

Ekosystém I.

Primární a sekundární produkce, dekompozice

Trofická struktura

Účinnost transformace

Koloběh hmoty

Ekosystém

Společenstvo a abiotické podmínky

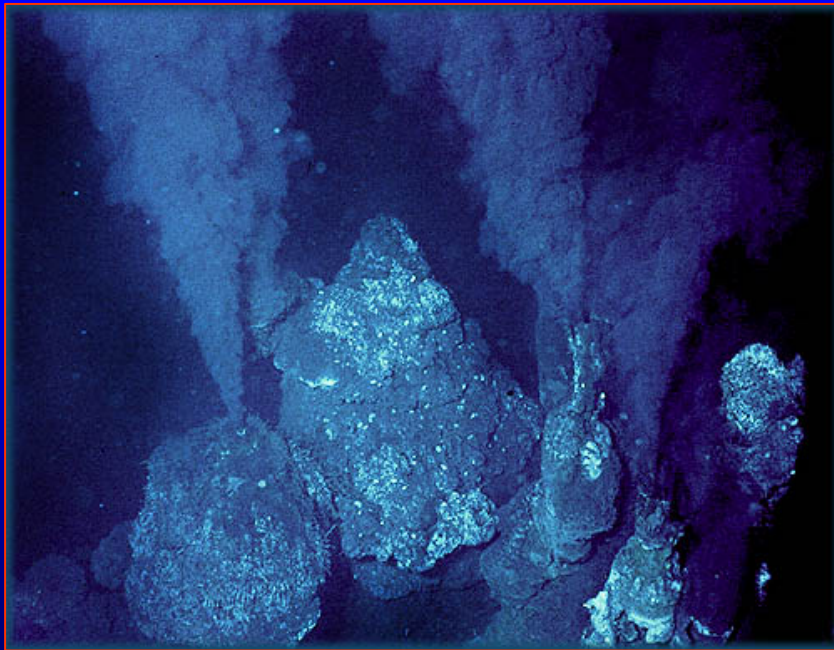
- propojeno tokem energie a koloběhem hmoty
- schopnost homeostáze – udržení stálého vnitřního prostředí
- problém se stanovením hranic

Společenstvo X ekosystém – tradiční rozdělení - v praxi téměř vždy do studií společenstev zahrnujeme abiotické prostředí, ve kterém organismy žijí.

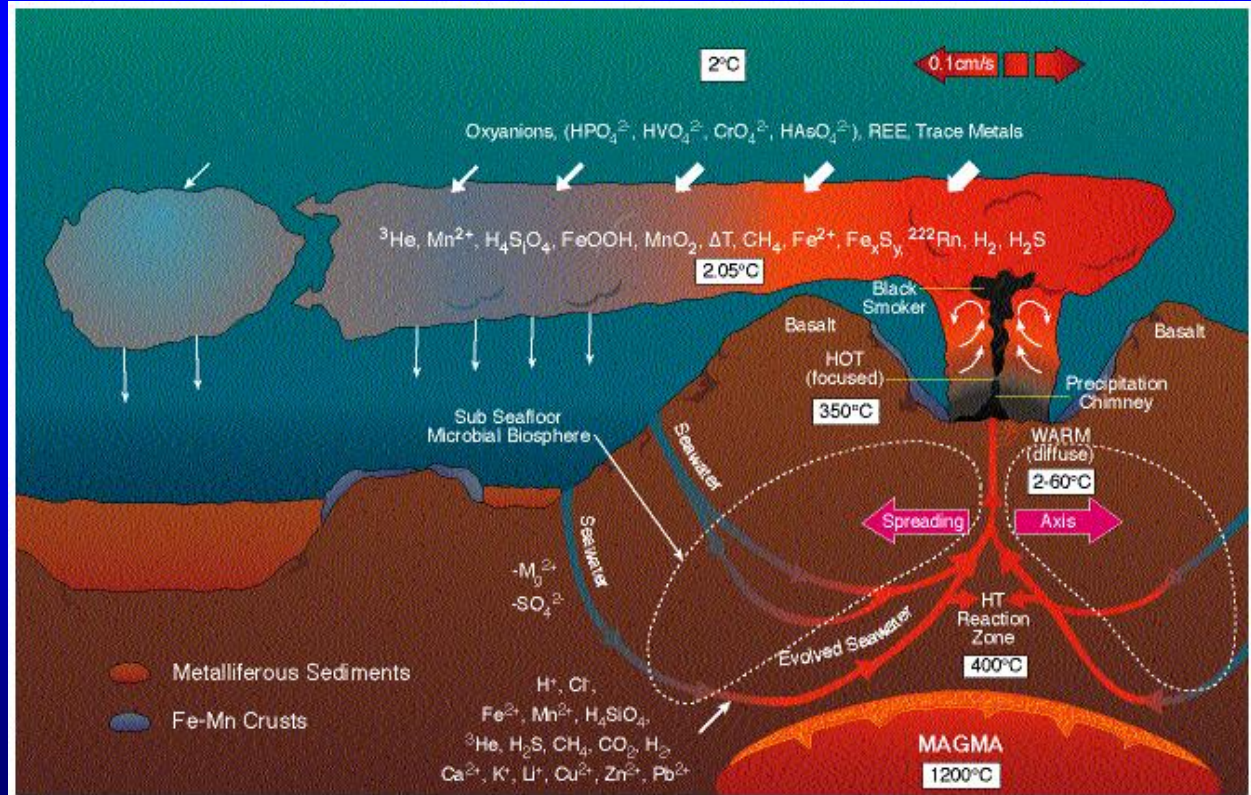
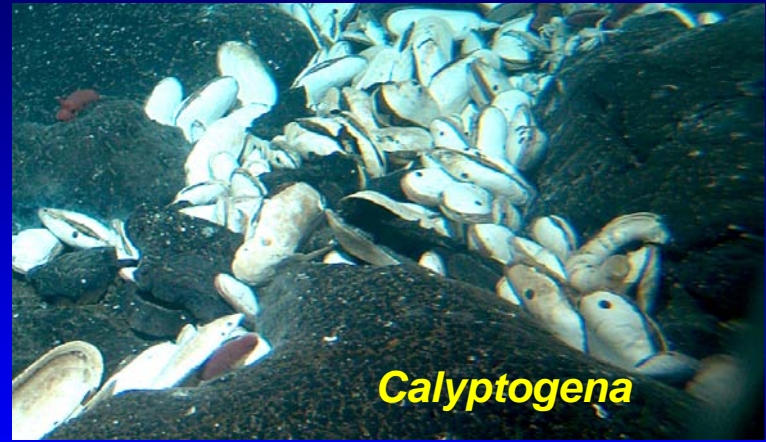
Tok energie v ekosystému

Hlavním zdrojem energie pro biosféru sluneční záření
(X hydrotermální venty)

- transformace energie záření do energie chemických vazeb

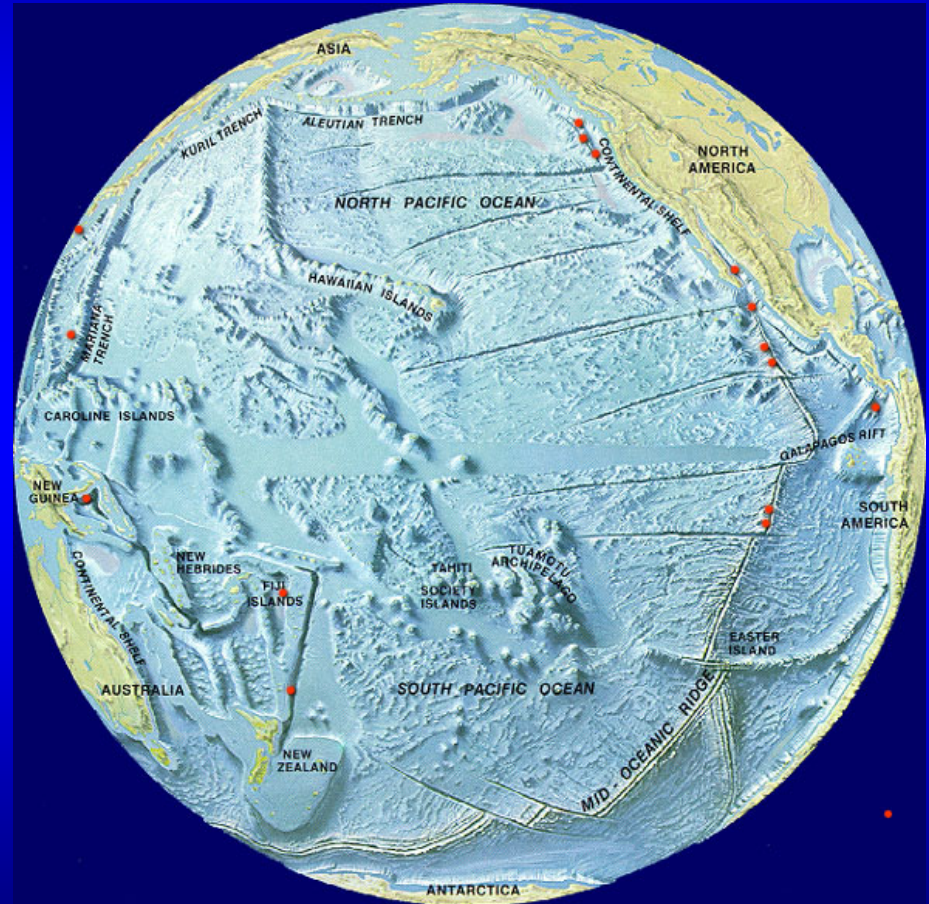
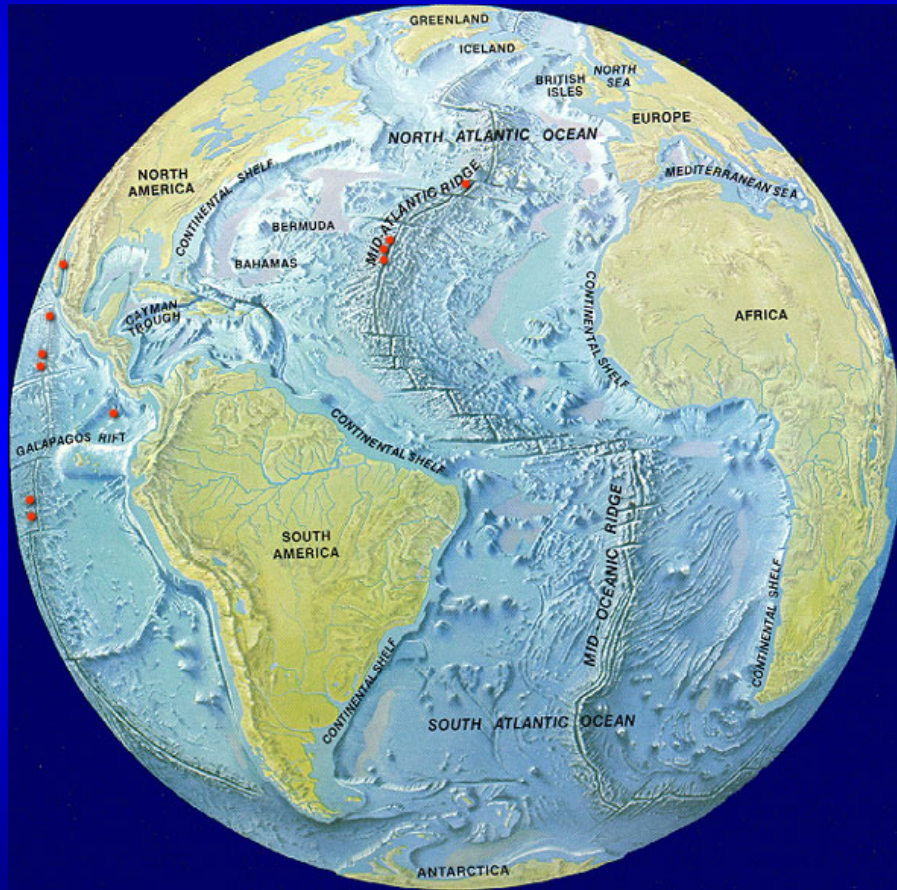


Hydrotermální venty



Riftia pachyptila (Vestimentifera - Pogonophora)

Hydrotermální venty



Primární produkce, primární produktivita

hrubá (GPP) - energie (uhlík) vázaná(ý) fotosyntézou za jednotku času
= intenzita fotosyntézy

čistá (NPP) = hrubá minus respirace

= množství vyprodukované biomasy za jednotku času (na jednotku plochy (objemu)) = rychlost tvorby biomasy

respirace: energie vynaložená na metabolismus

$$\mathbf{NPP = GPP - R}$$

kompenzační bod: fotosyntéza = respirace (veškerá produkce jde na udržovací metabolismus)

okamžitá biomasa (standing crop): biomasa v okamžiku pozorování/sklizně

Jednotky energie

Joule (J) - energie vynaložená použitím síly 1N
na vzdálenost 1m

kalorie (cal) = 4.2 J

Watt = 1 J . s⁻¹

v kvantových jednotkách (hustota toku fotonů)

mol m⁻² s⁻¹ nebo **μE m⁻² s⁻¹** (E = Einstein)

pro fotosynteticky aktivní záření (PAR, PhAR)

1 μE m⁻² s⁻¹ = 0.2 – 0.25 W m⁻²

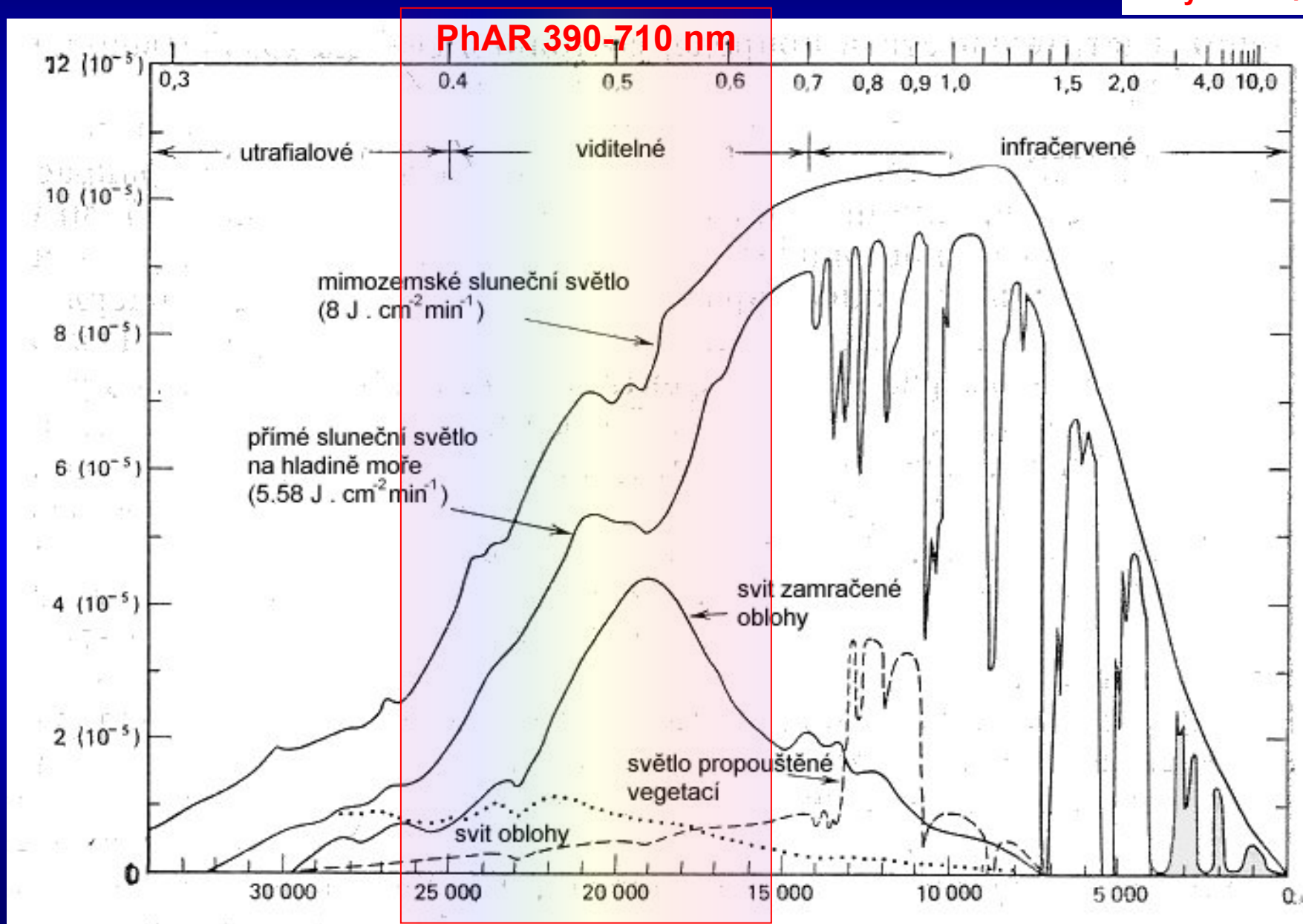
Pro produkci 1 molu (16g) kyslíku potřeba 9 E.

Solární konstanta
= $8,37 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$

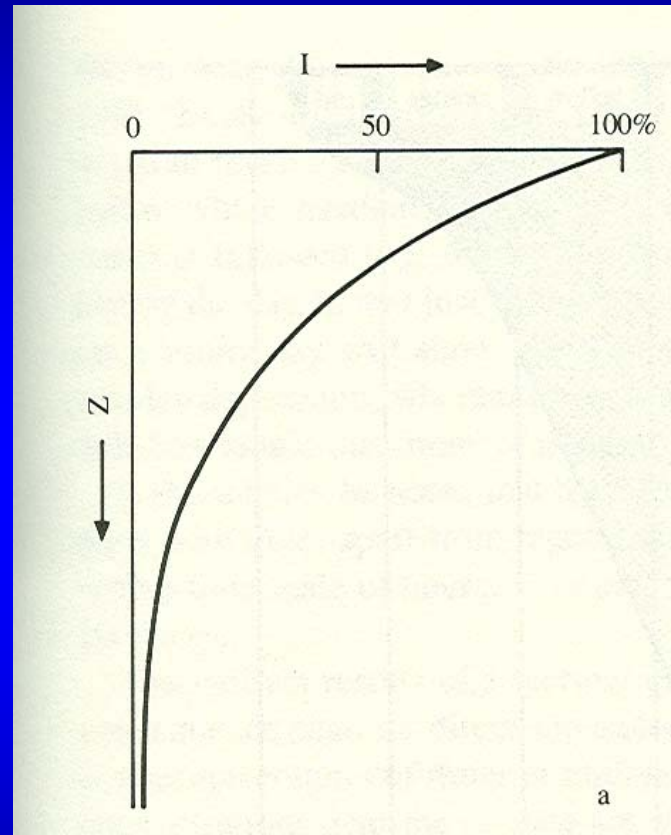
33 % - odraz od atmosféry
16 % - absorpce

24 % - přímé záření
27 % - difuze

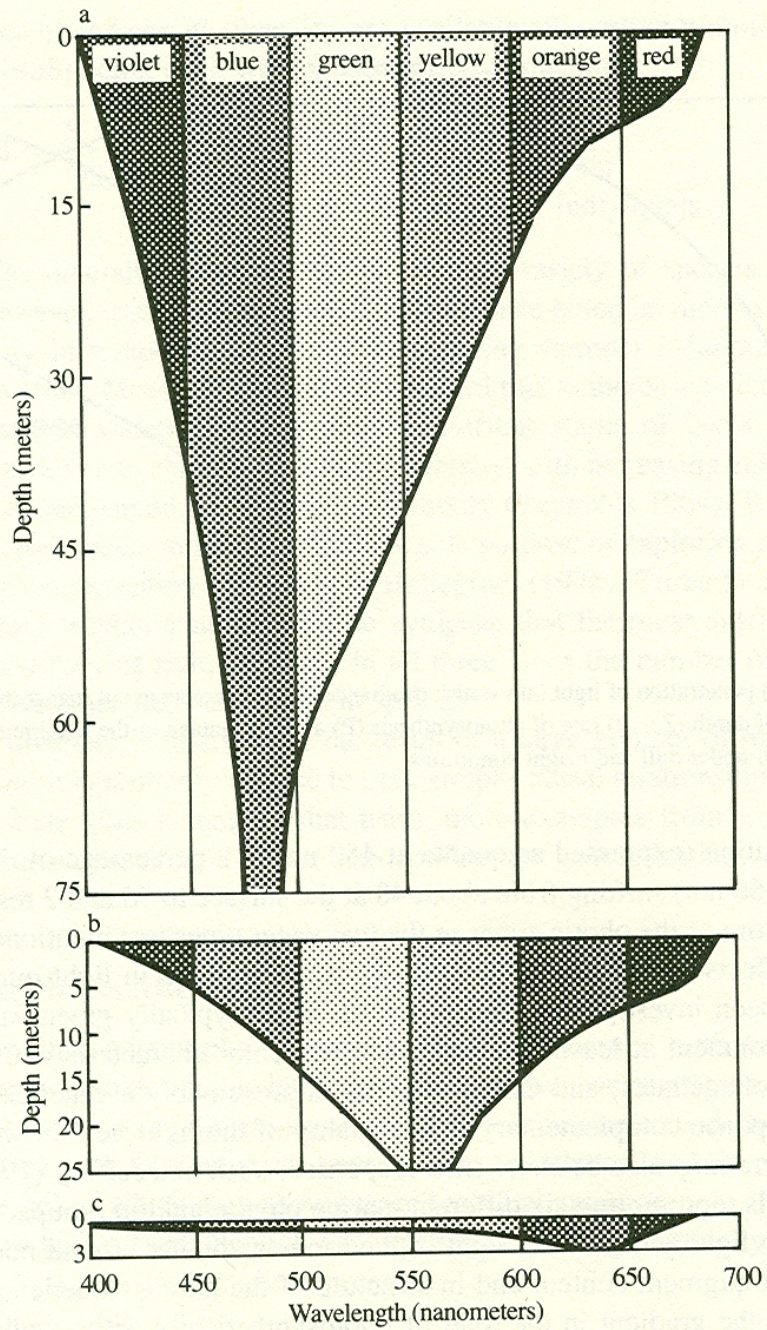
4 % - odraz od povrchu
- zbývá 47 %



Sluneční záření ve vodním prostředí



$$I_z = I_0 e^{-k_c z}$$



Měření primární produkce

Vstupy a výstupy fotosyntetické reakce:



čistá produkce NPP - jednoduše jako **přírůstek biomasy** za čas

- uhlík (= 39 kJ na 1 g C) (glukosa 40% C → 15.6 kJ . g⁻¹; při spalování v kalorimetru 17.6 kJ . g⁻¹)
- sušina
- chlorofyl (výhodný ve vodním prostředí)

hrubá produkce GPP (zahrnuje i respiraci)

- bilance CO₂ (změny množství v okolním vzduchu za čas)
- bilance O₂ (výhodná ve vodním prostředí - princip tmavé a světlé lahve)
- použití radioizotopů uhlíku (¹⁴C) - přidáním známého podílu

Měření primární produkce ve vodním prostředí

Metoda světlých a tmavých lahví



light bottle

photosynthesis and respiration

net photosynthesis

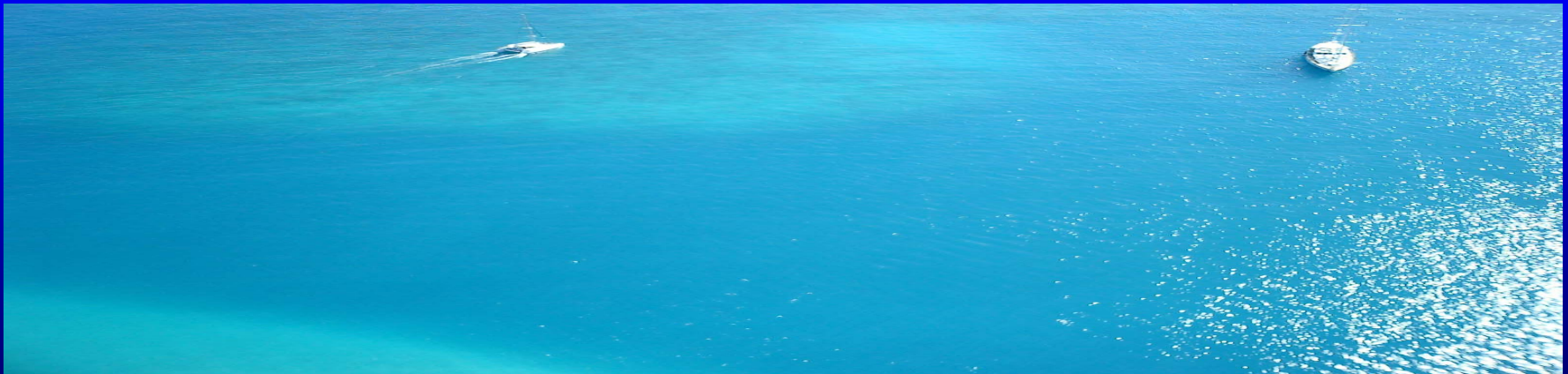
dark bottle

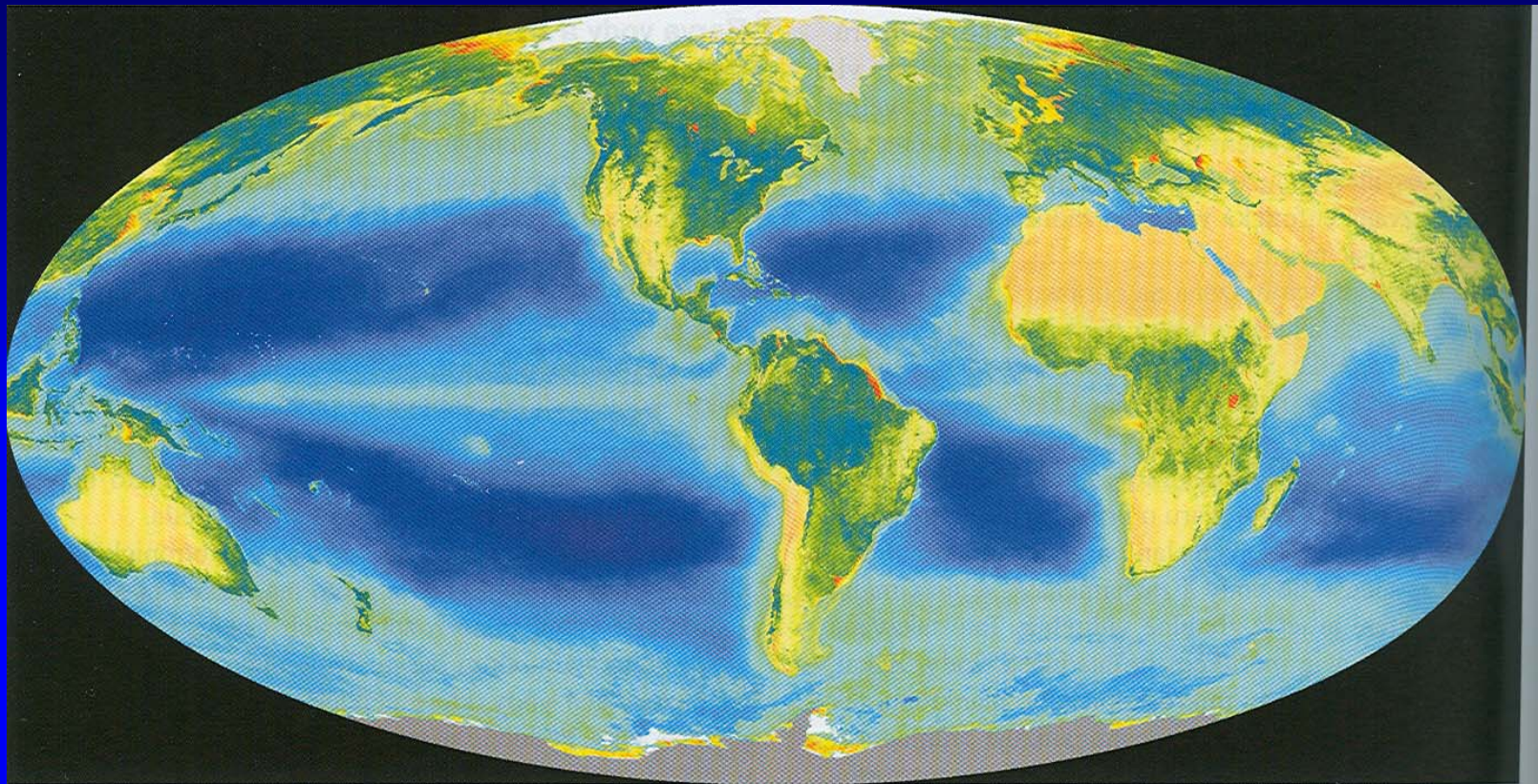
- respiration

*plankton community
respiration*

= photosynthesis

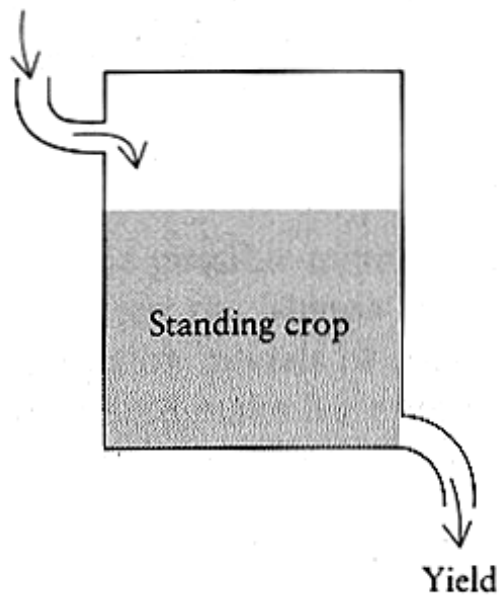
gross photosynthesis



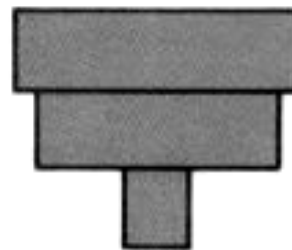
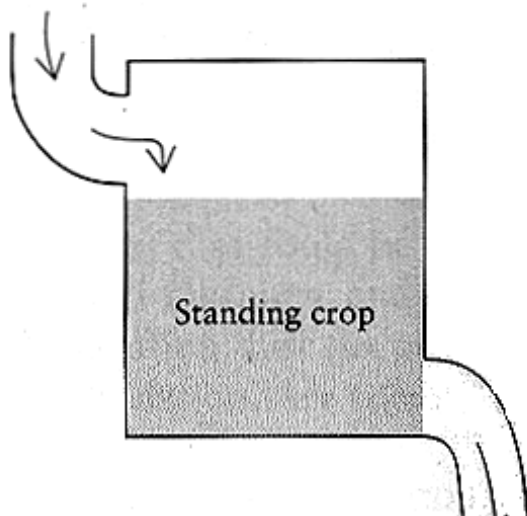


typ ekosystému	plocha (10 ⁶ km ²)	NPP (g m ⁻² , t km ⁻²)		světová NPP (10 ⁹ t)	biomasa (kg m ⁻²)		světová biomasa (10 ⁹ t)
		od-do	průměr		od-do	průměr	
tropický deštný les	17,0	1000-3500	2200	37,4	6-80	45	765
tropický sezónní les	7,5	1000-2500	1600	12,0	6-60	35	260
jehličnatý les mírného pásma	5,0	600-2500	1300	6,5	6-200	35	175
opadavý les mírného pásma	7,0	600-2500	1200	8,4	6-60	30	210
boreální les	12,0	400-2000	800	9,6	6-40	20	240
pásma lesů a křovin	8,5	250-1200	700	6,0	2-20	6	50
savana	15,0	200-2000	900	13,5	0,2-15	4	60
travné biomy mírného pásma	9,0	200-1500	600	5,4	0,2-5	1,6	14
tundra a vysokohorské oblasti	8,0	10-400	140	1,1	0,1-3	0,6	5
pouštní a polopouštní křoviny	18,0	10-250	90	1,6	0,1-4	0,7	13
extrémní pouště, skály, písek a led	24,0	0-10	3	0,07	0-0,2	0,02	0,5
obdělávaná půda	14,0	100-3500	650	9,1	0,4-12	1	14
bažiny a močály	2,0	800-3500	2000	4,0	3-50	15	30
jezera a vodní toky	2,0	100-1500	250	0,5	0-0,1	0,02	0,05
kontinenty celkem	149		773	115		12,3	1837
volný oceán	332,0	2-400	125	41,5	0-0,005	0,003	1,0
zóny vystupujících hlubinných vod	0,4	400-1000	500	0,2	0,005-0,1	0,02	0,008
kontinentální šelfy	26,6	200-600	360	9,6	0,001-0,04	0,01	0,27
řasové lavice a korálové útesy	0,6	500-4000	2500	1,6	0,04-4	2	1,2
říční delty	1,4	200-3500	1500	2,1	0,01-6	1	1,4
oceány celkem	361		152	55,0		0,01	3,9
celkem	510		333	170		3,6	1841

Production



Production



Primary carnivores (pelagic fish) 1.8

Herbivores (zooplankton) 1.5

Producers (phytoplankton) 0.4

Biomass $gm^{-2}d^{-1}$



Primary carnivores 0.0016

Herbivores 0.15

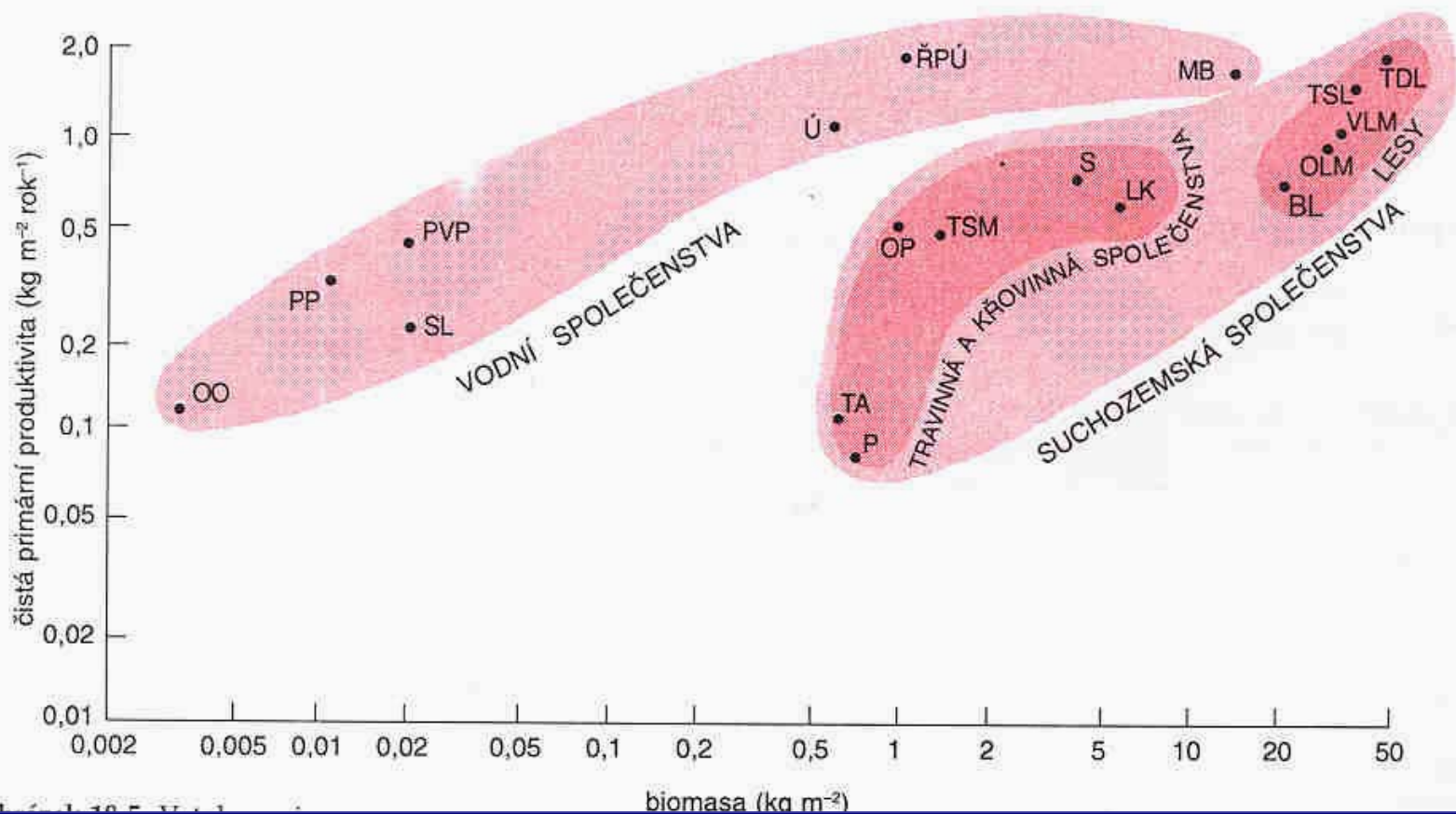
Producers 0.4

Productivity $gm^{-2}d^{-1}$

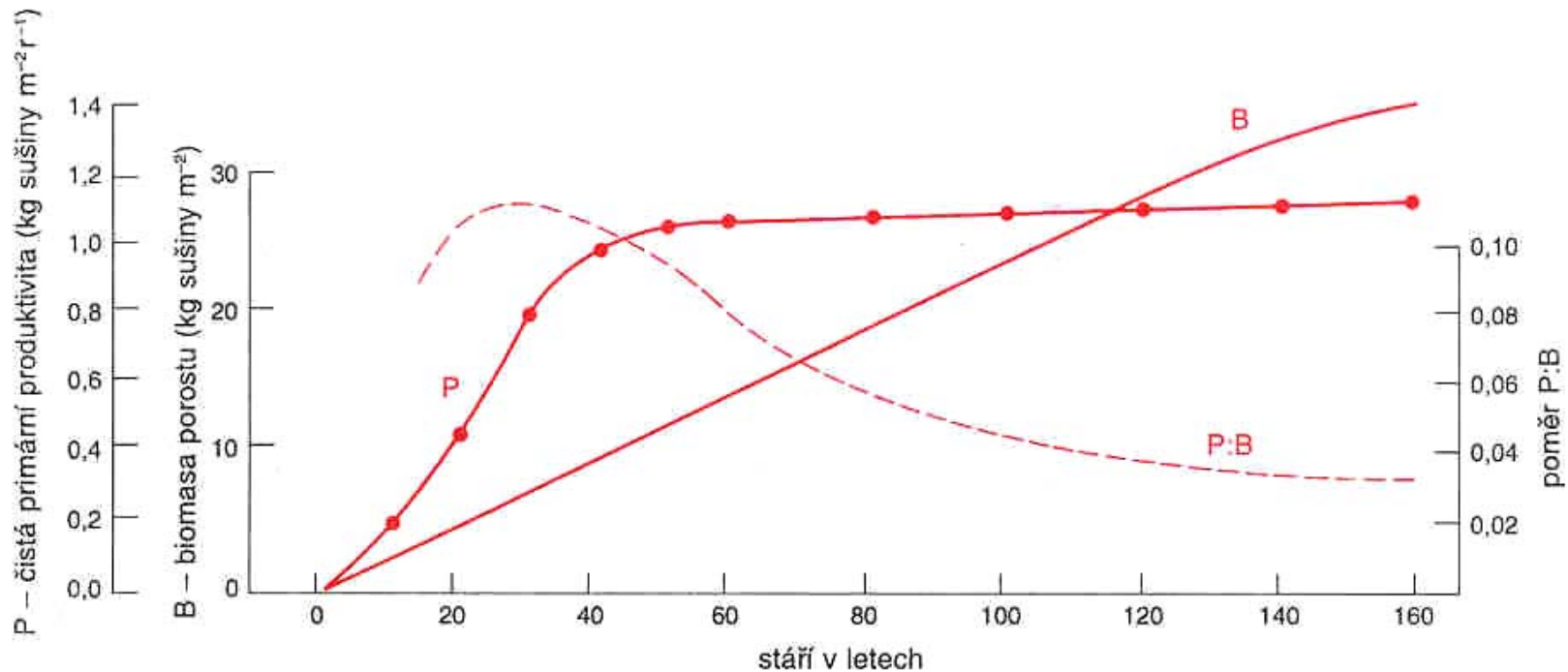
OO otevřený oceán
 PP pevninský práh
 PVP pásmo vzestupných proudů
 ŘPÚ řasová pole a útesy
 Ú ústí řek
 SL sladkovodní jezera a toky
 MB močály a bažiny

TDL tropický deštný les
 TSL tropický sezonní les
 VLM vždyzelený les mírného pásma
 OLM opadavý les mírného pásma
 BL boreální les
 LK lesní a křovinné formace

S savana
 TSM travinná společenstva mírného pásma
 TA tundra a alpská vegetace
 P poušť a polopoušť
 OP orná půda



Změna poměru čisté produkce vůči biomase vegetace během sukcese



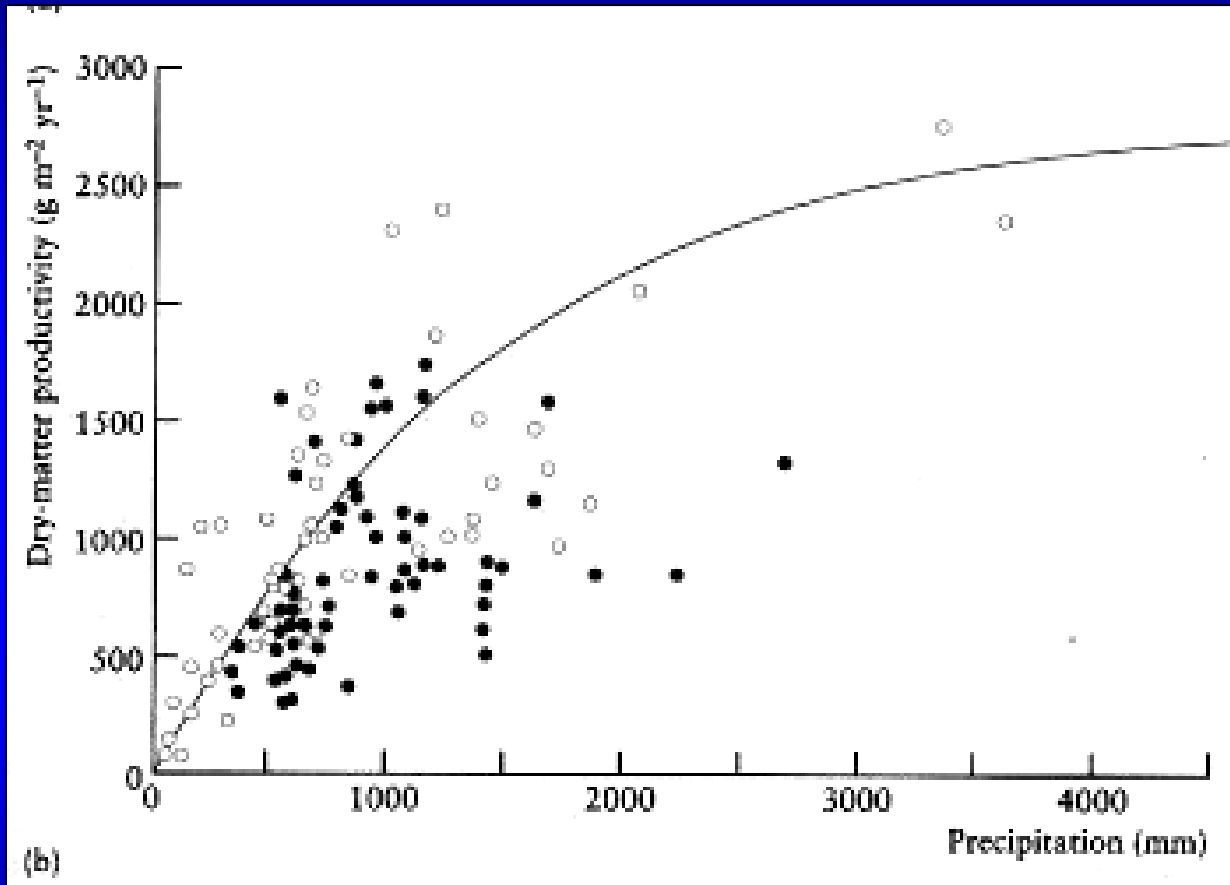
Obrázek 18.6. Roční čistá primární produkce nadzemních částí (P), biomasa (B) a poměr produktivity k biomase ($P:B$) v sukcesi lesa zahájené po požáru na Long Island, New York. Produktivita se rychle zvyšovala, když společenstva procházela stadii bylin a keřů až ke stadiu lesa, kdy se po 40 až 50 letech ustálila asi na $1,05 \text{ kg m}^{-2} \text{ rok}^{-1}$. Biomasa v této době stále ještě rostla a dá se očekávat, že za 200 let dosáhne v dospělém dubovém lese hodnoty asi 40 kg m^{-2} . Poměr $P:B$ by za 20–40 let po požáru dosáhl hodnoty asi 0,1 a po 160 letech by klesl na pouhých 0,03.

(Whittaker & Woodwell 1968, 1969)

Faktory omezující primární produktivitu suchozemských společenstev

- sluneční záření není využíváno účinně – nejvyšší účinnost v kulturách – až 10 % PAR, obvykle o řád méně
- ale produkci určují zpravidla jiné faktory

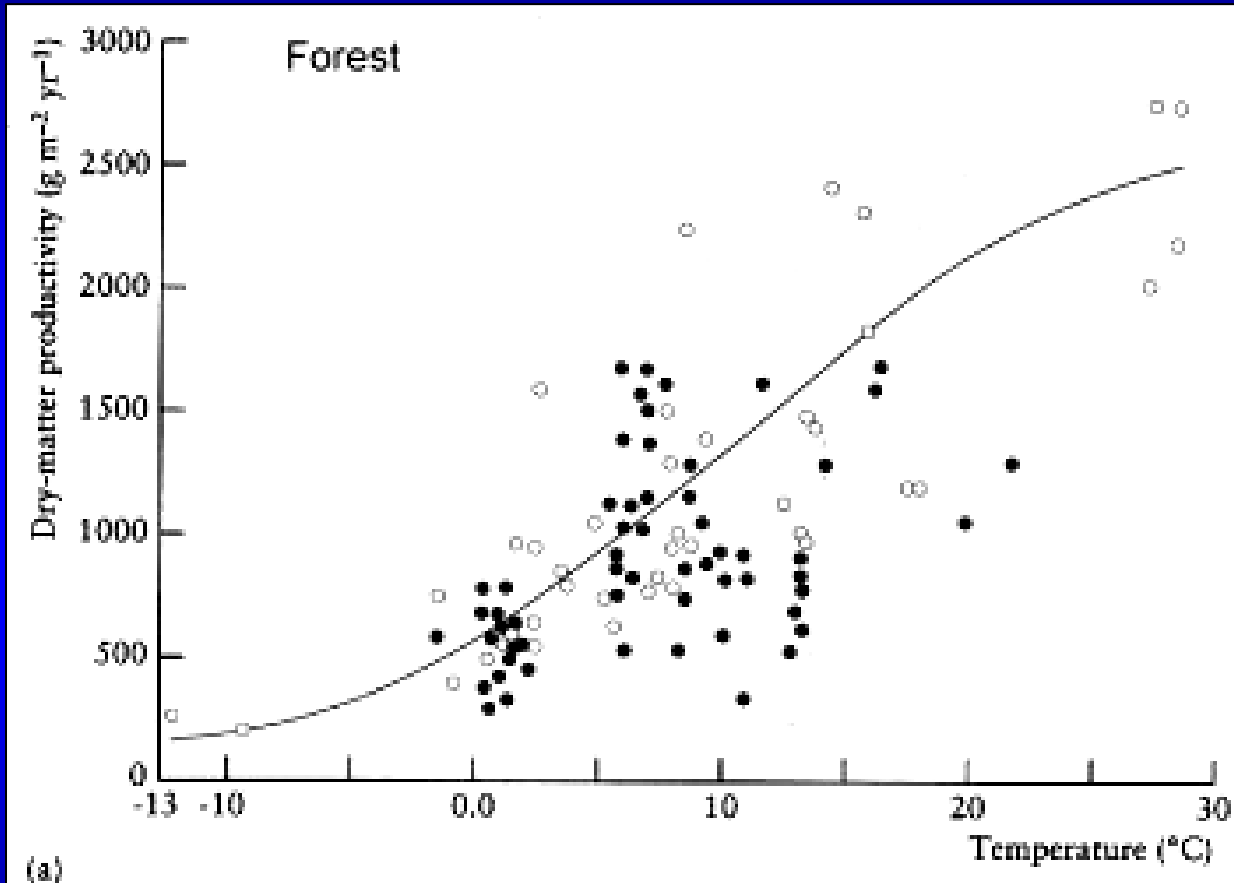
Nedostatek vody



Vztah mezi NPP
lesních ekosystémů
a ročními srážkami

- v suchých oblastech stoupá NPP s rostoucím množstvím srážek téměř lineárně

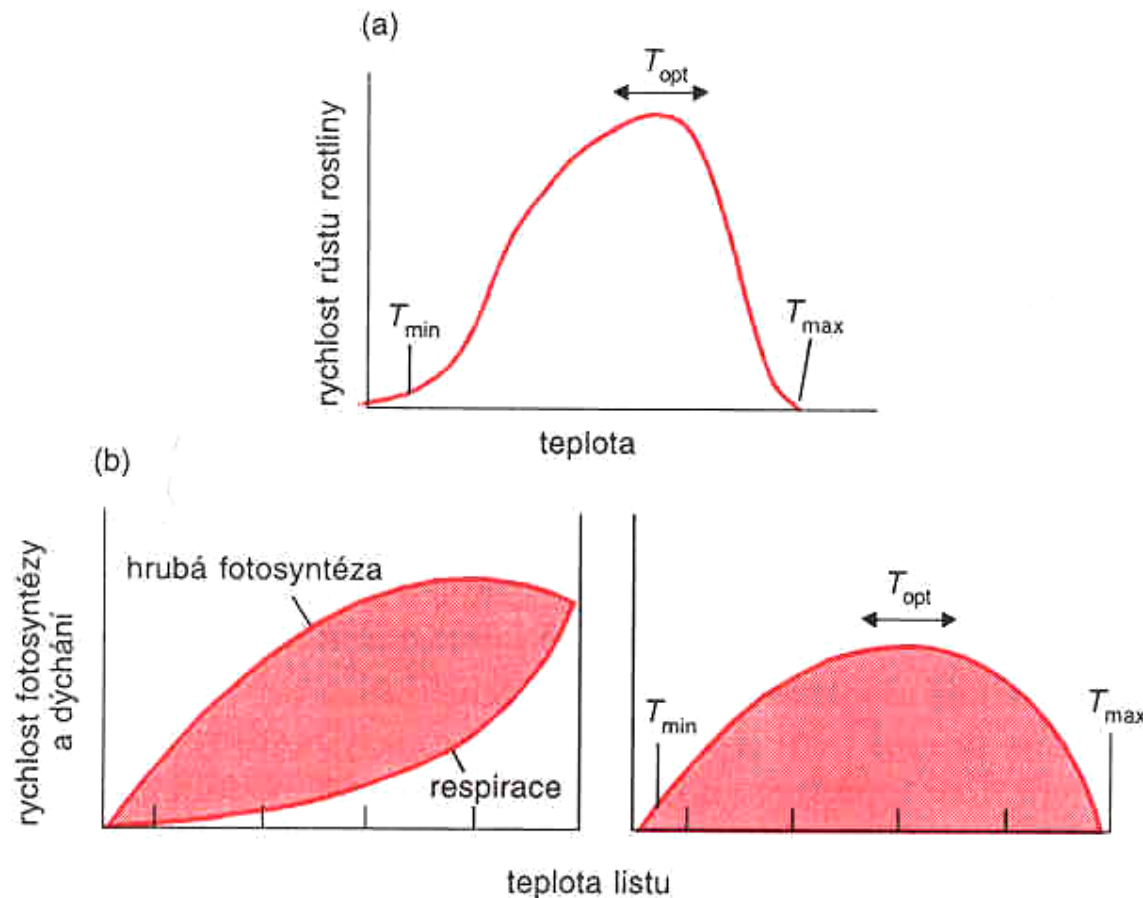
Teplota



Vztah mezi NPP
lesních ekosystémů
a teplotou

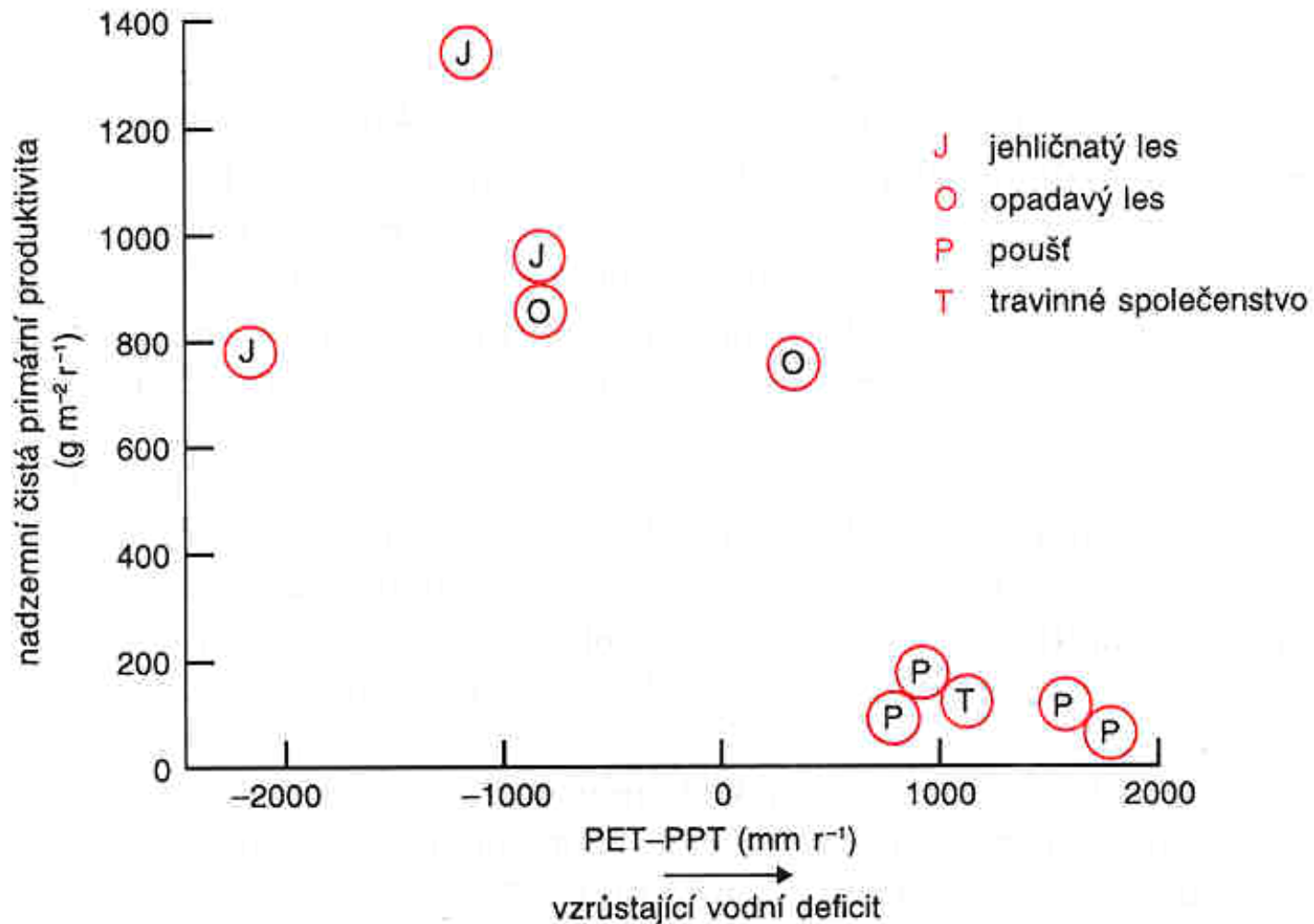
- s rostoucí teplotou roste GPP, ale stoupá i respirace a transpirace

= hodnota NPP maximální při teplotách mnohem nižších než jsou teploty vhodné pro GPP



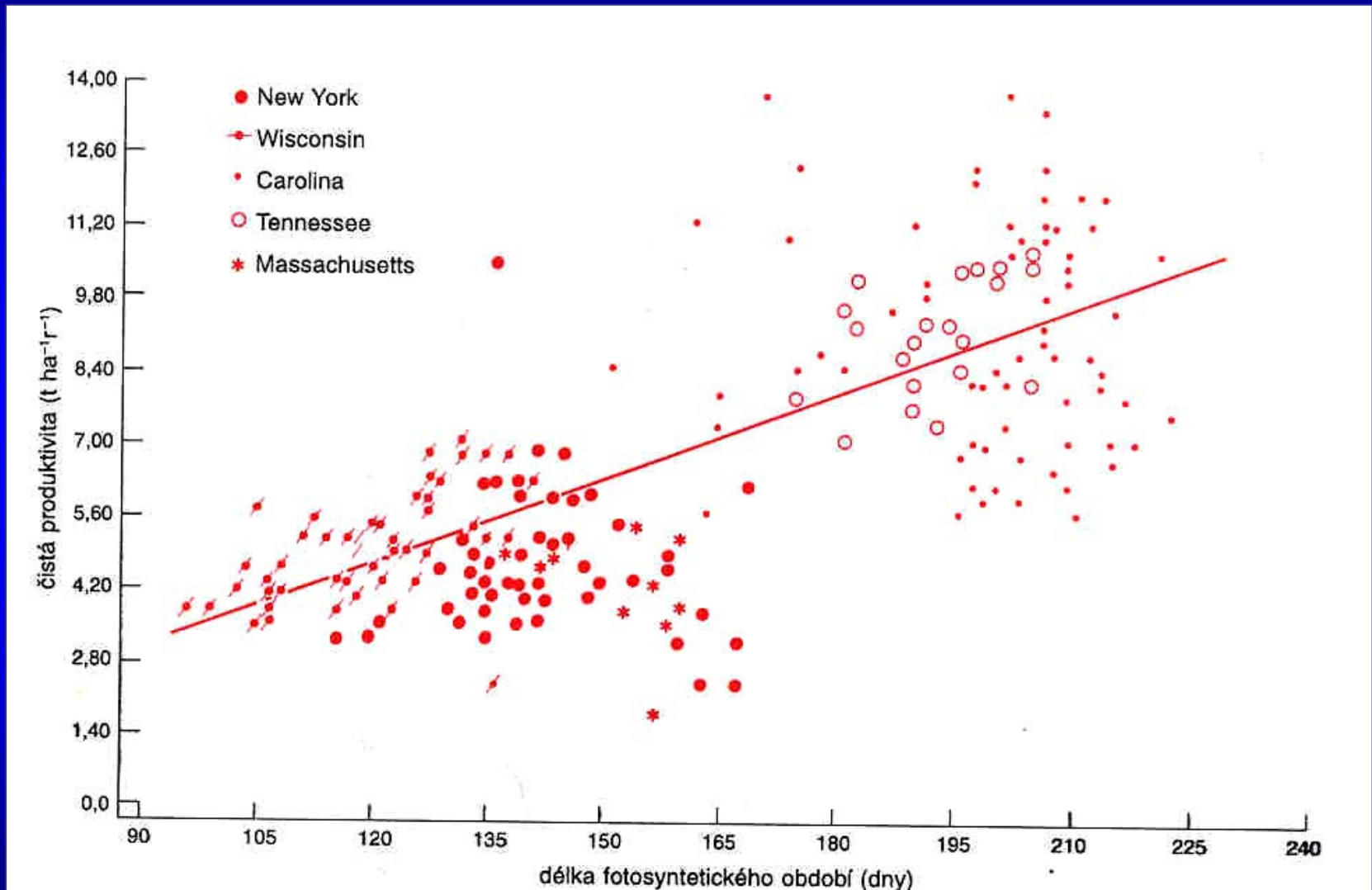
Obrázek 18.9. Schematické znázornění reakcí rostlin na teplotu. (a) Zobecněný diagram reakce růstu rostlin na teplotu; v diagramu jsou označeny tři kritické hodnoty teplot, tj. teplotní minimum (T_{min}), teplotní maximum (T_{max}) a teplotní rozmezí optimální pro růst (T_{opt}). (b) Vliv teploty na hrubou fotosyntézu, respiraci a čistou fotosyntézu běžné rostliny. (Pisek *et al.*, 1973; viz Fitter & Hay, 1981)

Interakce teploty a srážek



Obrázek 18.10. Vztah mezi nadzemní čistou primární produktivitou a indexem vodního deficitu (potenciální evapotranspirace /PET/ minus srážky /PPT/) pro několik typů společenstev v Severní Americe (Webb *et al.*, 1983)

Délka vegetačního období



- vztah mezi NPP a délkou veg. období opdavých lesů Severní Ameriky

Nedostatek minerálních zdrojů

- produktivita vždy nízká ve společenstvech bez půdního podkladu nebo když je půda chudá na minerální živiny
- nejdůležitější vázaný dusík –produkt fixace atmosférického dusíku mikroorganismy

Faktory omezující primární produktivitu vodních společenstev

- produktivita nejčastěji omezena nedostatkem živin, světla a intenzitou „pastvy“ býložravci

- Redfieldův poměr

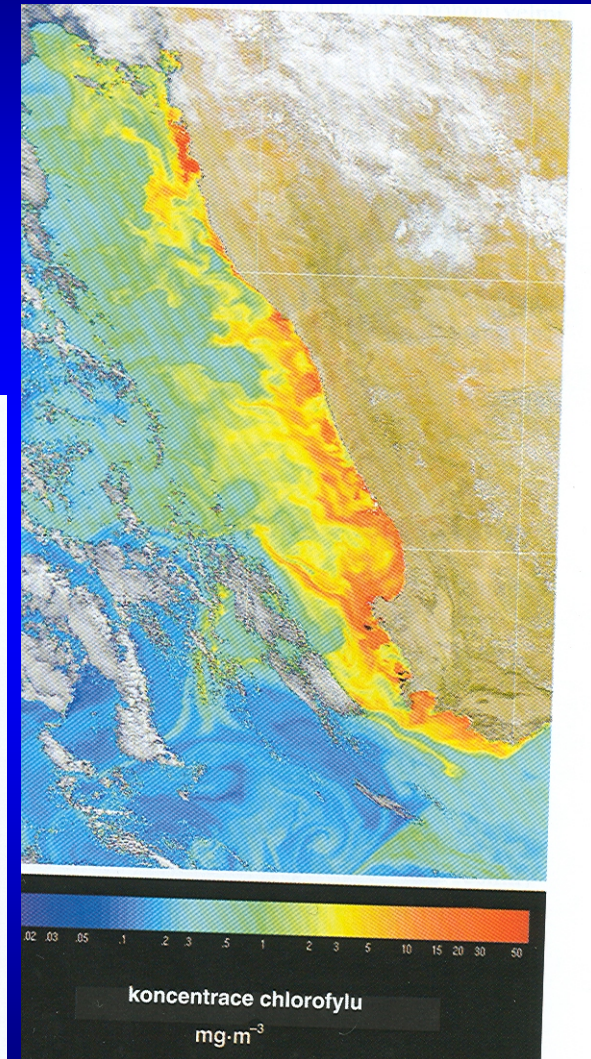
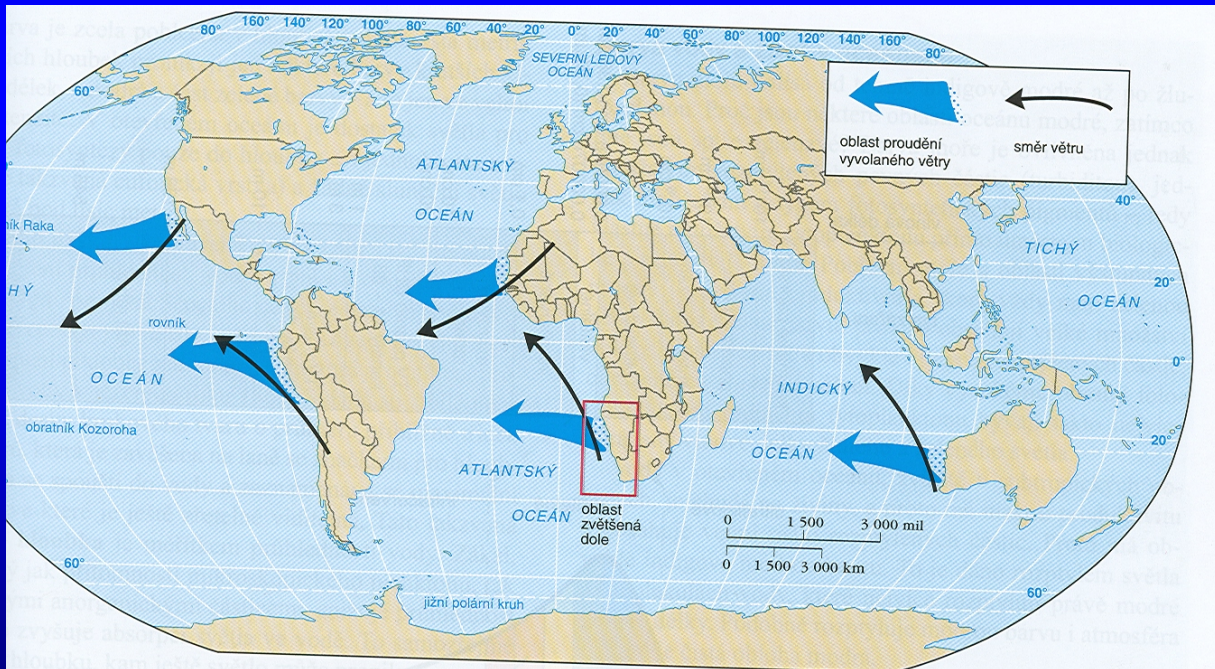
C : N : P 106 : 15 : 1 atomární poměr

- odchylka – limitace
- idealizovaný poměr, různý pro různá společenstva, slouží jako první odhad, který z prvků je limitující
- ve vodním prostředí nejčastěji limitující fosfor

Vysoká primární produktivita v oceánech

1/ Pobřežní výstupné proudy

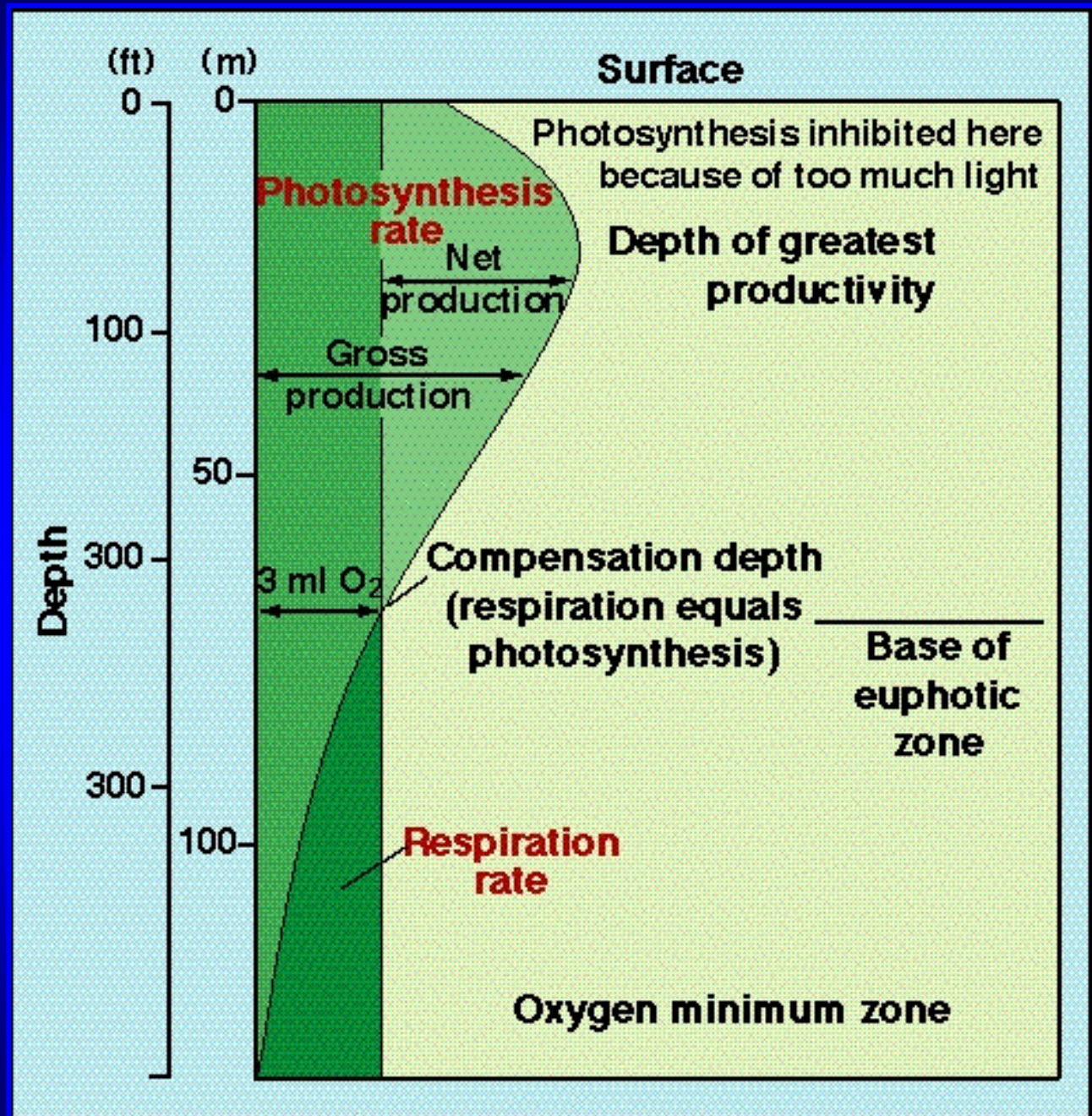
- na Z pobřeží kontinentů se na povrch dostávají živinami bohaté vody
- intenzivní biologická aktivita



2/ Oblast pobřežního šelfu - řeky

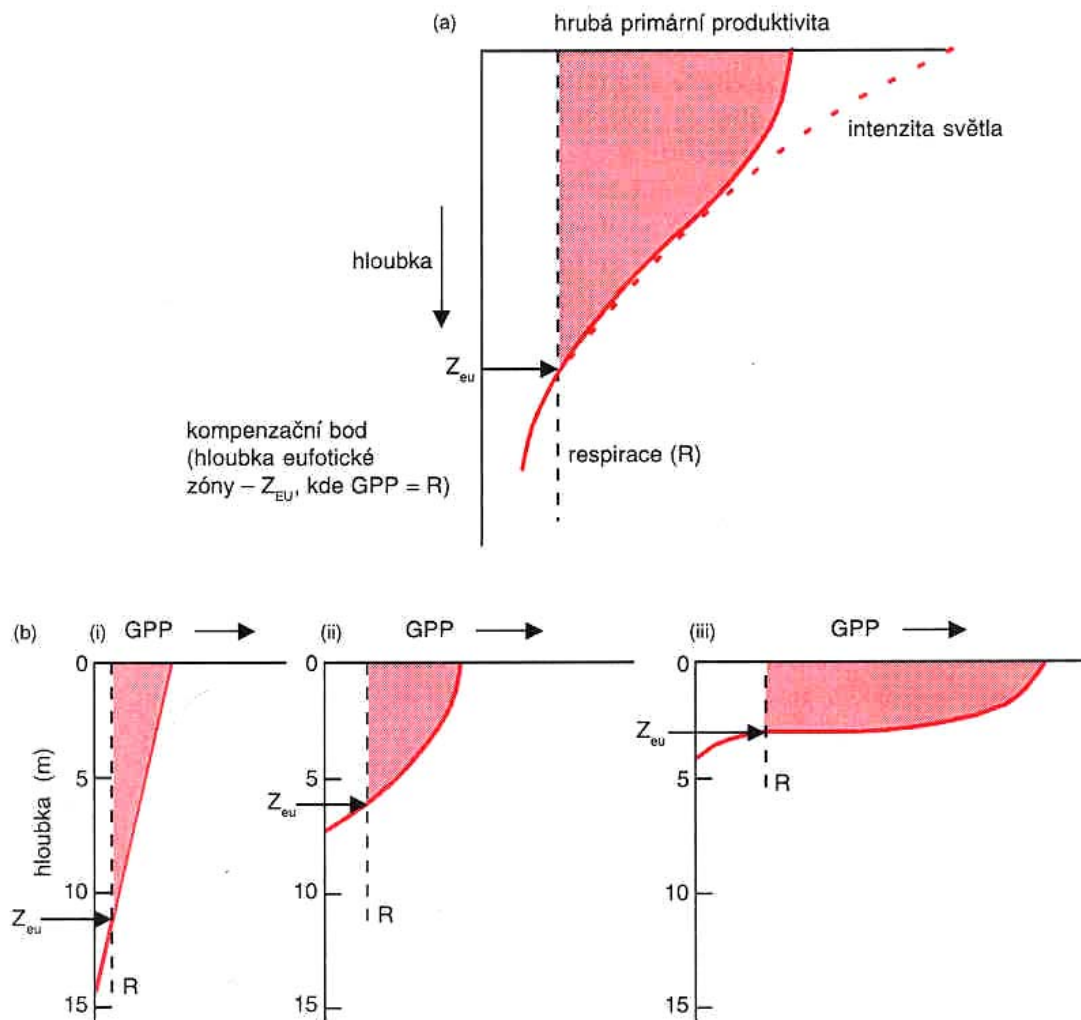
Světlo

- produktivita se mění s hloubkou v důsledku slábnoucí intenzity světla
- kompenzační hloubka – nad ní NPP pozitivní



Světlo

- čím je vodní prostředí na živiny bohatší, tím je eufotická zóna mělčí – samozastínění

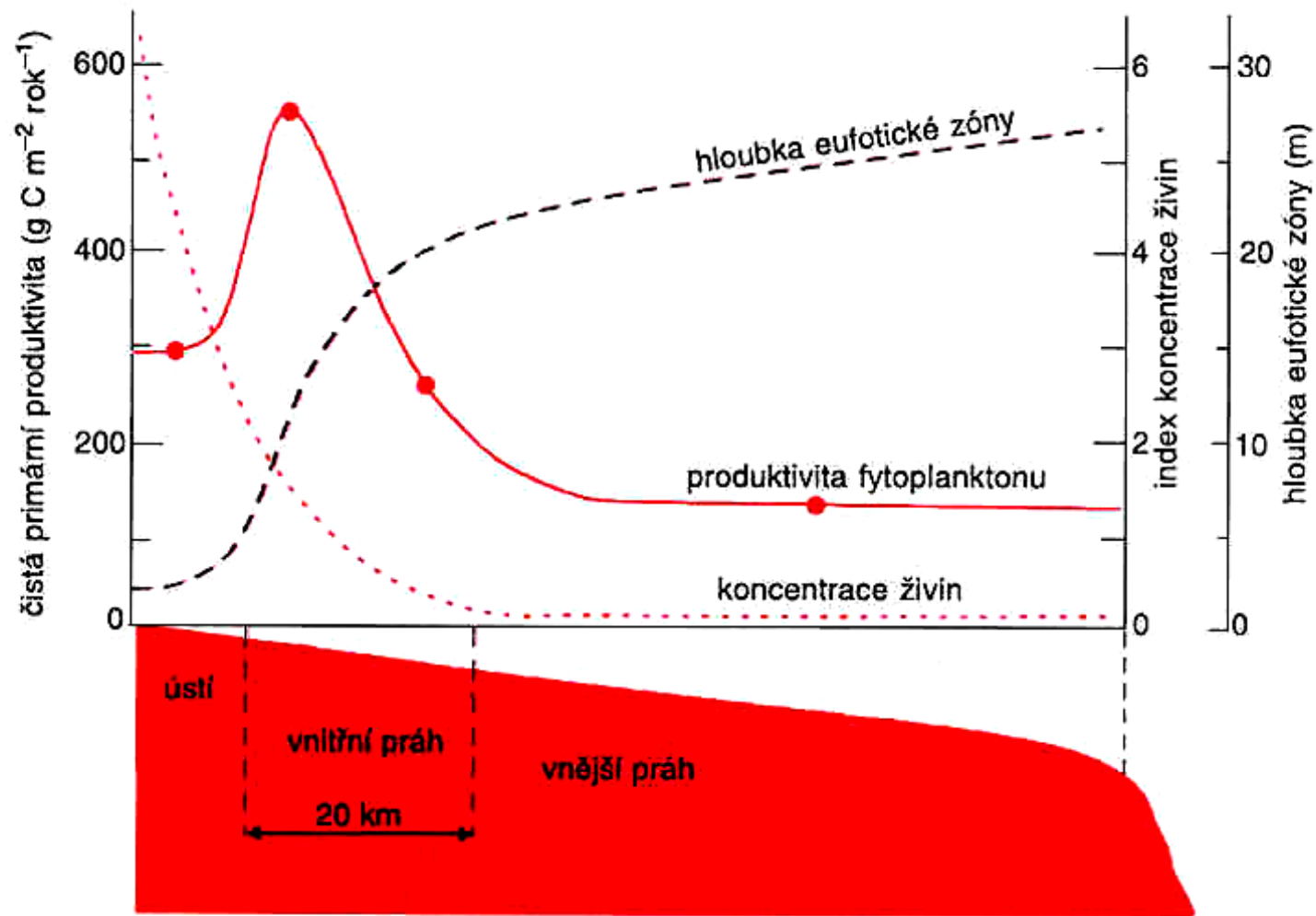


Obrázek 18.15. (a) Obecné vztahy změn hrubé primární produktivity (GPP), tepelných ztrát dýcháním (R) a čisté primární produktivity (NPP) s hloubkou ve vodním prostředí. Bod kompenzace (neboli hloubka eufotické zóny E_u) se nachází v hloubce (Z_{eu}), kde GPP právě vyrovnává R a kde NPP je rovna nule. (b) Celková NPP se zvyšuje s koncentrací živin ve vodě (jezero iii > ii > i). S rostoucím množstvím živin roste i biomasa fytoplanktonu, v důsledku čehož se snižuje hloubka eufotické zóny.

Ve vodních ekosystémech mluvíme o eufotické zóně, což je vrstva vody nad kompenzačním bodem $\approx 1\%$ intenzity slunečního dopadajícího záření.

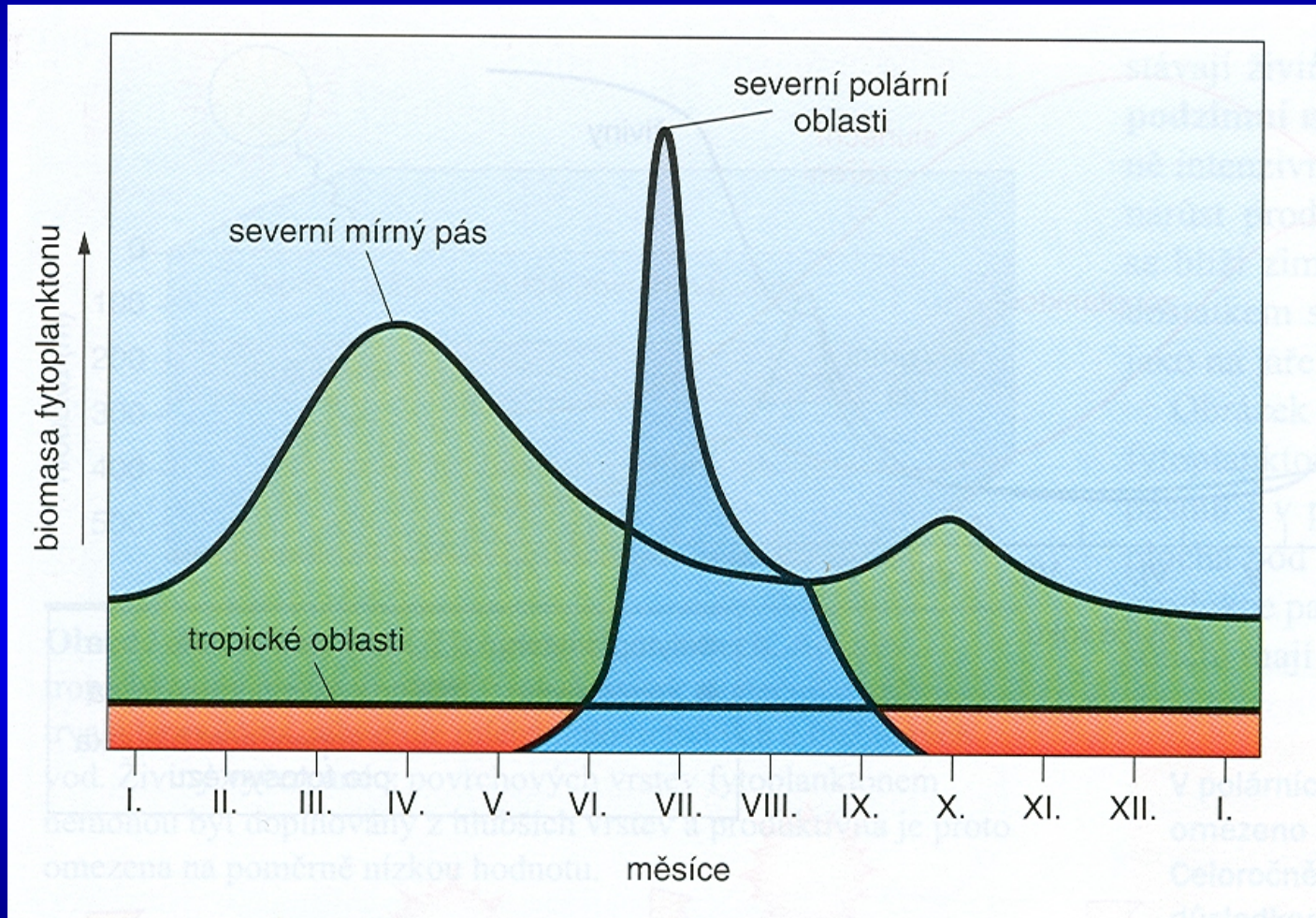
Navíc je fotosyntéza při vysoké radiaci inhibována.

Výše NPP jako důsledek interakce koncentrace živin a dostupnosti světla v pobřežní zóně



Obrázek 18.13. Změny v čisté primární produktivitě fytoplanktonu, v koncentraci živin a v hloubce eufotické zóny podél transektu mezi pobřežím Georgie, USA, a lemem kontinentálního prahu (Haines, 1979)

Vliv sezónnosti na NPP



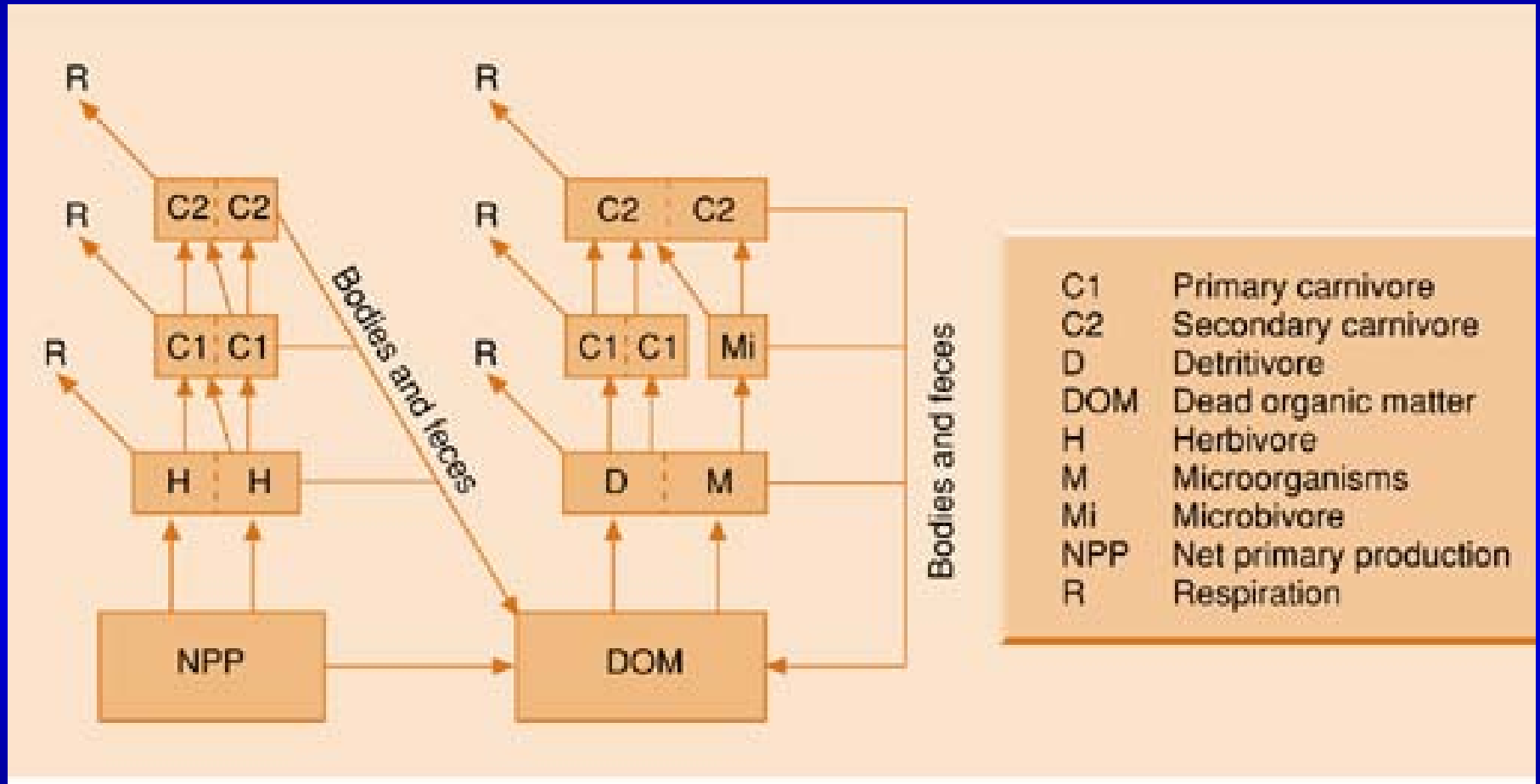
- NPP určena souhrnným vlivem světla, živin a spásání

Sekundární produkce, sekundární produktivita

- rychlost produkce nové biomasy heterotrofními organismy
- bakterie, houby a živočichové svou hmotu odvozují od NPP přímo nebo nepřímo (konzumací jiných heterotrofů)
- mezi primární a sekundární produktivitou obecně pozitivní vztah
- sekundární produktivita asi o řád nižší

Potravní řetězce

Model trofické struktury a toku energie v suchozemském společenstvu



- pyramida pastevního systému, rozkladný systém
- energie může procházet mnoha alternativními cestami

Účinnost přenosu energie

Lindeman 1942

poměr hrubých produkcí trofických hladin - Lindemanova účinnost

3 kategorie účinností přenosu:

konzumační účinnost - kolik % čisté celkové produkce je zkonzumováno následující trofickou hladinou
(býložravci – průměr **5 %** lesy, **25 %** travinná společenstva, **50 %** voda)

asimilační účinnost - kolik je z pozřené potravy metabolizováno –
u býložravců a detritovorů nízká (**20-50 %**), pro masožravce až **80 %**

produkční účinnost - jak je využita asimilovaná potrava na čistou produkci, zbytek ztracen respirací
vysoká u mikroorganismů (**10 %**)
nízká u endotermních obratlovců (**1 %**)

Účinnost přenosu energie

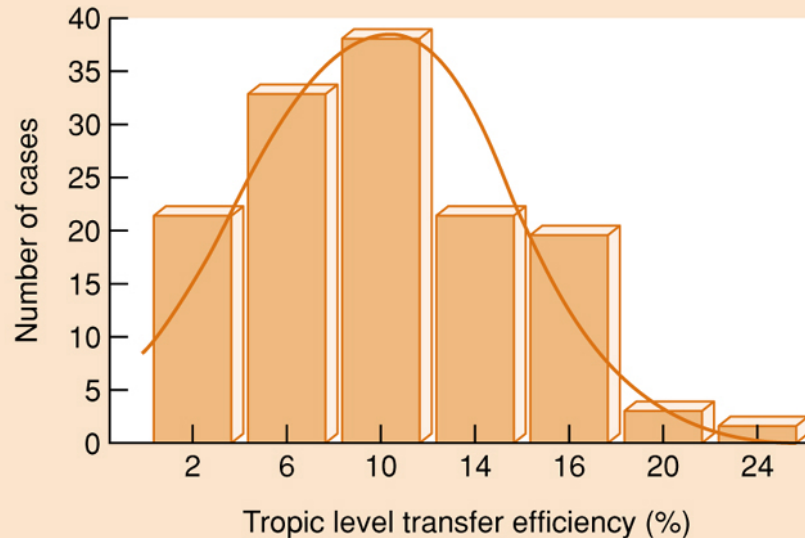


Figure 17.24 Frequency distribution of trophic-level transfer efficiencies in 48 trophic studies of aquatic communities. There is considerable variation among studies and among trophic levels. The mean is 10.13 % (SE = 0.49). (After Pauly & Christensen, 1995.)

- regulace počtu trofických úrovní (v přírodě typicky mezi 2 a 5)