

Università degli Studi di Trieste

Corso di Studio in

Scienze e Tecnologie Biologiche

Funzione di flusso, produzione e produttività:

- **Produzione primaria**
- **Fotosintesi e chiemiosintesi**
- **Produzione secondaria**
- **Produttività**
- **Metodi di misura della produzione**
- **Esempi in ecosistemi diversi**
- **Fattori limitanti la produttività**
- **Tempi di turnover**
- **Flussi energetici ausiliari**

ECOLOGIA
Prof. Monia Renzi (BIO/07)
mrenzi@units.it

III anno – I Semestre

(*) Il materiale didattico fornito dal docente può contenere parti o immagini soggette a copyright, la diffusione e/o riproduzione non è autorizzata.

PRODUZIONE PRIMARIA

CLOROFILLIANA
(PIANTE VERDI)

>99% in peso della materia vivente



+[O_2]



FOTOSINTESI

$1{,}7*10^{11}$ t/y





LUCE

-[O_2]

ORGANICAZIONE



BATTERICA
3-5%----> 25%
LAGHI E STAGNI



BUIO



CHEMIOSINTESI



BATTERI CHEMIO LITOAUTOTROFI

$NH_3 \rightarrow NO_2^- \rightarrow NO_3^{2-}$

$H_2S \rightarrow S^0$

$^{2+}Fe \rightarrow ^{3+}Fe$



Se il bilancio (come in certe ere geologiche) **è a favore della produzione fotosintetica, l'atmosfera accumula O_2 gassoso**.

L'eccesso di carbonio organicato dalla produzione fotosintetica (a partire dal Cambriano, 1,6 x10^9 anni fa) **è trasformato in depositi fossili senza essere respirato o decomposto**.



3,5 miliardi di anni fa inizia la rimozione della CO_2 dall'atmosfera terrestre



- Aumento O_2
- Atmosfera ossidante
- Formazione dello strato di ozono e protezione della superficie terrestre
- Stabilizzazione della temperatura attraverso gas serra



La Terra 3,5 miliardi anni fa

CO_2 98%
N_2 2%

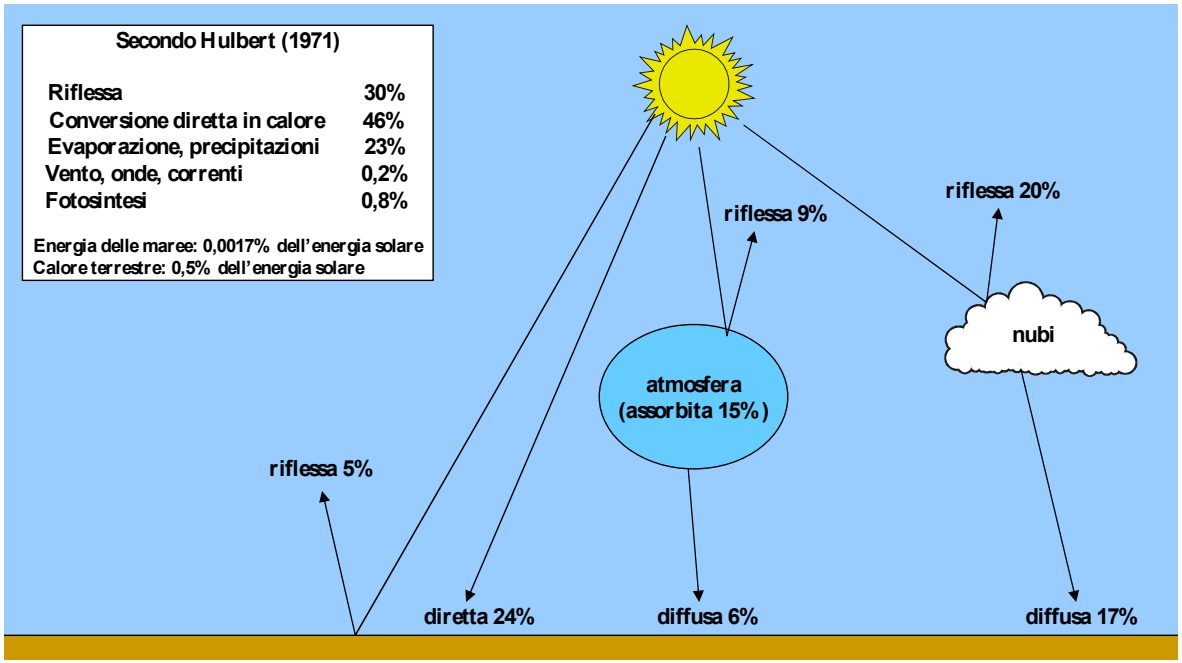


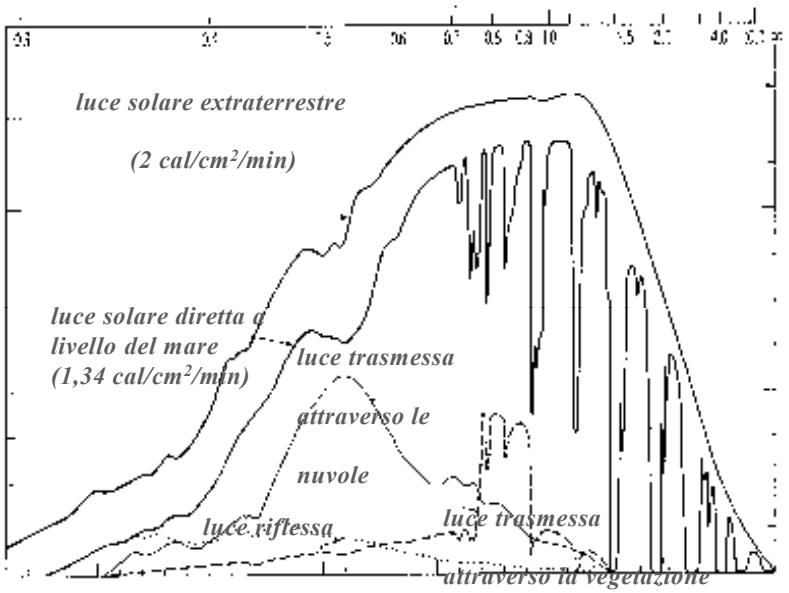
La Terra oggi

CO_2 0,03%
N_2 78%
O_2 21%

Sul limite superiore esterno dell'atmosfera arriva una quantità costante di energia pari a **2 cal cm^{-2} min^{-1}** (costante solare)

Dissipazione energetica della radiazione solare come percentuale dell'input annuale nella biosfera



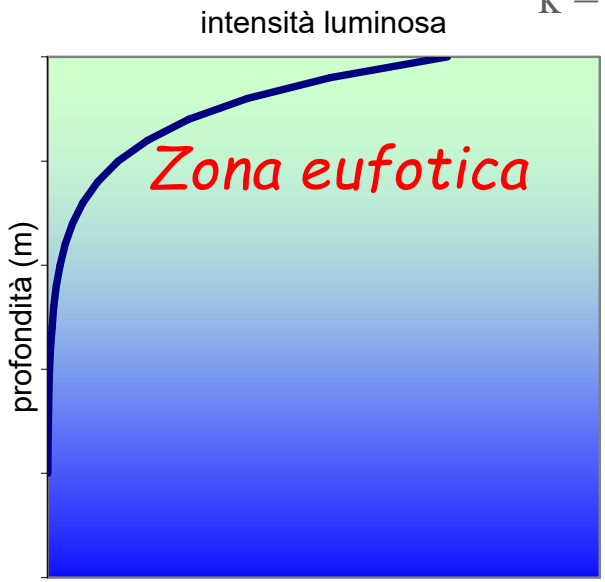


- A livello della superficie del mare la quantità di energia solare incidente diminuisce ad opera del processo di assorbimento operato dall'atmosfera e dalla riflessione e assorbimento delle nubi.
- Sulla superficie terrestre un ruolo fondamentale viene svolto anche dagli strati vegetazionali

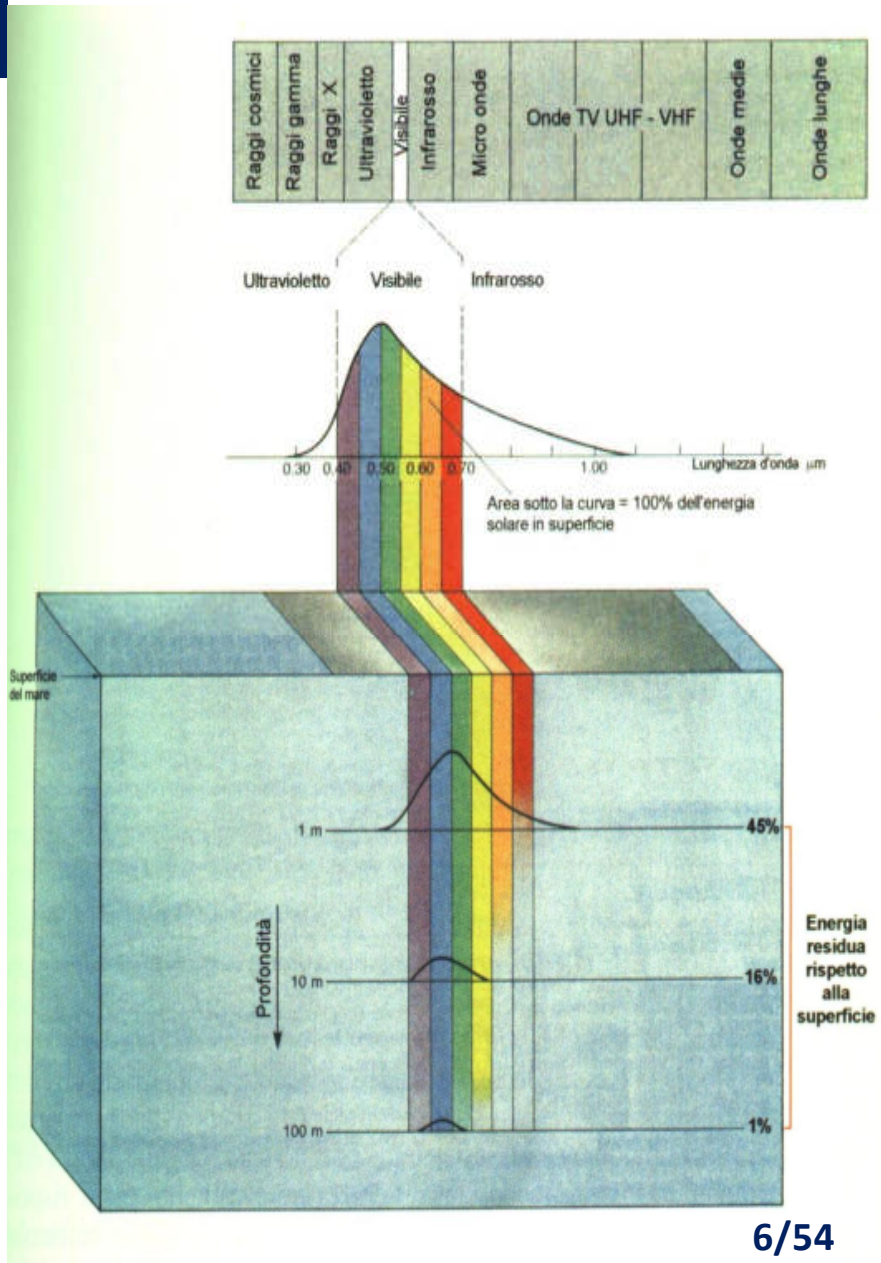
La radiazione solare varia con la profondità della colonna d'acqua sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, quest'ultimo in accordo a un'equazione esponenziale di tipo negativo

$$I_z = I_o\, e^{-kz}$$

I_z = intensità della radiazione solare alla profondità Z
I_o = Intensità della radiazione solare in superficie
z= profondità
k = coefficiente di estinzione

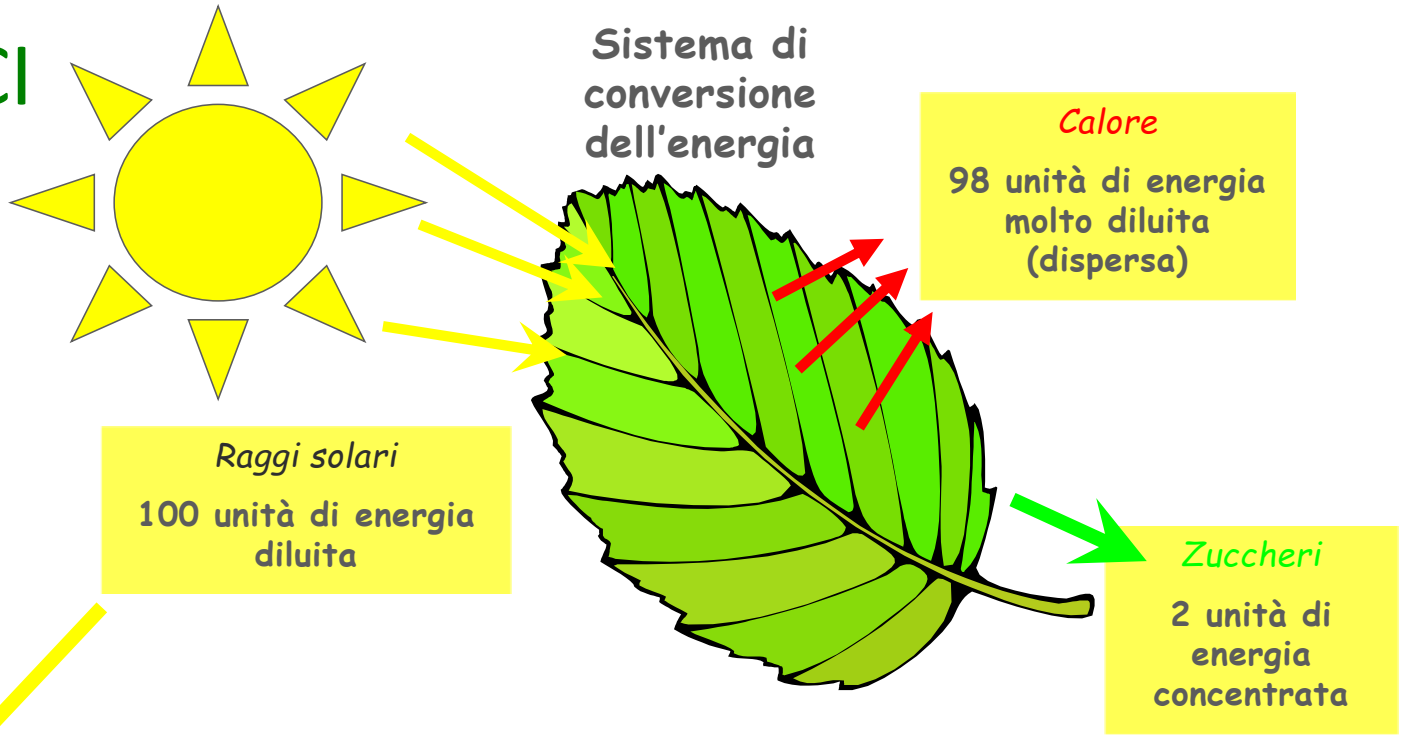


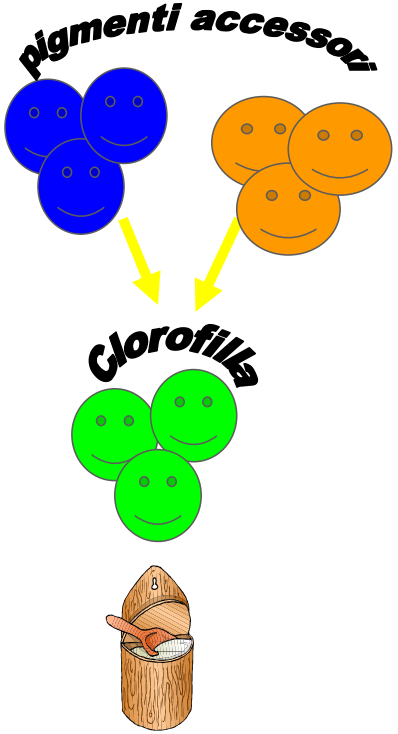
Estinzione spettrale di un fascio luminoso con la profondità



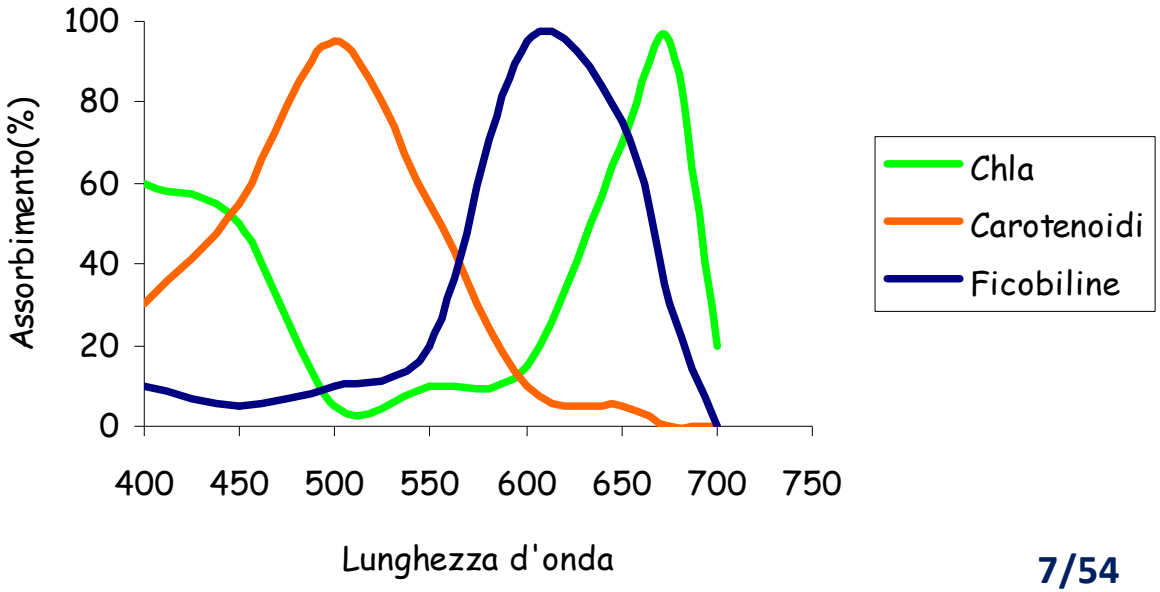
FLUSSI ENERGETICI NELLA FOTOSINTESI

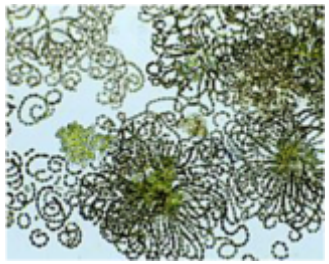
Gli organismi autotrofi per compiere il processo fotosintetico utilizzano l'energia solare di specifiche lunghezze d'onda ovvero quelle comprese nel campo del visibile tra **400 e 700 nm**





Assorbimento della luce per opera dei tre gruppi di pigmenti fotosintetici





Anabaena lemmermannii (L. di Garda). 200X

BATTERI (CYANOBACTERIA)

Procarioti fotosintetici con clorofilla-a

ALGHE

Unicellulari & pluricellulari

CORALLI COSTRUTTORI

(simbiosi alga-celenterato)

LICHENI

MUSCHI

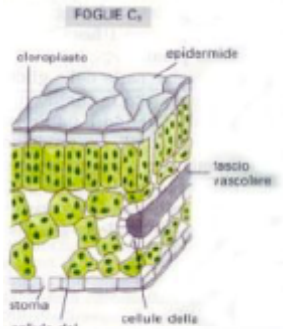
PIANTE SUPERIORI

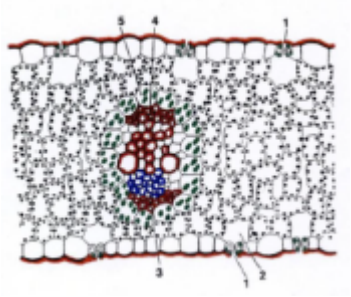






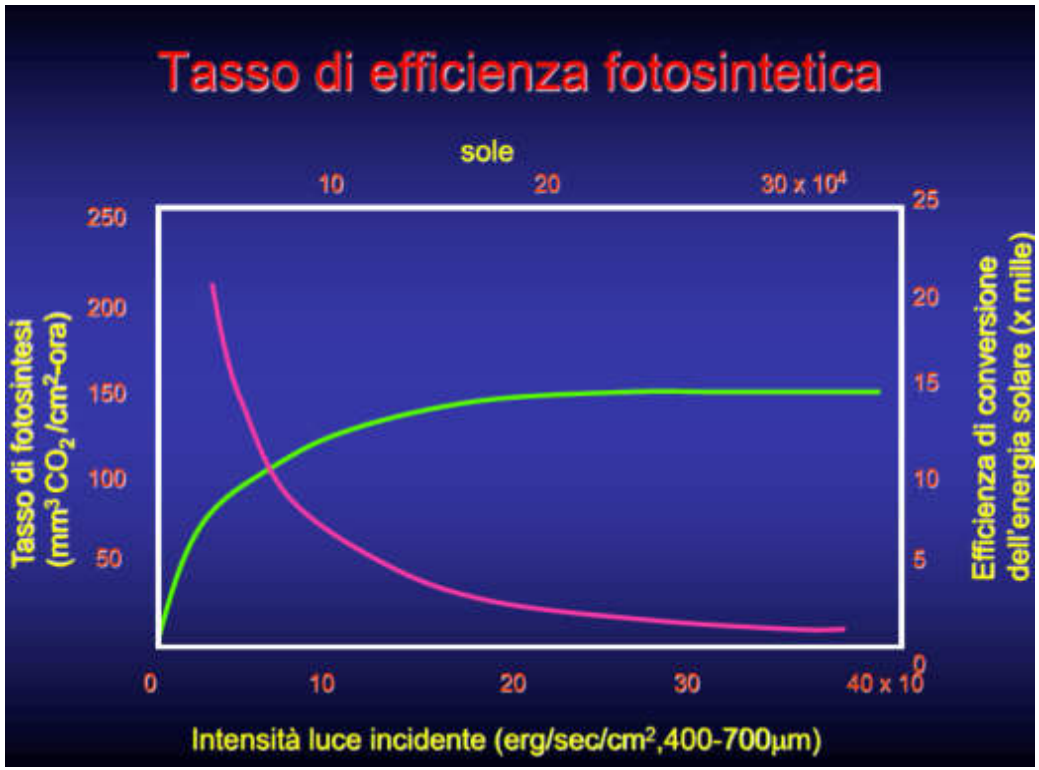


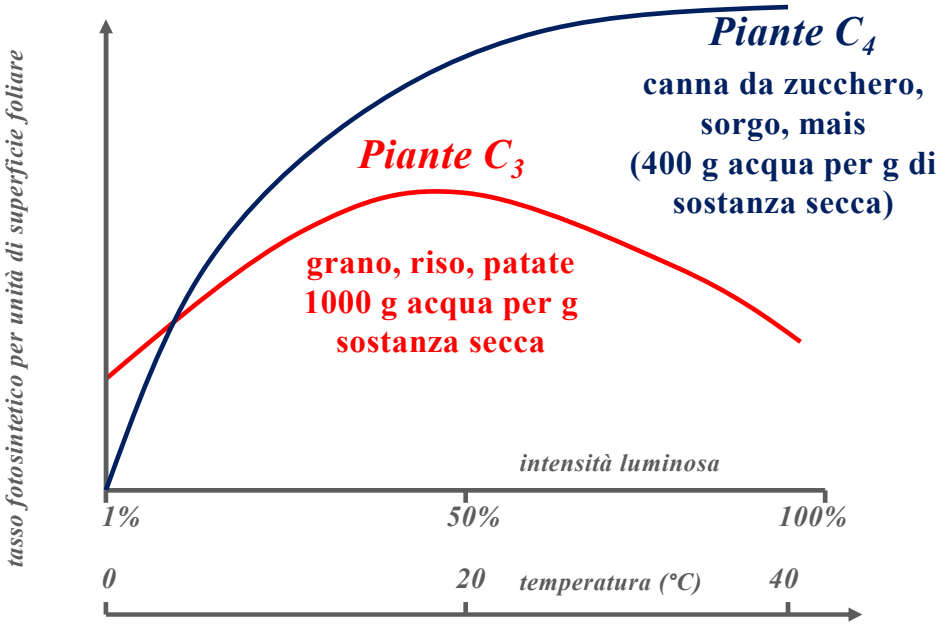




- *Tipo C3*
  - Max tasso fotosintetico/unità superficie
  - Max. efficienza con luce e temperatura moderate
  - 400-1000 g H_2O per avere 1g materia secca
  - Fissazione su ribulosio 1,5-difosfato
- *Tipo C4*
  - Adattate alte intensità luce e temperatura
  - <400g H_2O per avere 1g materia secca
  - Fissazione su PEP e trasporto al cloroplasto con acidi a 4 atomi di carbonio
- *Tipo CAM*
  - Climi aridi (riserve acqua + acido crassulceo)
  - Metabolismo intermittente, fioritura rapida
  - Separazione temporale tra fissazione della CO_2 (notte) chiusura degli stomi (giorno), trasporto ed organicazione

Percentuale di specie C4 in un transetto est-ovest nei deserti e praterie in USA.	Specie C_4
Praterie ad erba alta	59
Praterie ad erba mista	76
Praterie ad erba bassa	100
Deserti estivi	100
Deserti invernali	0





RESPIRAZIONE (CATABOLISMO)

Qualsiasi ossidazione biologica che produce energia

AEROBICA

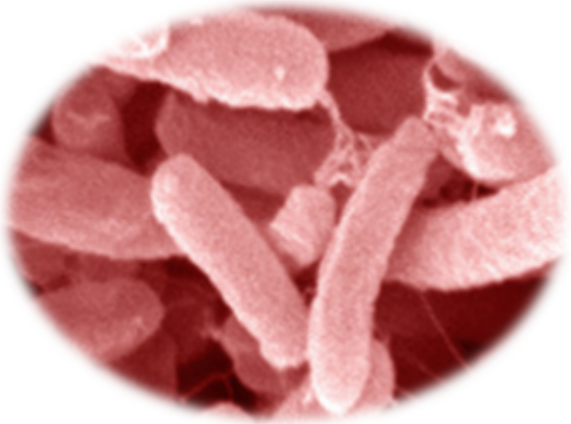
O_2 accettore di elettroni (ossidante)

- Tipica di animali e piante
- Inverso della fotosintesi
- La sostanza organica diviene $CO_2 + H_2O$ + energia termica + prodotti metabolici che possono dare ancora energia

ANAEROBICA

Molecola organica è accettore di elettroni

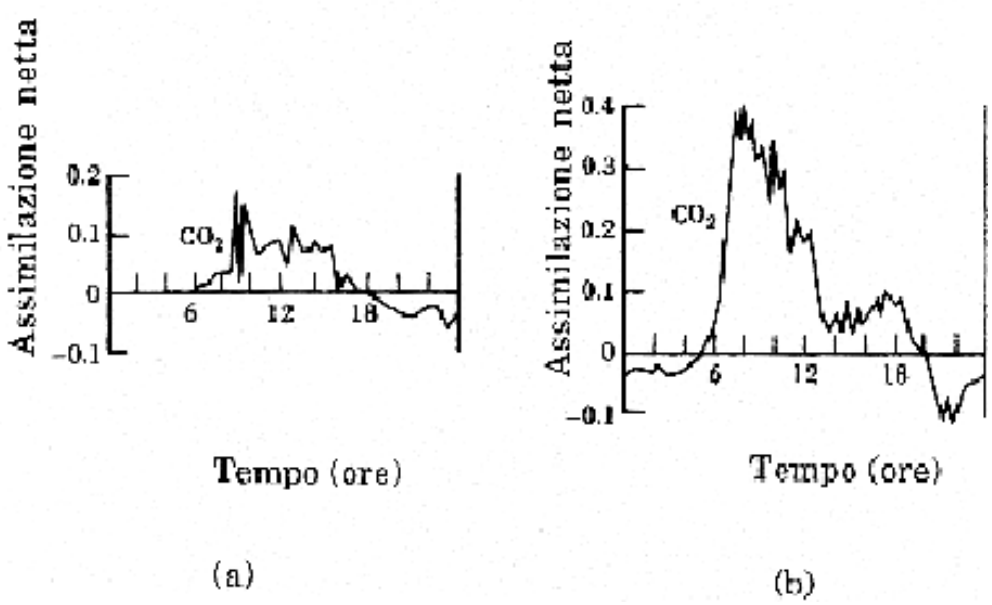
- Tipica di batteri, lieviti, muffe
- Processi lenti
- Basso consumo di energia
- Elevato accumulo di sottoprodotti (metano, idrogeno solforato, etanolo)



BILANCIO TRA PRODUZIONE E RESPIRAZIONE

L'accumulo di materia vivente nelle piante (cioè la produzione primaria) è possibile perché la **fotosintesi e la respirazione non si compensano**, ovvero l'energia catturata attraverso il processo di fotosintesi è maggiore dell'energia persa col processo di respirazione. Questo nonostante che di notte avvenga solo la respirazione.

La differenza di energia viene immagazzinata come tessuto vegetale che, tra l'altro, costituisce il cibo per gli erbivori (secondo livello della catena alimentare) e rende quindi possibile il trasferimento di energia agli organismi eterotrofi.



Andamento giornaliero dell'assimilazione netta di CO_2 per l'abete di Douglas in (a) inverno e (b) estate (Helms, 1965).

Diurnal and seasonal patterns of net assimilation in Douglas-fir, *Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco*, as influenced by environment. *Ecology*, **46**:698-708.

PRODUZIONE PRIMARIA

PPL

Produzione primaria lorda

Energia acquisita con la fotosintesi

PPN

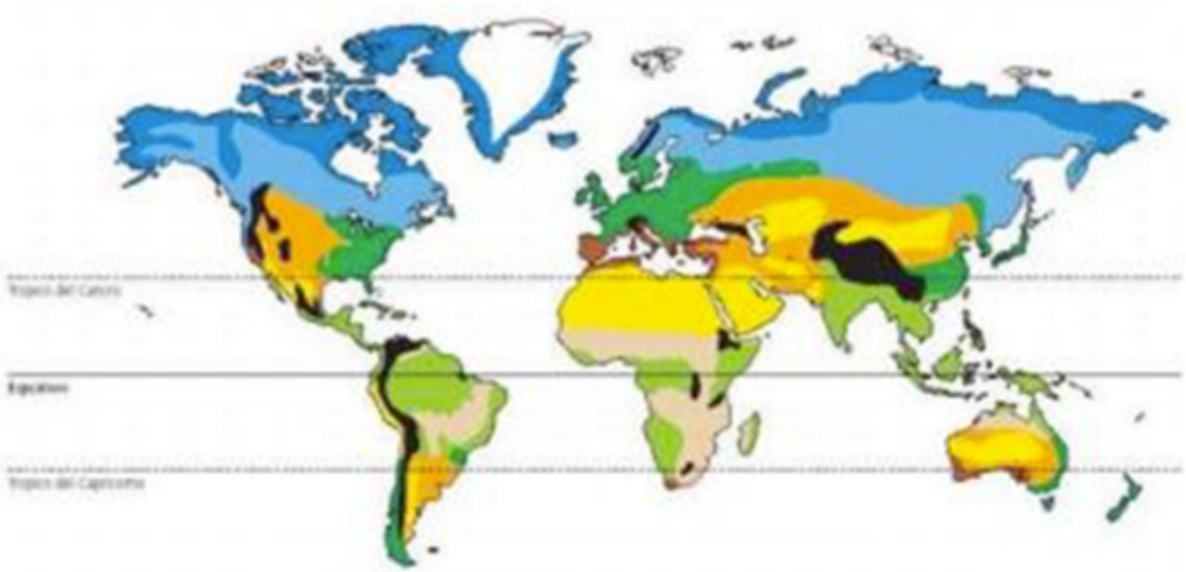
Produzione primaria netta

PPL-Energia persa con la respirazione

Tipo di vegetazione	PPN (g m^{-2} anni^{-1})	Biomassa (g m^{-2})
Tundra artica	100	500
Tundra a cespugli nani	250	2800
Taiga settentrionale	450	10000
Taiga intermedia	700	26000
Taiga meridionale	850	33000
Faggete	1300	37000
Querceti	900	40000
Steppe temperate	1120	2500
Steppe aride	420	1000
Deserti a cespugli nani	122	430
Deserti subtropicali	250	600
Foreste subtropicali	2450	41000
Savane aride	730	2680
Savane	1200	6660
Foreste pluviali tropicali	3250	50000
Mangrovie	930	12730
Oceano aperto	125	3
Piattaforma continentale	350	10
Terreno agricolo	650	1000

Krebs, C. (1972).Ecology. Harper & Row, New York.

PPN nei vari Biomi terrestri



Gradiente geografico (massimo Equatore)

- **Tundra**
- **Foresta conifere (taiga)**
- **Foresta temperata a foglie caduche**
- **Prateria temperata (steppa)**
- **Macchia mediterranea (chaparral)**
- **Deserto**
- **Prateria tropicale o savana**
- **Foresta tropicale**
- **Alte montagne**

PPN SUL PIANETA TERRA: BILANCI GLOBALI

Stime della produzione primaria netta e della biomassa vegetale nei vari biomi che compongono la nostra biosfera.

kgC = 50% kg biomassa secca

Efficienza fotosintetica = Produzione primaria lorda Energia della radiazione solare

Efficienza produzione netta = Produzione primaria netta Produzione primaria lorda

Entrambe le efficienze sono numeri puri compresi tra 0 e 1

Bioma	Area (10^6km^2)	Biomassa totale (PgC)	Densità di biomassa (kgC m^{-2})	PPN (PgC anno^{-1})	PPN media gCm^{-2} anno^{-1}
Foreste tropicali	17.5	340	19.4	21.9	1251.4
Foreste temperate	10.4	139	13.4	8.1	778.8
Foresta boreale	13.7	57	4.2	2.6	189.8
Savane tropicali e praterie	27.6	79	2.9	14.9	539.9
Praterie temperate e cespuglieti	17.8	23	1.3	7	393.3
Deserti e semideserti	27.7	10	0.4	3.5	126.3
Tundra	5.6	2	0.4	0.5	89.3
Terreno agricolo	13.5	4	0.3	4.1	303.7
Ghiaccio	15.5	0	0	0	0
Totale terraferma	**149.3**	**654**	**4.4**	**62.6**	**419.3**
Acque oligotrofiche	-	-	-	11.0	-
Acque mesotrofiche	-	-	-	27.4	-
Acque eutrofiche	-	-	-	1.0	-
Totale oceano	**361**	**3**	**0.0083**	**48.5**	**134.3**
Totale generale	**510.3**	**657**	**1.29**	**111.1**	**217.7**

Le informazioni sui biomi terrestri sono tratte dal terzo rapporto dell'IPCC (Houghton et al., 2001), quelle sugli ecosistemi marini da Field et al. (1998).

Houghton, J. T., Ding, Y., Griggs, D., Noguer, M., van der Linden, P. J., e Xiaosu, D. (curatori) (2001).IPCC Third Assessment Report - Climate Change 2001: The Scientific Basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Field, C. B., Behrenfeld, M. J., Randerson, J. T., e Falkowski, P. (1998).Primary Production of the Biosphere: Integrating Terrestrial and Oceanic Components. Science, **281**:237-240.

Chemiosintesi: una componente importante della produzione

Il processo di produzione non è limitato alla fotosintesi, che avviene in presenza di ossigeno. Tale processo viene infatti realizzato anche in condizioni anossiche da parte di numerosi organismi; in questo caso si parla di chemiosintesi e di organismi chemiosintetici.
La formula generale della produzione diventa quindi la seguente:

$$CO_2 + 2H_2A + \underset{\text{solare}}{\text{energia}} \longrightarrow (CH_2O) + H_2O + 2A$$

dove A è l'ossigeno nella fotosintesi, o una molecola diversa a seconda del processo di chemiosintesi che si considera. Nel caso ad esempio dei solfobatteri che vivono in alcune sorgenti termali la reazione di produzione è la seguente:

$$CO_2 + 2H_2S + \underset{\text{solare}}{\text{energia}} \longrightarrow (CH_2O) + H_2O + 2S$$

Per il loro metabolismo i solfobatteri compiono il processo inverso, con liberazione di idrogeno solforato; da qui deriva il cattivo odore di questo gas che si sente in queste zone.

$$(CH_2O) + 2A \longrightarrow CO_2 + H_2S + \underset{\text{chimica}}{\text{energia}}$$

CHEMIOSINTESI

Processo di recupero energetico derivante dalla rottura di legami chimici

Batteri dello zolfo

Desulfovibrio spp. e *Desulfomonas* spp.

(Denitrificazione, anaerobi obbligati)

Thiobacillus spp. (Ossidazione dello zolfo, aerobio)

Batteri dell'azoto

Ammonificazione molte specie

Nitrificazione (nel terreno)

Nitrosomonas spp. (NH_3 → NO_2^-)

Nitrobacter spp. (NO_2^- → NO_3^-)

Nitrificazione (In mare)

Nitrosococcus spp. e *Nitrococcus* spp.

Denitrificazione:

Pseudomonas denitrificans

(Anaerobio obbligato, Terreno o sedimenti superficiali)

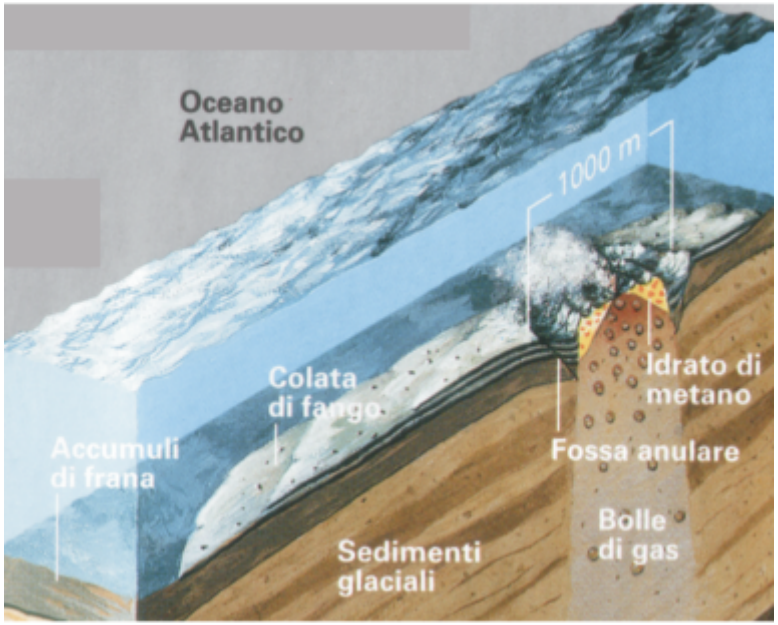
RESA DEI PROCESSI

Processo	*Organismo*	*Resa* ($kJ \cdot mol^{-1}$)
Respirazione		
$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$	Pressoché universale	2870
Denitrificazione		
$C_6H_{12}O_6 + 6KNO_3 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O + 6KOH + 3N_2O$	*Pseudomonas denitrificans*	2280
$5C_6H_{12}O_6 + 24KNO_3 \rightarrow 30CO_2 + 18H_2O + 24KOH + 12N_2$	*Pseudomonas denitrificans*	2385
$5S + 6KNO_3 + 2CaCO_3 \rightarrow 3K_2SO_4 + 2CO_2 + 3N_2$	Solfobatteri anaerobi	552
Ammonificazione		
$C_2H_5NO_2 + 1{,}5O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + NH_3$	Molti batteri; la maggior parte delle piante e degli animali	736
Nitrificazione		
$NH_3 + 1{,}5O_2 \rightarrow HNO_2 + H_2O$	Batteri *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*	276
$KNO_2 + 0{,}5O_2 \rightarrow KNO_3$		73
Azotofissazione		
$2N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$	Alcuni cianobatteri, *Azotobacter*	−616
Ossidazione dello zolfo		
$2H_2S + O_2 \rightarrow S_2 + 2H_2O$		335
$S_2 + 3O_2 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4$		1004
Ossidazione del ferro		
$Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$		48

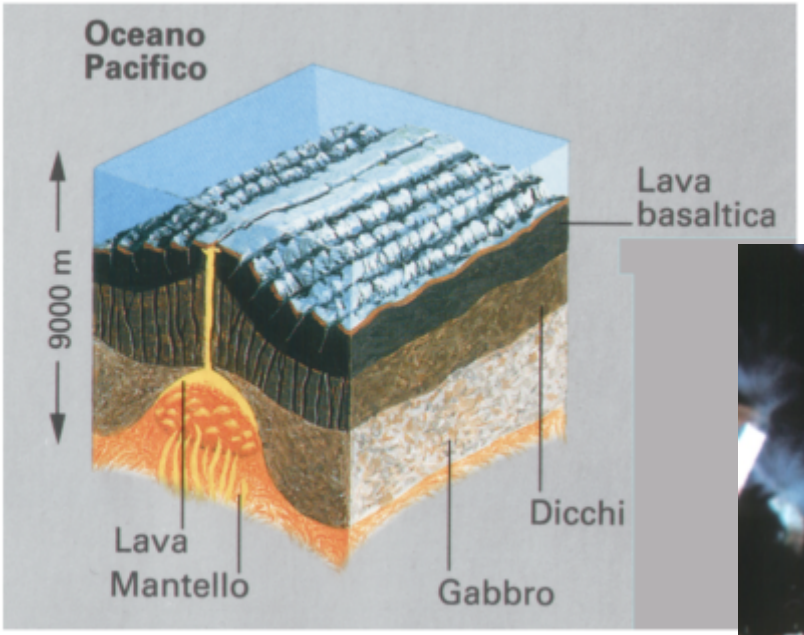
CHEMIOSINTESI: IL PROCESSO INIZIALE SUL

Prima che comparisse la vita sul nostro pianeta, l'atmosfera era priva di ossigeno e costituita in massima percentuale da anidride carbonica. I primi organismi che si sono insediati sul nostro pianeta erano quindi chemiosintetici, in grado cioè di effettuare il proprio metabolismo in assenza di ossigeno.

La chemiosintesi è comunque oggi molto diffusa, specialmente in ambienti quali i fondali oceanici in presenza di sorgenti idrotermali e di vulcani di fango.



Vulcano di fango

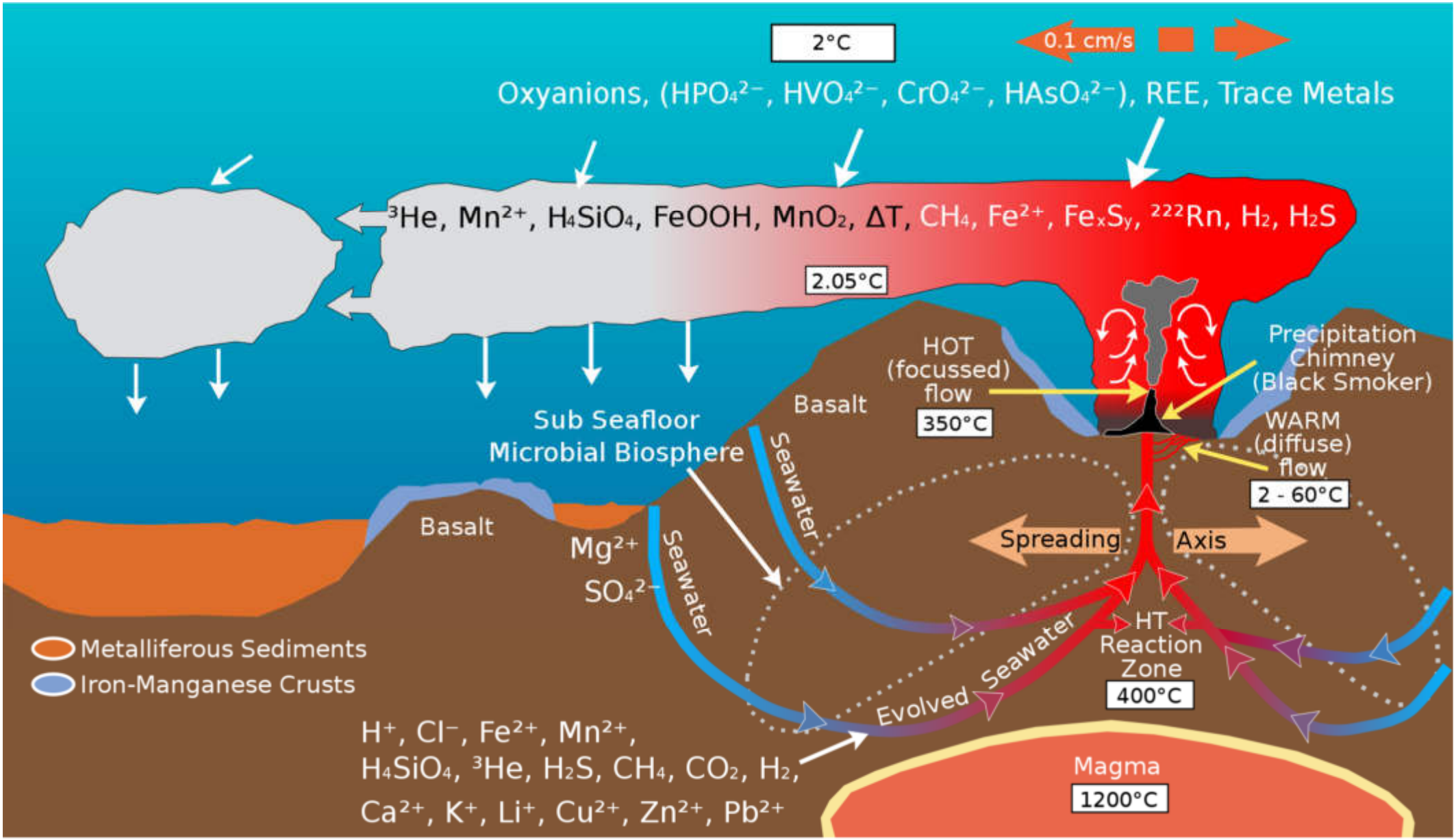


Sorgente idrotermale

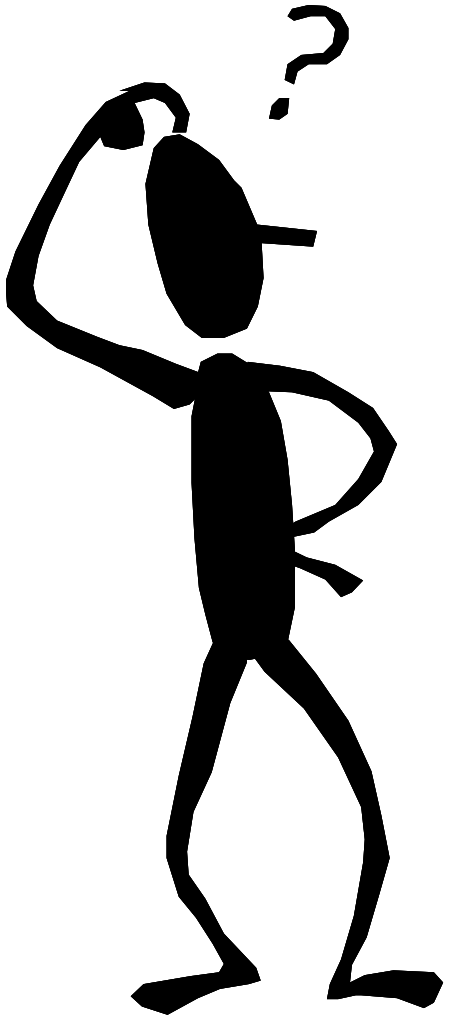


Una delle osservazioni più sconcertanti fatte sulle sorgenti termali sottomarine è stata la presenza di numerose forme viventi nelle immediate adiacenze delle bocche termali (molluschi, granchi, vermi tubiformi di notevoli dimensioni).

Il loro sostentamento non può essere spiegato con i detriti organici provenienti dalla superficie e derivanti da un carbonio organicato in superficie, fotosinteticamente, dal fitoplancton, che è costituito da organismi autotrofi.



National Oceanic and Atmospheric Administrationvectorization: Own work / Public domain



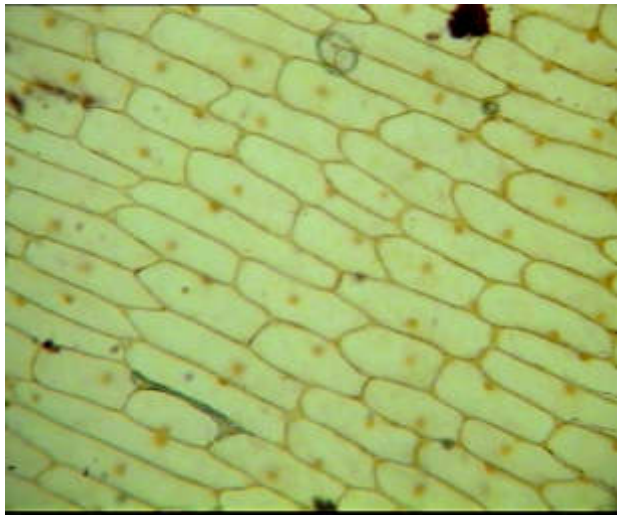


DOMANDE??

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE PRIMARIA

I metodi di misura della produzione primaria dipendono da:

- Tipo di habitat
- Forma di accrescimento e taglia dei produttori primari
- Obiettivo dello studio (produzione lorda o produzione netta)
- Intero sistema o parte di esso







I metodi più utilizzati sono:

- **Metodo del raccolto**
- **Metodo della CO_2**
- **Metodo della biomassa**
- **Metodo dell'ossigeno**
- **Metodo del ^{14}C**
- **Metodo della scomparsa di materiali**

CONCETTO DI PRODUTTIVITÀ

Velocità per unità di superficie con la quale l'energia solare o chimica è trasformata in sostanza organica (biomassa) dagli organismi produttori primari.

Può essere quindi espressa come <u>biomassa o energia riferita ad unità di spazio e tempo.</u>

PRODUTTIVITA' PRIMARIA LORDA (PPL):

Velocità di fotosintesi totale (Kjoule/spazio/tempo)

0,2-5% dell'energia raggiante che raggiunge la Terra è convertita in fotosintesi lorda

↓ - Respirazione autotrofa

La respirazione autotrofa consuma tra il 20-50% della materia organica prodotta.

PRODUTTIVITA' PRIMARIA NETTA (PPN):

Velocità di produzione della materia organica disponibile per il livello trofico successivo

↓ - Respirazione comunità

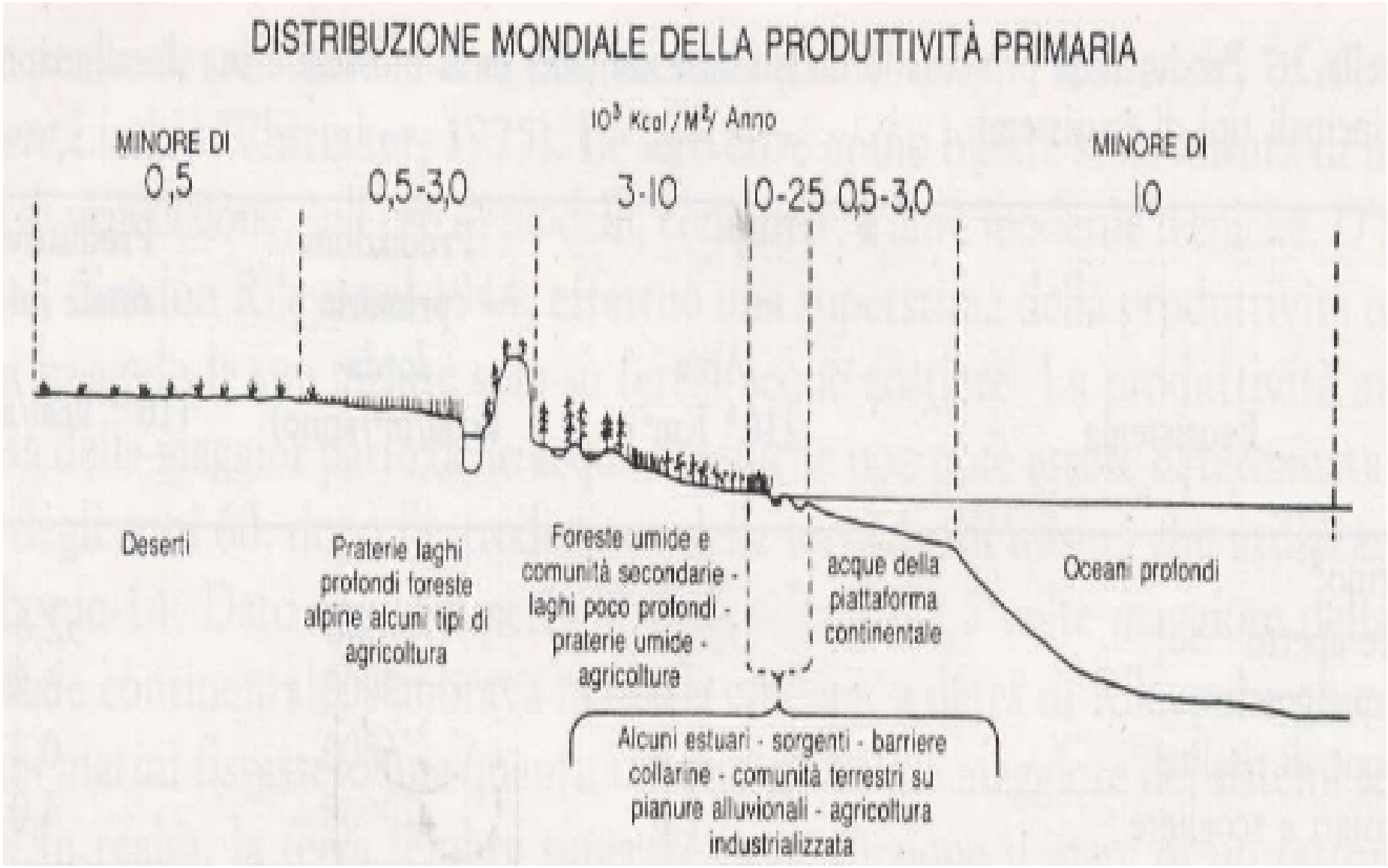
↓ - Respirazione eterotrofa

L'energia disponibile per il livello trofico successivo è 0,1-4% dell'energia assorbita dagli autotrofi

$PPN = PPL - R$

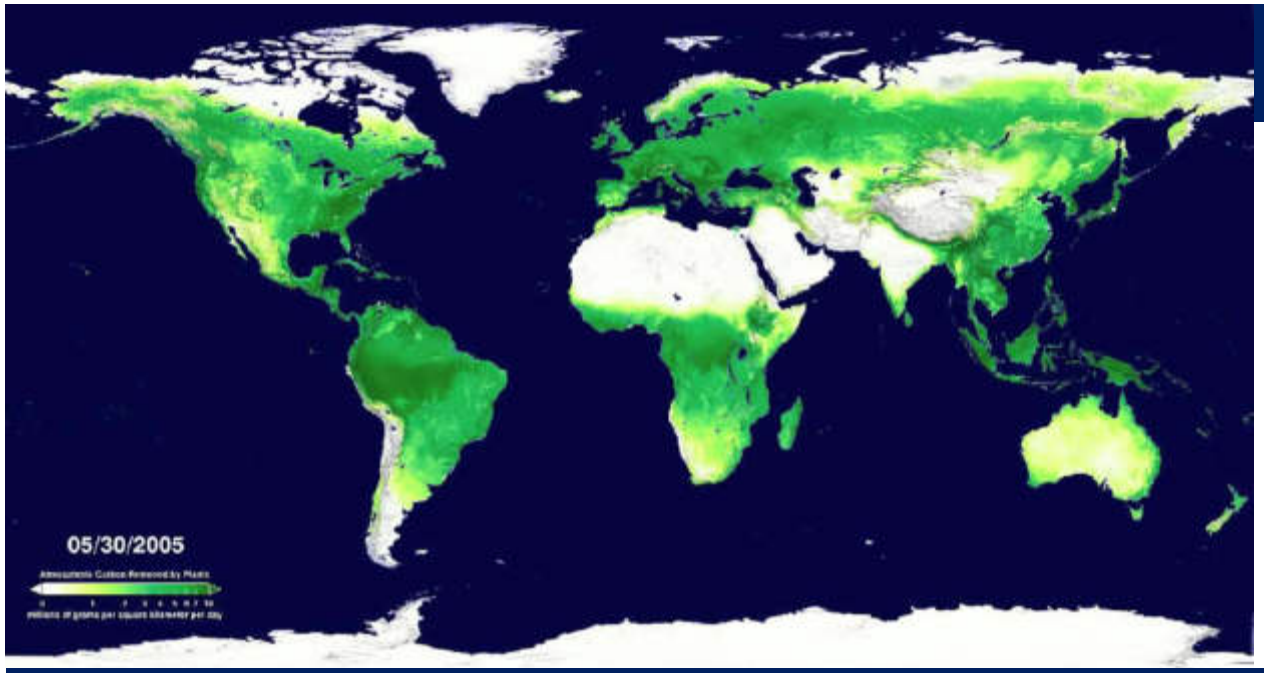
PRODUTTIVITA' PRIMARIA NETTA DELLE COMUNITA'

Accumulo netto di biomassa nella comunità


DISTRIBUZIONE MONDIALE DELLA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA
10^3 Kcal / M^2 / Anno
MINORE DI 0,5
0,5-3,0
3-10
10-25
0,5-3,0
MINORE DI 10
Deserti
Praterie laghi profondi foreste alpine alcuni tipi di agricoltura
Foreste umide e comunità secondarie - laghi poco profondi - praterie umide - agricolture
acque della piattaforma continentale
Oceani profondi
Alcuni estuari - sorgenti - barriere coralline - comunità terrestri su pianure alluvionali - agricoltura industrializzata

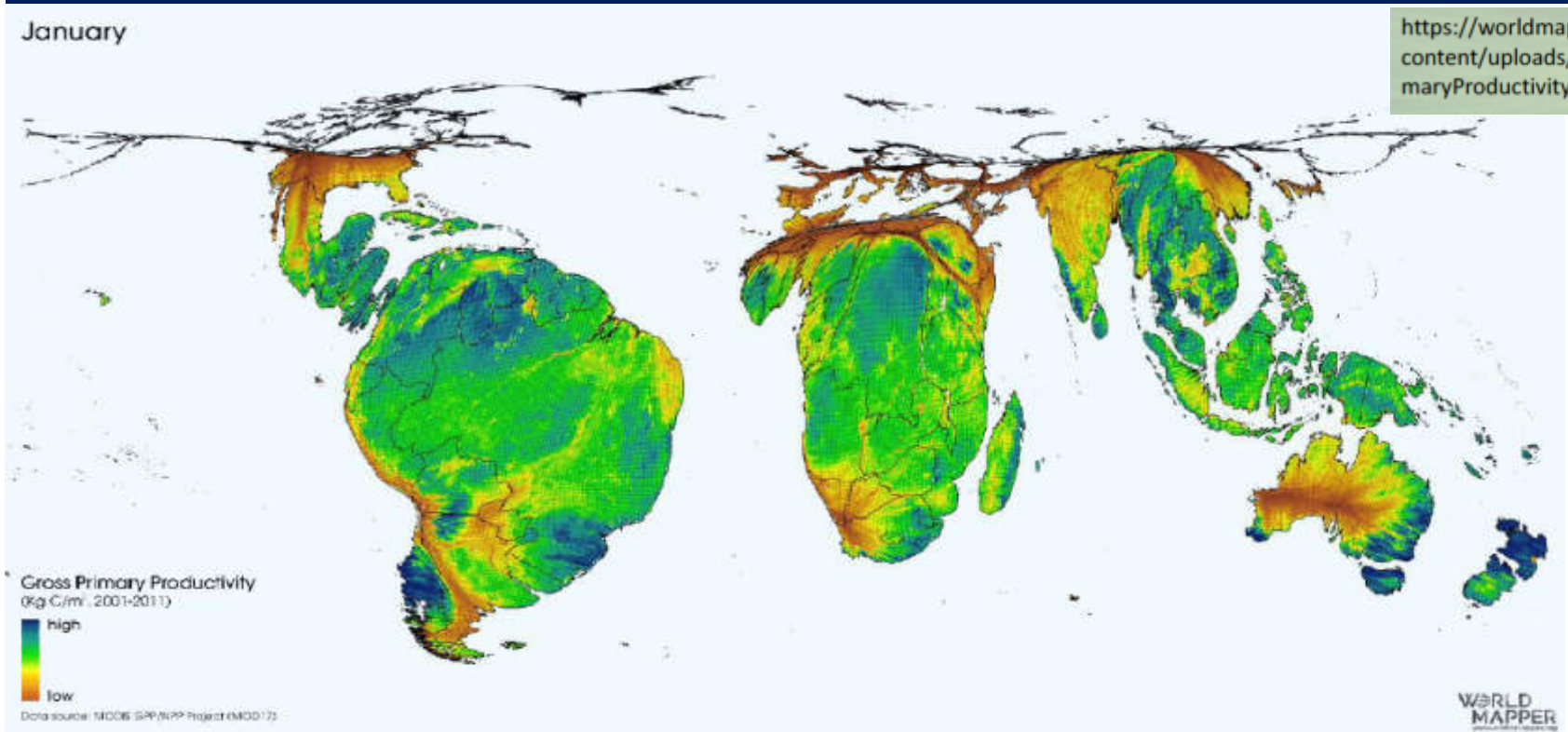
Odum, 1963

PRODUTTIVITÀ TERRESTRE

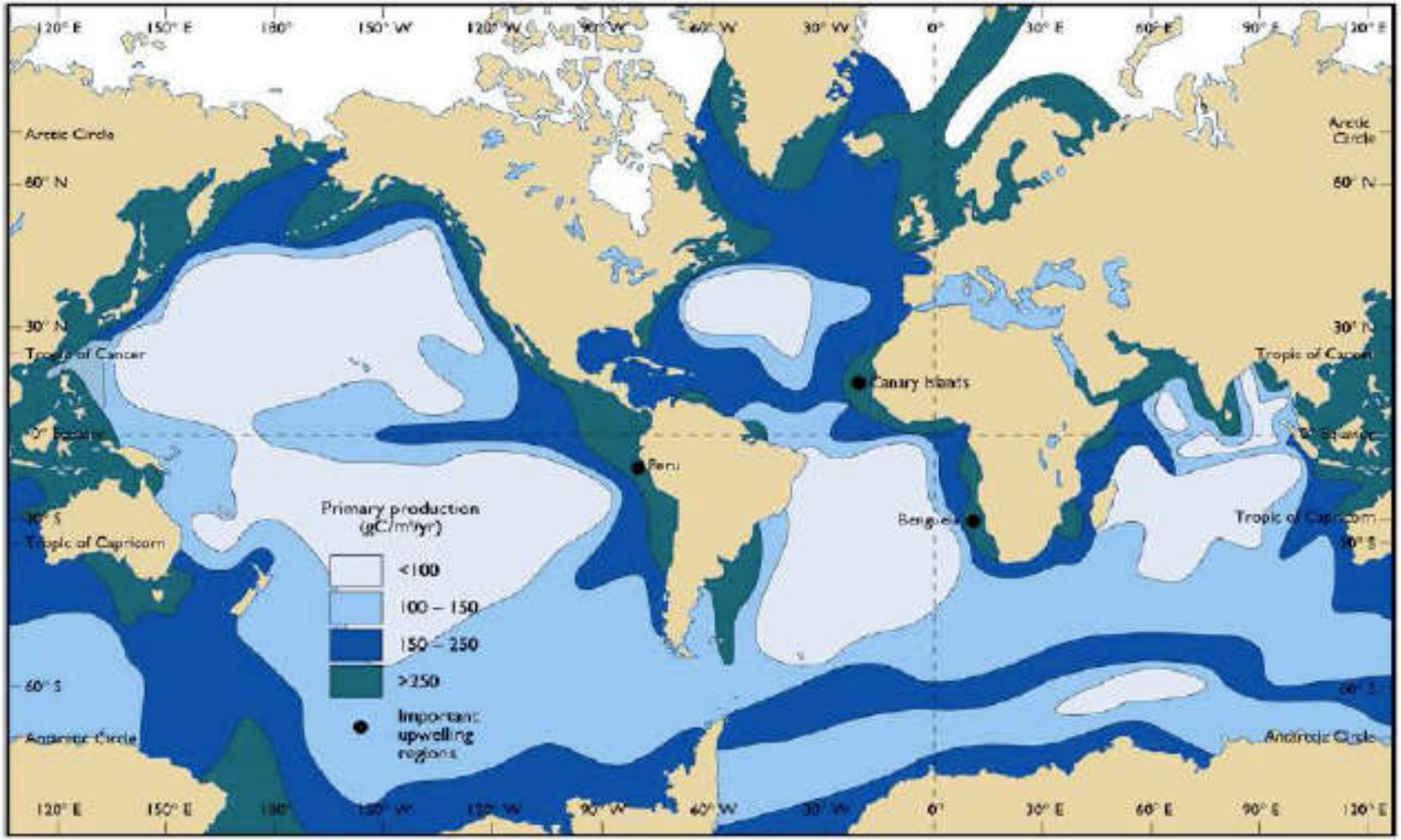


VARIAZIONE STAGIONALE DELLA PRODUTTIVITÀ

https://worldmapper.org/wp-content/uploads/2018/07/Animation_Grid_GrossPrimaryProductivity_2001to2011.gif

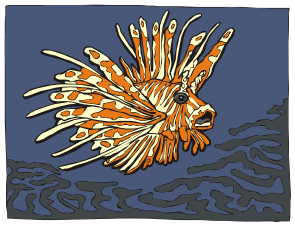


PRODUTTIVITÀ OCEANI



(a) PRIMARY PRODUCTIVITY

PRODUTTIVITÀ PRIMARIA DI VARI

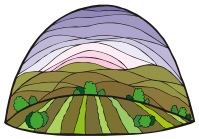


Barriere coralline
Estuari
Zone di upwelling

14000-35000

Zone paludose
10000-17000

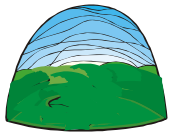




Agricoltura intensiva sussidiata
4000-14000

Foreste temperate
4000-11000





Praterie 700-12000

Zone marine costiere
700-4000



Oceano aperto
400-1000



Deserto
300-700



kcal/m²/anno

300 *700* *1000* *4000* *6000* *10000* *20000* *30000*

FATTORI LIMITANTI LA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA

Nonostante l'entrata energetica in atmosfera sia costante (2cal/cm^2 al min), la produttività varia molto nei vari ecosistemi.

Numerosi fattori limitanti agiscono sulla produttività primaria terrestre:



Abiotici

- *Acqua*
- *Temperatura*

} *solo terrestri*

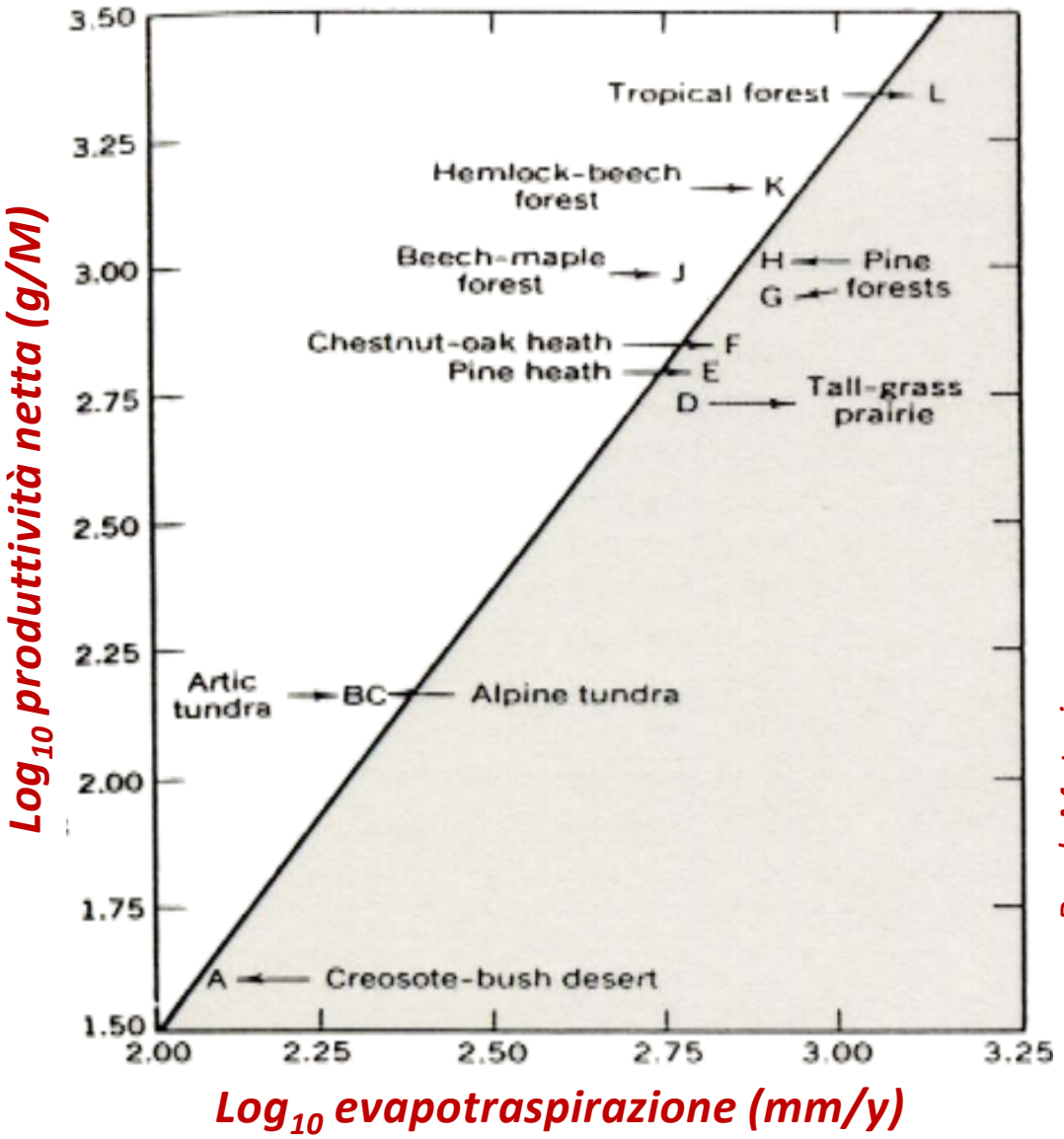
- *Luce*
- *Nutrienti*

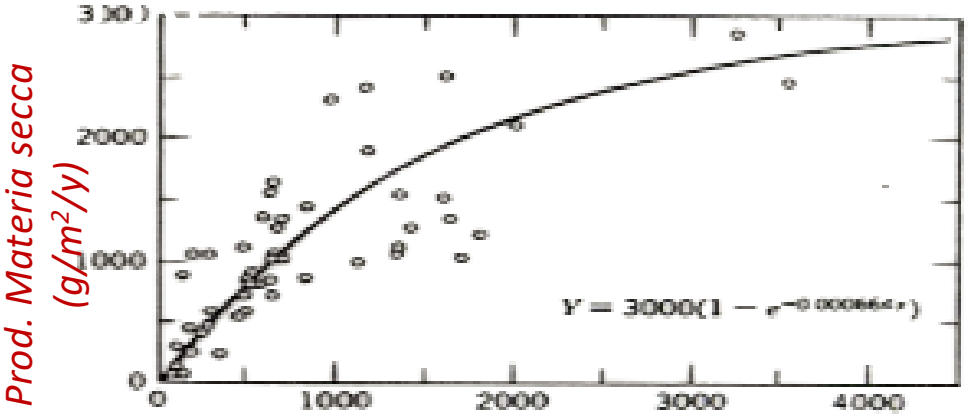
Biotici

- *Predazione*

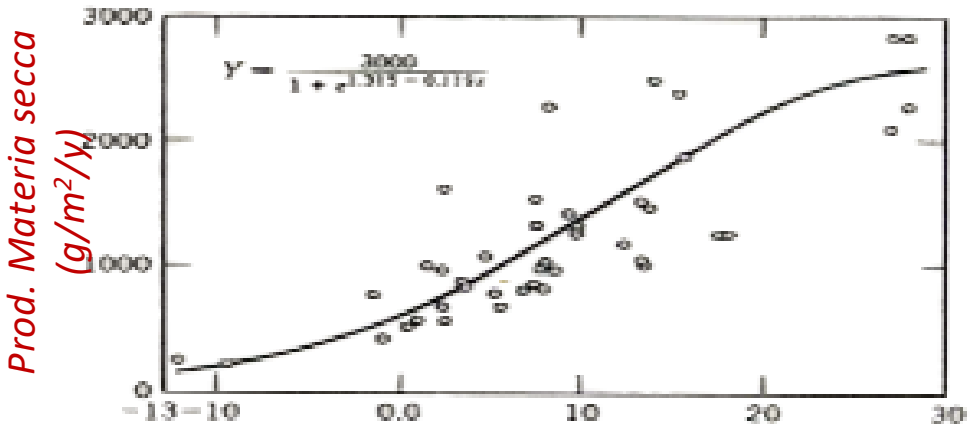


FATTORI LIMITANTI NEGLI ECOSISTEMI



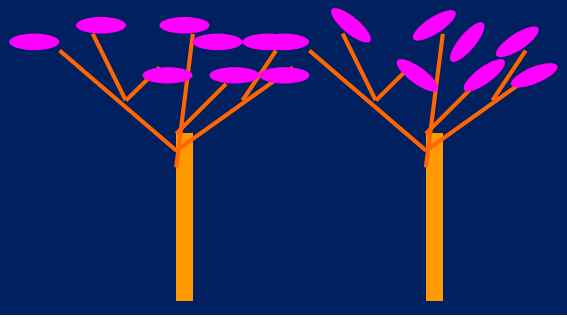


Precipitazione (mm)
Whittaker e Likens, 1973



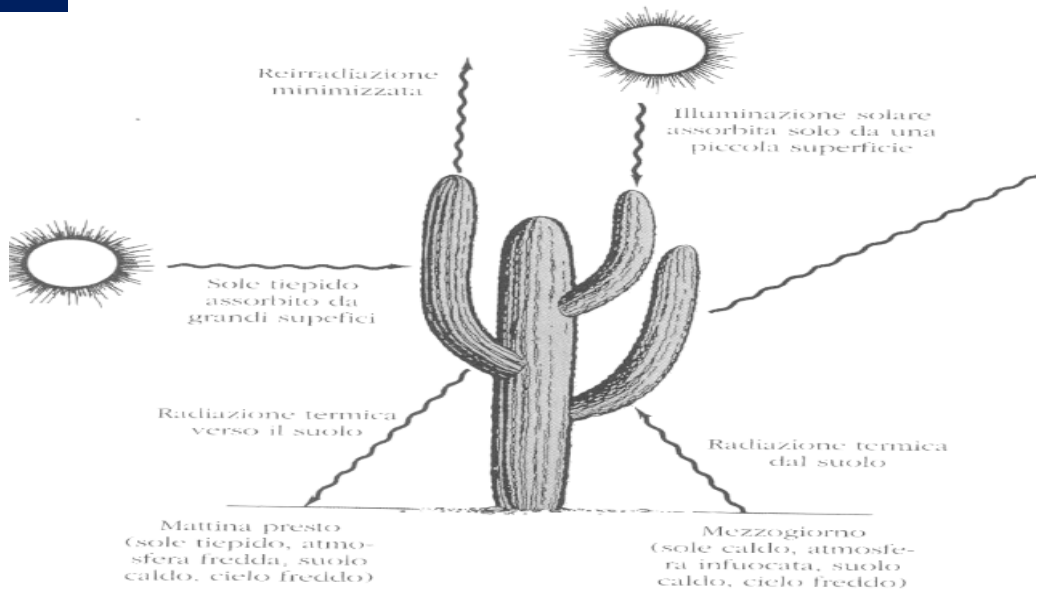
Temperatura (°C)
Whittaker e Likens, 1973

FORME DI ADATTAMENTO ALLA RADIAZIONE



Inclinazione degli apparati fotosintetici

Specie	Numero	% luce/ rami	% luce/ alberi	Numero ± ES di strati	Area fogliare/ area di suolo
		Successione iniziale			
Betulla	10	44	3,6	4,3 ± 0,4	2,4
Pioppo	6	45	6,9	3,8 ± 0,5	2,1
Pino	13	25	0,8	3,8 ± 0,4	2,9
Sassafrasso	3	14	0,8	2,7 ± 0,7	2,4
		Sere intermedie (su suoli umidi)			
Frassino	10	26	3,0	2,7 ± 0,2	2,0
Nyssa sylvatica	7	15	1,4	2,6 ± 0,5	2,2
Acero	21	20	1,8	2,7 ± 0,2	2,2
Magnolia	6	17	2,3	2,2 ± 0,2	1,8
		Sere intermedie (su suoli aridi)			
Quercia rossa	19	23	2,6	2,7 ± 0,2	2,1
Carya ovata	12	18	1,4	2,7 ± 0,2	2,2
Cornus (Cornacee)	13	5	2,1	1,4 ± 0,1	1,3
		Stadio finale della successione			
Acero saccarino	8	9	1,2	1,9 ± 0,1	1,7
Faggio americano	16	6	1,5	1,5 ± 0,1	1,4
Tsuga	13	8	2,1	1,6 ± 0,1	1,4



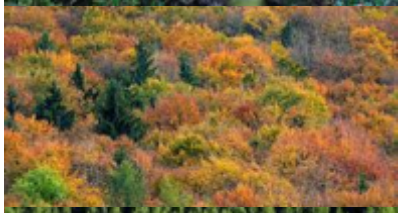
Organizzazione degli strati vegetazionali

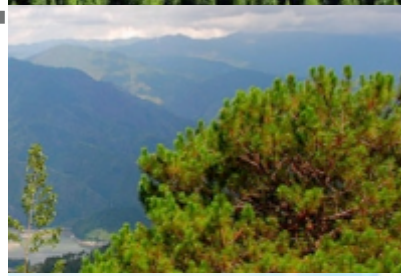
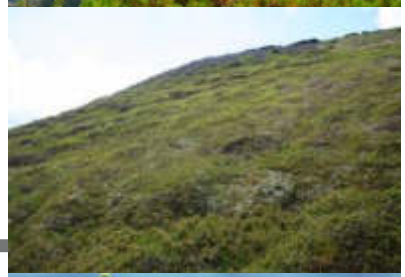
Contenuto di clorofilla



Tipo di Comunità	Stratificata	Adattata all'ombra	Mista	Adattata alla luce piena
Esempi	Foreste praterie e terreno coltivato	Comunità invernali sott'acqua o in caverne; colture sperimentali tenute in condizioni di scarsa illuminazione	Fitoplancton lacustre e marino	Vegetazione delicata; tappeti di alghe sulle rocce; giovani coltivazioni; colture sperimentali, tenute in condizioni di intensa luminosità
Clorofilla g/m^2	0,4-3,0	0,001-0,5	0,02-1,0	0,01-0,60

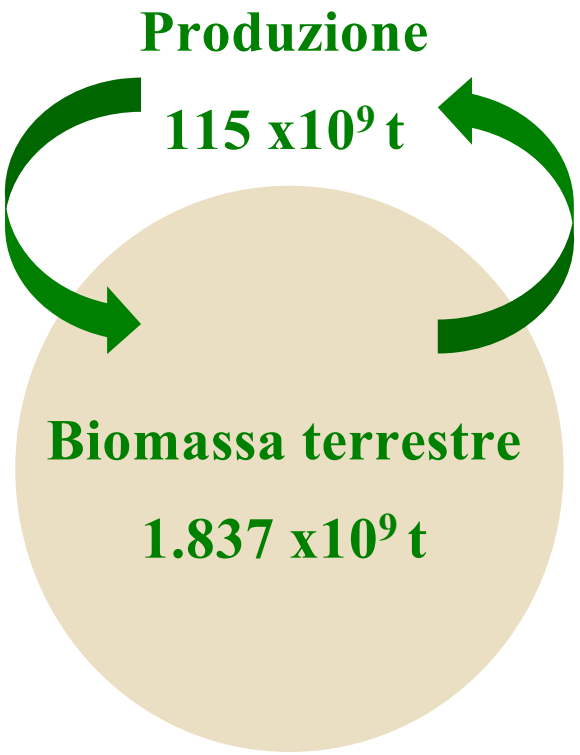
Idratazione	Regime termico	Forme di adattamento
ABBONDANTE	Clima tropicale (caldo tutto l' anno)	Foreste tropicali di latifoglie sempre verdi
	Lunghe estati calde Brevi inverni freddi	Foreste temperate di latifoglie decidue
	Brevi estati calde lunghi inverni freddi	Foreste di conifere aghifoglie sempre verdi
SCARSA	Caldo tutto l' anno	Foreste tropicali di conifere aghifoglie sempre verdi
	Brevi estate calde lunghi inverni freddi	Assenza di alberi
MOLTO SCARSA	Caldo tutto l' anno	Assenza foglie tronchi fotosintetici

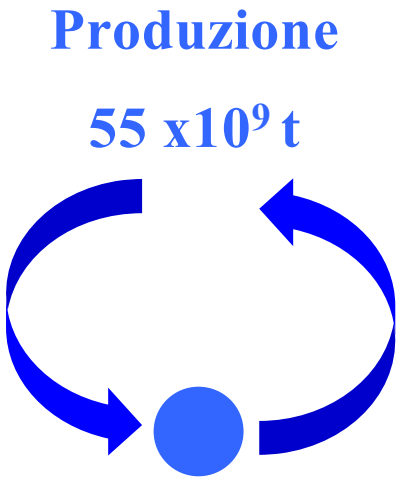




ECOSISTEMA MARINO VS

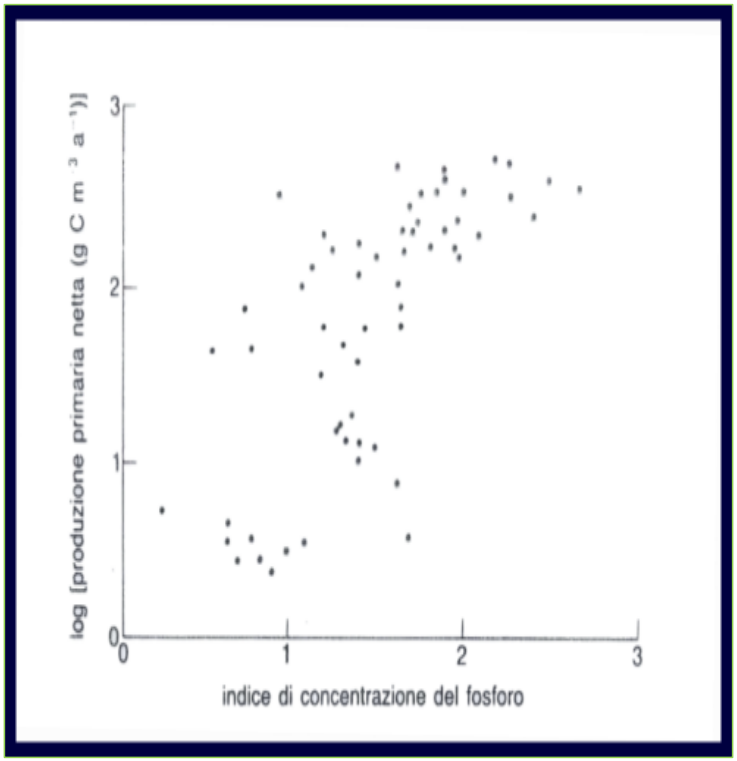
L'ecosistema marino produce circa la metà di quanto prodotto dall'ecosistema terrestre sebbene abbia biomassa **quasi 500 volte inferiore**





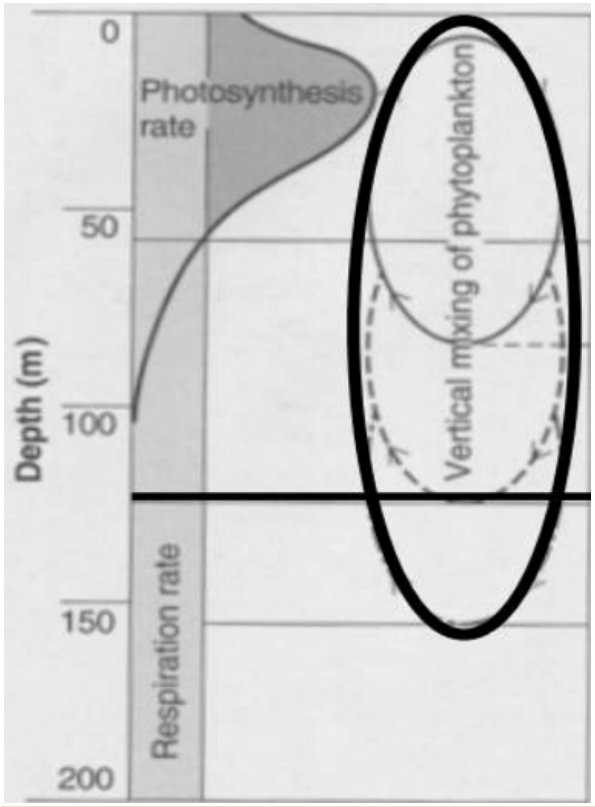
Questa sproporzione è dovuta alle caratteristiche che distinguono i produttori primari tra ambiente terrestre ed acquatico. Negli ecosistemi acquatici la produzione è effettuata prevalentemente dal fitoplancton che presenta una biomassa totalmente attiva; mentre sulla terra è effettuata prevalentemente dalle piante che possiedono una cospicua parte di necromassa che non partecipa al processo produttivo.

FATTORI LIMITANTI LA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA NEGLI ECOSISTEMI ACQUATICI: NUTRIENTI & LUCE



La produttività primaria elevata nella zona fotica determina una riduzione di nutrienti in superficie.

Al contrario, sul fondo si accumula il detrito organico



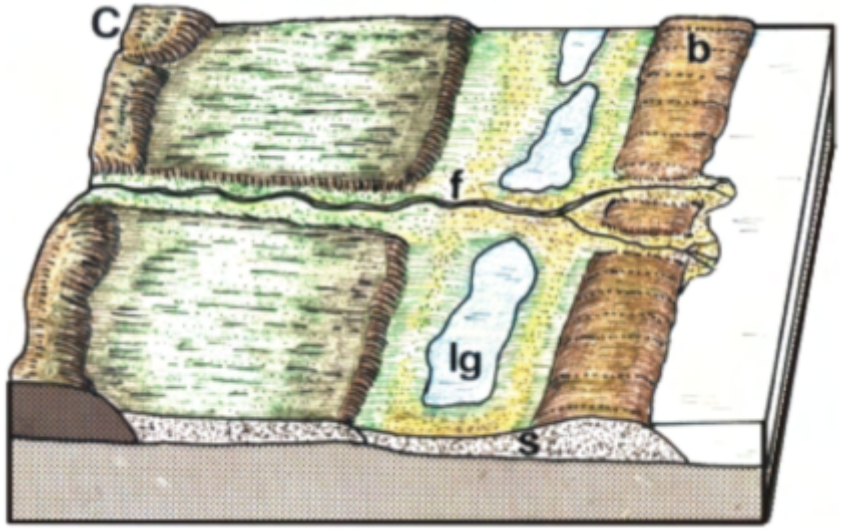
Profondità di compensazione (Pco):
profondità della zona eufotica alla quale:
PPL = R; PPN =zero

Profondità critica (Pcr):
il fitoplancton con il rimescolamento superficiale trascorre sufficiente tempo sopra la Pco da consentire la respirazione di eguagliare la respirazione.

Pco varia da specie a specie; le corporazioni di produttori si stratificano con la profondità in relazione ai pigmenti fotosintetici per sfruttare la radiazione solare.

Pco e Pcr sono influenzate da torbidità, disponibilità di nutrienti, stagionalità.

ZONE AD ELEVATA PRODUTTIVITÀ: AREE COSTIERE E DI TRANSIZIONE E ZONE DI



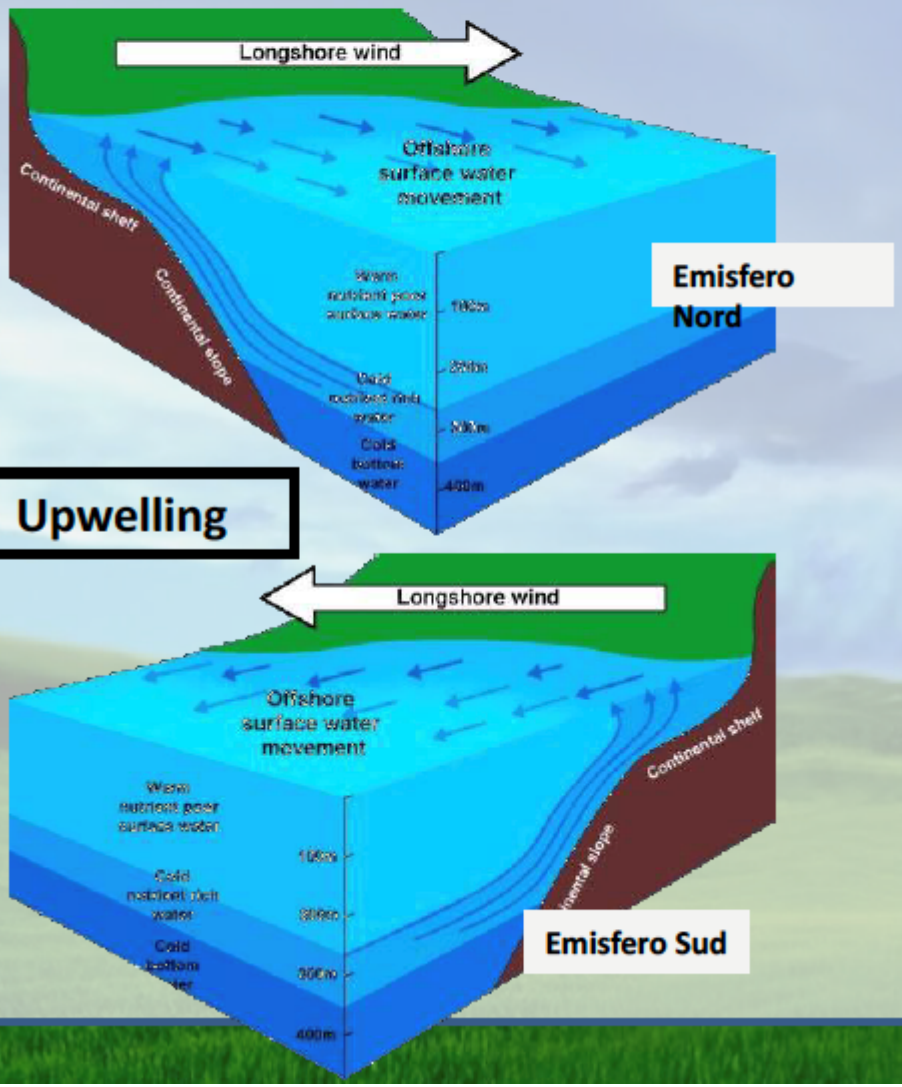






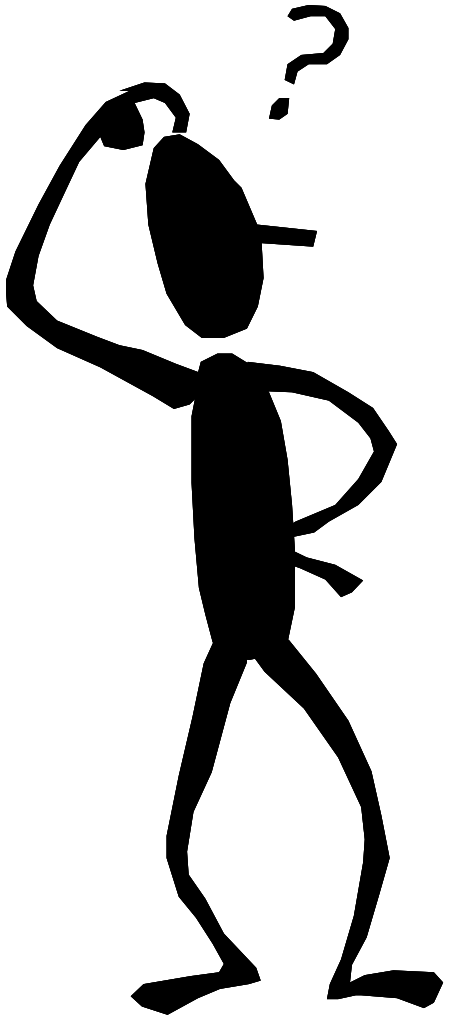
Il vento sposta le masse d'acqua nella sua stessa direzione. La forza di Coriolis data dal movimento antiorario di rotazione terrestre imprime uno spostamento delle masse in movimento verso destra (EN) o sinistra (ES) rispetto alla direzione del vento.

Si origina, quindi, un movimento della massa d'acqua che può portare alla risalita di masse d'acqua dal fondo, o di discesa.



Downwelling

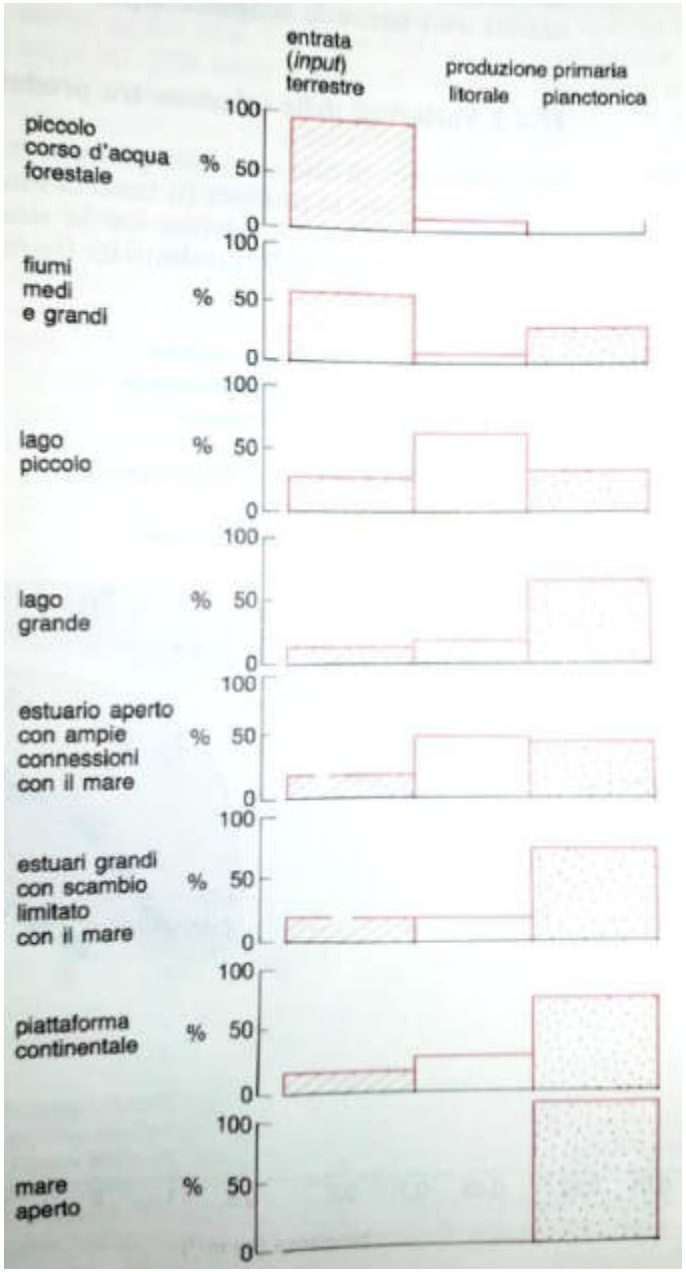


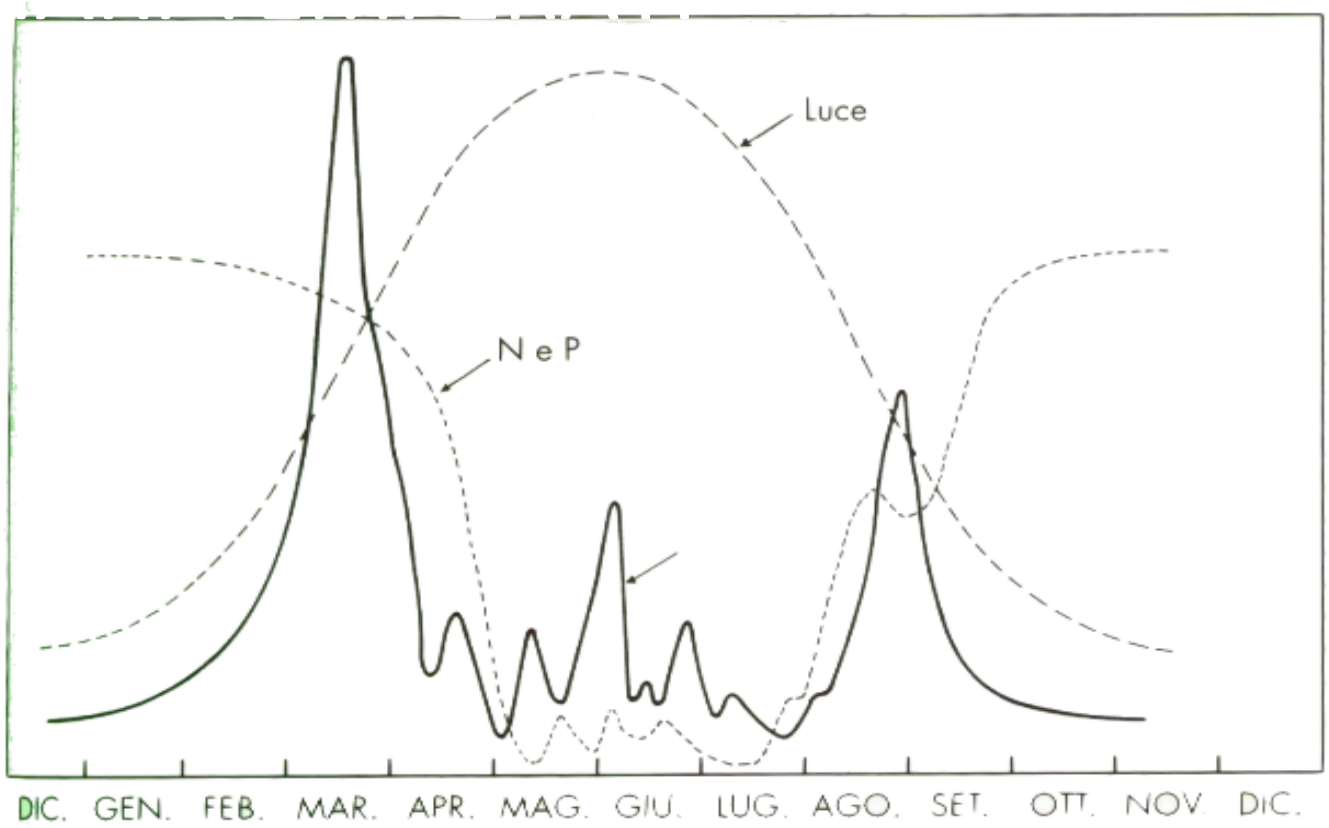




DOMANDE??

CICLO DELLA PRODUZIONE PRIMARIA NEI MARI TEMPERATI





Negli ambienti acquatici l'apporto alloctono è fondamentale per l'energetica delle comunità che vi abitano.

FATTORI LIMITANTI LA PRODUTTIVITÀ PRIMARIA

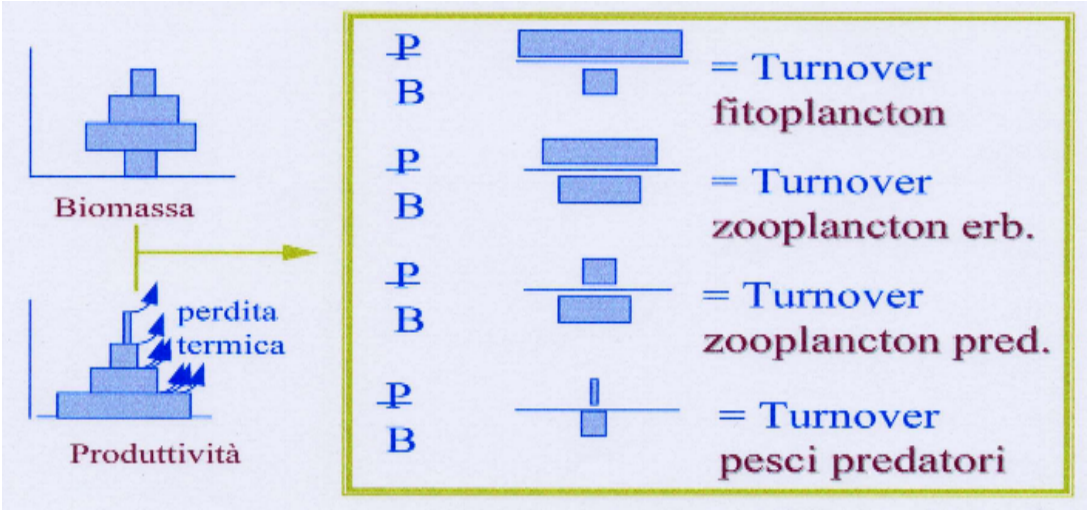
Il rapporto tra Produttività (P) e Biomassa (B) è definito **Turnover (T)**

T = P/B $(MJ/m^2/t)/(MJ/m^2)$; espresso pertanto come 1/t

T è influenzato dal tempo di generazione (G) delle specie che formano la biomassa; ossia:

T = f(G)

Il Tempo di turnover fornisce una stima della stabilità di resilienza (R).



È possibile misurare la produttività di un livello trofico come: P = B*T = B*G

ossia come prodotto della biomassa stabile per il tempo di generazione delle specie presenti.

Poiché $G = a\ Mole^b$ dove b = costante = 0,25

la produttività può essere stimata conoscendo la **biomassa stabile** e **taglia** delle specie presenti.

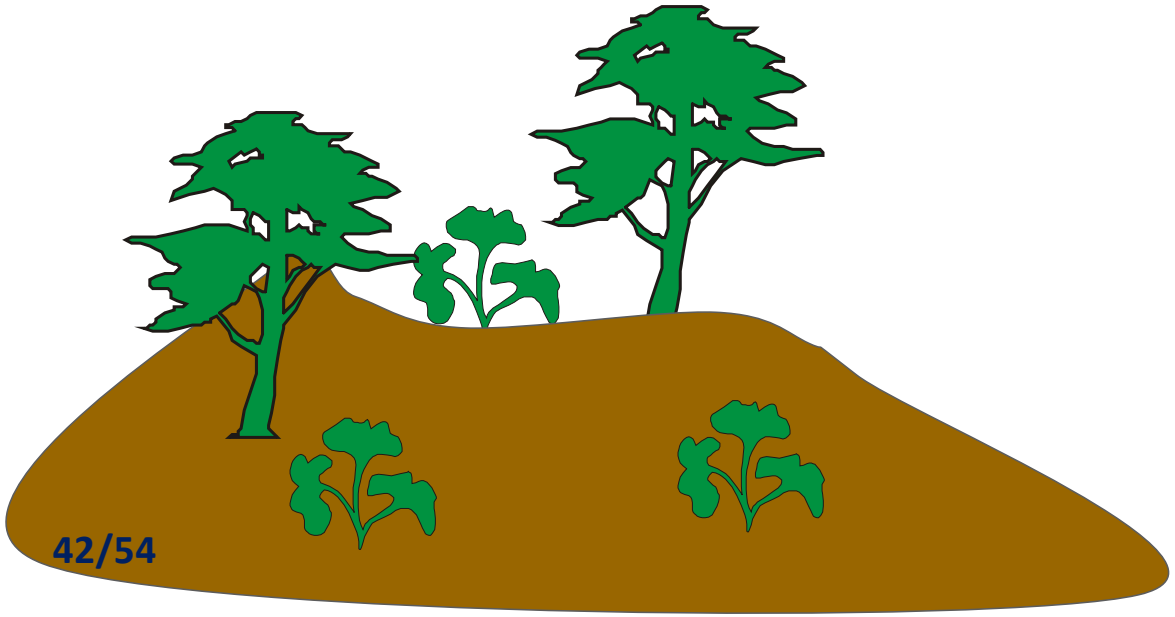
TEMPO DI SOSTITUZIONE (TURNOVER) DI UN

Biomassa e produttività sono i due elementi che permettono di determinare il tempo di Sostituzione di un ecosistema, quando questo viene danneggiato o distrutto.
È ovvio che un elemento fondamentale per la sostituzione è l'esistenza di condizioni simili a quelle di piena attività dell'ecosistema, che vengono a mancare nel caso della sua completa distruzione.

Il tempo di sostituzione ci dà però utili indicazioni sulla possibilità che un ecosistema possa ricostituirsi. Il tempo di sostituzione si calcola facendo il rapporto tra biomassa e produttività.

1° Esempio: un bosco ha una biomassa di 10194 g/m^2 ed una produttività di 1196 $g/m^2/anno$.

Il tempo di sostituzione sarà in questo caso di 8,5 anni.

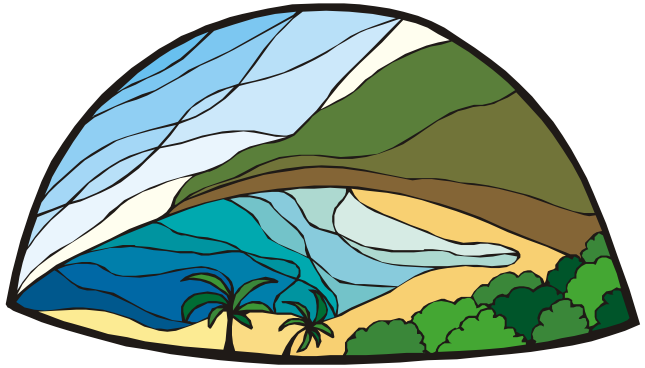


	Biomassa	Produttività
	g/m^2	$g/m^2/anno$
Alberi	9728	1054
Cespugli	463	136
Piante erbacee	3	6
	---	---
Totale	10194	1196

$t = 10194/1196 = 8,5$ anni

TEMPO DI SOSTITUZIONE DI ECOSISTEMI

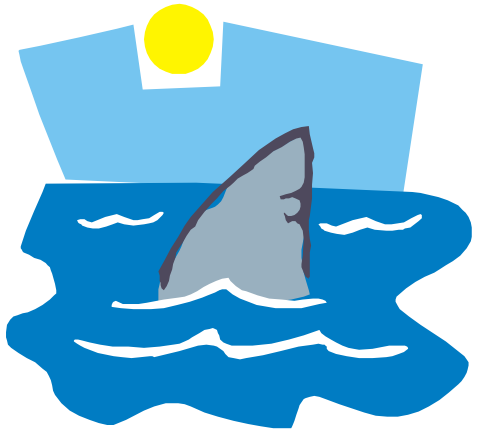
2° Esempio: un ecosistema costiero ha una biomassa di 40 kcal/m^2 ed una produttività di 11 kcal/m^2/die.



Il tempo di sostituzione sarà in questo caso:

$$t = \frac{40}{11} = 3{,}6 \text{ giorni}$$

3° Esempio: un ecosistema pelagico ha una biomassa di 2 kcal/m^2 ed una produttività di 1 kcal/m^2/die.



Il tempo di sostituzione sarà in questo caso:

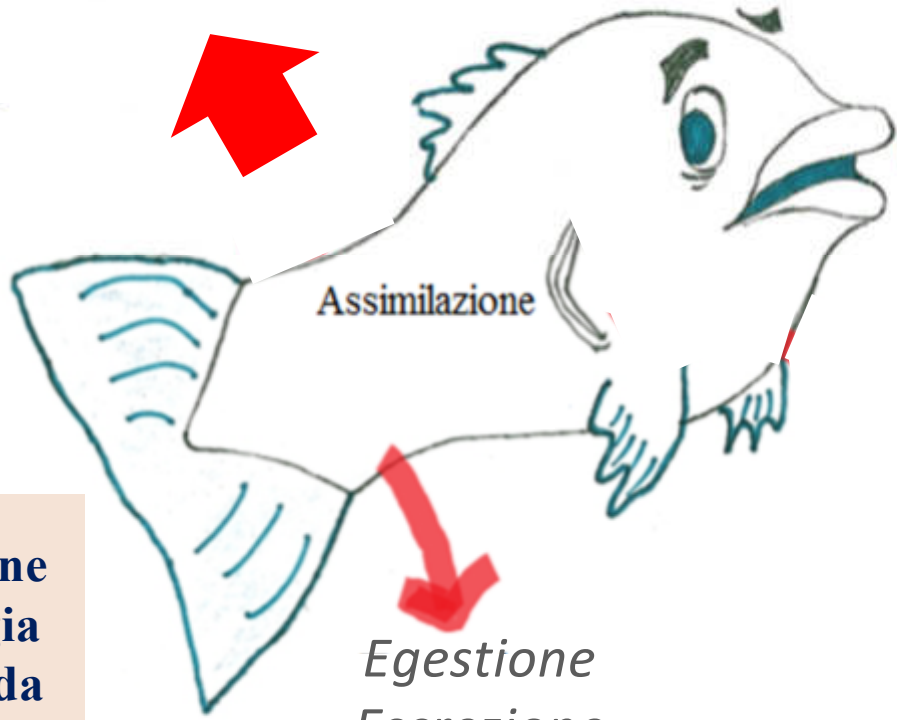
$$t = \frac{2}{1} = 2 \text{ giorni}$$

PRODUZIONE SECONDARIA

Produzione

Crescita e riproduzione

Velocità di produzione della biomassa eterotrofa da fonte energetica tratta dalla biomassa autotrofa

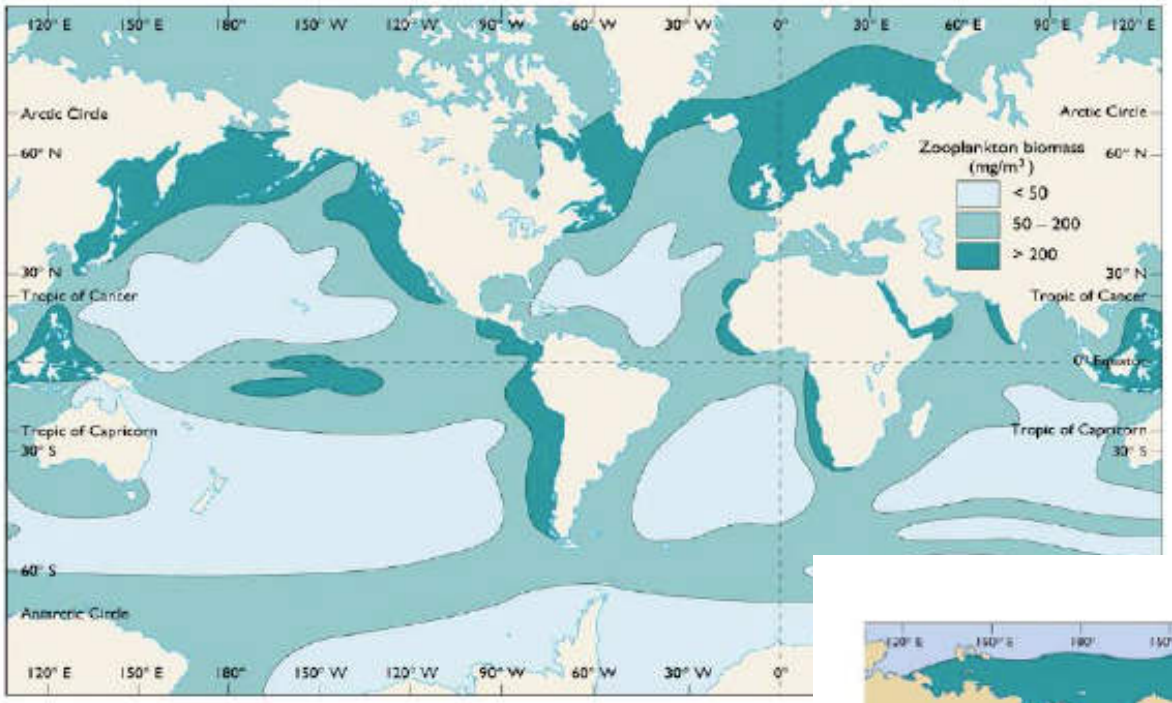


Ingestione

Gli organismi (eterotrofi) devono provvedere a questa necessità ingerendo biomassa, viva o morta.

Egestione
Escrezione
Respirazione

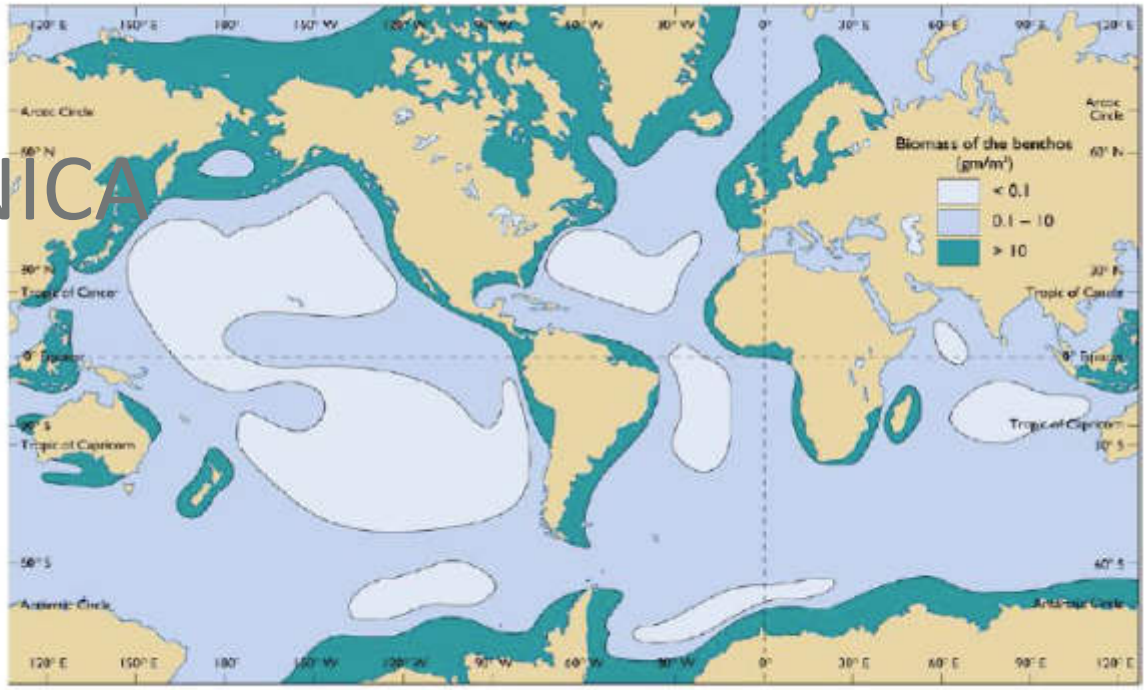
Ripartizione dell'energia assorbita da un produttore secondario



(b) ZOOPLANKTON BIOMASS

OMASSA ZOOPLANCTONICA

BIOMASSA BENTHOS



(c) BENTHIC BIOMASS

PRODUTTIVITÀ E SUA IMPORTANZA

Stima della produzione ittica del mare, in base alle misure della produttività primaria netta (Ryther, 1969).

Zona	Superficie (km^2)	Produttività media	Produzione totale ($gC/m^2/anno$)	Livelli trofici ($tC/anno$)	Efficienza %	Produzione di pesce (t peso fresco)
Oceano aperto	326×10^6	50	$16{,}3 \times 10^9$	5	10	16×10^5
Zone costiere	$3{,}6 \times 10^6$	100	$3{,}6 \times 10^9$	3	15	12×10^7
Aree di risalita	$3{,}6 \times 10^5$	300	$0{,}1 \times 10^9$	1,5	20	12×10^7
Totale	20×10^9		24×10^7			

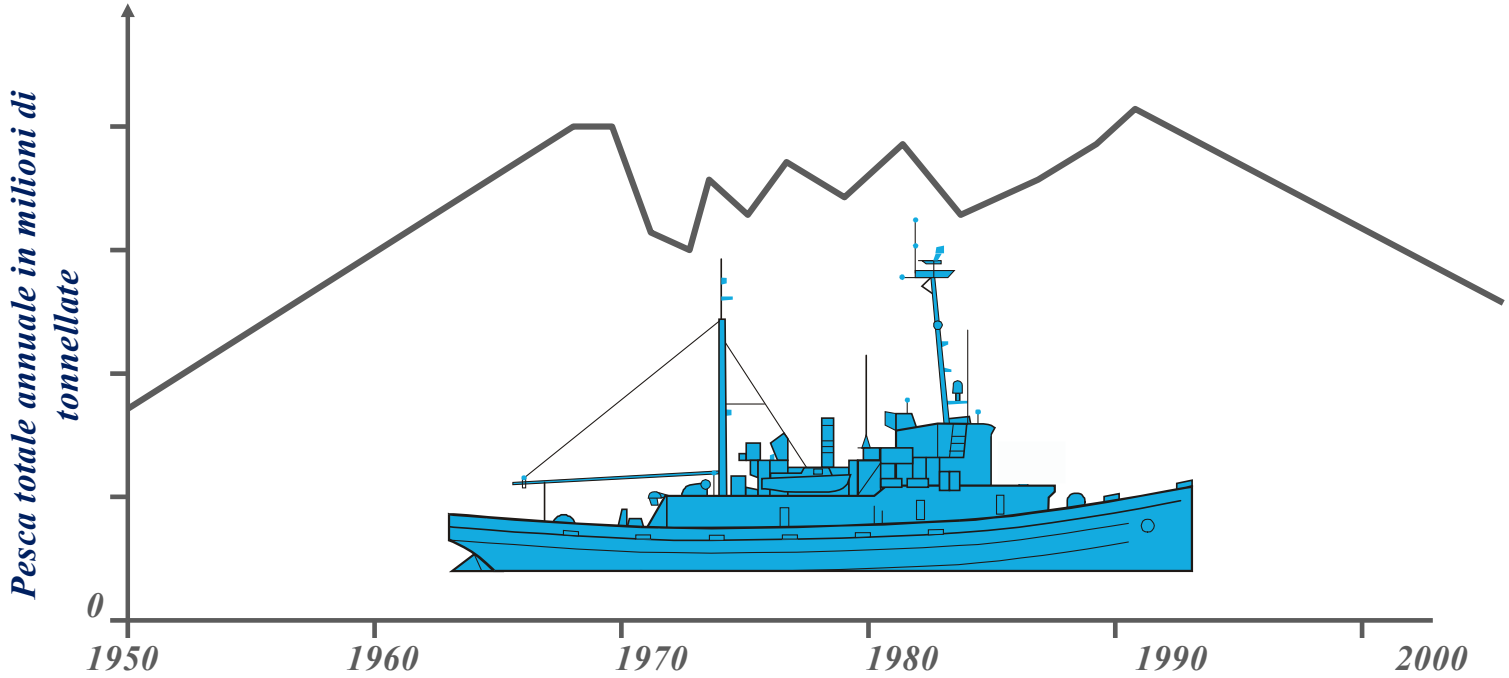
Secondo questa stima la produzione degli oceani è dell'ordine di 240 milioni di tonnellate di pesce fresco, una quantità quattro volte superiore alla pesca mondiale di oggi.

PESCA SOSTENIBILE E DETERMINAZIONE DEI LIVELLI DI SFRUTTAMENTO DEGLI STOCKS

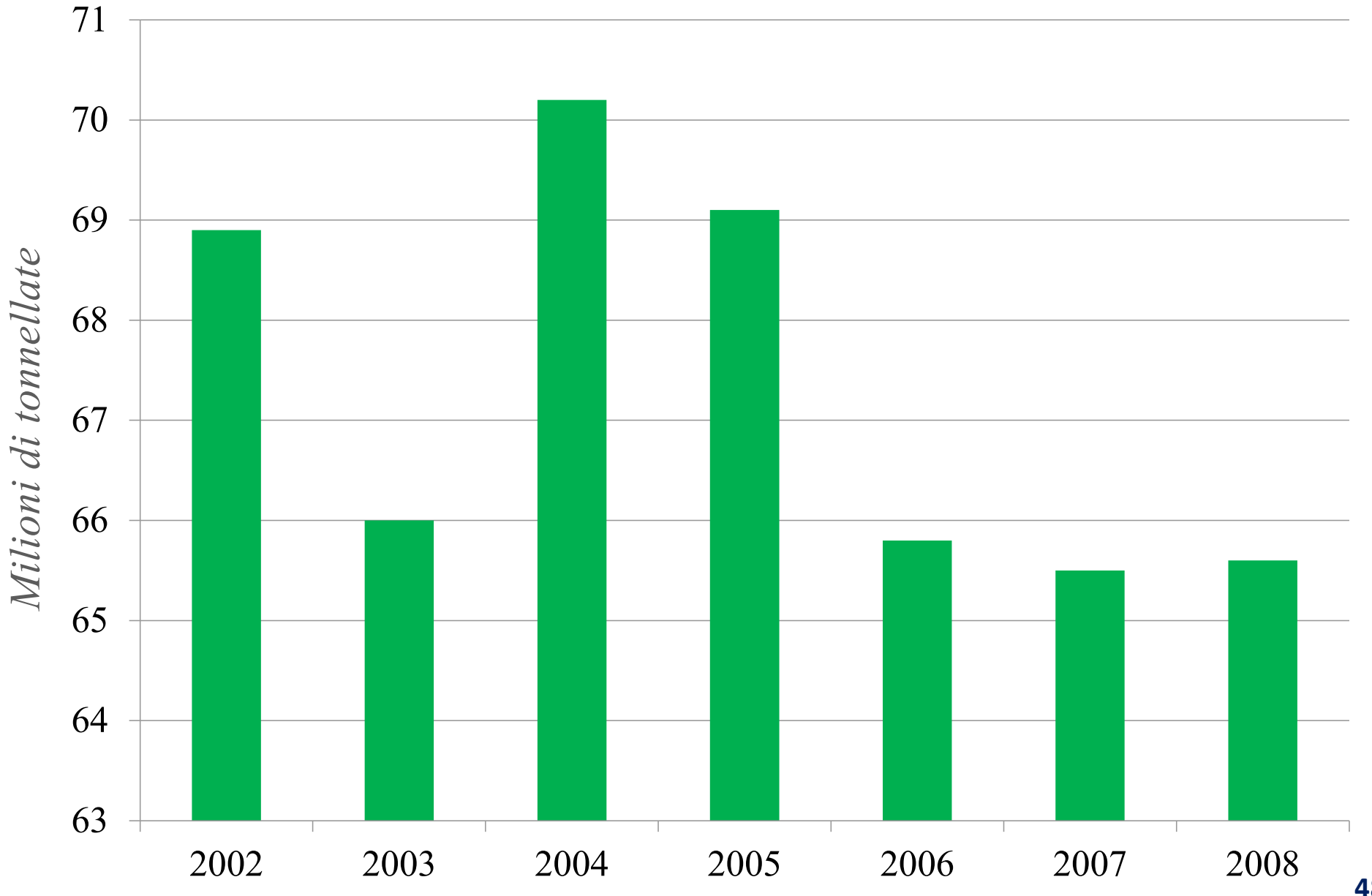
Lo sforzo di pesca è aumentato notevolmente negli ultimi anni grazie all'aumento della potenza e delle dimensioni delle navi da pesca, che oggi sono in grado di affrontare tutti i mari compreso quello antartico.

Questo ha comportato un incremento notevole del pescato fino agli anni '70.

Dopo una caduta, determinata prevalentemente dalla forte diminuzione delle catture dell'acciuga peruviana, il pescato complessivo è ritornato ai livelli massimi verso la fine degli anni '80, dopodiché ha iniziato un continuo calo a causa dello sfruttamento eccessivo degli stocks.



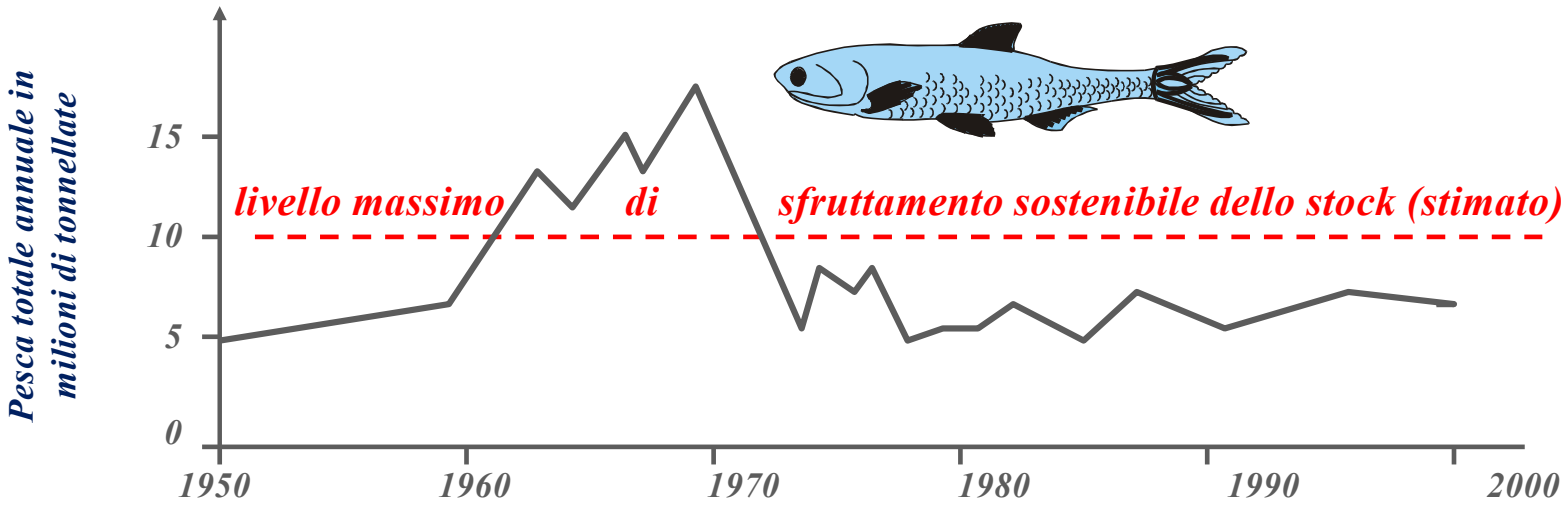
CATTURE TOTALI DI PESCE MARINO CON LA PESCA COMMERCIALE (STATISTICHE FAO)



CATTURE DI ACCIUGA PERUVIANA NEL PERIODO 2000-2008 (STATISTICHE FAO)



PESCA DELL'ACCIUGA PERUVIANA: LA CRISI



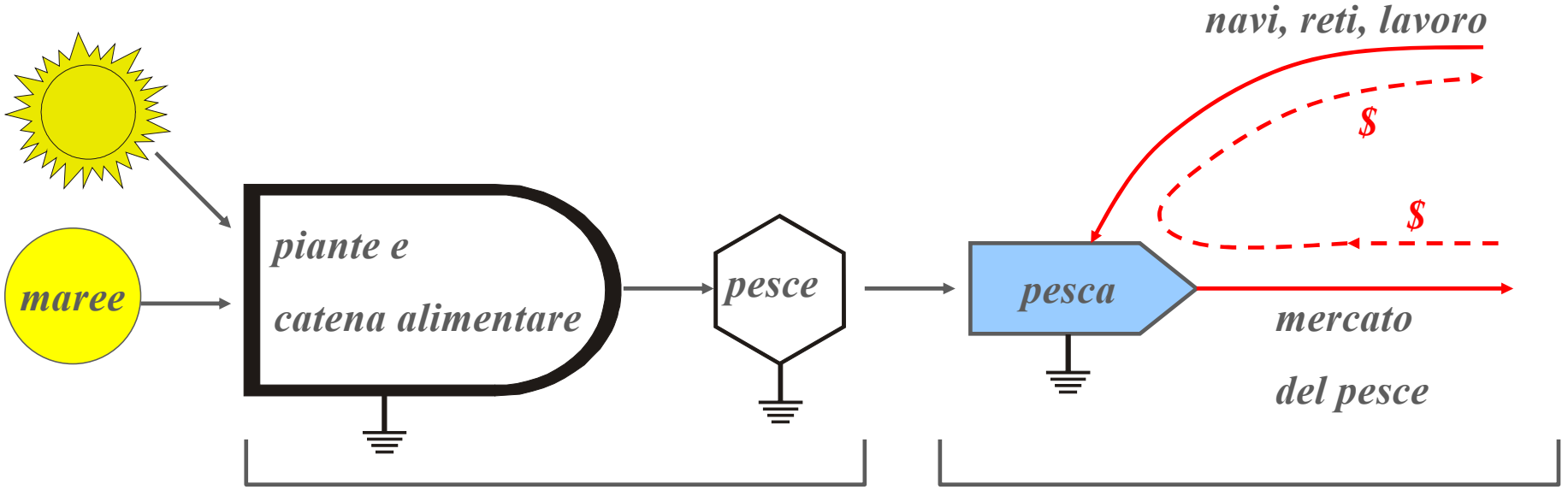
Quanto si è verificato nella pesca dell'acciuga in Perù è un esempio di eccessivo sfruttamento di una risorsa naturale, sfruttamento ad un ritmo superiore a quello necessario per la sua sostituzione.

La diminuzione della pesca di acciughe è stata determinata anche da un altro fattore che ha avuto un ruolo importante, il cambiamento climatico legato al fenomeno del Niño. Il Niño infatti è legato ad un innalzamento della temperatura dell'acqua dell'oceano e ad un conseguente abbassamento del termoclino; questo ha fatto spostare l'areale di distribuzione delle acciughe, rendendo più difficile la cattura.

Cambiamento climatico ed eccessivo sfruttamento della risorsa hanno insieme determinato la crisi della pesca delle acciughe e le sue conseguenze socio-economiche.

ECONOMIA ED ECOLOGIA, UN RAPPORTO

Oggi le risorse naturali entrano nel mercato dopo l'intervento dell'uomo (pesca, raccolta, estrazione); nessuno considera il costo ambientale delle risorse, anche se questa mentalità dovrà modificarsi in un mondo che sta consumando giorno dopo giorno queste risorse in maniera insostenibile, ad un tasso cioè superiore a quello della loro sostituzione.



Il lavoro di un estuario che mantiene l'industria della pesca non viene valutato dal mercato (costo zero). Il valore stimabile è di 2000 $ per ettaro ogni anno.

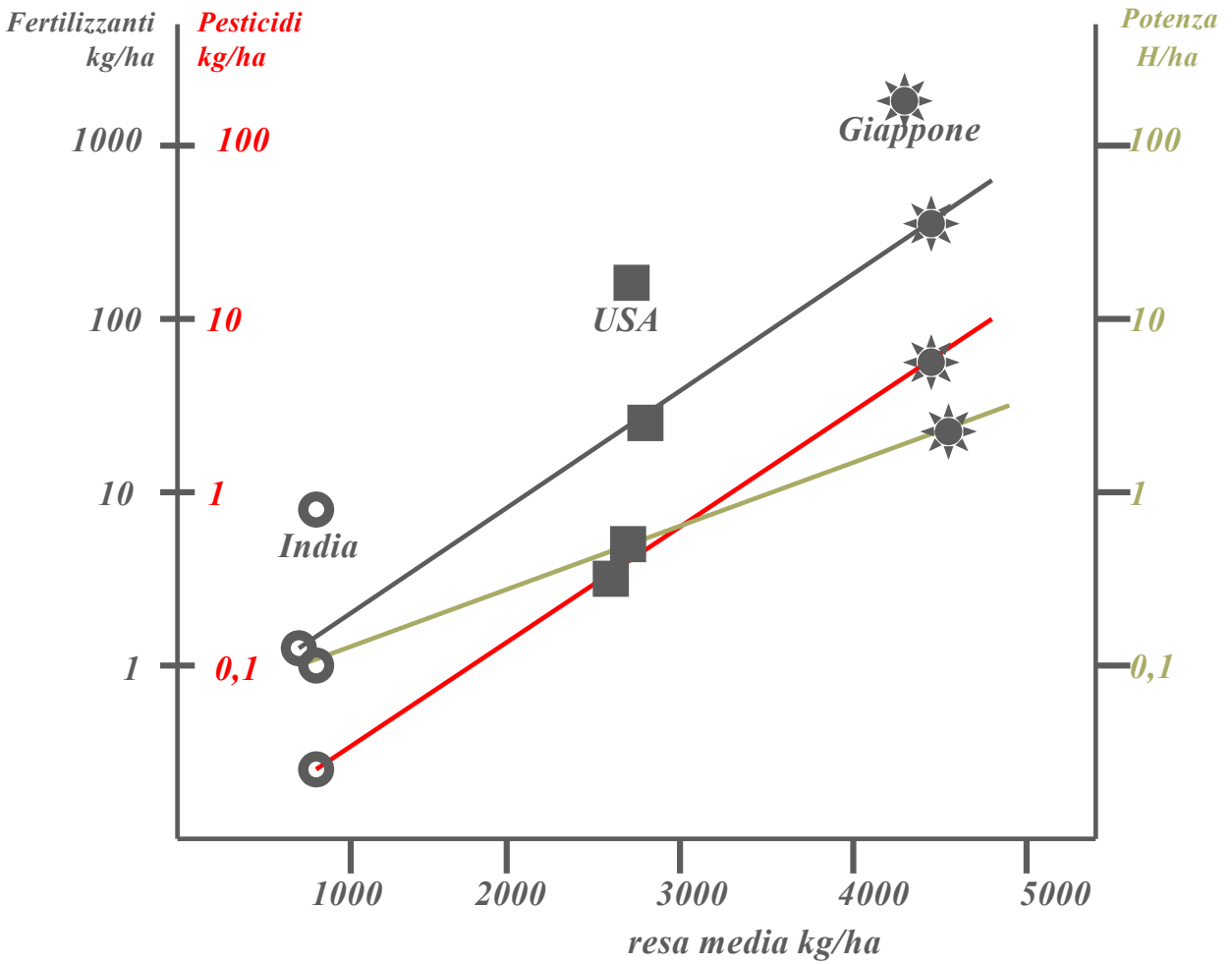
Il valore economico della produzione di pesce è valutabile in 200 $ per ettaro ogni anno.

FLUSSO AUSILIARIO DI ENERGIA O ENERGIA SUSSIDIARIA

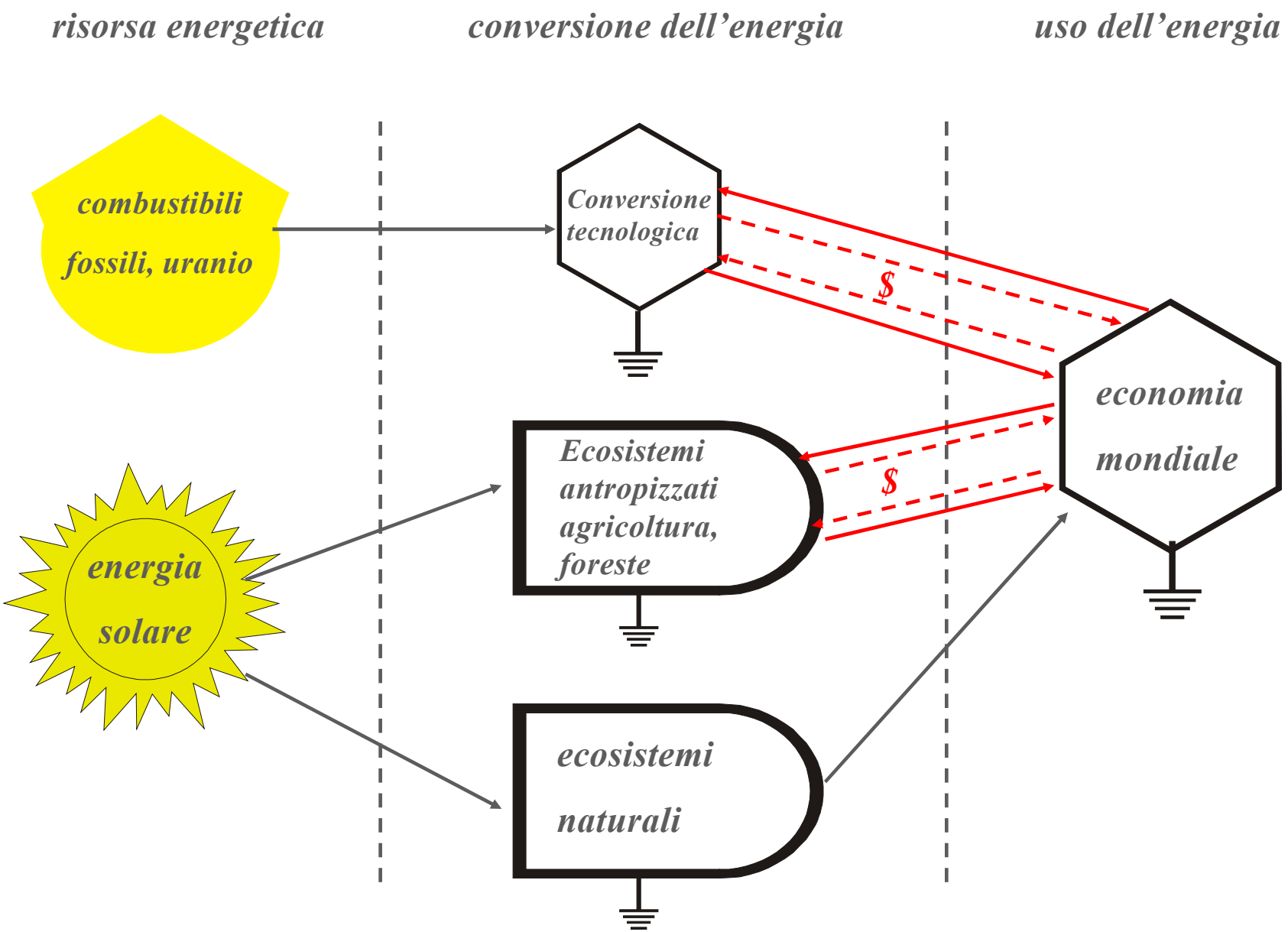
Per energia sussidiaria si intende qualsiasi risorsa che riduca il costo di auto-mantenimento interno di un ecosistema, e che di conseguenza aumenti la quantità di energia disponibile per la produzione di biomassa.

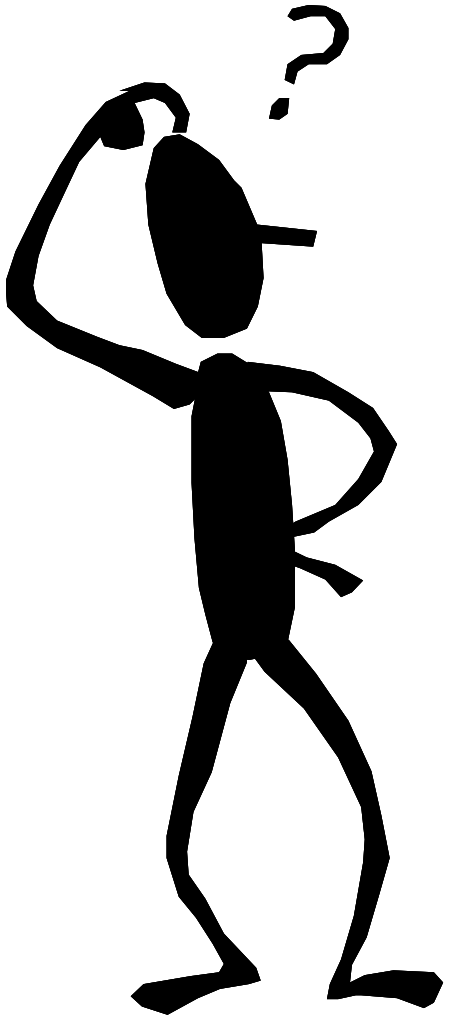
È interessante osservare come per ottenere una resa doppia in colture di uso alimentare, occorra impiegare quantità dieci volte maggiori di pesticidi, fertilizzanti, e cavalli vapore impiegati con le macchine o con gli animali.

Mentre la resa aumenta in modo aritmetico, quindi l'energia sussidiaria deve aumentare in maniera geometrica.



Economia ed ecologia, un rapporto dominato dal mercato







DOMANDE??

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE PRIMARIA

☼ Metodo del raccolto



Misura la produzione primaria netta (biomassa/m^2) della comunità alla fine della stagione di produzione. Perché sia attendibile:

a) non deve esserci perdita di biomassa durante la crescita;

b) il raccolto deve comprendere una sola specie o specie con lo stesso ciclo vitale;

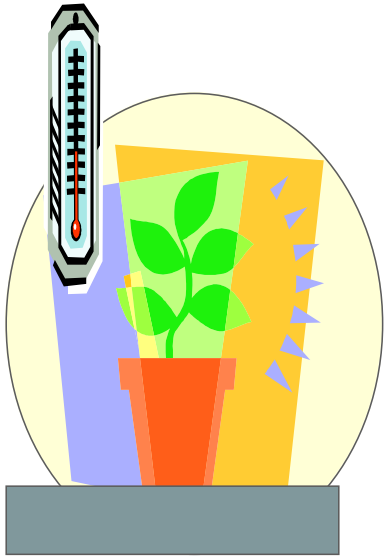
c) non ci deve essere consumo da parte del livello trofico superiore

È utilizzato negli agroecosistemi (controllati dai fitofarmaci) e nei sistemi acquatici costieri per stimare le macrofite (per queste il consumo eterotrofo non supera il 5-10% della biomassa prodotta).

Un limite di questo approccio è relativo al fatto che il numero di individui presenti all'inizio della stagione è molto superiore a quello presente a fine raccolto in quanto molti individui sono persi per interazioni competitive.

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE PRIMARIA E PRODUTTIVITA'

☼ ***Metodo della CO_2***



È utilizzato per i sistemi terrestri e fornisce una stima della produzione primaria netta.

Prevede la misurazione della variazione di CO_2 nell'aria interna ad una camera chiusa trasparente alla luce.

☼ Metodo della biomassa

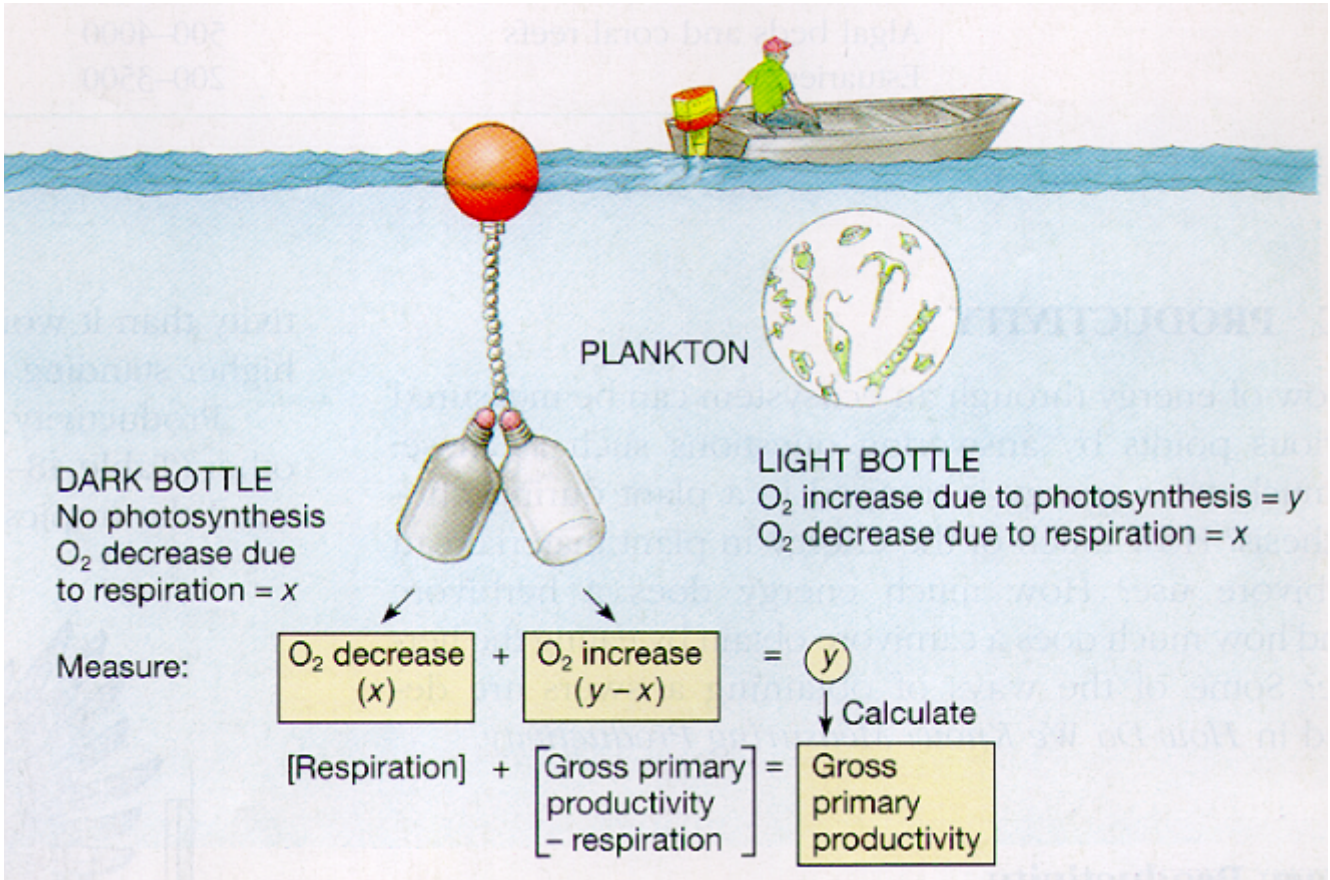
Si basa sul concetto che se esiste un ecosistema esiste una biomassa stabile nel tempo e da essa si può calcolare la produttività moltiplicando la biomassa per il tempo di generazione delle specie autotrofe presenti.

Si applica a tutti gli ecosistemi inclusi gli acquatici purché si utilizzi la scala temporale opportuna di osservazione.

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE PRIMARIA

☼ Metodo dell'ossigeno

Si applica agli ambienti acquatici;
Consente di effettuare stime della produzione primaria lorda
Si basa sulla misura della variazione di ossigeno in bottiglia chiara e scura dopo un certo periodo di incubazione (4-24 h)



La produzione si esprime come mg di O_2 prodotto o consumato per m^3

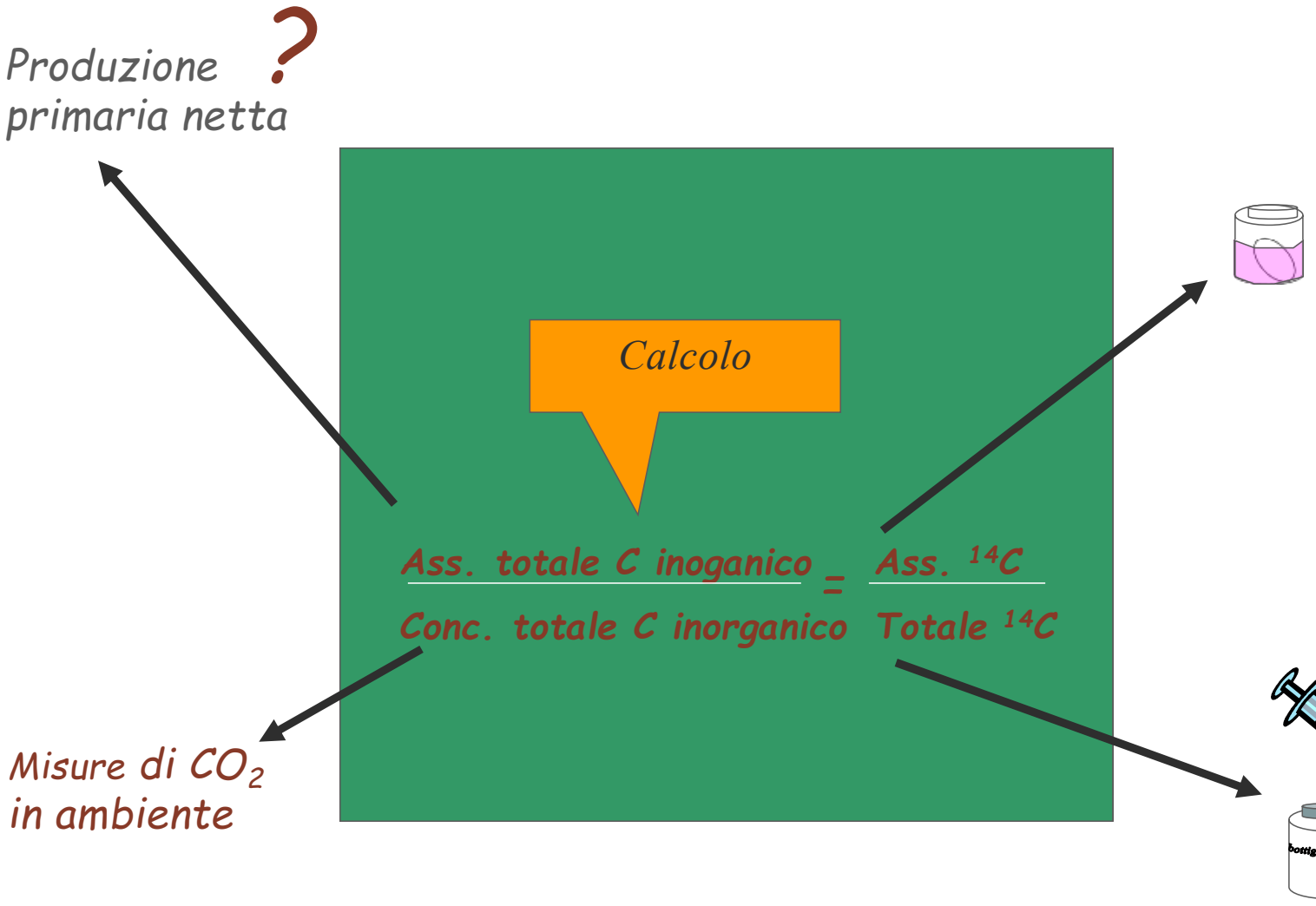
Può essere trasformata in unità di carbonio sulla base della seguente equazione:

1 mg di O_2 = 0,375 mg di C

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE PRIMARIA

☼ Metodo del ^{14}C

Consente di effettuare stime della produzione primaria netta del fitoplancton. Si applica agli ambienti acquatici



Il metodo presenta i seguenti limiti:

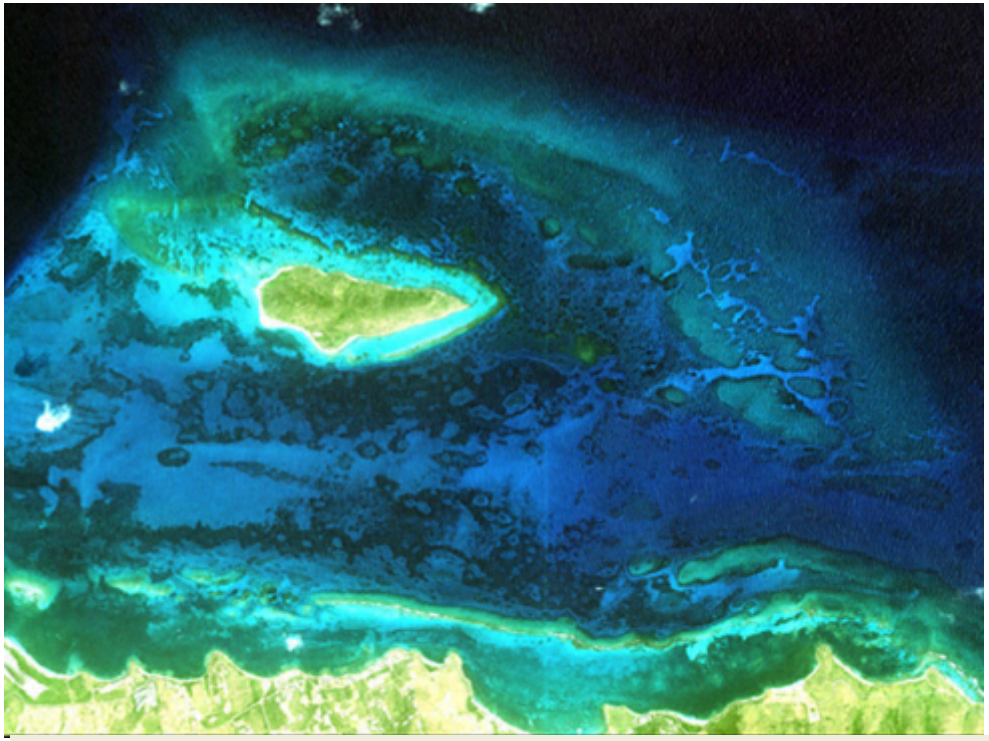
Non tiene conto della selettività delle cellule per 12C e 14C;

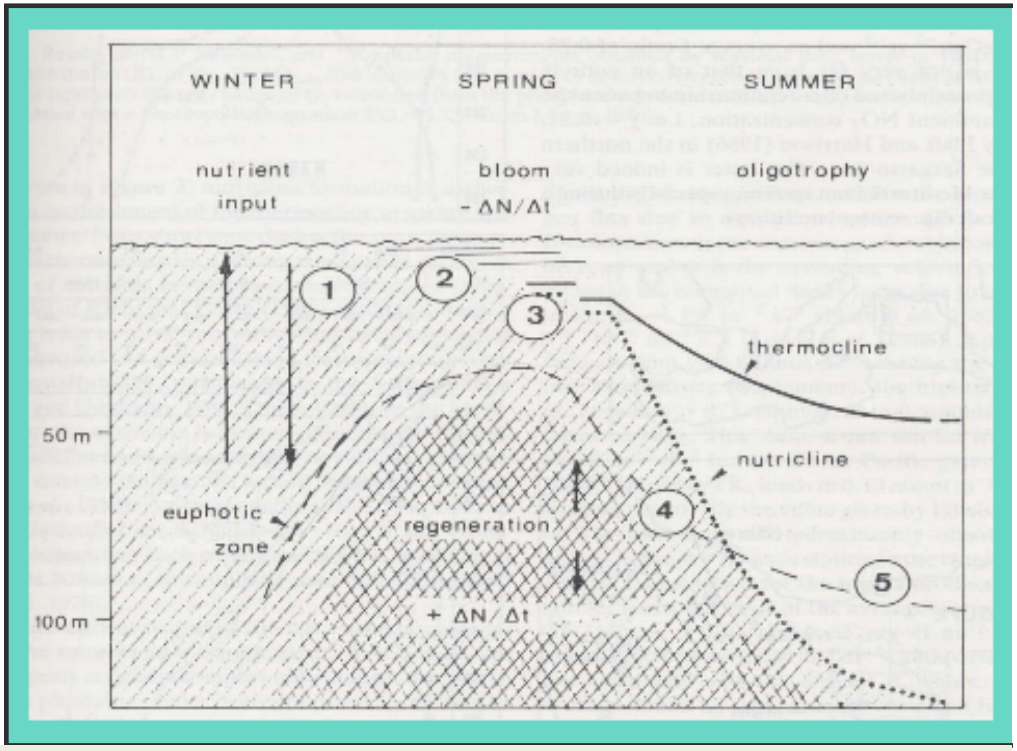
Parte del 14C utilizzato e fissato può essere respirato e riutilizzato dalla cellula;

Le cellule possono essudare parte della sostanza organica prodotta come DOM

METODI DI MISURA DELLA PRODUZIONE PRIMARIA

- Scomparsa dei materiali





- **Si basa sulla stima della produzione primaria mediante valutazione indiretta.**
- **La misura della concentrazione scomparsa di una sostanza chimica considerata «proxy» della produzione primaria è utilizzata per effettuare la stima.**
- **Si utilizza negli ecosistemi acquatici mediante la misura del fosforo e dell'azoto in acqua**
- **Negli ecosistemi terrestri si utilizza come sostanza chimica la CO_2**
- **Si basa sull'assunzione che le sostanze chimiche nel citoplasma cellulare siano costanti**