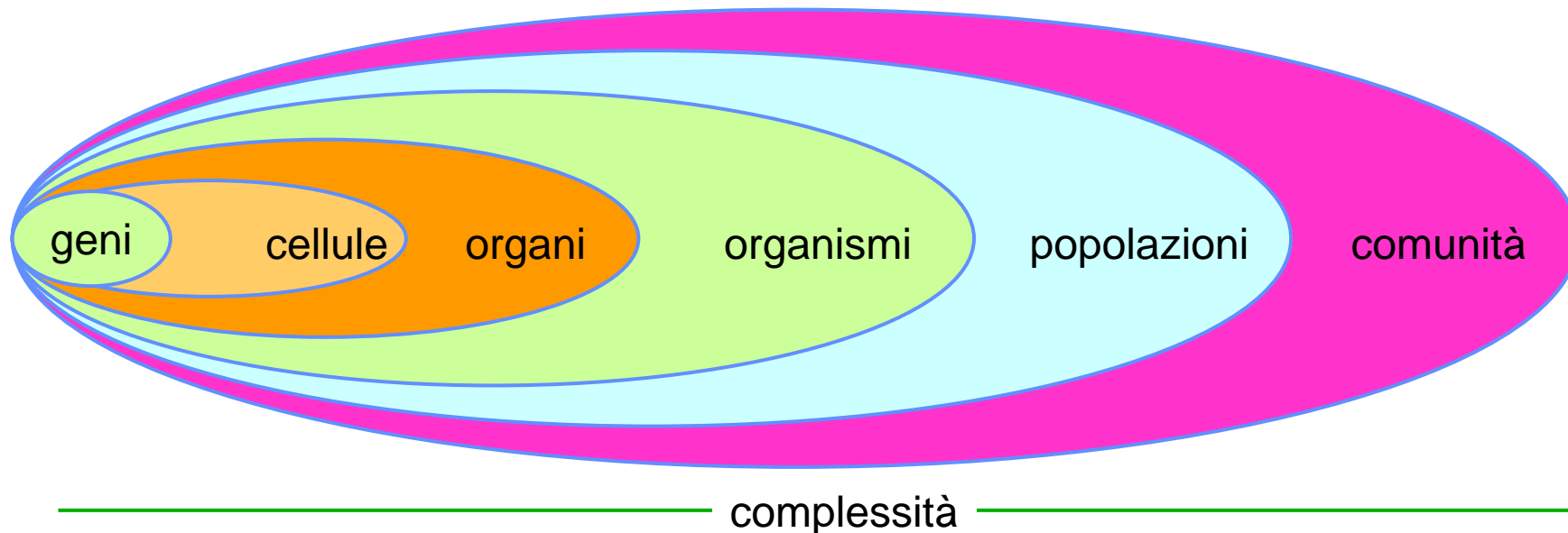
👉 **Ecologia** è l'unione di due parole: *oikos* = “casa” e *logos* = “conoscenza”

⇒ Letteralmente *conoscenza dell'abitazione (di una comunità)*

👉 **Ecosistema** è l'insieme di *organismi* e *materiali* che danno vita ad una comunità stabile ma in continua evoluzione dinamica

⇒ Si tratta di un *sistema*, nel senso che le parti sono interconnesse e concorrono ad un fine comune (la continuazione stabile di sé stesso)

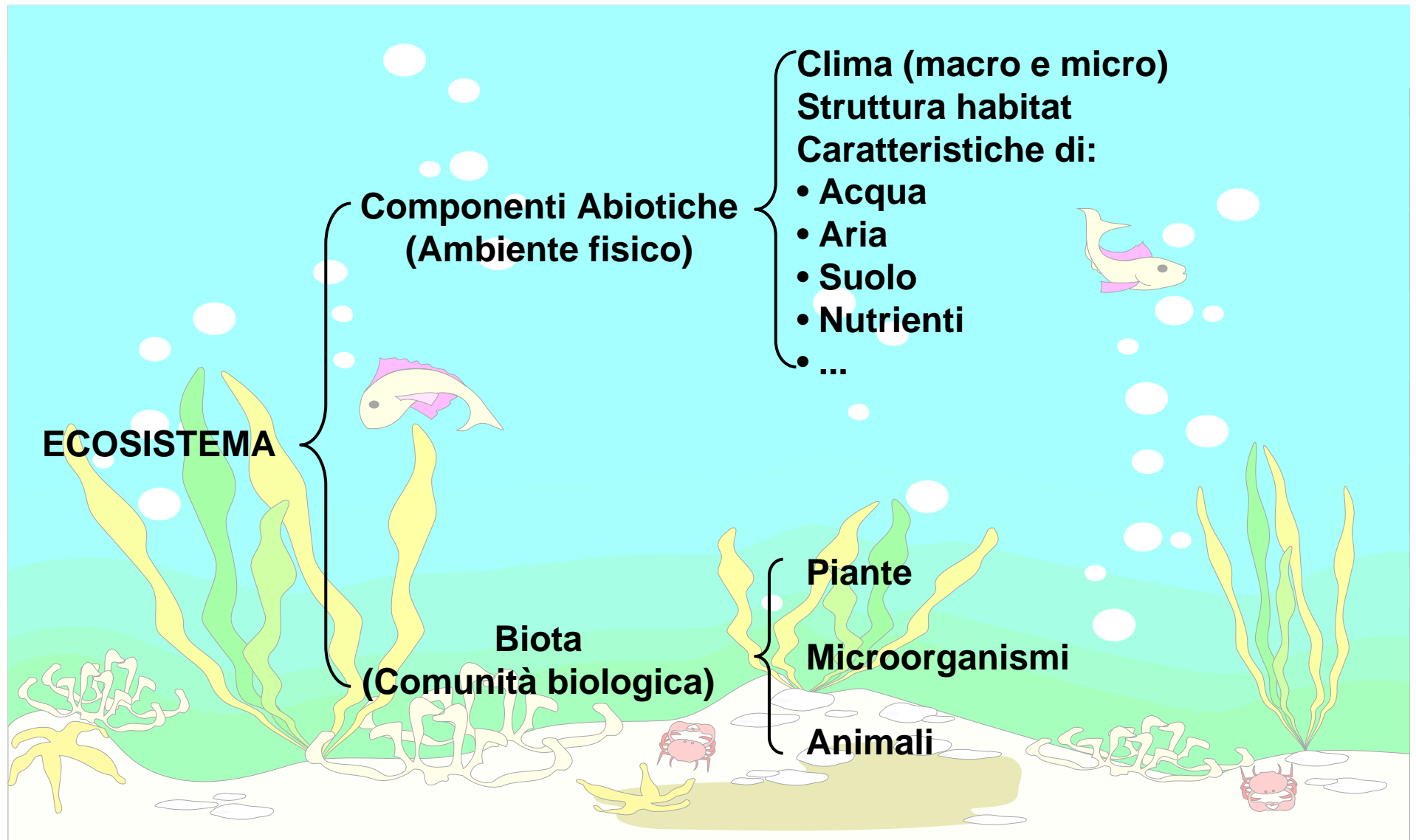
⇒ All'aumentare del livello di organizzazione dello spettro biologico, cresce la complessità dell'organizzazione gerarchica



Componenti di un Ecosistema

- ☞ **Fonte di energia:** (Solare o Chimica)
- ☞ **Componenti Abiotici:** Composti chimici organici ed inorganici
- ☞ **Componenti Biotici:** Piante, Microorganismi, Animali
- ☞ **Meccanismo di trasferimento dell'energia:** (Organismi Consumatori)
- ☞ **Meccanismo di riciclaggio dei nutrienti:** (Organismi Decompositori)

Componenti di un Ecosistema



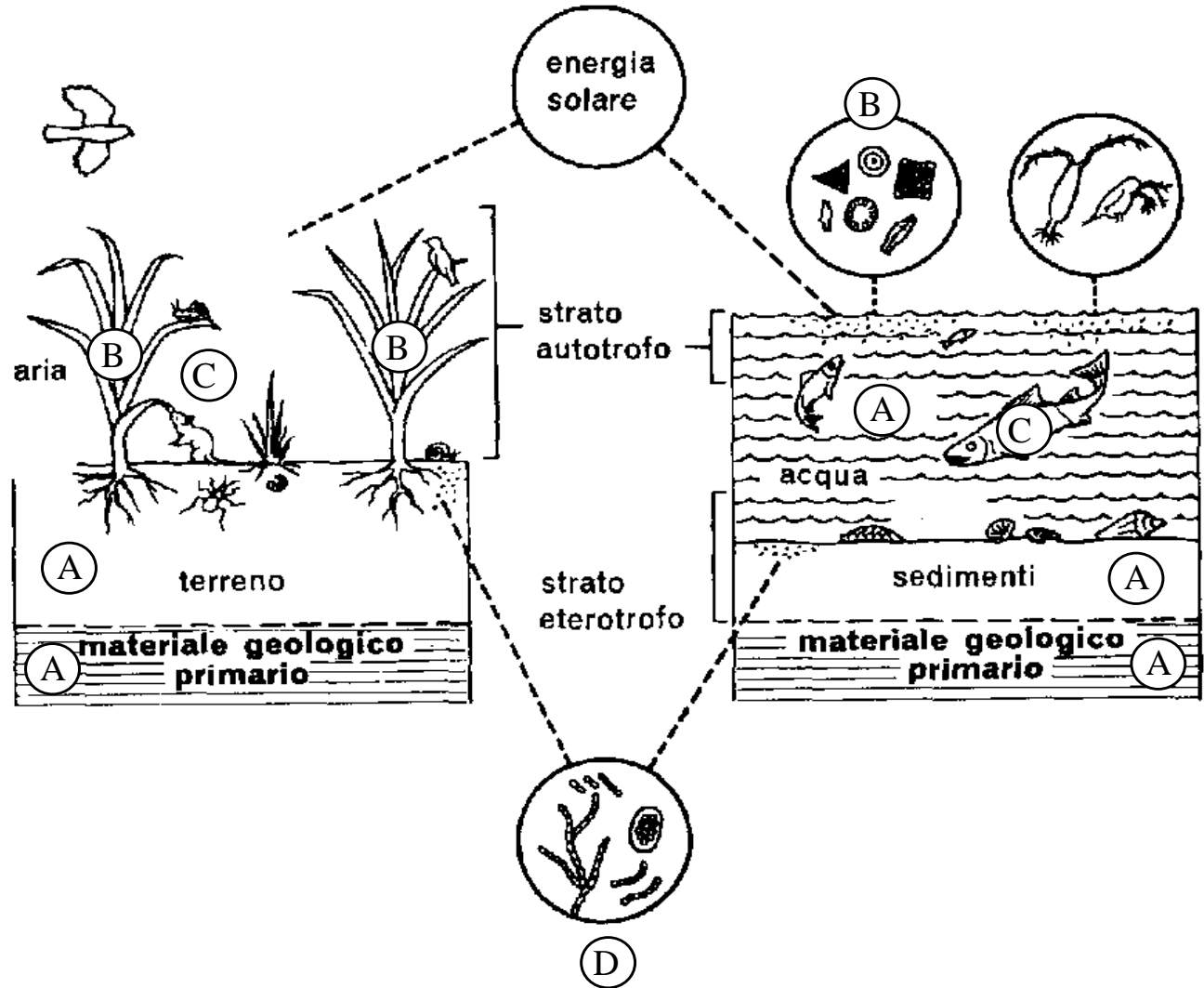
Esempi di Ecosistemi

COMPONENTI DI UN ECOSISTEMA

- A = Componente Abiotica
- B = Produzione Primaria
- C = Consumatori
- D = Decompositori

ECOSISTEMA TERRESTRE

ECOSISTEMA ACQUATICO

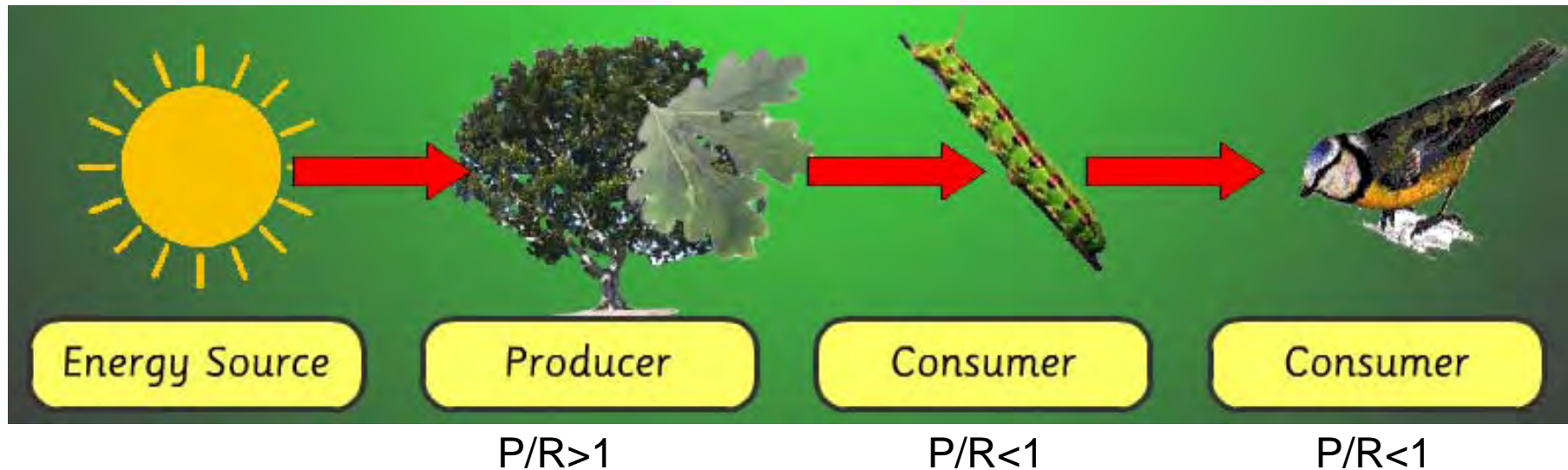


Elementi e Composti nella Biosfera

Elementi		Composti	
Nome	Simbolo	Nome	Composizione
Carbonio	C	Carboidrati	$(\text{CH}_2\text{O})_n$
Idrogeno	H	Anidride Carbonica	CO_2
Ossigeno	O	Grassi	$\text{C}_{57} \text{H}_{110} \text{O}_6$
Fosforo	P	Azoto Inorganico	NH_4 , NO_2 , NO_3
		Azoto molecolare	N_2
		Ossigeno molecolare	O_2
		Proteine	$\text{C}_4 \text{H}_{12} \text{O}_4 \text{N}_2$
		Acqua	$\text{H}_2 \text{O}$
		Fosforo organico, Ortofosfato, Polifosfati	

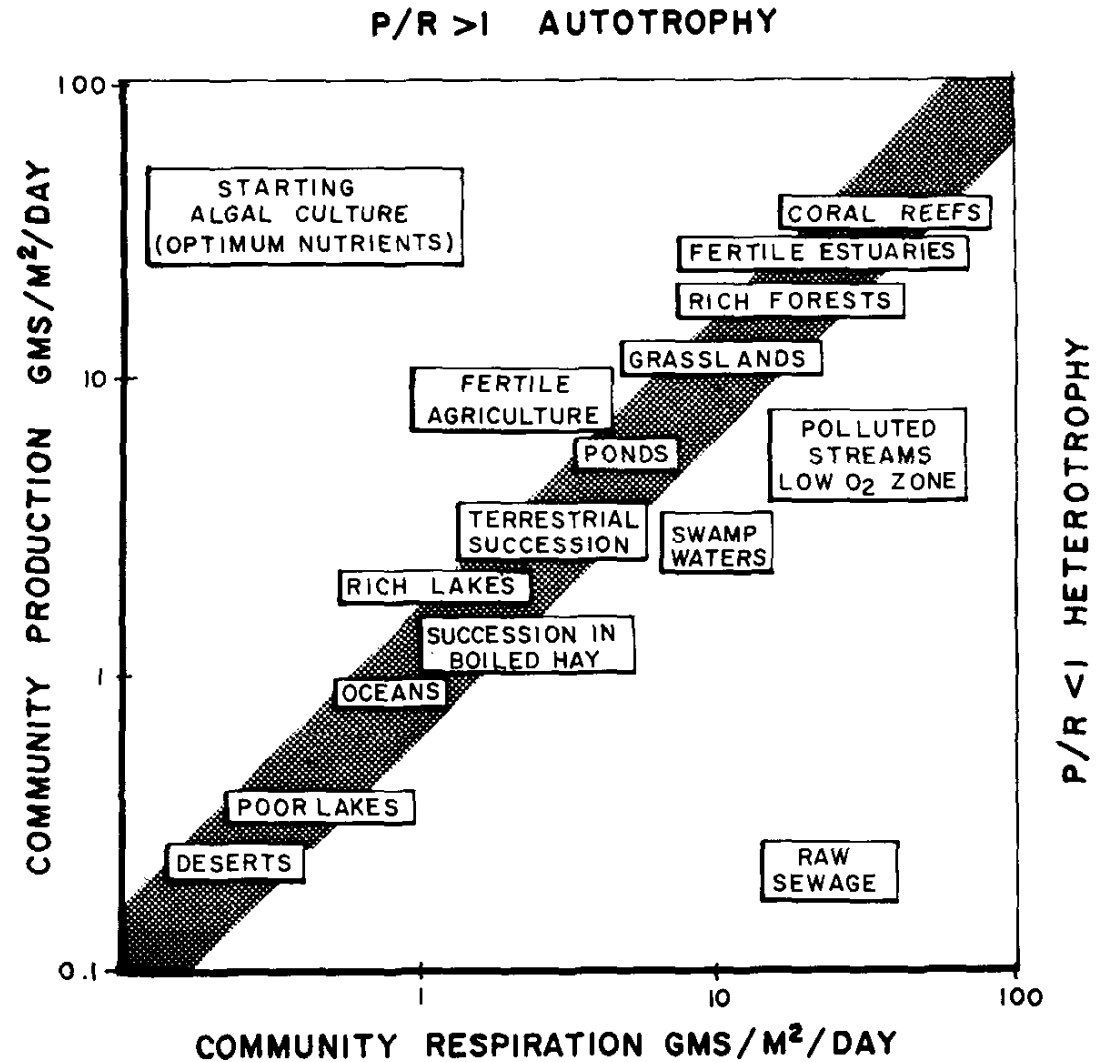
Struttura di una catena alimentare

- ☞ Ogni ecosistema è basato su una catena alimentare, attraverso cui l'energia del sole passa da un componente all'altro
- ☞ I **Produttori Primari** sono gli organismi autotrofi, che producono la sostanza organica da elementi inorganici minerali, detti *nutrienti*
 - ⇒ *La Produzione è maggiore della Respirazione ($P/R > 1$)*
- ☞ I **Consumatori** utilizzano la sostanza organica così prodotta per la propria crescita
 - ⇒ *La Respirazione è maggiore della Produzione ($P/R < 1$)*



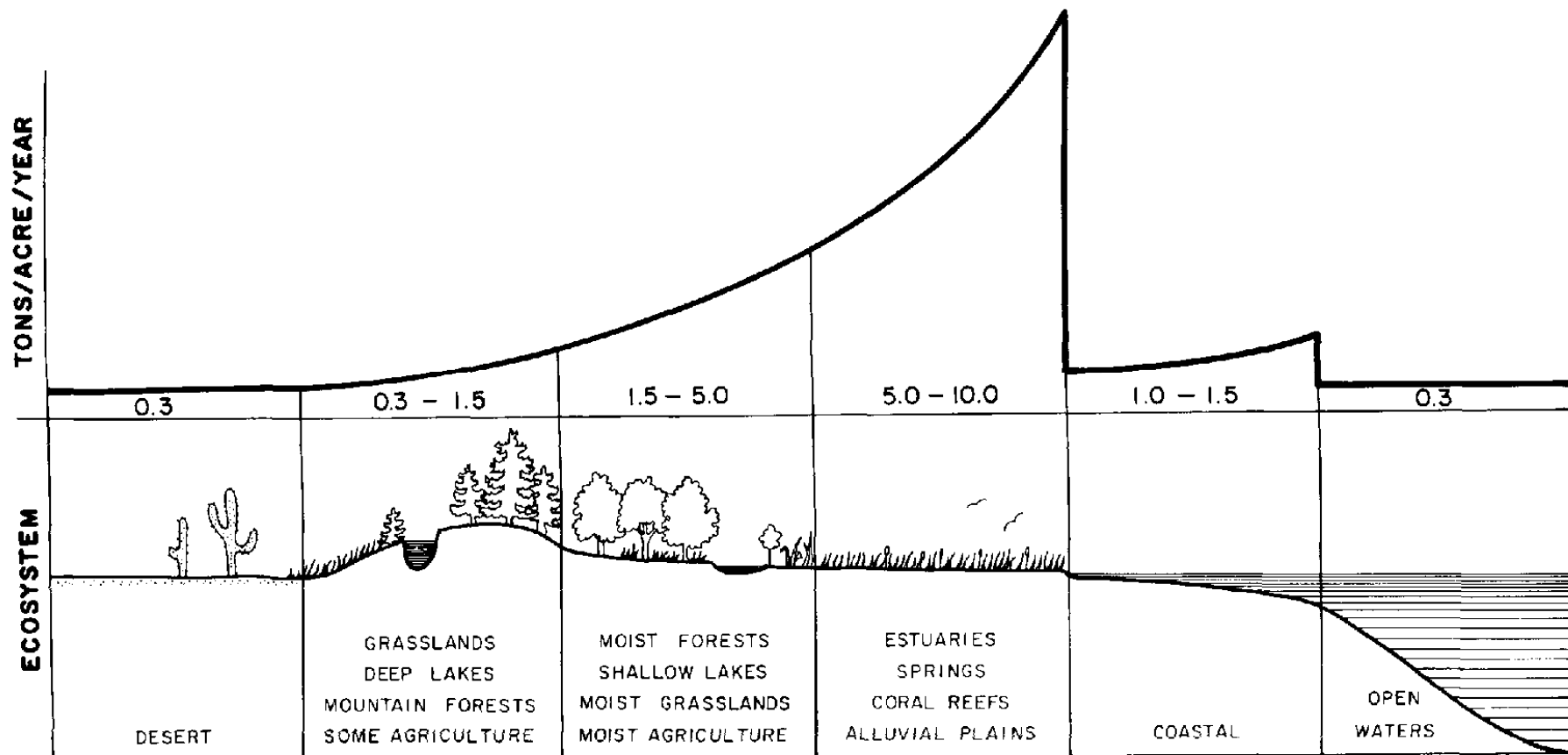
Rapporto Produzione/Respirazione

- Il rapporto fra la produttività primaria (*autotrofi*) e la comunità dei consumatori (*eterotrofi*) definisce il tipo di ecosistema:
- Ecosistema Autotrofo**
(*Sintesi di biomassa da molecole inorganiche*)
Se la produzione primaria (P) è maggiore della respirazione (R) il sistema produce più biomassa del suo fabbisogno
- Ecosistema Eterotrofo**
(*Sintesi di biomassa da molecole organiche*)
Se consuma più di quanto produce



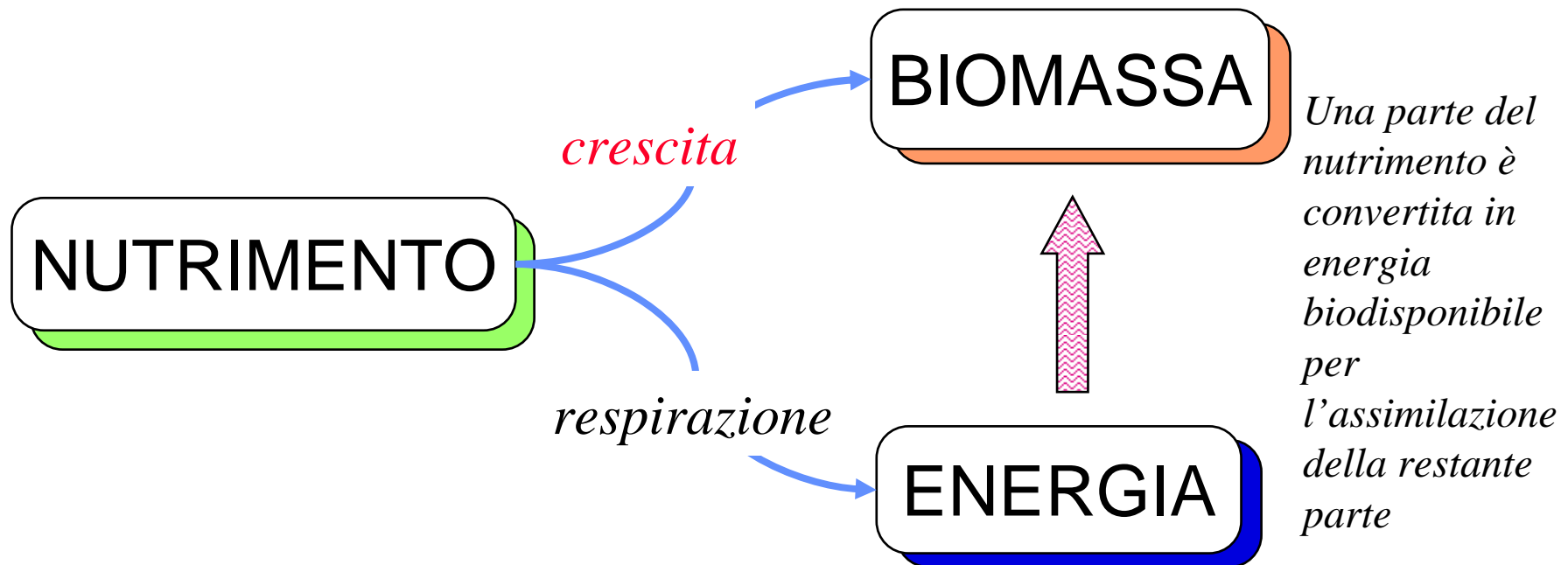
Produttività di EcoSistemi

- Non tutti gli ecosistemi hanno la stessa velocità di produzione di biomassa
- La velocità di accrescimento dipende dalle condizioni climatiche e dalle specie che compongono l'ecosistema



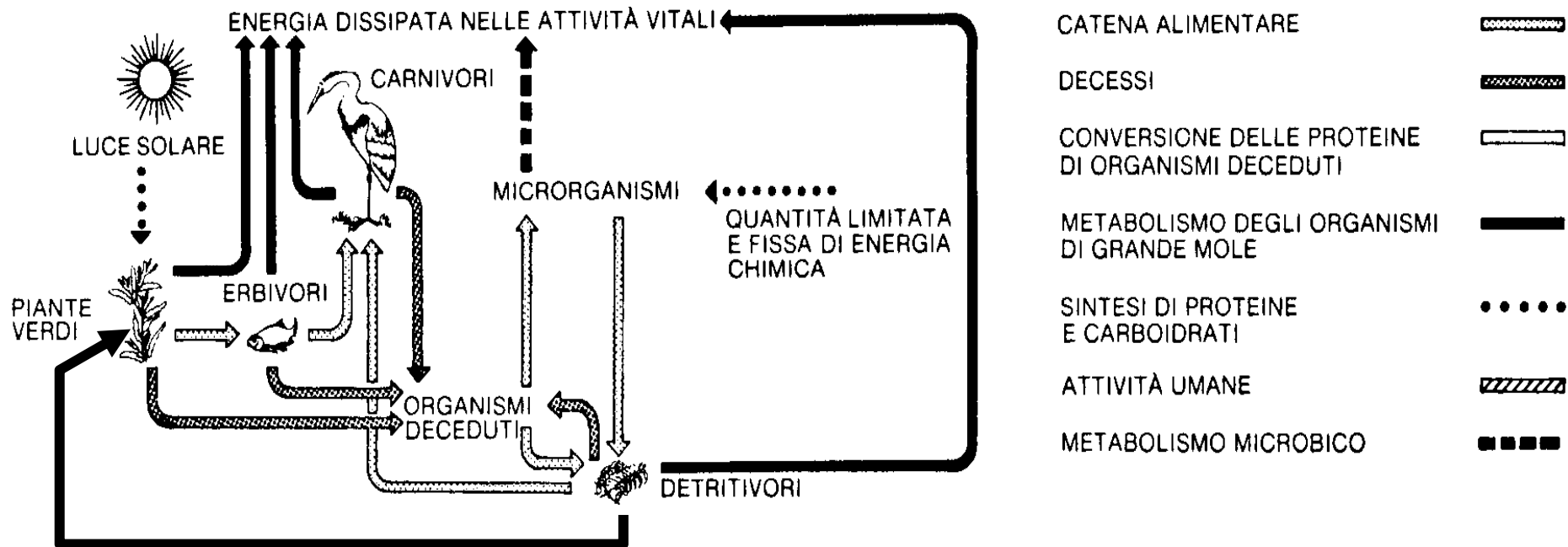
Funzioni primarie delle comunità

- 👉 **Produzione:** generazione di nuovi organismi a partire dalla popolazione esistente, mediante l'organizzazione di materia attraverso l'utilizzo di energia
- 👉 **Respirazione:** energia spesa per la crescita ed il mantenimento degli organismi



Flussi di Energia

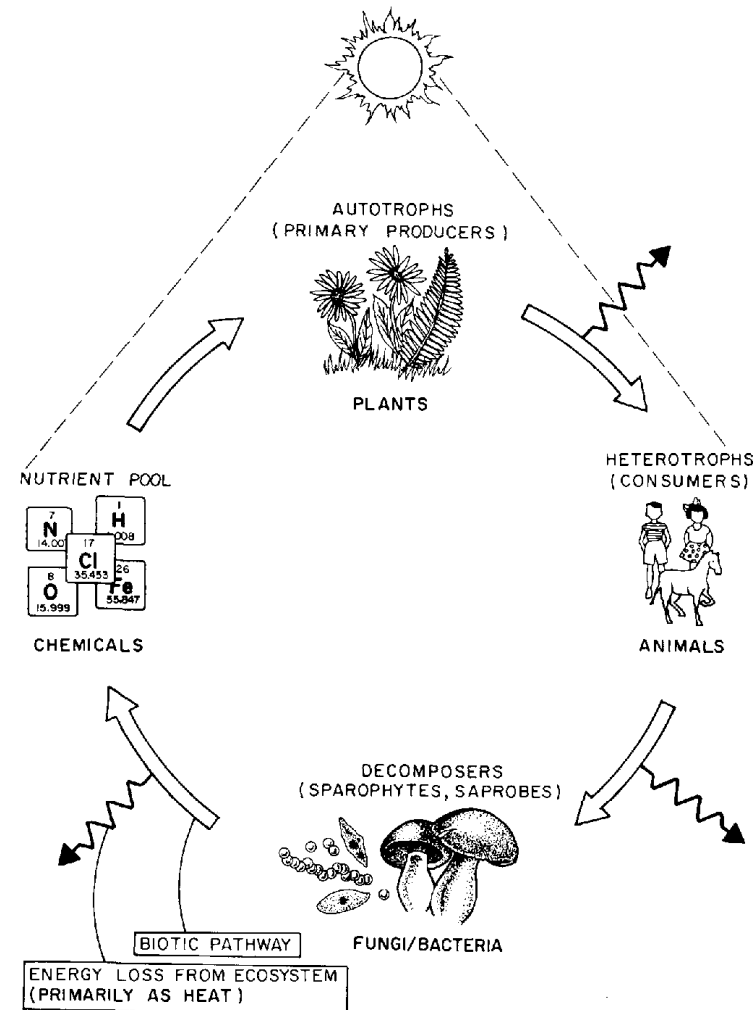
- ✓ Il *Sole* è la fonte primaria di energia
- ✓ I *Produttori Primari* (piante ed alghe) forniscono la fonte primaria di cibo
- ✓ *Erbivori* e *Carnivori* sono in consumatori
- ✓ I *Decompositori* (microorganismi e detritivori) riciclano i materiali di rifiuto, ricavandone nutrienti per i produttori primari



Ciclo dell'Energia e degli Elementi

In ogni ecosistema esiste un ciclo dell'Energia e degli Elementi.

La fonte primaria dell'Energia è il **sole**, mentre i vari elementi circolano nel sistema, trasportando di volta in volta forme diverse di energia.



Processi di trasformazione in un ecosistema

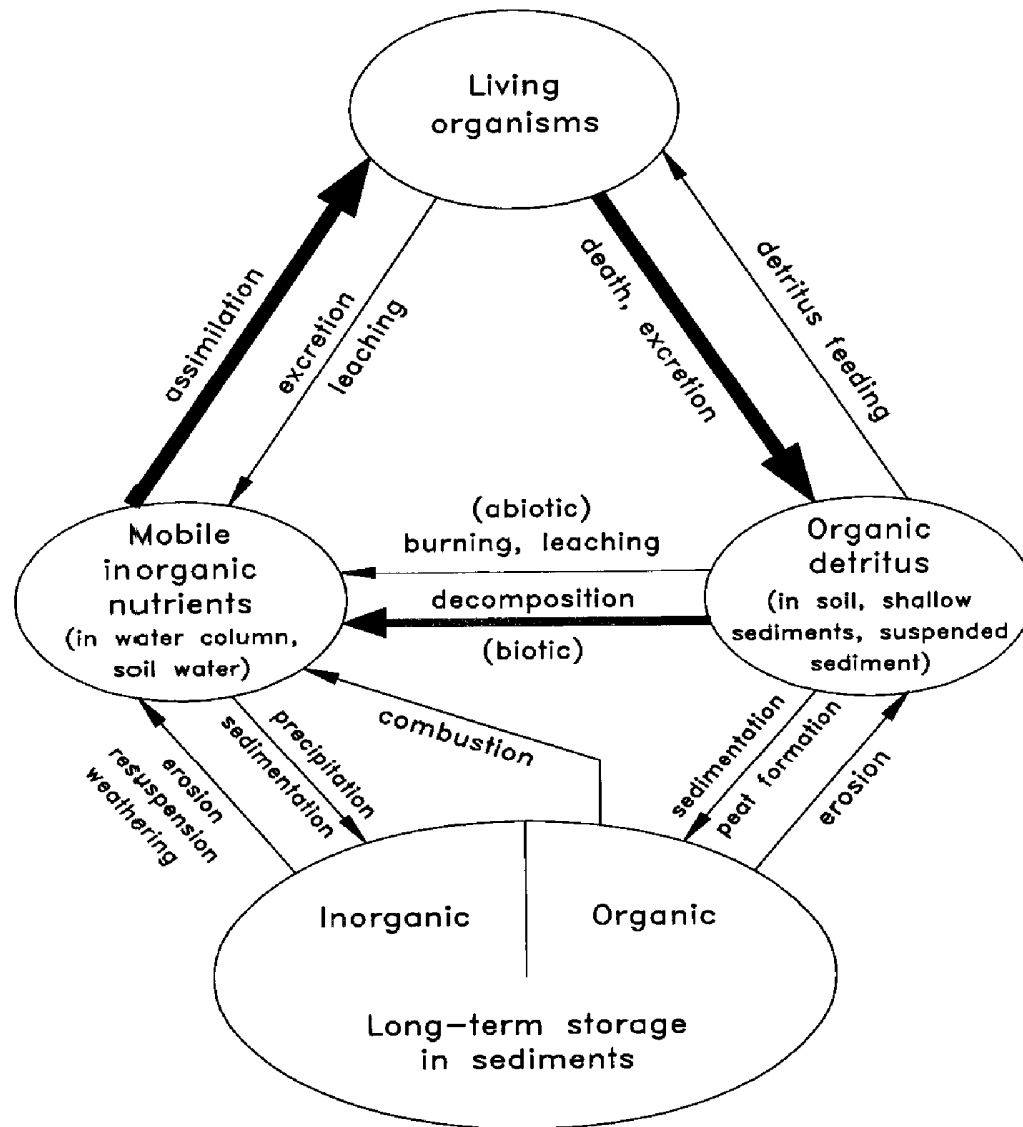
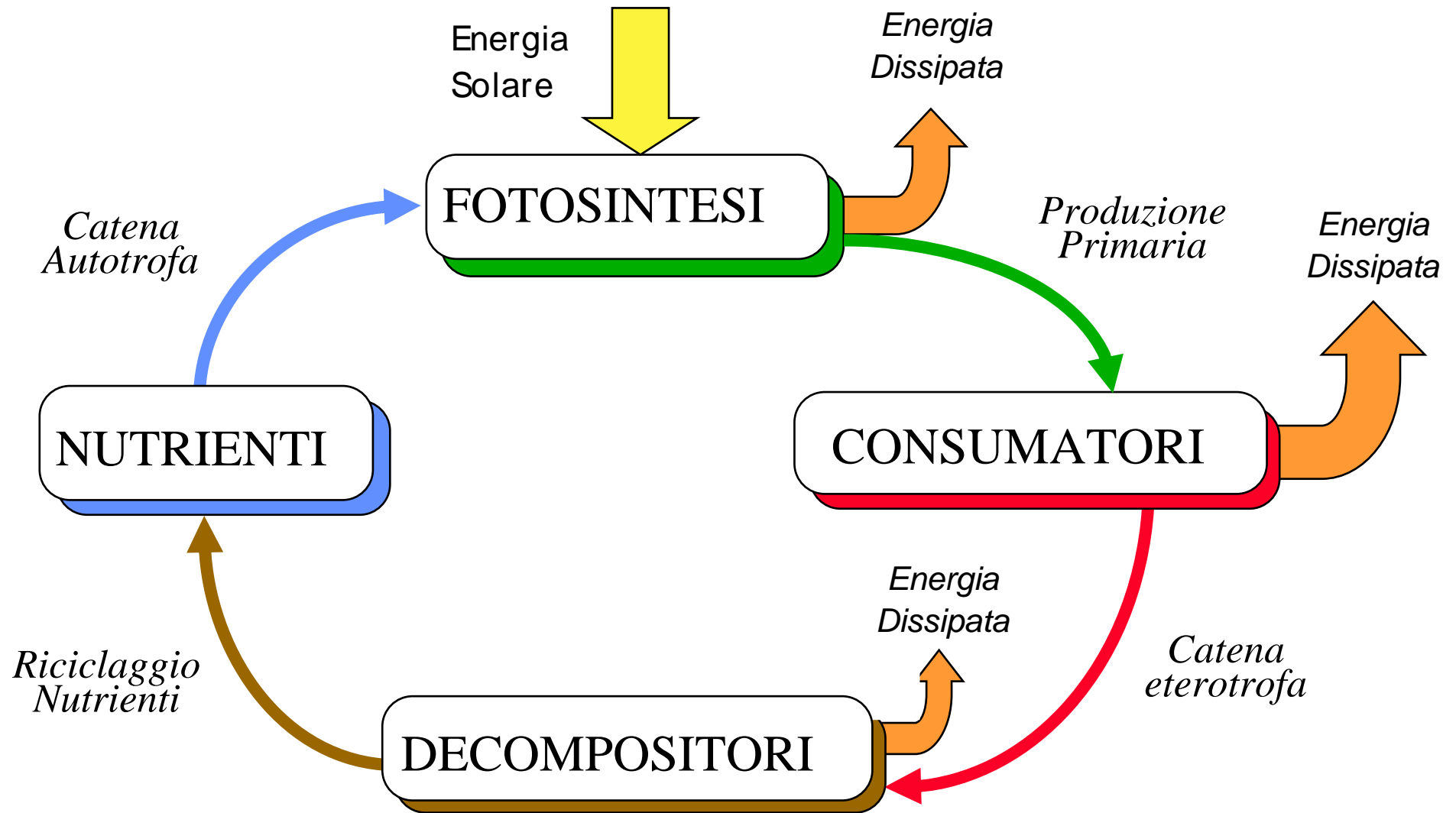


Diagramma generalizzato del riciclaggio dei nutrienti in un ecosistema.

Diversamente dall'energia, che scorre attraverso l'ecosistema, i nutrienti vengono per lo più riciclati nell'ecosistema.

La forma inorganica è utilizzata dai *produttori primari* e convertita in forma organica per passare poi attraverso la *catena alimentare* fino a che viene di nuovo riconvertita in forma inorganica dai *decompositori*

Flusso di Energia in un Ecosistema



Flusso di energia nell'ecosistema

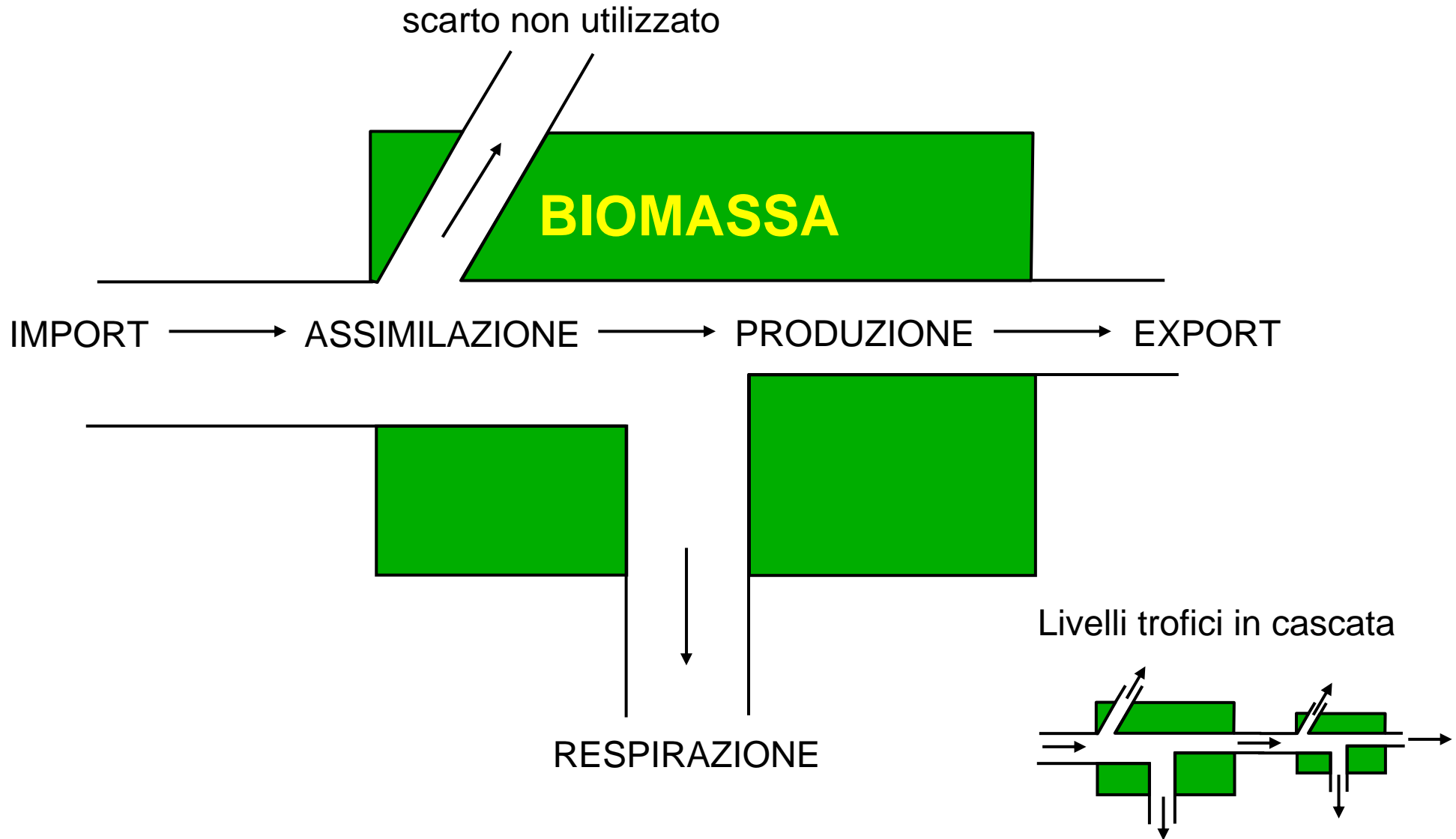
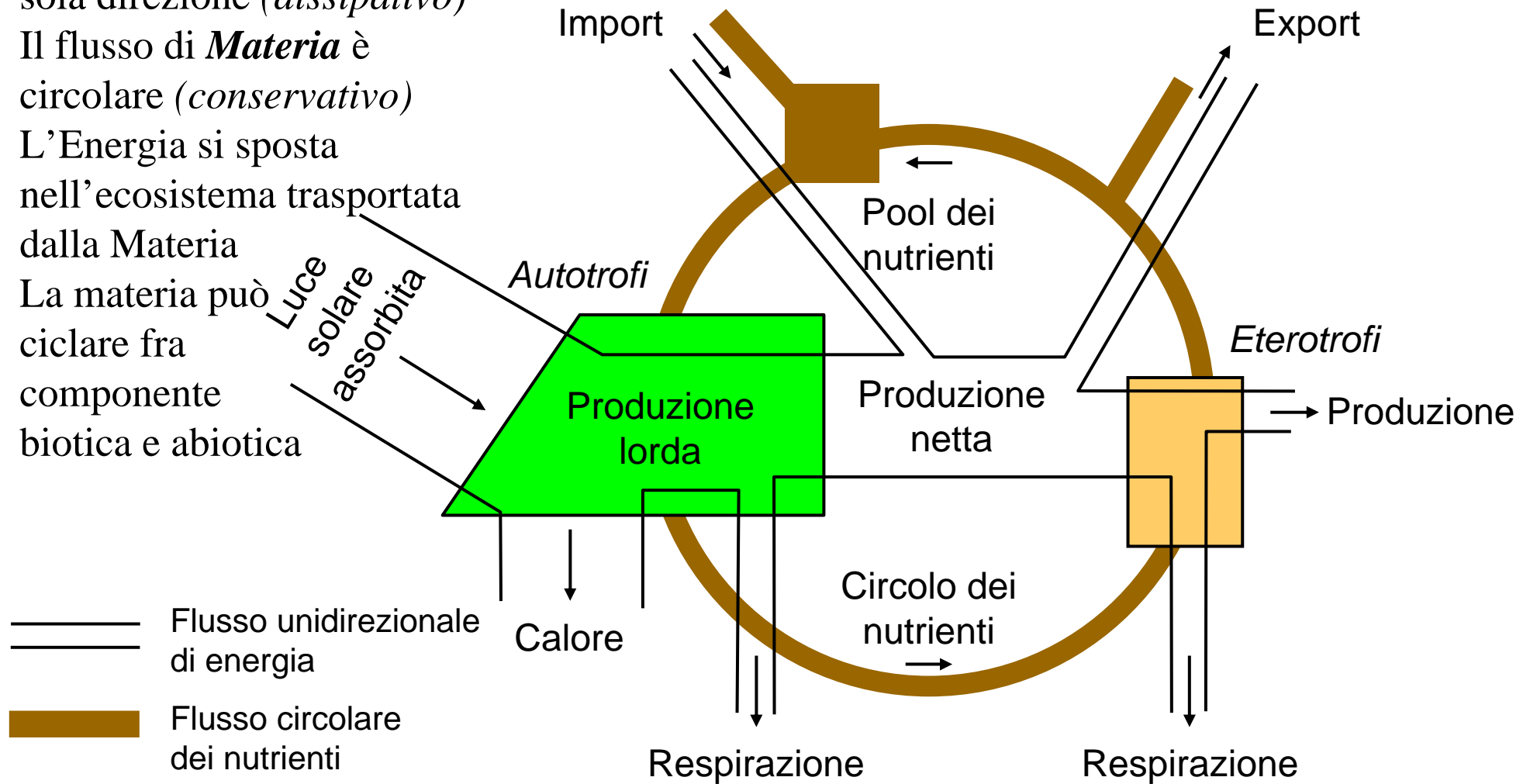


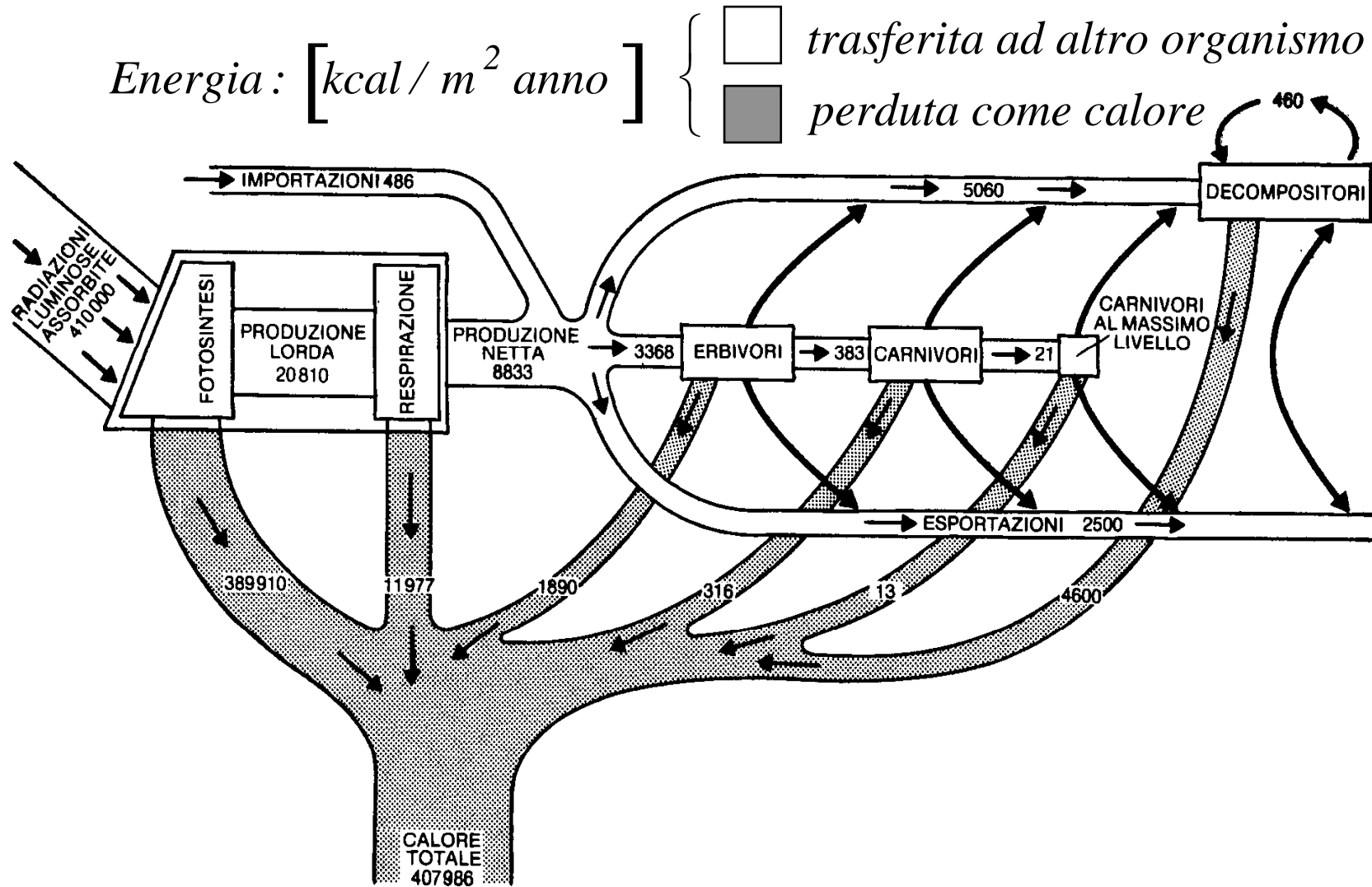
Diagramma dei flussi in un ecosistema

- ❄ Il flusso di **Energia** è in una sola direzione (*dissipativo*)
- ❄ Il flusso di **Materia** è circolare (*conservativo*)
- ❄ L'Energia si sposta nell'ecosistema trasportata dalla Materia
- ❄ La materia può ciclare fra componente biotica e abiotica

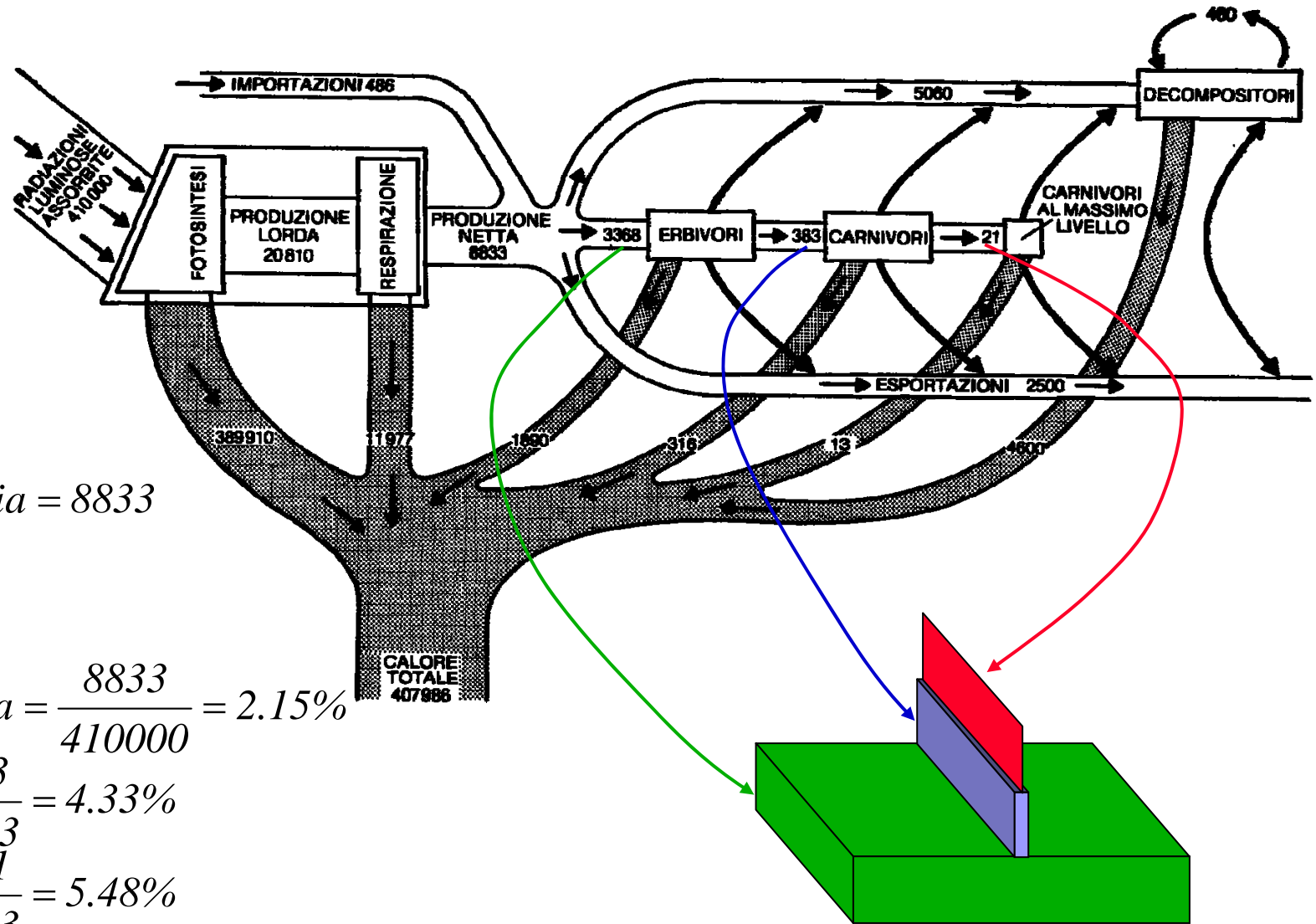
Energia = Materia ma NON $E = mc^2$



Flussi di Energia



Piramide alimentare dal diagramma dei flussi



Produzione primaria = 8833

Erbivori = 383

Carnivori = 21

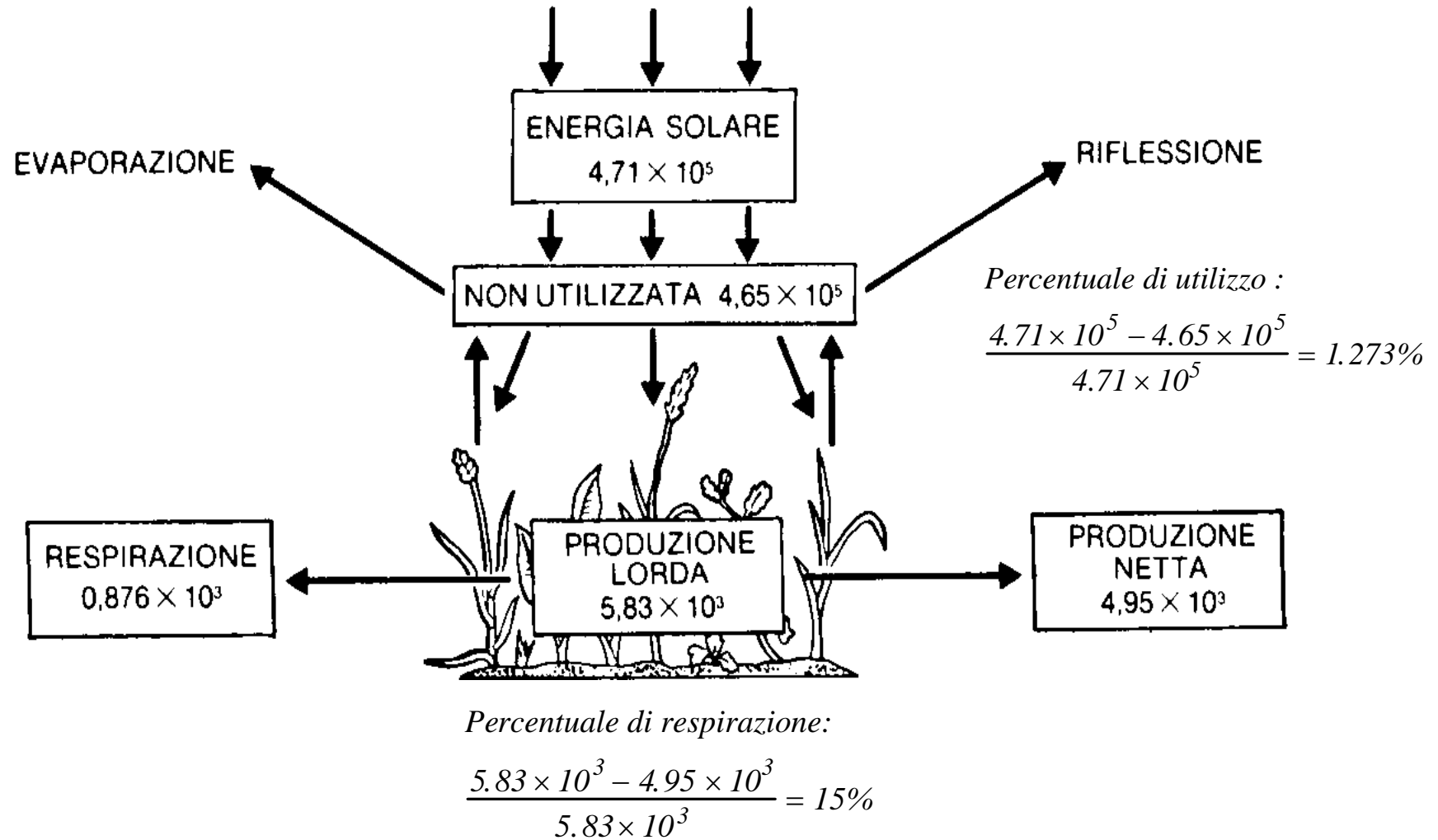
$$\text{Resa primaria netta} = \frac{8833}{410000} = 2.15\%$$

$$\text{Resa erbivori} = \frac{383}{8833} = 4.33\%$$

$$\text{Resa carnivori} = \frac{21}{383} = 5.48\%$$

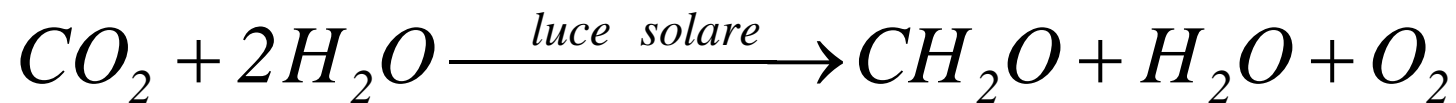
Utilizzo dell'Energia Solare

Sole = Fonte energetica per la fotosintesi ⇒ Produzione Primaria

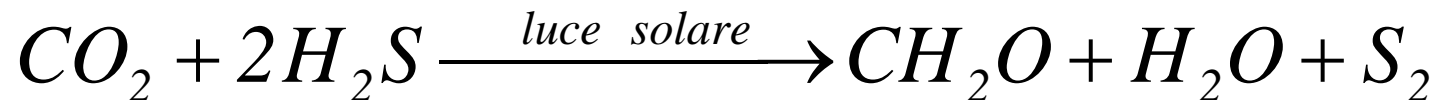


Fotosintesi

- ☞ Processo primario di creazione di materiale organico. Implica l'immagazzinamento di una parte dell'energia solare (< 5%) sotto forma di energia chimica (di legame) in composti organici
- ☞ Sfrutta l'energia solare per convertire il carbonio inorganico (CO₂) in carboidrati (CH₂O)_n: **PRODUZIONE PRIMARIA**
- ☞ Se effettuata da *piante verdi* che usano l'acqua (H₂O) come agente riducente si ha produzione di ossigeno e di sostanza organica (CH₂O)_n



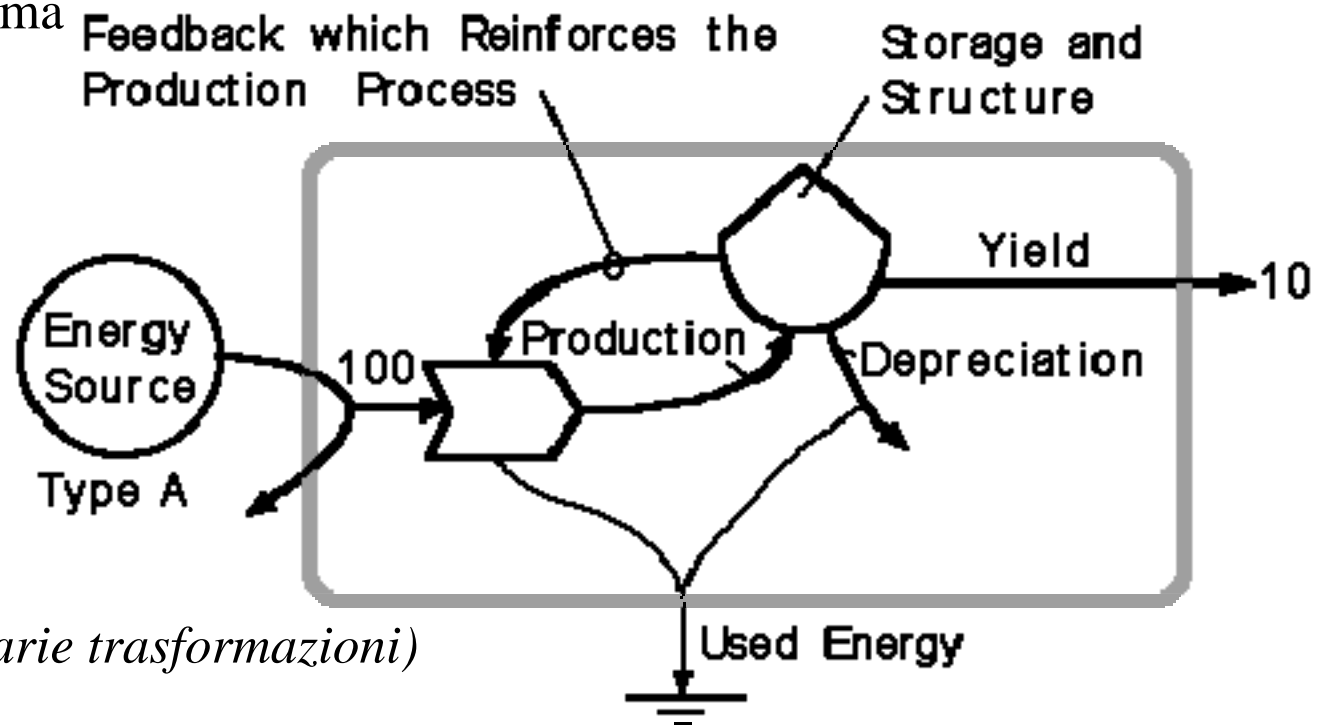
- ☞ Se effettuata da *batteri fotosintetici* che usano un diverso agente riducente, ad es. Solfuro (H₂S) *non* si ha produzione di ossigeno ma solo di sostanza organica



- ☞ In ogni caso si tratta di organismi *autotrofi* (C_{inorg} → C_{org})

Ecosistema come sistema energetico

- ☞ Per il Secondo Principio della Termodinamica l'Energia è destinata a degradarsi
- ☞ Massimizzare le opportunità di crescita è l'obiettivo di ogni sistema auto-organizzante, come l'ecosistema
- ☞ L'esistenza di una sorgente esterna (sole) è indispensabile
- ☞ Un ecosistema è un sistema di trasformazione dell'energia
- ☞ Nelle trasformazioni la *quantità* di energia *diminuisce*
- ☞ La *qualità* dell'energia *aumenta* (*valore aggiunto dalle varie trasformazioni*)

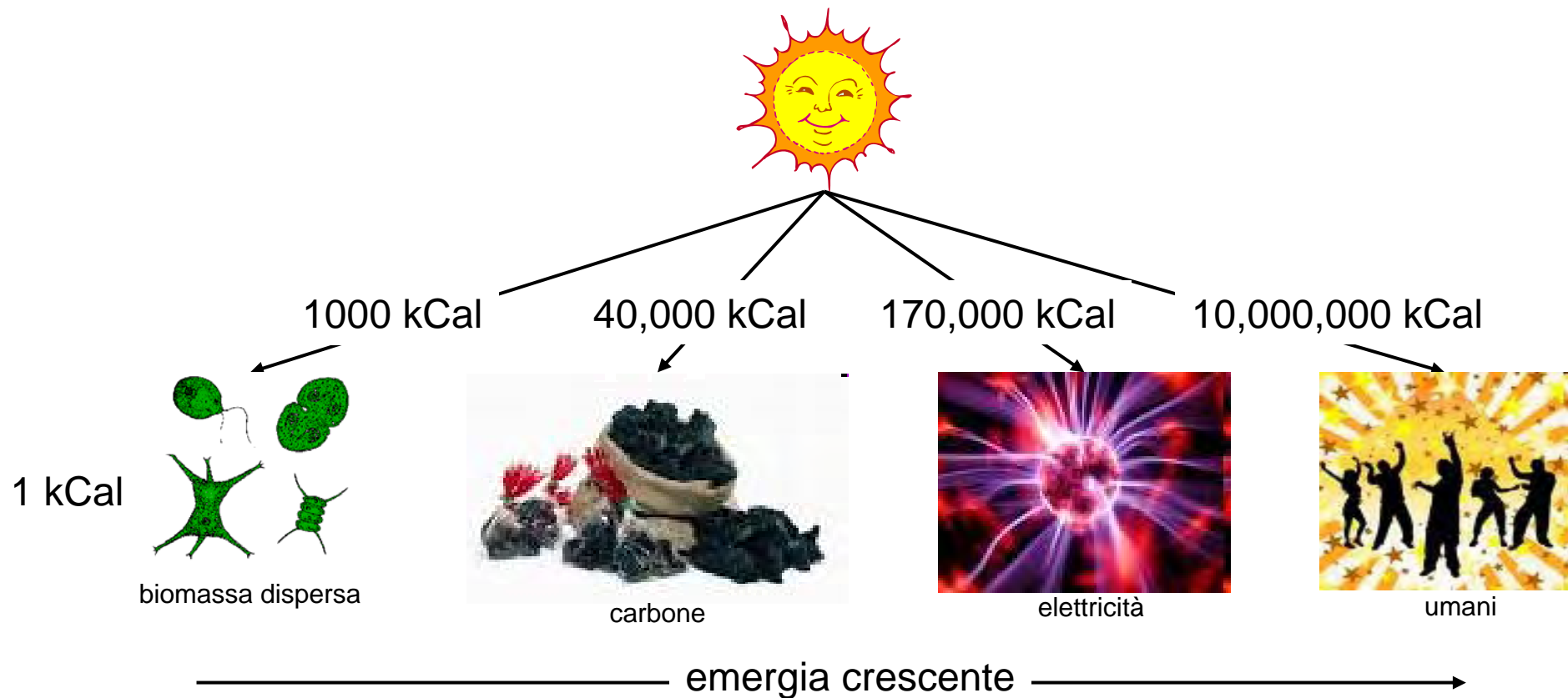


Emergia

- ☞ Lungo una catena alimentare l'energia diminuisce, ma *l'energia trasformata* aumenta la sua capacità di accrescere altre unità dell'ecosistema
- ☞ A causa delle trasformazioni la **qualità** dell'energia varia, perciò non è corretto dare a tutte lo stesso valore
- ☞ L'**Emergia** esprime il lavoro fatto in precedenza per ottenere un prodotto o servizio (un *valore aggiunto*)
- ☞ L'**Emergia** è una misura dell'energia usata *nel passato* ed è diversa dall'energia disponibile *ora* ed è misurata in *emjoules*
- ☞ L'**Emergia** può essere vista come la memoria dell'energia
- ☞ Non c'è **Emergia** nell'energia degradata (ad es. calore residuo) perché non è in grado di svolgere ulteriore lavoro
- ☞ Il livello di riferimento dell'**Emergia** è l'energia solare (massimo potenziale di trasformazione), detta energia di tipo A
- ☞ Il flusso di **Emergia** è detto **Empotenza**.

Equivalenze di energia

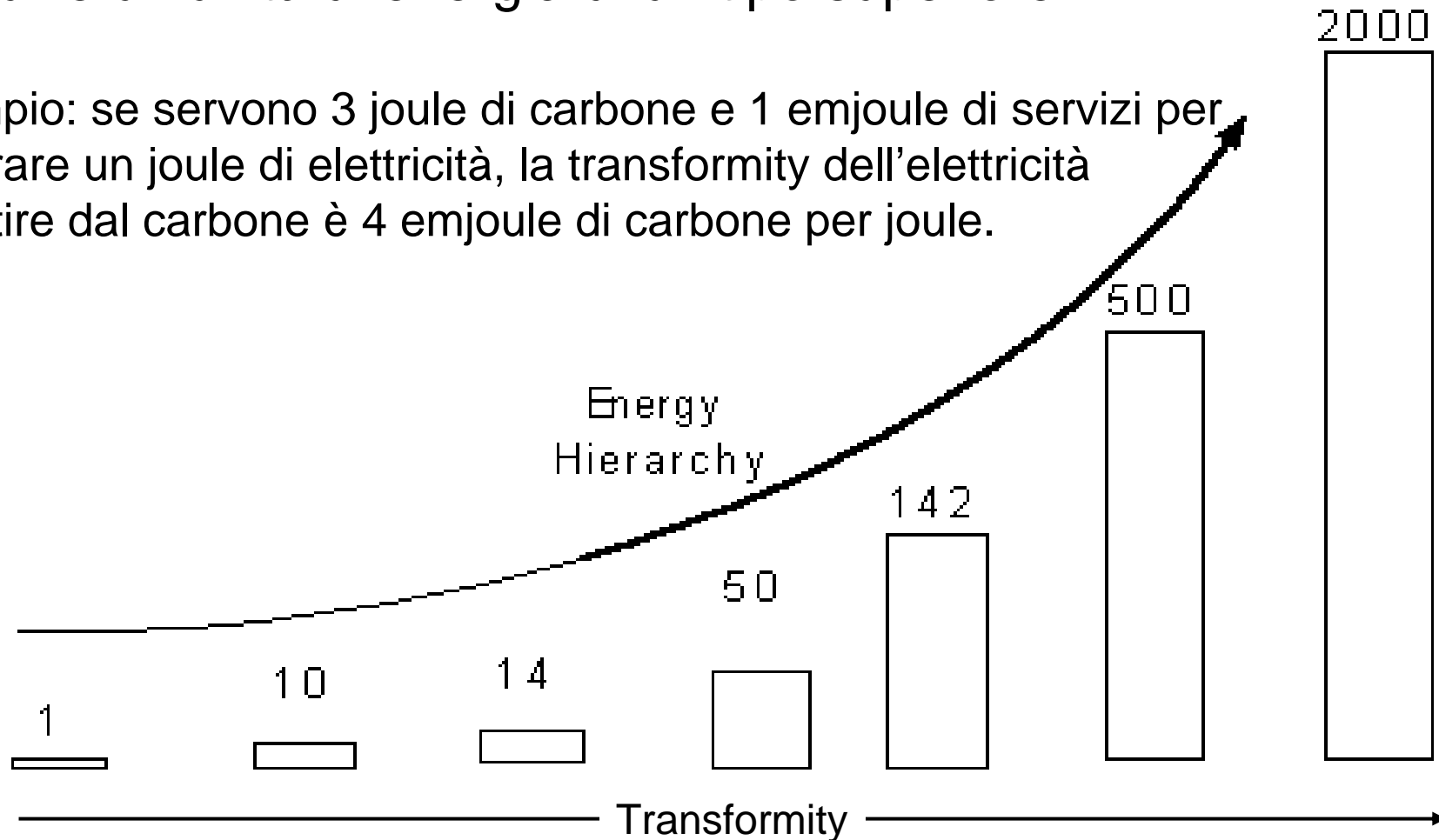
- 👉 L'Energia di un oggetto o servizio è l'energia potenziale (exergia) usata per ottenerlo
- 👉 Nelle cose di "valore" c'è meno energia ma più emergia



Transformity

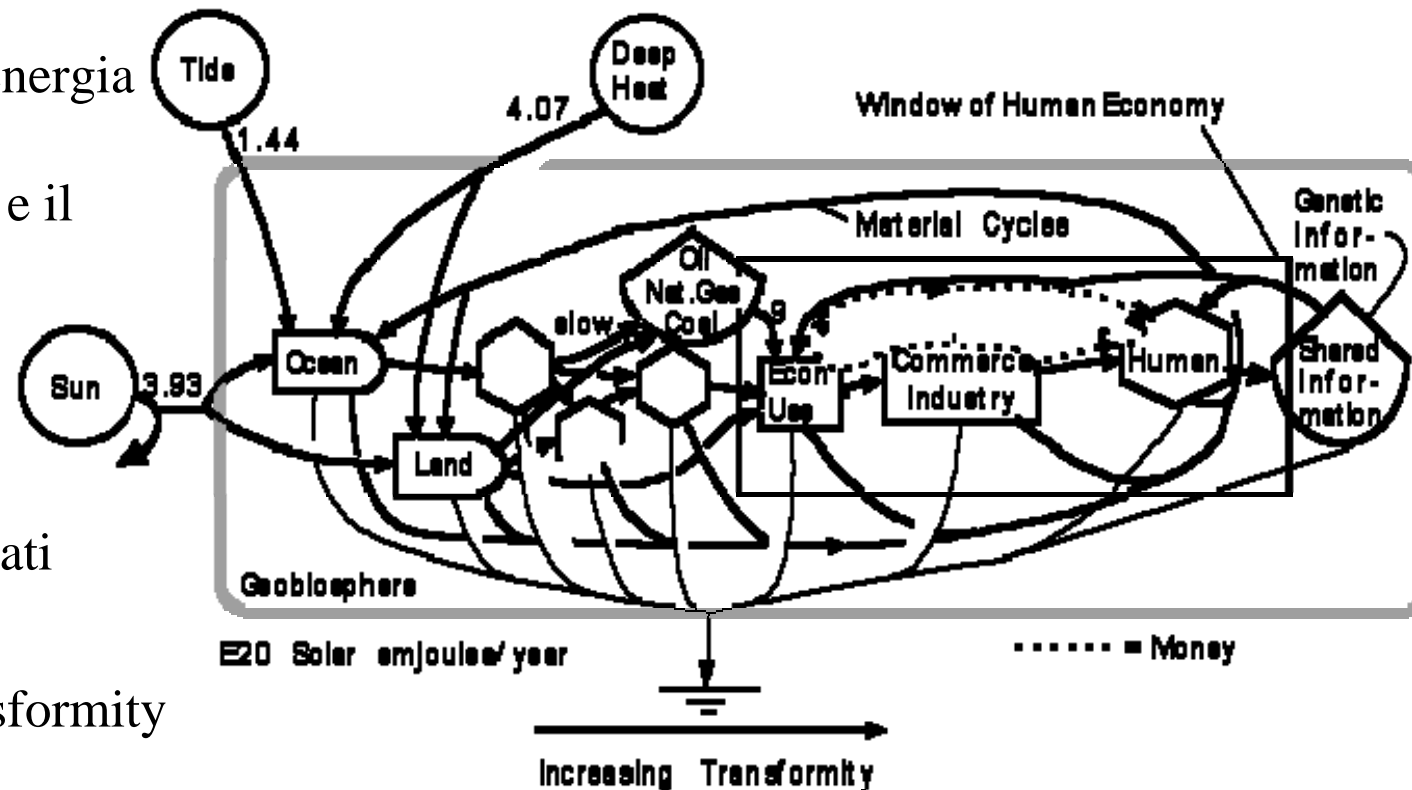
Transformity è l'energia di un tipo richiesta per produrre un'unità di energia di un tipo superiore

Esempio: se servono 3 joule di carbone e 1 emjoule di servizi per generare un joule di elettricità, la transformity dell'elettricità a partire dal carbone è 4 emjoule di carbone per joule.



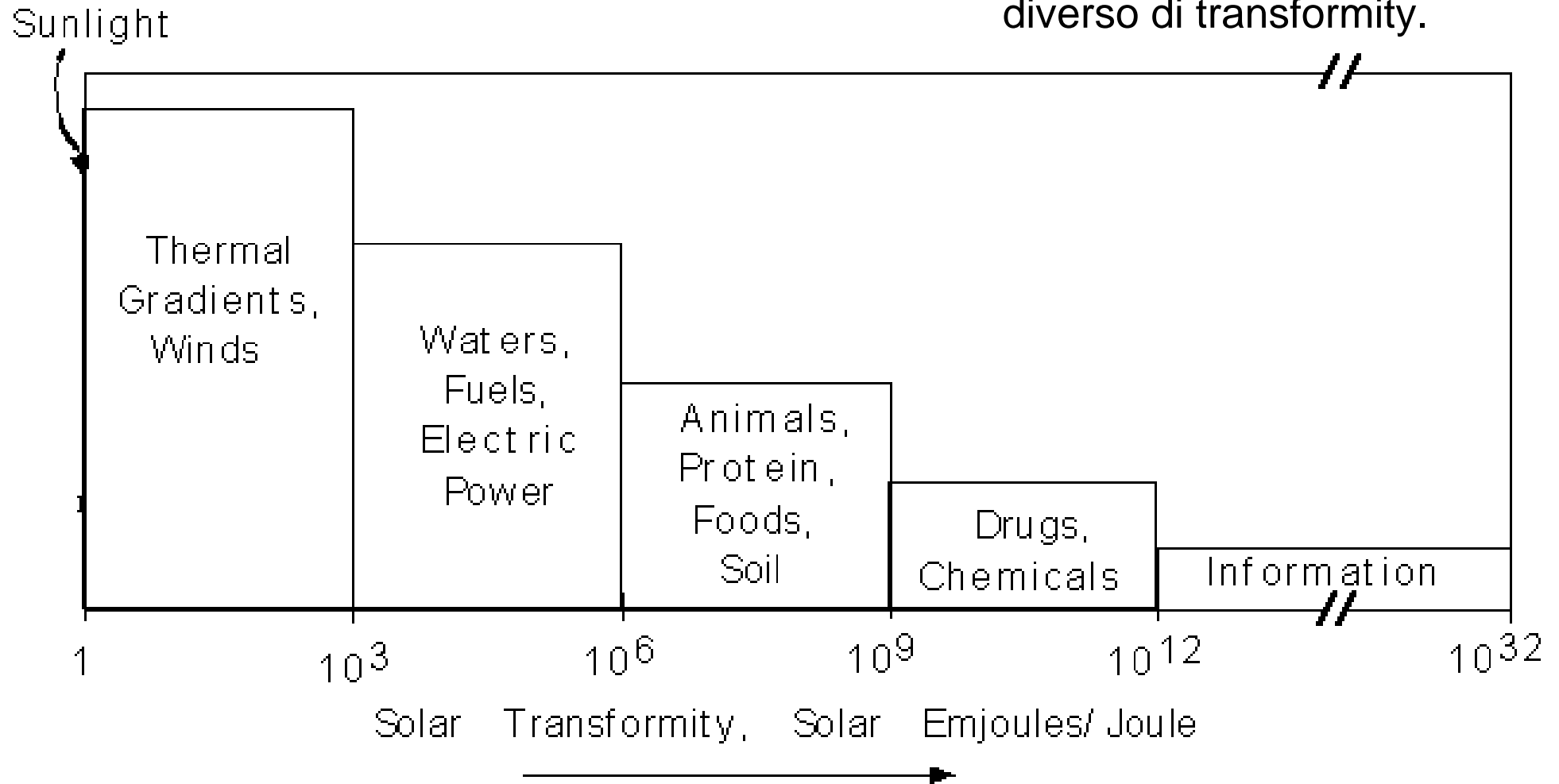
Transformity e gerarchia energetica della biosfera

- La **Transformity** è l'energia richiesta direttamente o indirettamente per produrre un'unità di energia in altra forma
- La **Transformity** misura la posizione di ogni flusso o accumulo di energia nella gerarchia dell'energia
- Gli ingressi sono l'energia solare, abbondante ma diluita, le maree e il calore geotermico
- La Transformity aumenta procedendo verso sistemi più organizzati
- L'Informazione ha la massima Transformity



Distribuzione delle Transformities

Il flusso di Transformity è inverso a quello dell'energia. L'energia di un tipo è usata in modo efficiente quando amplifica l'energia ad un livello diverso di transformity.



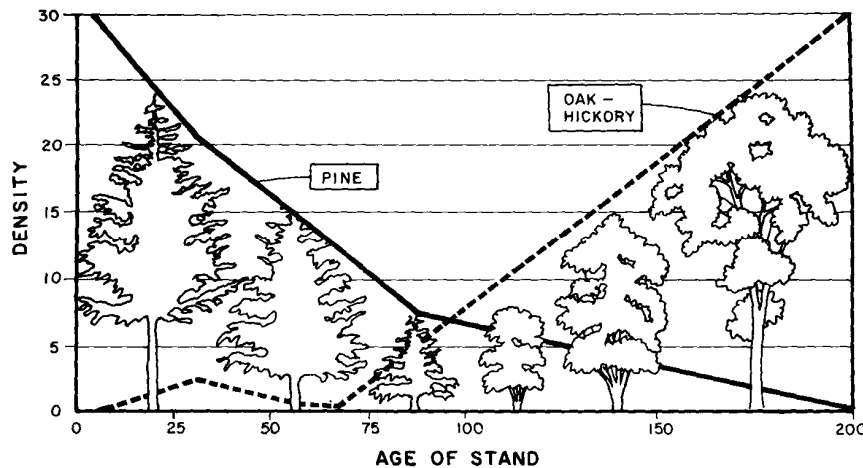
Emergy and Related Definitions (Odum)

- 👉 **Available Energy** = Potential energy capable of doing work and being degraded in the process (Units: kilocalories, joules, BTUs, etc.)
- 👉 **Useful Energy** = Available energy used to increase system production and efficiency (units: available joules, kilocalories, etc.)
- 👉 **Power** = Useful energy flow per unit time (units: joules per time)
- 👉 **Emergy** = Available energy of one kind previously required directly and indirectly to make a product or service (units: emjoules, emkilocalories, etc.)
- 👉 **Empower** = Emergy flow per unit time (units: emjoules per unit time)
- 👉 **Work** = An energy transformation process which results in a change in concentration or form of energy.
- 👉 **Transformity** = Emergy per unit available energy of one kind (units: emjoule per joule)
- 👉 **Solar Emergy** = Solar energy required directly and indirectly to make a product or service (units: solar emjoules)
- 👉 **Solar Empower** = Solar emergy flow per unit time (units: solar emjoules per unit time)
- 👉 **Solar Transformity** = Solar emergy per unit available energy (units: solar emjoules per joule)

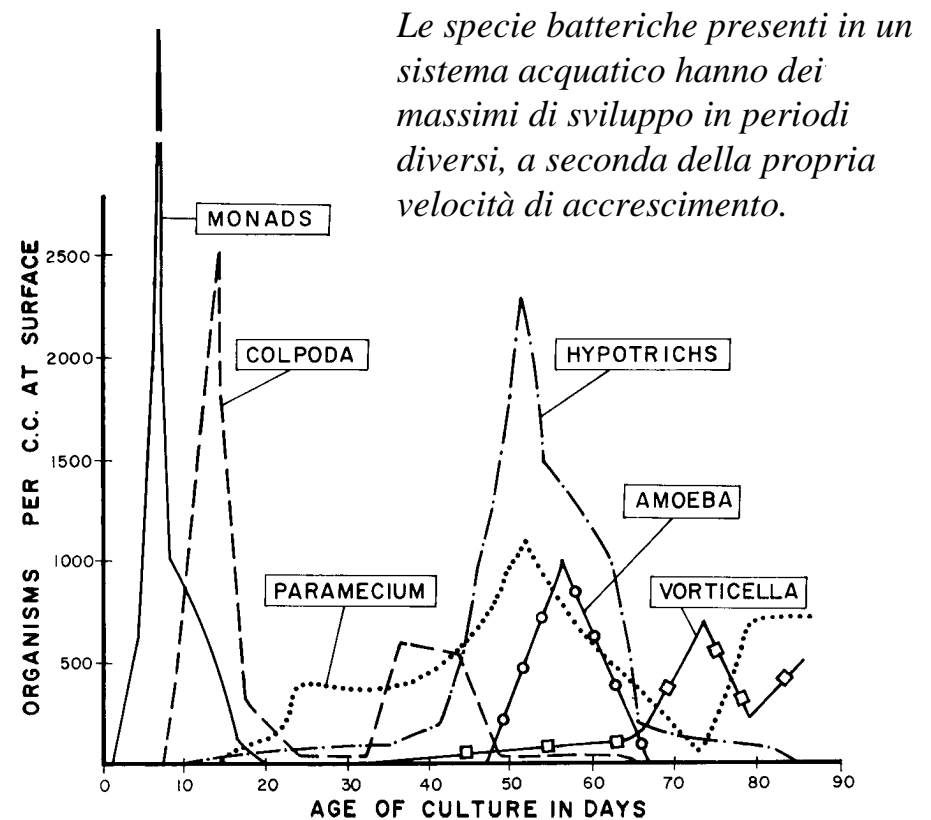
Dinamica degli EcoSistemi

👉 Ogni ecosistema è in continua evoluzione per due motivi:

- L'ingresso principale (Energia Solare) varia con ritmo stagionale e giornaliero
- Le varie specie presenti hanno ritmi di sviluppo diversi: questo genera delle successioni ecologiche, come negli esempi qui sotto

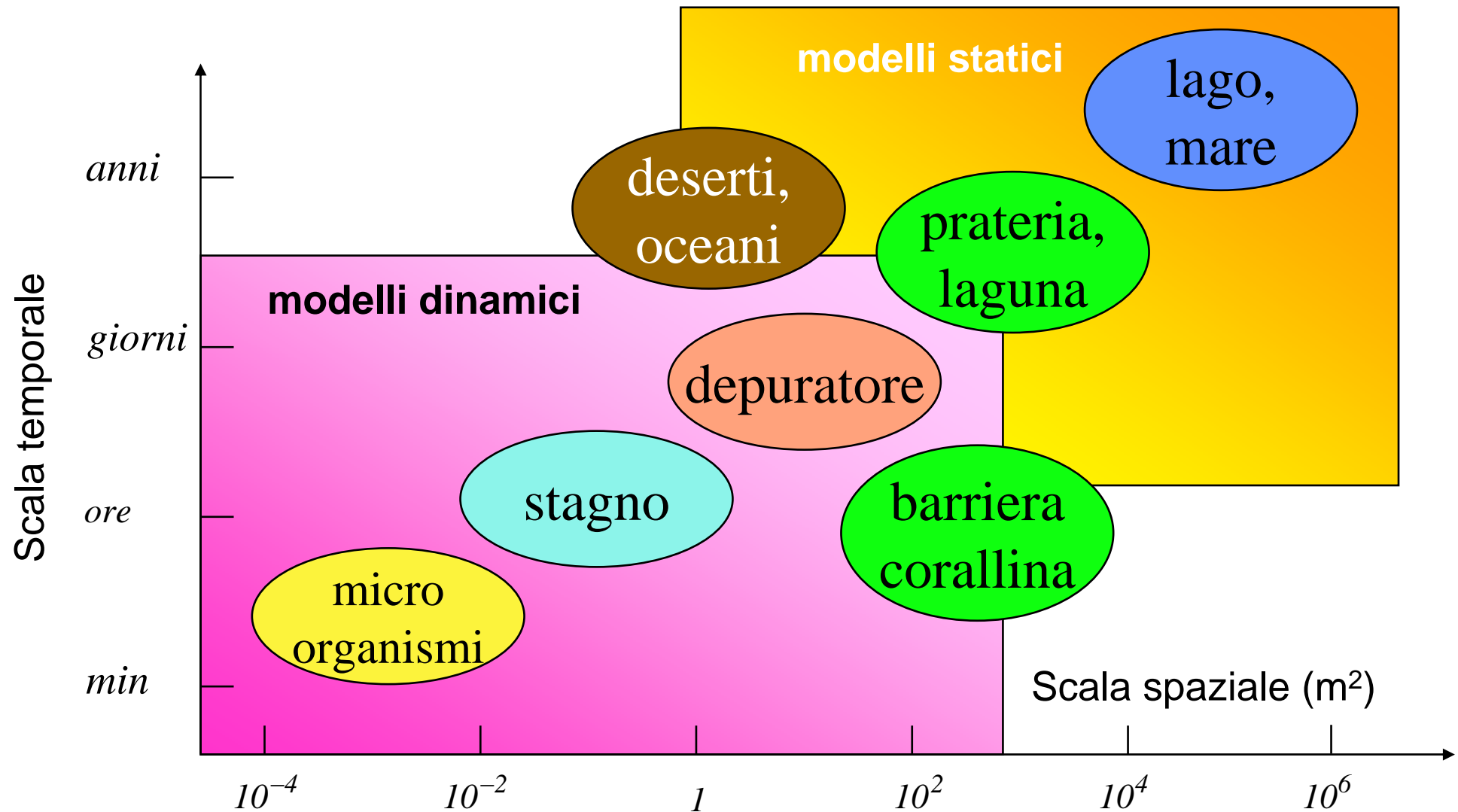


Le specie vegetali presenti in una foresta si sviluppano in successione, a seconda dell'età della foresta.



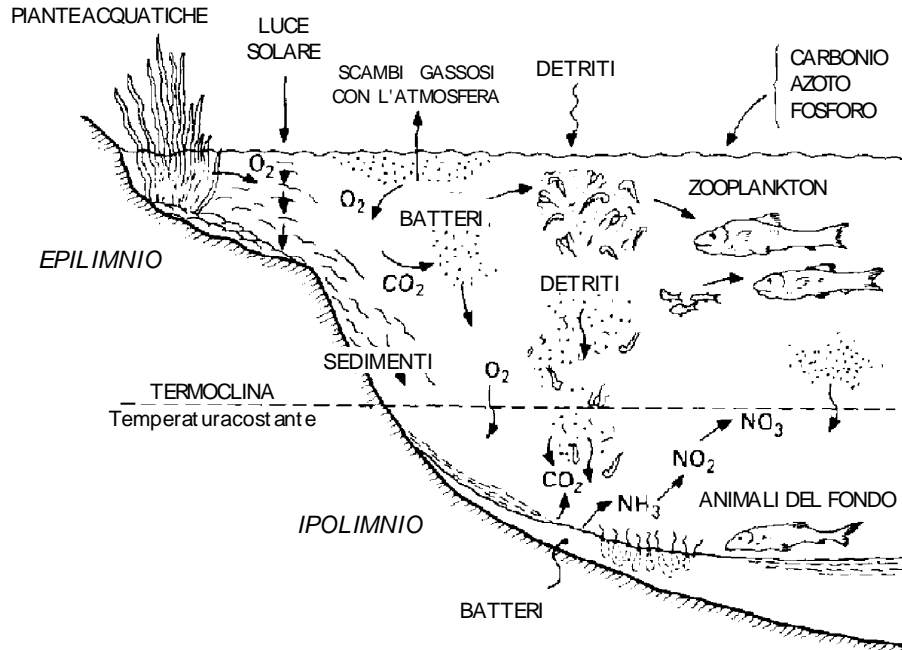
Le specie batteriche presenti in un sistema acquatico hanno dei massimi di sviluppo in periodi diversi, a seconda della propria velocità di accrescimento.

Scala spazio/tempo dei sistemi ambientali

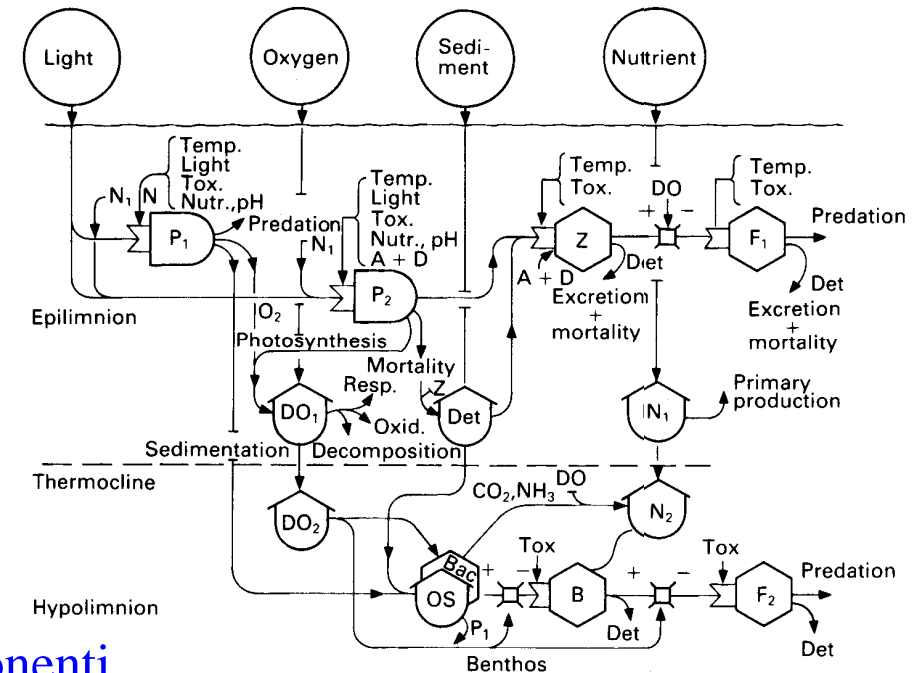


Schematizzazione di un sistema ambientale

Schematizzazione dell'ecologo



Schematizzazione del sistemista

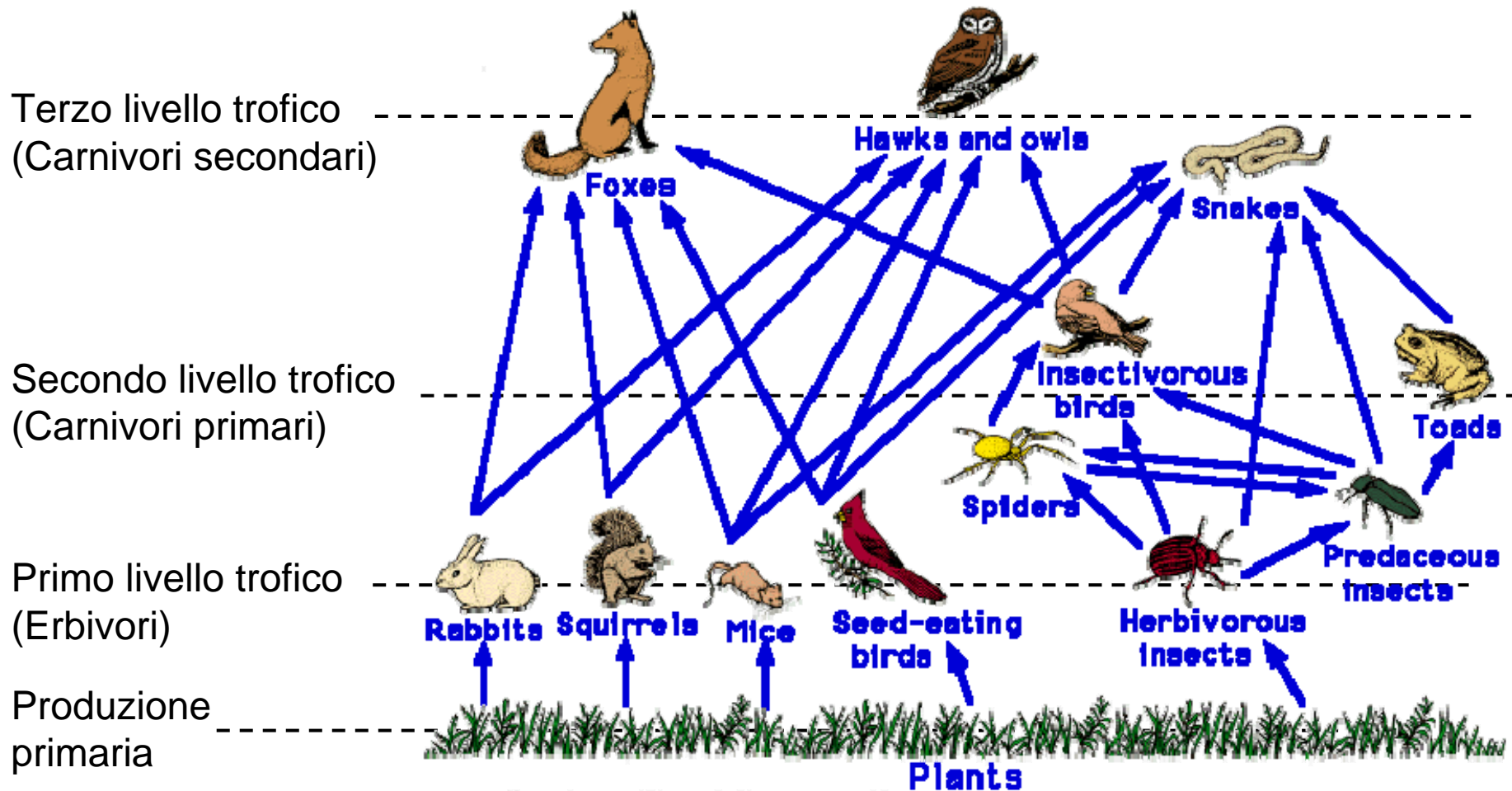


Enumerazione delle componenti biotiche ed abiotiche e delle loro interazioni

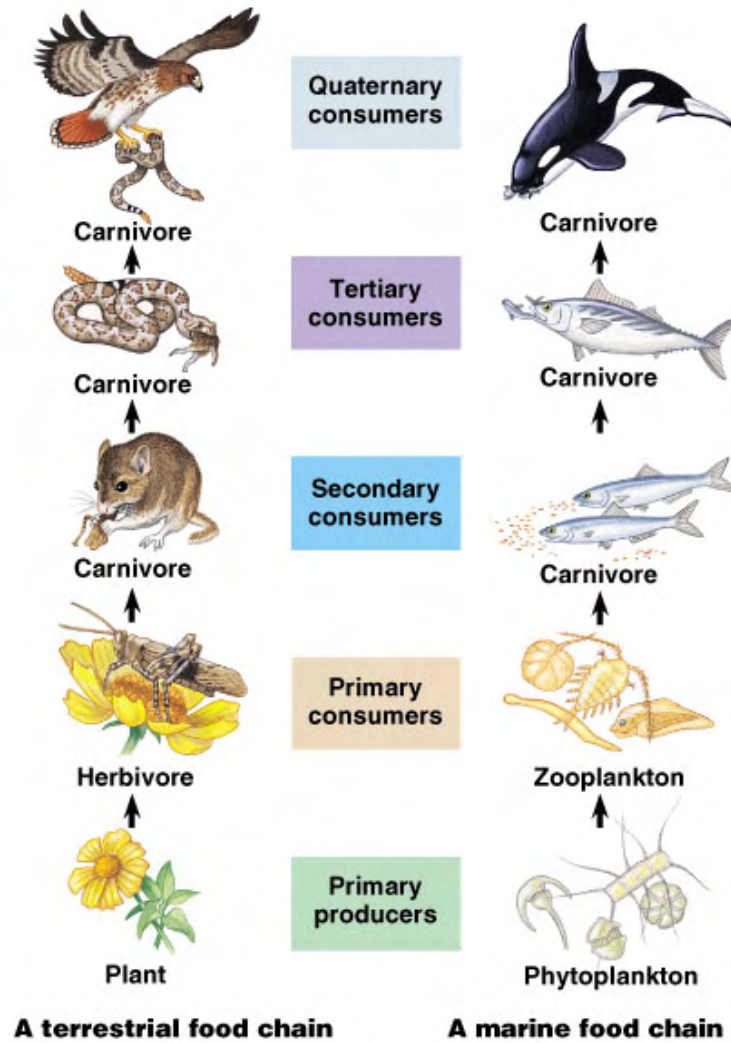
Scrittura di relazioni quantitative fra queste componenti

Livelli trofici

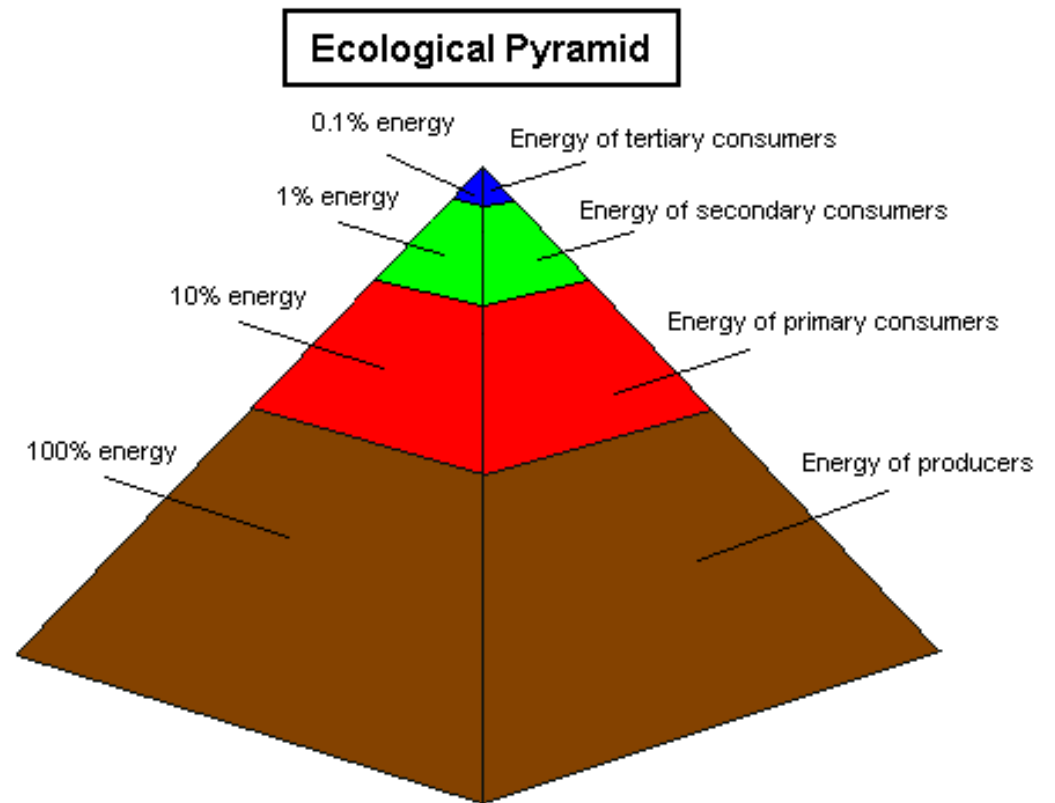
Il **Biota** di ogni ecosistema è caratterizzato dalla produzione primaria e da vari livelli trofici, che nella loro interconnessione formano la *rete alimentare*



Livelli trofici

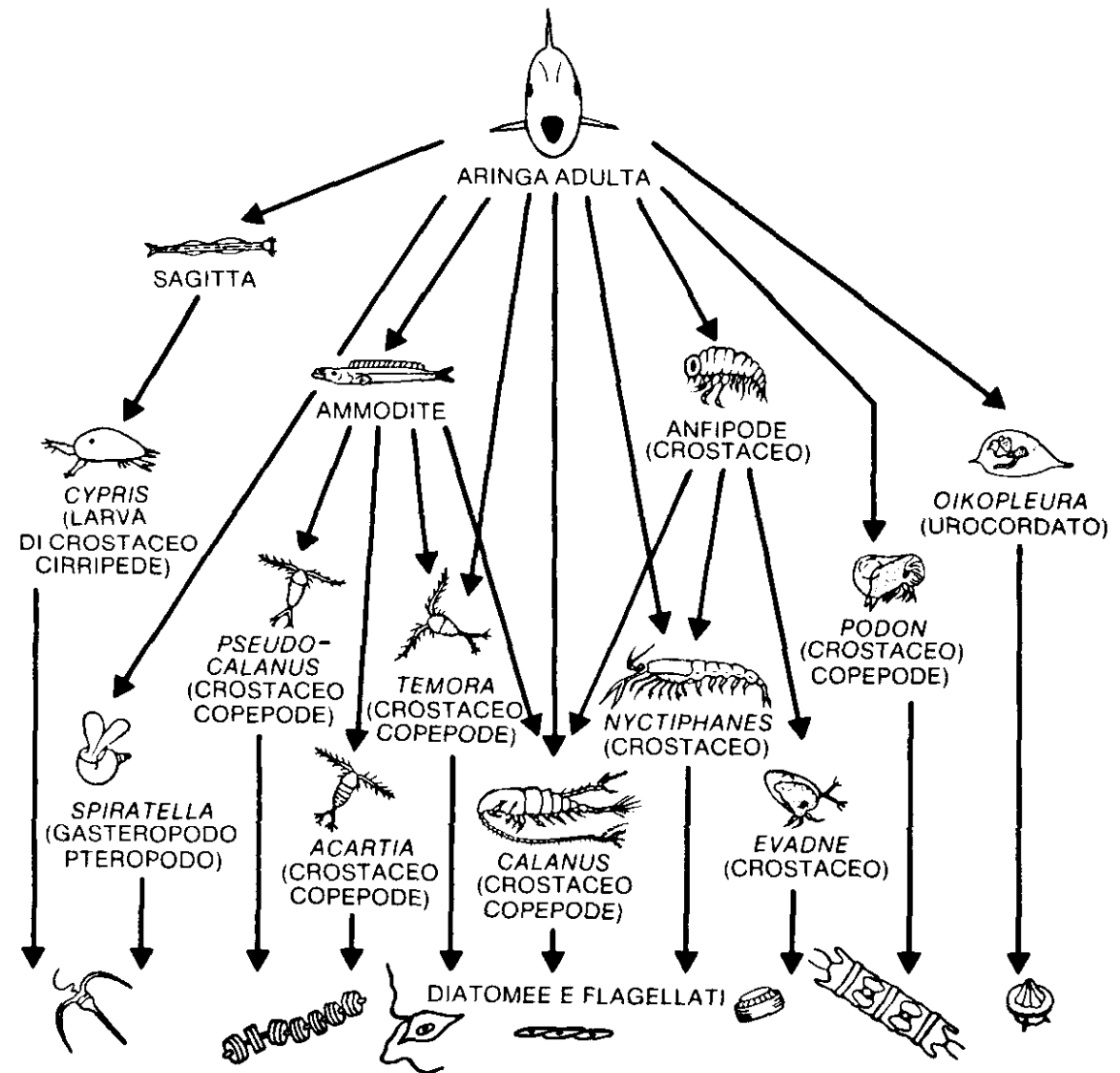


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



Ecosistema = Rete Alimentare

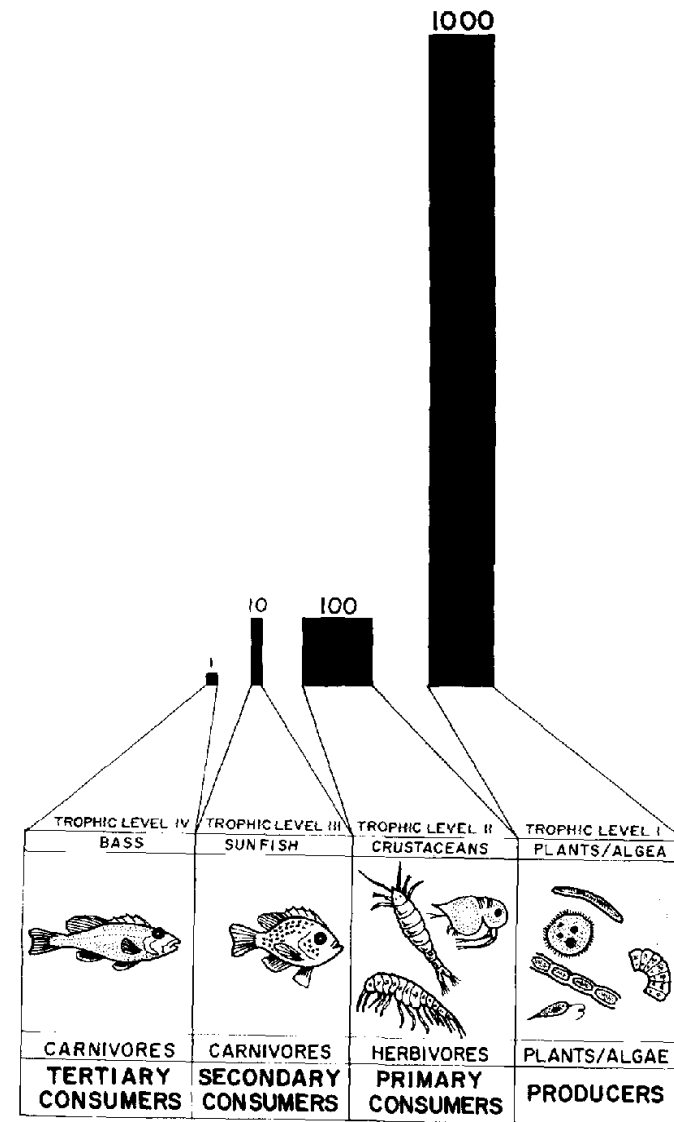
Originata dal Sole,
l'energia si sposta
dalla
Produzione Primaria
verso i **Consumatori**.
Essa rappresenta
l'insieme delle
connessioni fra le
varie componenti
dell'ecosistema
(*Generalizzazione della
Catena Alimentare*)



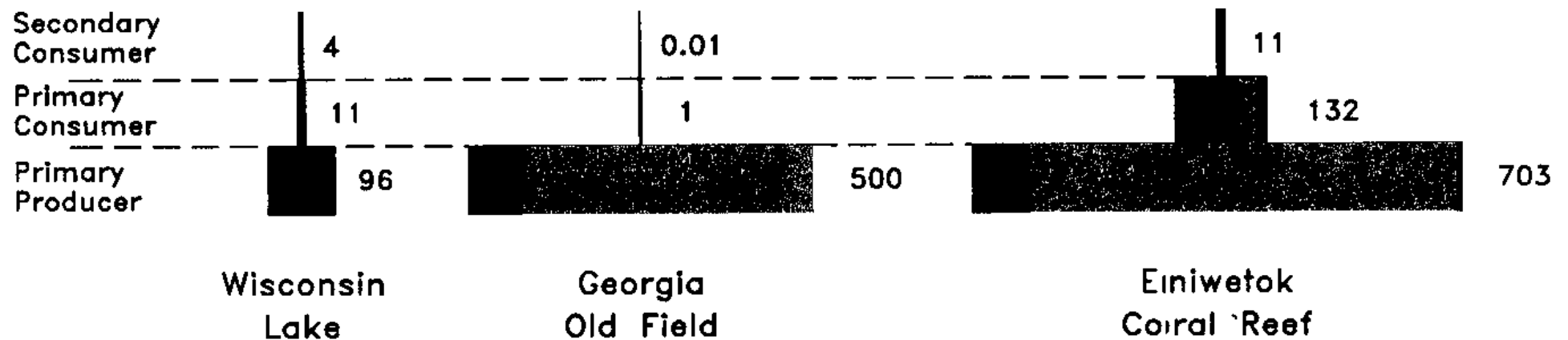
Relazione fra livelli trofici

- 👉 I livelli di una catena alimentare solo collegati dall'efficienza di consumo
- 👉 La biomassa ad un dato livello trofico richiede che circa 10 volte della sua massa equivalente in cibo venga fornito dal livello trofico inferiore
- 👉 Perciò per poter sostenere 1 unità di biomassa al livello di carnivori secondari sono necessari:
 - ➡ 10 unità di carnivori primari
 - ➡ 100 unità di erbivori
 - ➡ 1000 unità di biomassa vegetale

👉 ***Piramide Eltoniana*** →



Diversità delle piramidi alimentari



Piramidi di biomassa calcolati per tre diversi ecosistemi.

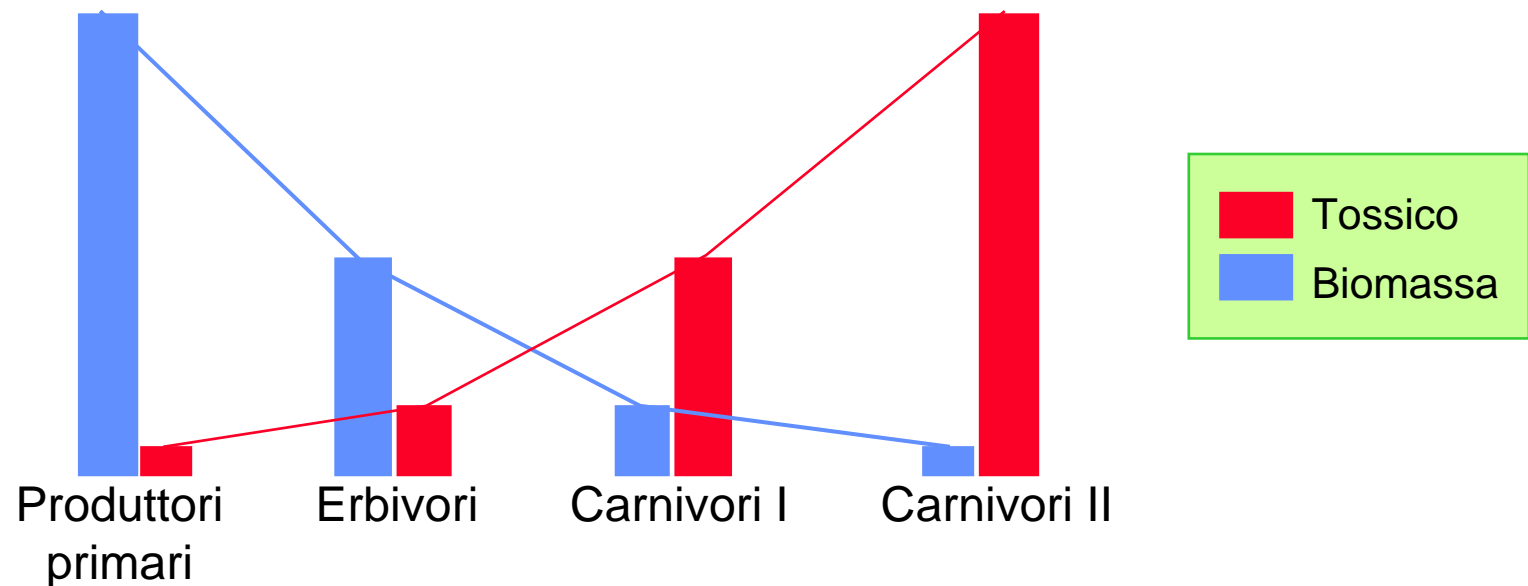
Tipicamente, la biomassa di un livello trofico è minore della biomassa al livello trofico inferiore, dando così luogo alla “piramide”.

Ciò è una conseguenza del decremento dell’energia disponibile via via che ci si sposta verso livelli trofici più alti.

Nota: il decremento di energia al salire dei livelli generalmente è molto marcato!

Bioingrandimento

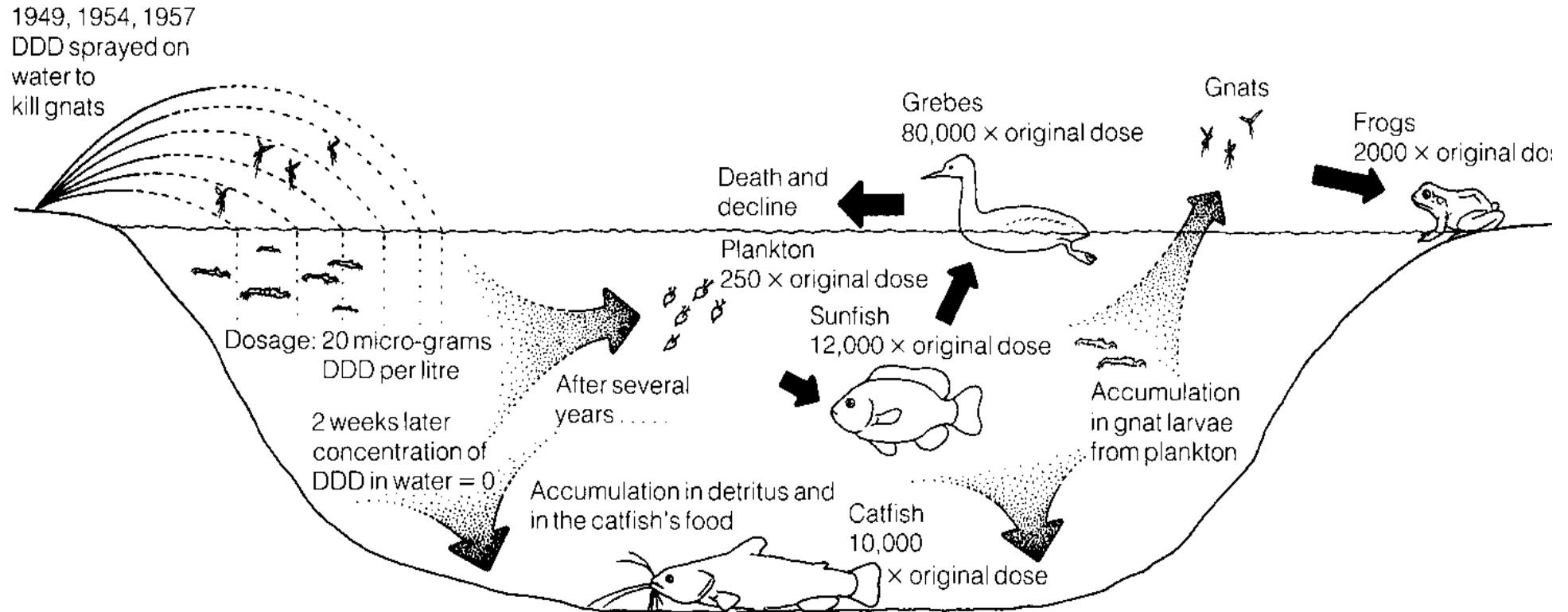
- Le sostanze “persistenti” passano attraverso la catena alimentare senza alterazioni
- Ciascun consumatore ingerisce l’intera quantità di sostanza presente in tutti gli individui di cui si ciba
- Si ha perciò un effetto di **BIOINGRANDIMENTO**, complementare alla piramide delle biomasse



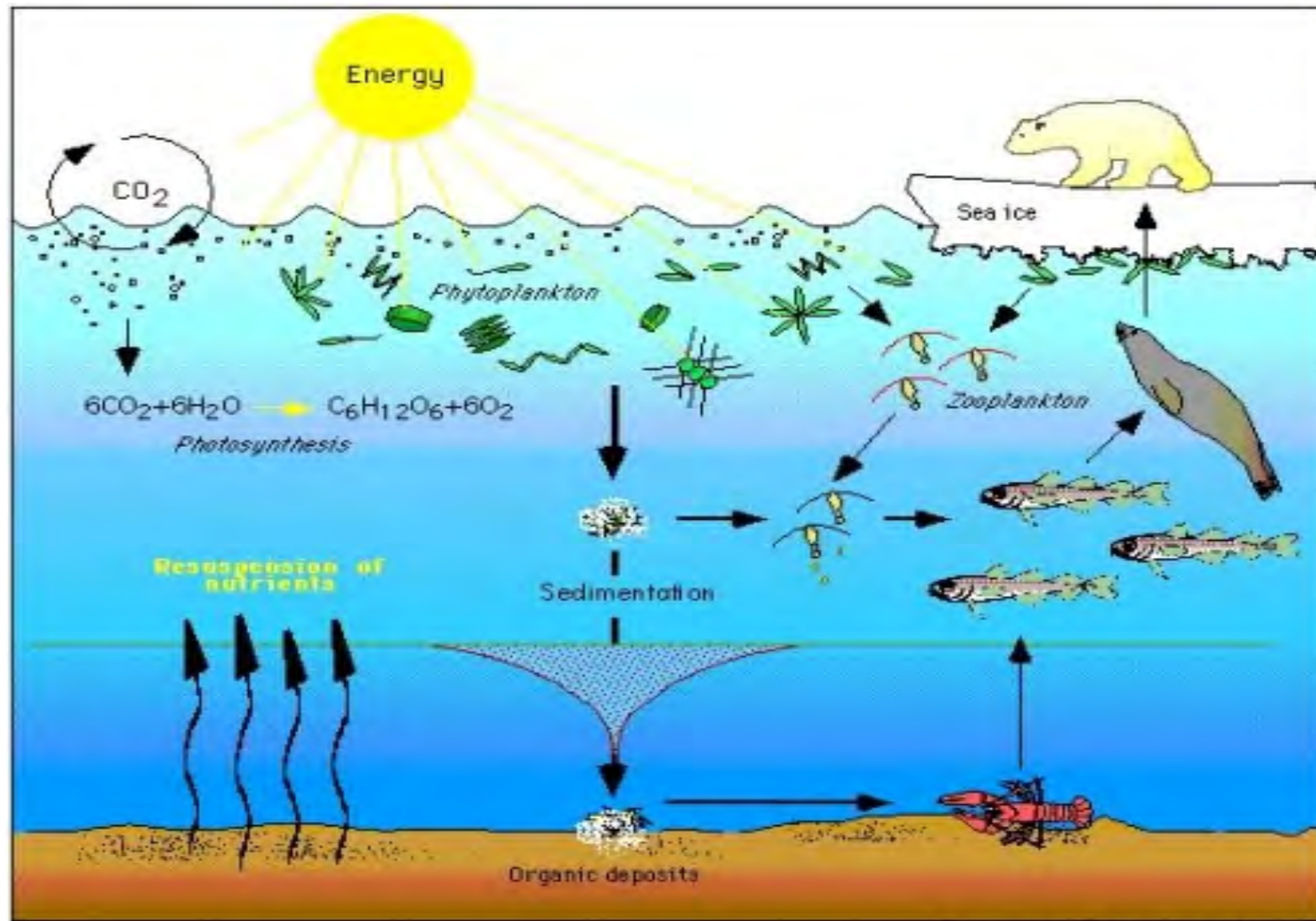
Esempio di Bioingrandimento per il DDT

Anche se il DDT non viene più impiegato da anni come insetticida, esso è ancora presente in molti ecosistemi a causa del bioaccumulo lungo la catena alimentare.

Essendo liposolubile, si accumula nei tessuti muscolari e grassi degli animali mentre sparisce in breve tempo dall'acqua.

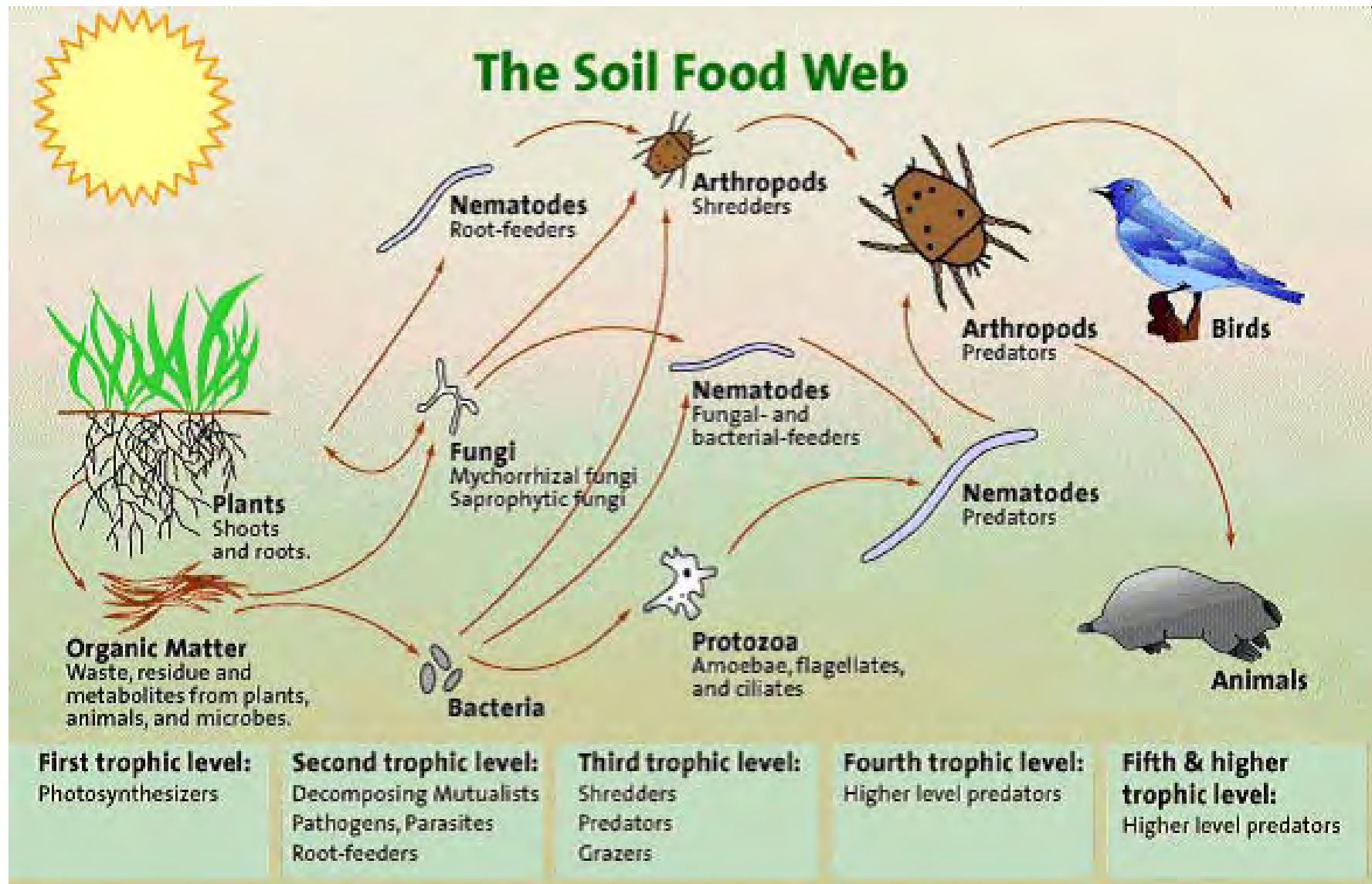


Processi tipici di un ecosistema

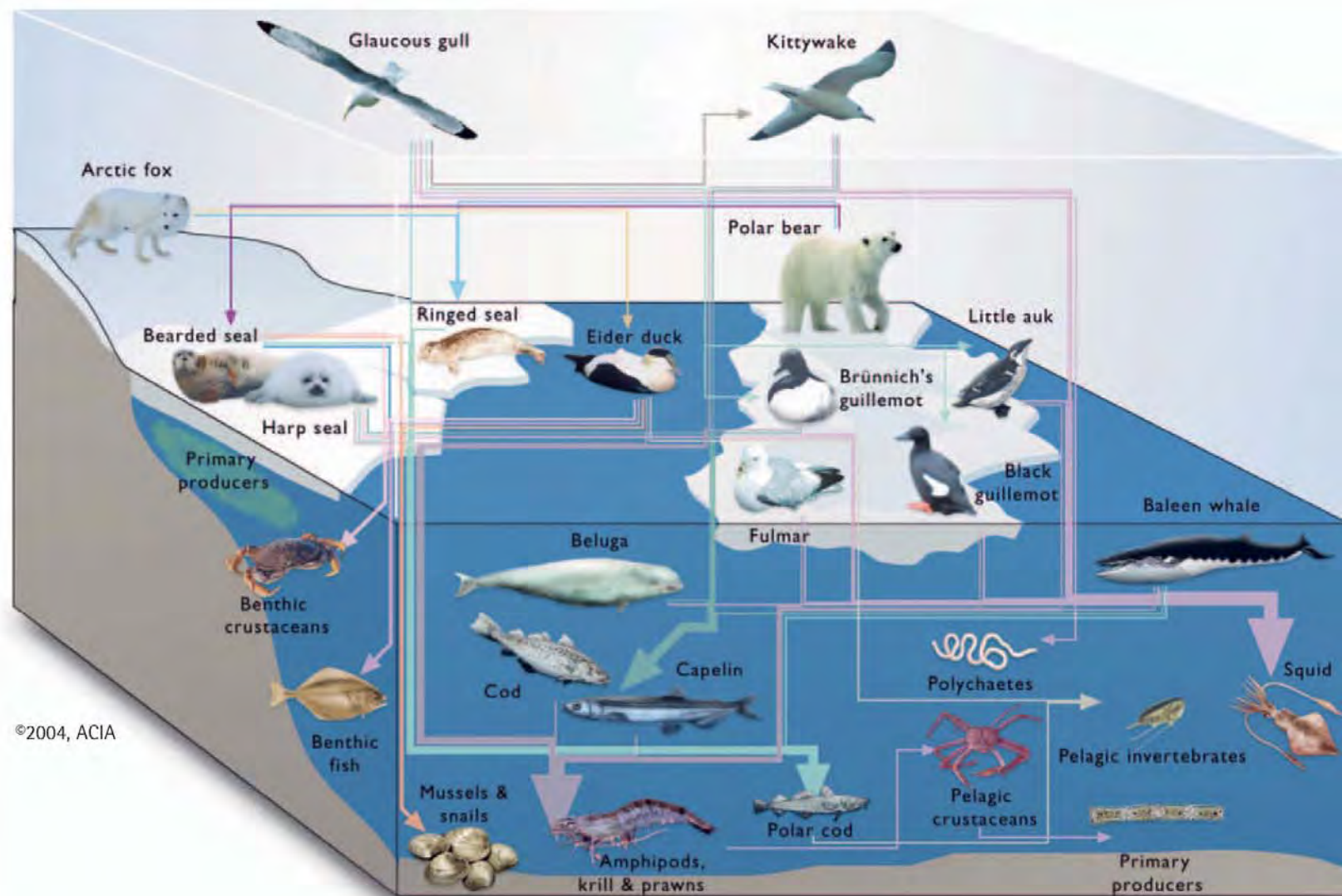


Drawn by Christopher Krembs



Ecosistema di un suolo biologico



Ecosistema artico



Bibliografia

-  Odum, E.P., *Ecologia*, Zanichelli, 1966.
-  The Open University, *Organismi e Ambiente: la dinamica dei rapporti in natura*, Mondadori, 1980.
-  De Santo, R.S., *Concepts of Applied Ecology*, Springer Verlag, 1978.
-  Clapham, W.B. Jr., *Natural Ecosystems*, 2nd ed., MacMillan Publ. Co., 1983.
-  Odum, E.P., *Basi di Ecologia*, Piccin, 1988.
-  Matthey, W., Della Santa, E., Wannemacher, C., *Guida Pratica all'Ecologia*, Zanichelli, 1987.
-  Ågren, G.I., e Bosatta, E., *Theoretical Ecosystems Ecology*, Cambridge Univ. Press., 1996.