



EKOSYSTÉMY

Osnova přednášky

Ekosystém

- ES – definice a základní pojmy
- Z historie studia ES
- Druhy ES
- Ekoton (viz. Společenstvo)
- Biomasa
- Produkce (primární, sekundární)
- Potravní řetězce (sítě)
- Tok energie ES – energetická účinnost
- Dynamika ekosystému
- Stabilita ES
- Globální geochemické cykly - Biosféra

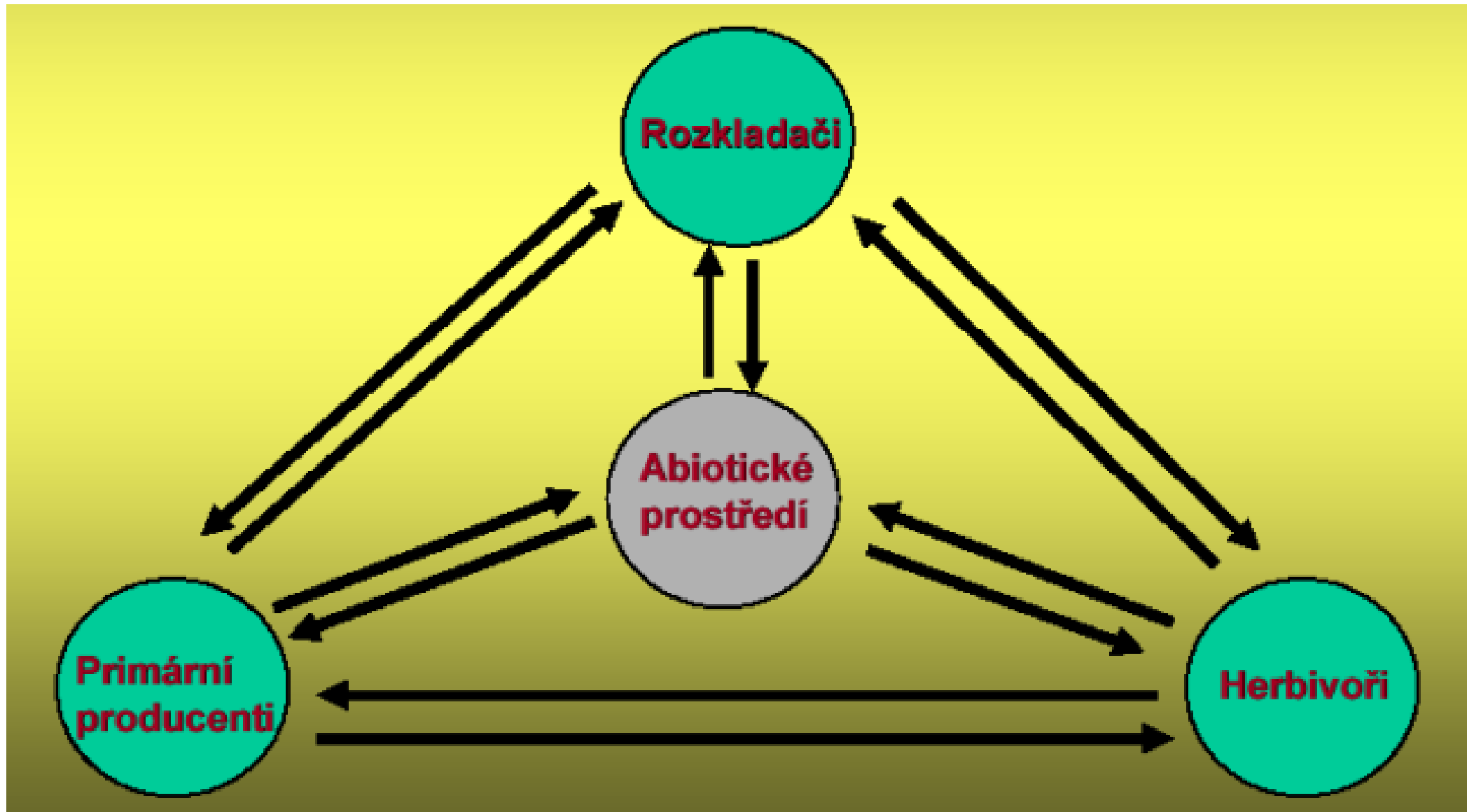
Biomy

- Definice a základní pojmy
- Tropický deštný les
- Tropický opadavý les
- Tvrdolistý les
- Stepí
- Pouště
- Savany
- Opadavý les
- Boreální lesy (tajga)
- Tundra
- Polární pustiny
- Korálové útesy

Ekosystém

- Strukturní a funkční celek složený ze všech živých organismů a abiotického prostředí v daném čase a prostoru.
- Stejně jako v případě společenstva jsou jednotlivé složky propojeny zpětnými vazbami.
- I ekosystémy podléhají sukcesi !

Energie v ekosystémech a společenstvech



Ekosystém – základní charakteristika

Ekosystém = funkční ekologická jednotka, ve které dochází k interakcím mezi mezi biologickými, fyzikálními a chemickými složkami prostředí.

Tento pojem je zaměřen na komplexní vzájemné vztahy mezi rostlinami, živočichy a abiotickými faktory jejich habitatu.

Koncepce ekosystému je mnohem širší než koncepce společenstva.

ES je základní strukturální a funkční celek biocenózy a jejího prostředí.

Je zde trvalá výměna hmoty a energie mezi živou hmotou a neživou součástí přírody.

ES je základní funkční jednotka přírody.

Z historie studia ES:

19. stol. = mnoho poznatků o **taxonomii a systematice** ⇒ vznikají systémy organismů

2 směry ve vývoji ekologie ⇒ poznání, že rostliny a živočichové vytvářejí přirozená seskupení s dobře rozlišitelnými členy; vznikají pokusy a klasifikaci biologických společenstev

⇒ poznání, že organismy jsou přímo i nepřímě spojeny potravními vztahy; (např. člověk byl lovcem i kořistí)

Z historie studia ekosystémů

Vzniká **systémový přístup ke studiu** = studium vzájemně se ovlivňujících populací jako jednoho systému, jako souboru částí.

Koncepce determinismu: na úrovni souborů více druhů (multispecies) platí stejná pravidla jako na úrovni organismu = individua.

Příklady: Není nutno znát podrobně anatomii slona a přesto je možné popsat jeho vztah k prostředí.
Naproti tomu, podrobné znalosti jednotlivých travin, hmyzu, myši a ještěrek nám nemusí říci nic o prérii jako celku !

Rozvoj studia biologických společenstev !



7 historie studia ekosystémů

Charles Elton

(2 rozdílné koncepce)

F.E. Clements (1916, 1936) = typologie rostlinných společenstev podle typu klimatu, společenstva považoval za jakýsi superorganismus. Systém jako celek má vlastnosti, které nelze odvodit od vlastností jeho částí.

H.A. Gleason (1926, 1939) = systém jako celek má vlastnosti, které jsou výsledkem, souhrnem, interakcí mezi jeho částmi.

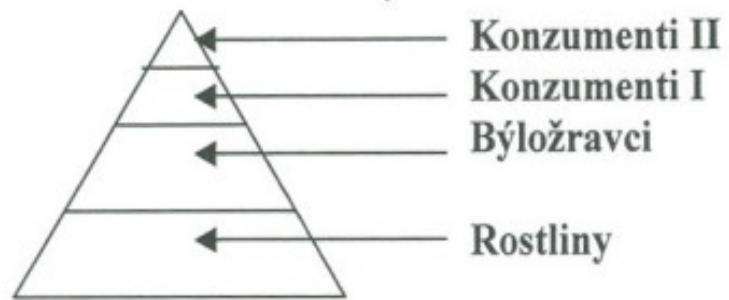
Charles Elton (1927) = koncepce, že biologická společenstva jsou organizována podle vzájemných potravních vztahů jejich členů. Zavedení pojmu potravní řetězec (food chain).
(„Velké ryby požírají malé ryby, malé ryby požírají vodní hmyz se živí rostlinami a bahnem“ – čínské přísloví)

A.G. Tansley (1935) = navrhl pojem **EKOSYSTÉM** a definoval jej jako všechny živočichy a rostliny a jejich fyzikální interakce na určitém prostoru.

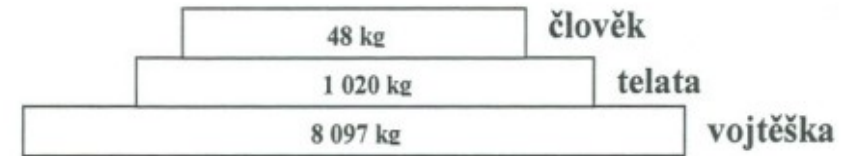
(Současná moderní ekologie chápe ES spíše jako jednotku toku energie, uhlíku či dalších biogenních prvků).



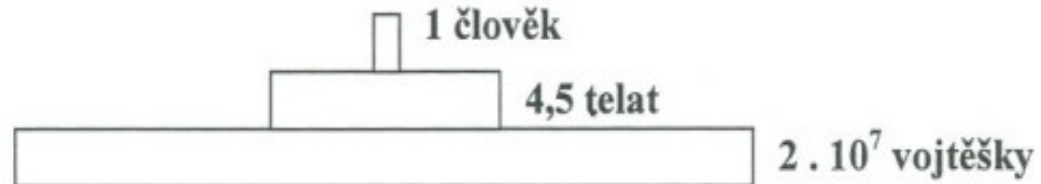
Ekologické (Eltonovy) pyramidy



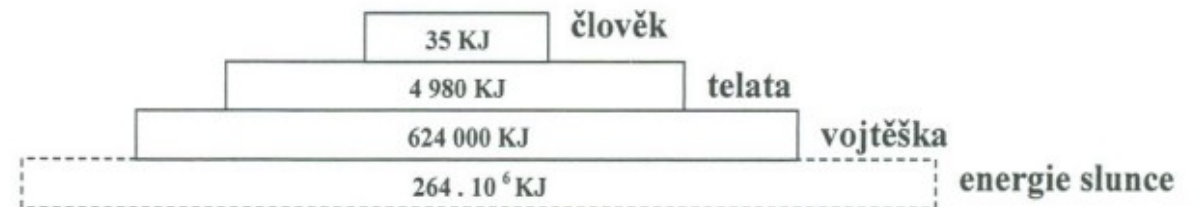
Pyramida biomasy



Pyramida početnosti



Pyramida energie



Z historie studia ES

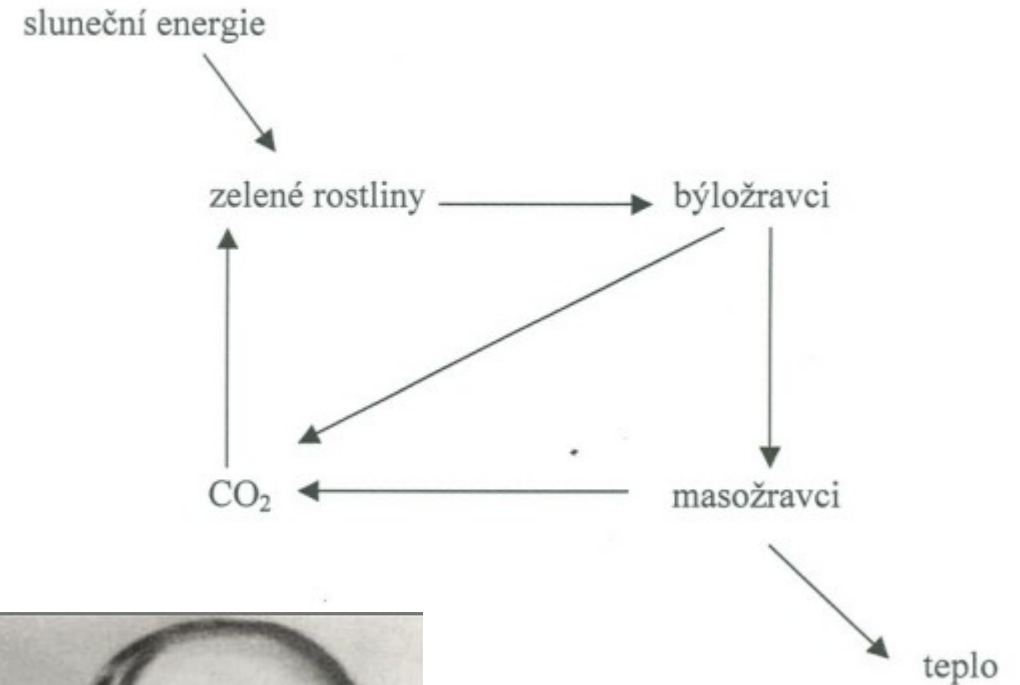
Alfred J. Lotka

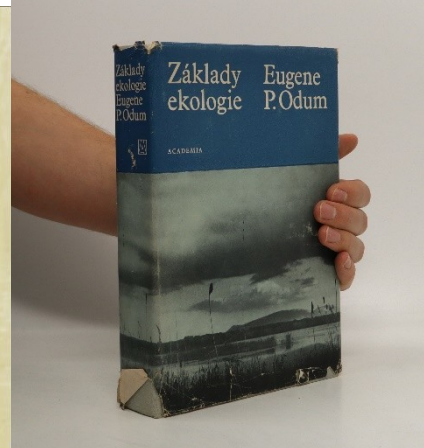
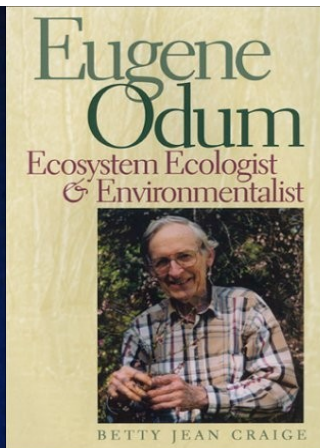
A.J.Lotka (1925) = považoval populace společenstva za termodynamické systémy. V principu to znamenalo, že každý systém může být znázorněn jako soustava rovnic vyjadřujících zákonitosti transformace hmoty mezi částmi tohoto systému.

(Například tato transformace zahrnuje asimilaci CO_2 do organických uhlovodíků zelenými rostlinami a spotřebu rostlin býložravci a živočichů masožravci)

Lotka věřil, že velikost systému a míra je transformace může být determinována principy termodynamiky, ve smyslu, že větší a rychlejší stroj spotřebuje více paliva, než stroj menší a pomalejší, a že stroj účinnější má nižší spotřebu, než stroj méně účinný. Ekosystém považoval za součást „světového stroje“ odpovědného za transformaci světelné energie dopadající na povrch Země.

Lotkův diagram ekosystému





Z historie studia ES Eugene Odum

Odumův diagram ekosystému

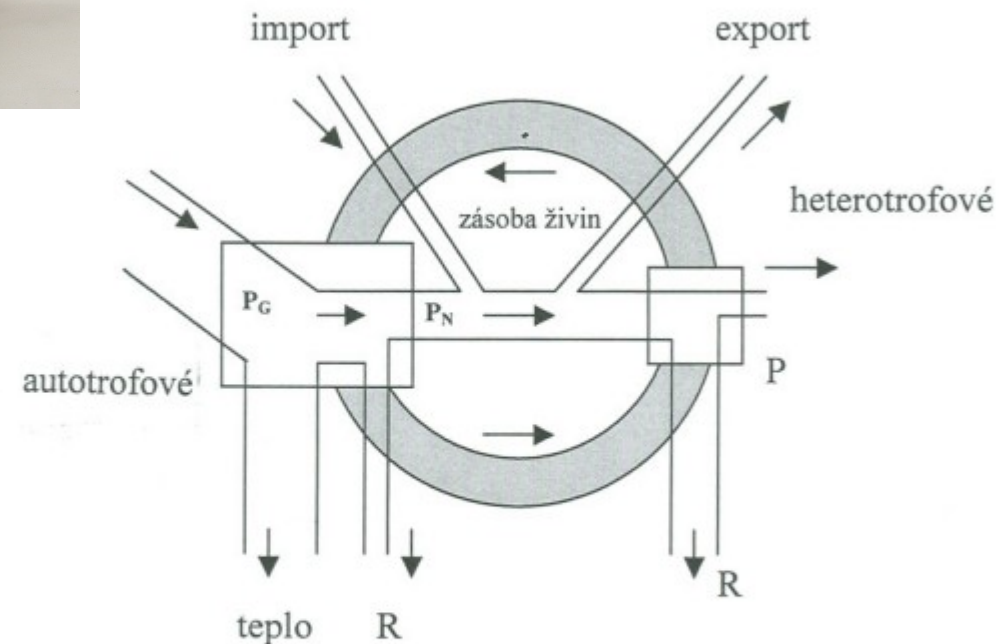
Raymond Lindeman (1942) = zpopularizoval myšlenku, že ekosystém je systém transformující energii, myšlenkově propojil koncepce Eltona, Tansleyho a Lotky = ES je členěn na trofické stupně: ⇒ primární producenti, býložravci a masožravci.

Eugene P. Odum (1953) = pozornost na studium energetiky ekosystémů, energie a její transformace a toky byla rozhodující při studiu ekosystému.

1960 –1970 = systémový přístup ke studiu ekosystémů, matematické modelování.

G.C. Weinberg (1975) = ekosystémy jsou příliš komplexní, aby je bylo možné studovat pomocí systémů diferenciálních rovnic (tj. Lotka)

T.F.H. Allen a T.B. Starr (1982) = navrhují hierarchické studium ekosystémů.



P_G = hrubá produkce autotrofních organismů
 P_N = čistá produkce autotrofní organismů
 P = produkce heterotrofních organismů
 R = respirace

Je dnes ekosystém prázdný pojem ?

Argumenty proti koncepci ekosystému (Robert O'Neill, 2001)

- **Problém s prostorovým ohraničením**

- Obnova ekosystému, energetické toky, koloběhy látek apod. závisí velkou měrou na okolí

- **Problém s homogenitou**

- Každý přírodní systém je heterogenní

- **Přehlížení druhů**

- Na živé organismy nahlížíme jako na black boxy ekologických funkčních skupin (typu producenti, reducenti...). Druhy a jejich vlastnosti zcela přehlížíme

- **Přehlížení role přírodního výběru**

- Paradigma ekosystémů nebere v potaz evoluci a selekci druhů

- **Opomíjena role člověka**

- Člověk nebývá součástí ekosystémů, pokud ano, pak je antropogenní krajina jedním z nejstabilnějších klimaxů

- **Opomíjení časoprostorových měřítek**

- Nebere v úvahu rozdíly mezi malými a velkými událostmi – pád stromu a pád meteoritu

Pojmu ekosystém je potřeba dát nový obsah !

Ekosystém je soubor organismů žijících na určitém území + **neživé prostředí** tohoto území. V hierarchii úrovní, které ekologie zkoumá, se **nachází mezi společenstvem a krajinou**. Je charakterizován především koloběhem prvků a tokem energie.

jedinci – populace – druhy – společenstva – ekosystém – krajina - biosféra

Korektnější definice:

Ekosystém je dynamický cirkulační systém producentů, konzumentů, rozkladačů a jejich abiotického prostředí, propojený energeticky s výraznými zpětnými vazbami, schopný samostatné existence a do značné míry **homeostatický** (homeostáze – vnitřní rovnováha).



dodatková energie!



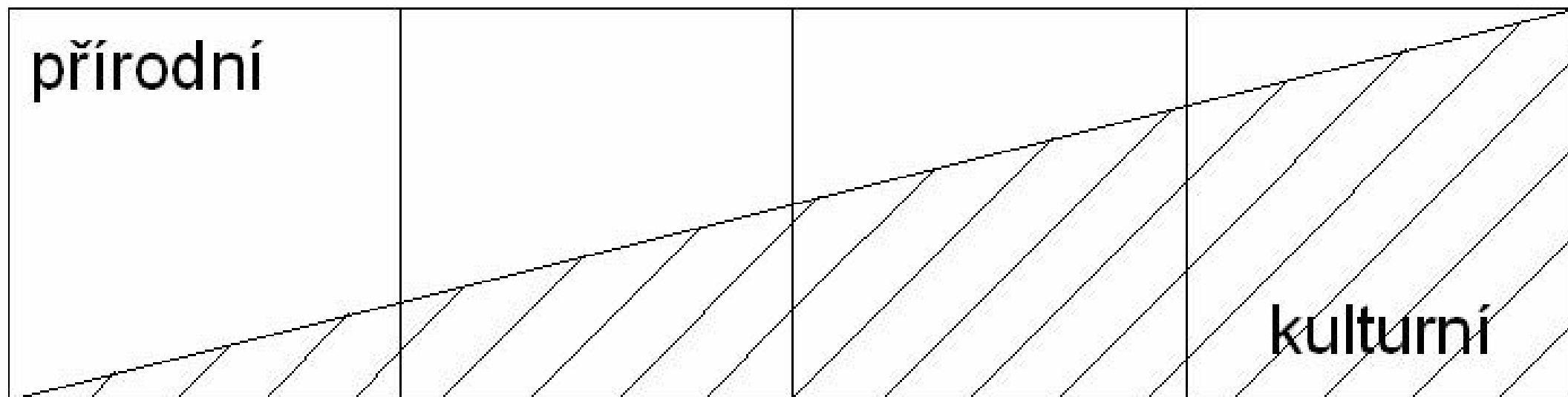
~~Ekosystem spol. s.r.o.;
dodavatel čisticích prostředků~~

~~... ekosystém těla a duše ...~~

~~... ekosystém čističky
odpadních vod~~

~~.... ekosystém
pravcových médií v
USA ...“~~

Způsoby využívání krajiny



nanarušená
příroda

extenzivní
zemědělství

intenzivní
zemědělství

město a jeho
prostředí

——— les ——— zemědělství

Krajina jako kombinace/integrace přírody a kulturního využívání

ZONEVELD, I., S. *LANDSCAPE ECOLOGY*. Amsterdam: SPB Academic Publishing, 1995. 200 s. ISBN 90-5103-101-7

Příklad: Antropogenní krajina - stabilita



Stupně antropogenní přeměny krajiny

- Člověk v důsledku využívání krajiny mění její charakter (ráz). Různí autoři člení krajinu, která se mění pod působením člověka následovně.
- FORMAN a GODRON (1993, s. 282-306) rozeznávají **5 krajinných typů**:
 - Přírodní krajina
 - Obhospodařovaný krajina
 - Obdělávaná krajina
 - Příměstská krajina
 - Městská krajina



Přírodní



Obhospodařovaná

http://Abazina.kr-stredocesky.cz/apollo/pictures/2_20041123133035505712.jpg



Obdělávaná

www.mapy.cz (krajina poblíž Nových Mlýnů)



Příměstská

www.mapy.cz (Brno – Líšeň)



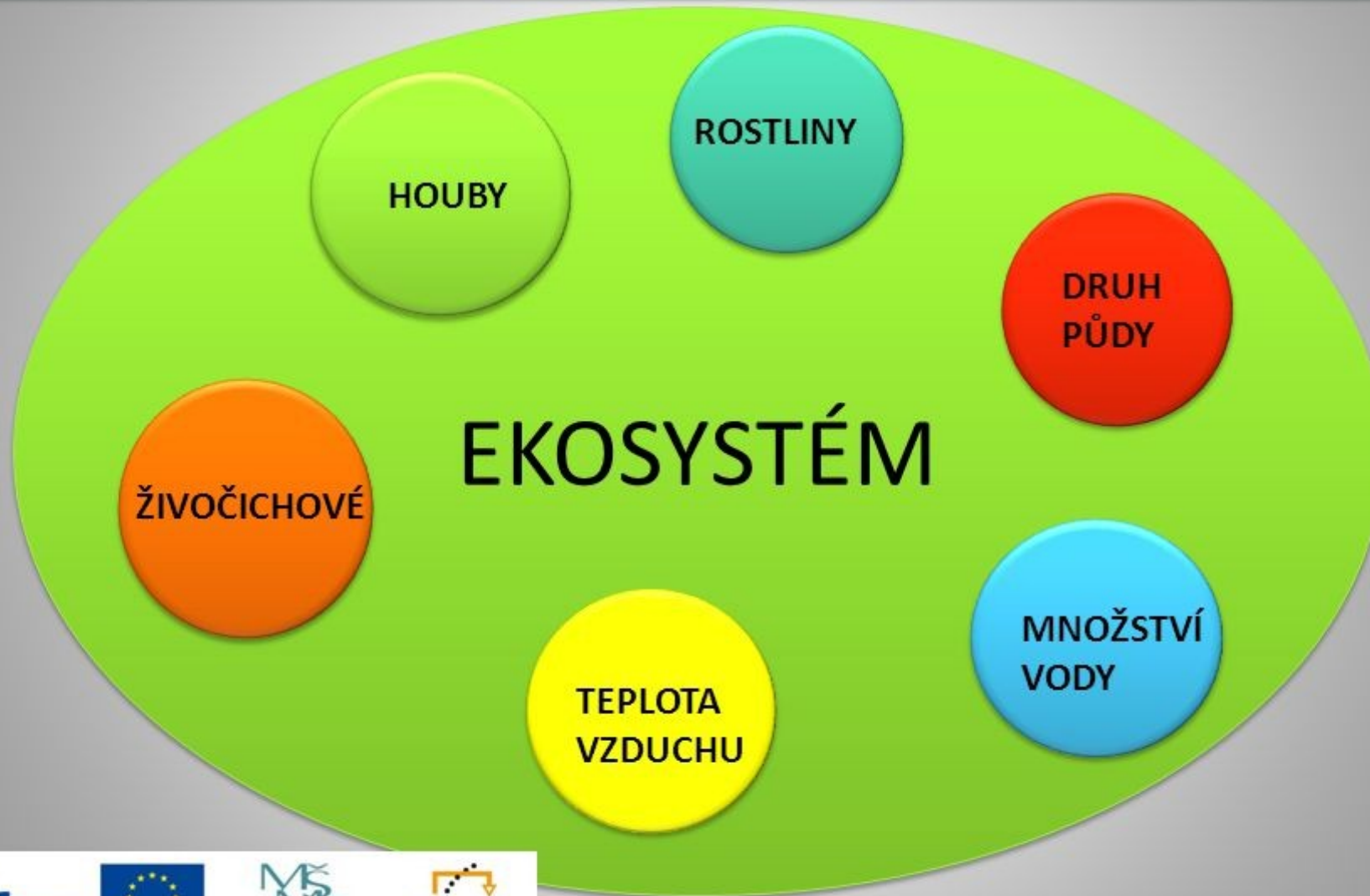
Městská

www.mapy.cz (Brno)



Devastovaná

Ekosystém je místo v přírodě, na kterém se vyskytují živé a neživé složky. Tyto složky se navzájem **potřebují** a **ovlivňují**.



Struktura a funkce ekosystému

Struktura a funkce ekosystému

- biotop
- producenti
- konzumenti
- destruenti

Základní funkce ES je koloběh a jednosměrný tok energie !

Zákony termodynamiky:

1. zákon termodynamiky = zákon zachování energie:

Množství energie, které do systému vstupuje je stejné jako to, které ze systému vystupuje.

Teplo není svébytná substance, ale druh energie.

2. zákon termodynamiky = zákon o transformaci energie:

Při přeměně energie z jedné její formy na druhou se část energie degraduje na neuspořádanou formu a uvolňuje se jako teplo.

Chladnější těleso samovolně nepředává teplo tělesu teplejšímu.

Biotop = souhrn všech neživých součástí přírody, prostředí biocenózy (geol. podklad, půda, vodní a klimatický režim aj.) Souhrn všech edafických, hydrických a klimatických složek prostředí = ekotop.

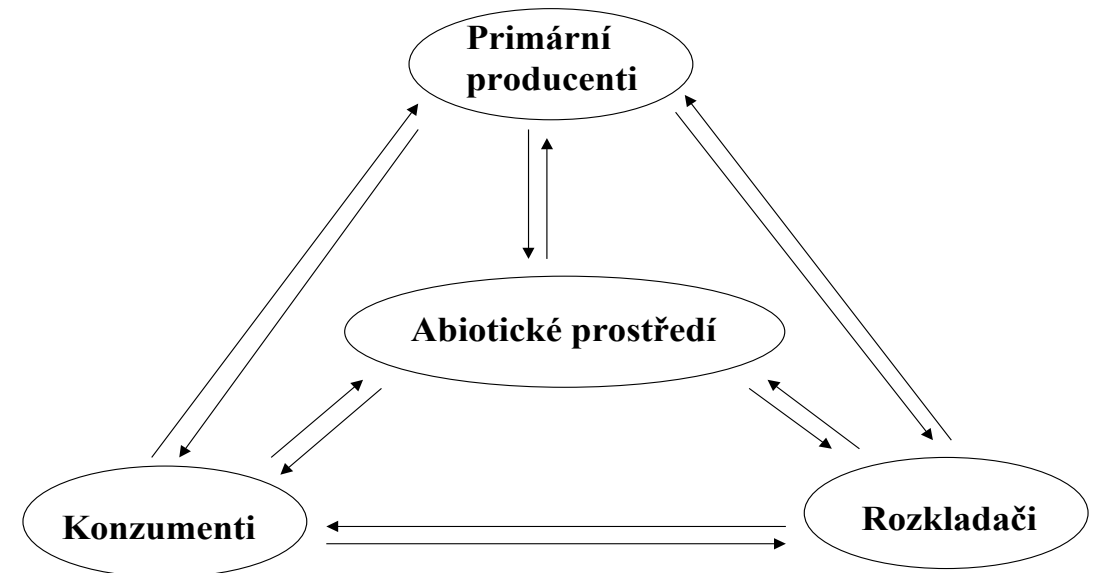
Producenti = autotrofní organismy = zelené rostliny, chemotrofní bakterie, nitrifikační, železité, metanové aj. bakterie.

- primární produkce organické hmoty
- zdroj potravy pro heterotrofy

Konzumenti = heterotrofní makrokozumenti = živočichové a nezelené rostliny

Destruenti = heterotrofní mikrokozumenti (saprofágové) = bakterie, plísně, houby.

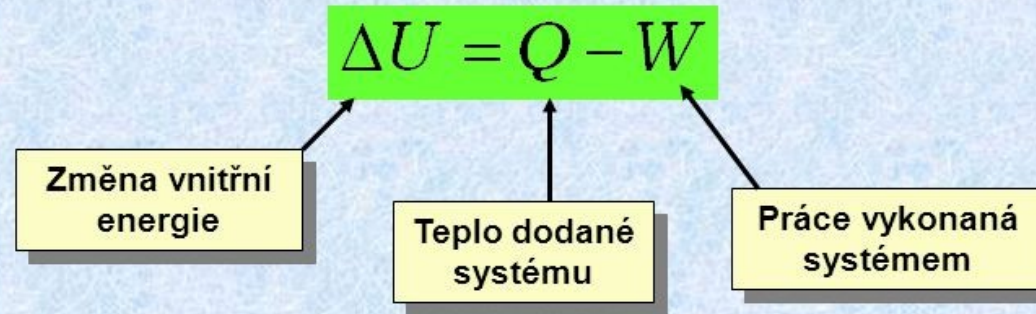
- rozklad organické hmoty
- uvolnění minerálních živin



Zákony termodynamiky

Zákony termodynamiky

I. Zákon termodynamiky - vyjadřuje zákon zachování energie



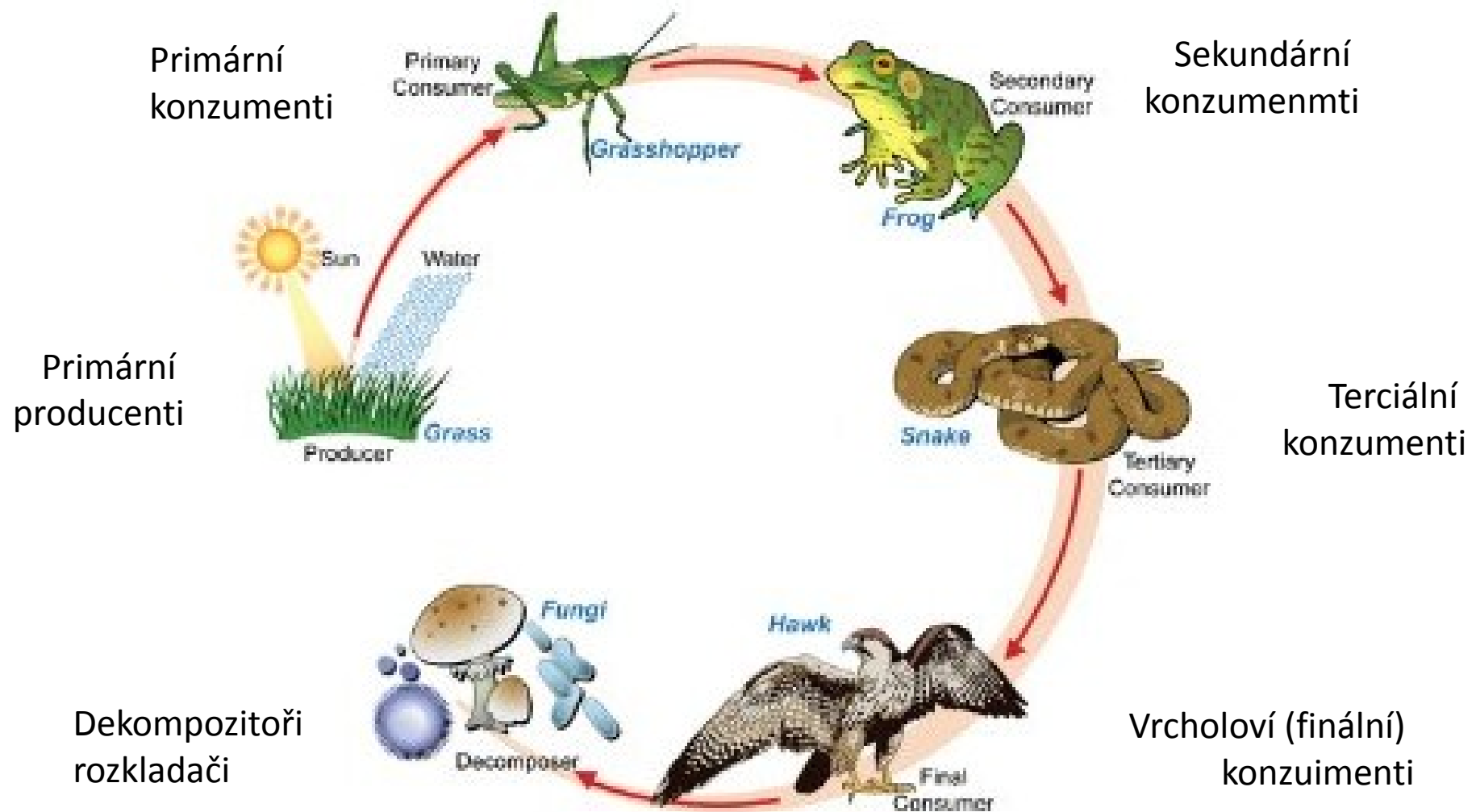
II. Zákon termodynamiky - Entropie uzavřeného systému nikdy neklesá.

$$\Delta S \geq 0$$

III. Zákon termodynamiky - Teploty absolutní nuly nelze dosáhnout žádným konečným ochlazovacím procesem.

(při $T = 0$ je $S = 0$)

Typická struktura ekosystému

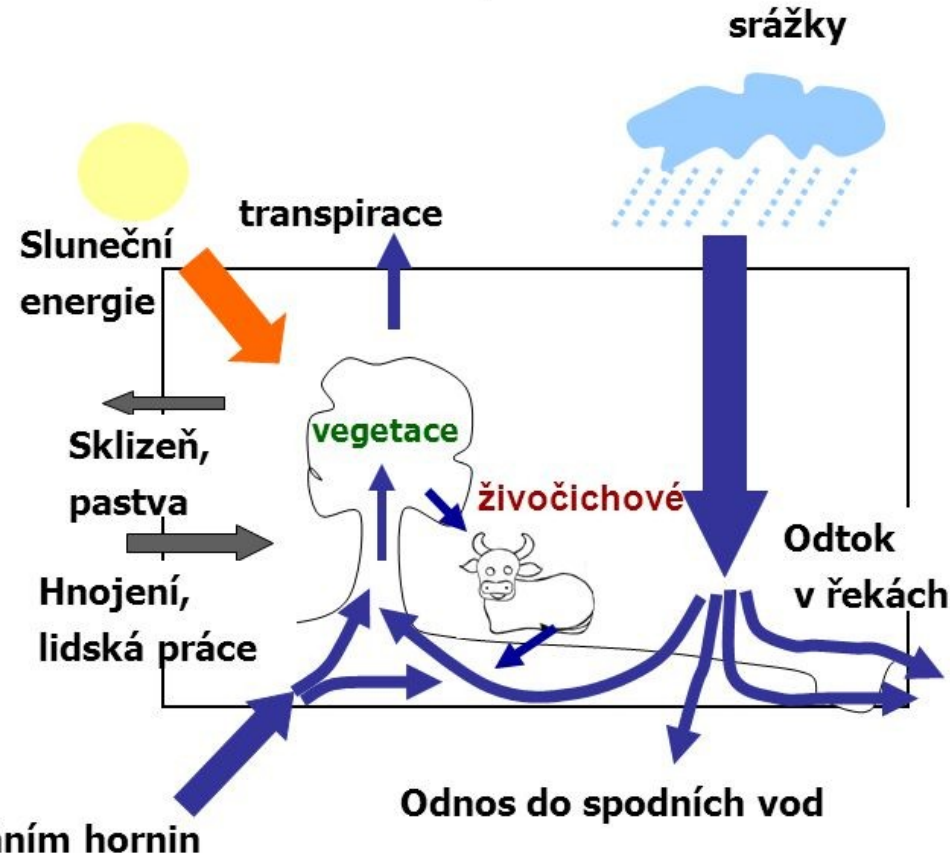


Základní funkce a procesy v ekosystému

Ekosystémy

- Organismy na určitém prostoru
- Organismy v interakcích s prostředím
- Tok energie definován trofickou strukturou, diverzitou a koloběhem živin
- Otevřený systém (energie, látky kontinuálně přenášeny přes hranice ekosyst.)
- Klima, litosféra a vliv člověka jsou vnějšími (nezávislými) proměnnými

- Tok látek
- Tok energie
- Hranice ekosystému



- Interakce organismů
- Diverzita společenstev
- Toky energií a látek (živin)
- Trofická struktura
- Litosféra – vliv vnějších proměnných
- Působení člověka

Tok energie, energetická bilance ekosystémů

- Ekosystémy jsou otevřenými systémy s plnou platností termodynamických zákonů (zákon o zachování energie a zákon o přeměně energie).
- Jde o systémy závislé na vnější energii.

$$Q_n = I_v + I_i - I_e - E_x + I_m - T \pm H + F - R$$

- Q_n - **energetická bilance ekosystému**, čistý příjem energie do ekosystému
- I_v - **ozáření (iradiace)** ve viditelné oblasti
- I_i - **ozáření (iradiace)** v neviditelné oblasti
- I_e - **energie vyzařovaná ekosystémem** (půdou, vodou, organismy) do prostoru
- E_x - **množství energie vázané** v exportované organické hmotě
- I_m - **množství energie vázané** v importované organické hmotě
- T - **energie využitá při evapotranspiraci**
- H - **výměna teploty s okolím**
- F - energie fixovaná v **hrubé primární produkci (fotosyntéza)**
- R – **respirace a rozkladné procesy**

Tok energie, energetická bilance ekosystémů

Na celkovou energetickou bilanci ekosystému má zásadní vliv poměr mezi "F" a "R". Tedy pokud je:

$F - R = 0$, ekosystém je z hlediska energetické bilance v rovnováze

$F > R$ = biomasa narůstá, ekosystém se vyvíjí – sukcese (ale např. tropické rašelinné lesy, rašeliniště ap.)

$R > F$ = degradace biomasy ekosystémů, biomasa se spotřebovává. Dlouhodobě nestabilní trend (viz požárové klimaxy, mokřadní olšiny ap.).

Tok energie ve společenstvech

- Zkoumání způsobů, jak suchozemská nebo vodní plocha přijímá nebo zpracovává na ni dopadající záření - Základní práce o energetice ekosystémů - R. L. Lindemann (1942)
 - **Vyčíslení potravních řetězců a sítí**
 - **Účinnost přenosů mezi jednotlivými trofickými úrovněmi**
- Mezinárodní biologický program (IBP)
 - Zkoumá biologický základ produktivity a lidského bohatství
- Zásady pro zkoumání toku energie ve společenstvu
 - **Společenstvo není superorganismus**
 - **Neexistuje dané měřítko**, úroveň studia si volíme subjektivně sami

Druhy ekosystémů:

vodní

suchozemské

přírodní

umělé

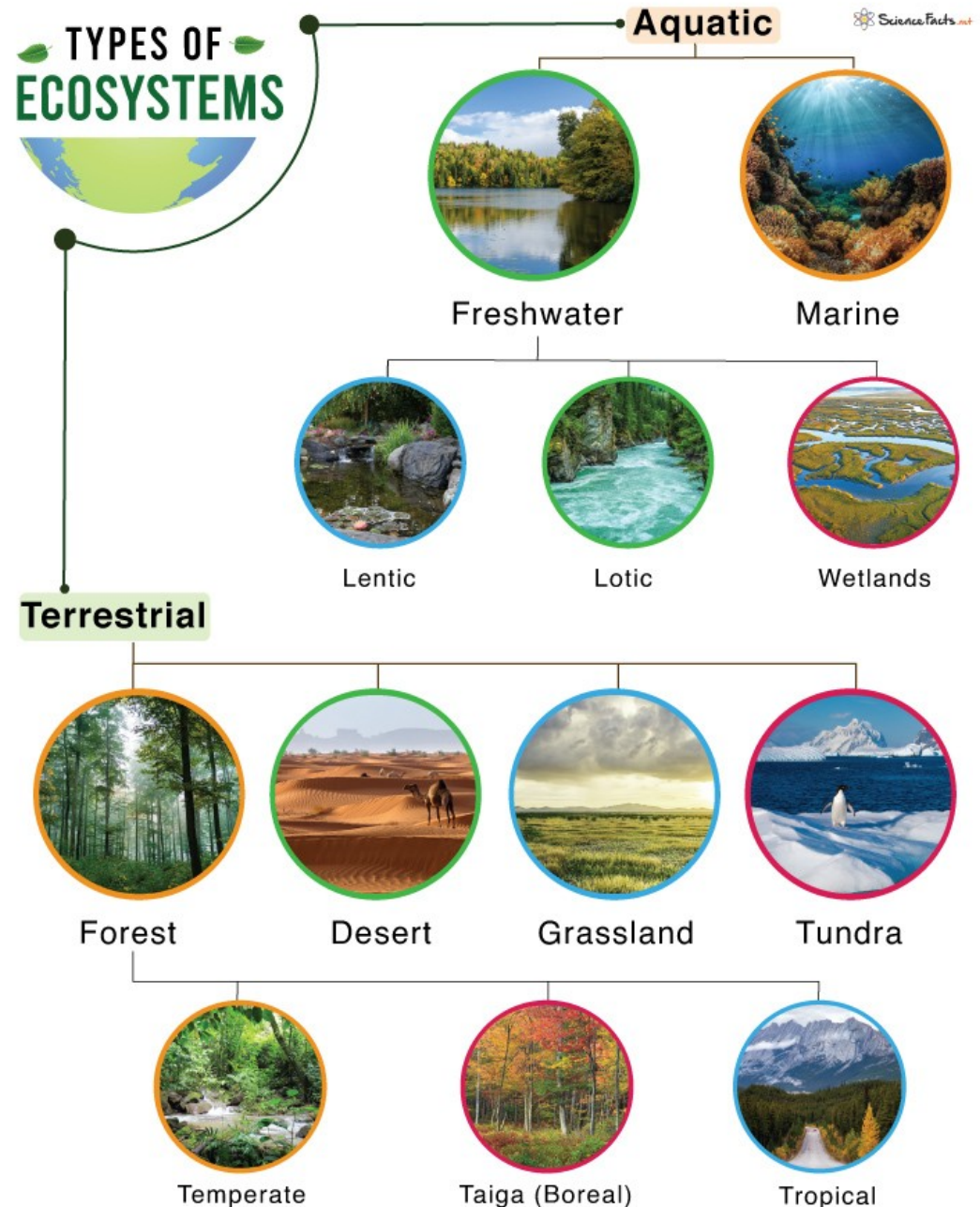


Ekosystémy příklady	Přírodní /přirozený/	Umělý
Vodní	Jezero, pleso /jezera ledovcového typu/ Mokřad Oceán / Moře Potok Rašeliniště	Přehradní nádrž Retenční nádrž /městské aglomerace/ Rybník
Suchozemský	Horská louka Polární oblasti Poušť Smíšené lesy mírného pásu Step /savan, prerie, buš, pampa/ Tajga Tropický deštný les Tundra	Les /hospodářský/ Louka /zemědělsky obhospodařované/ Město Park Pole Skleník Zahrada

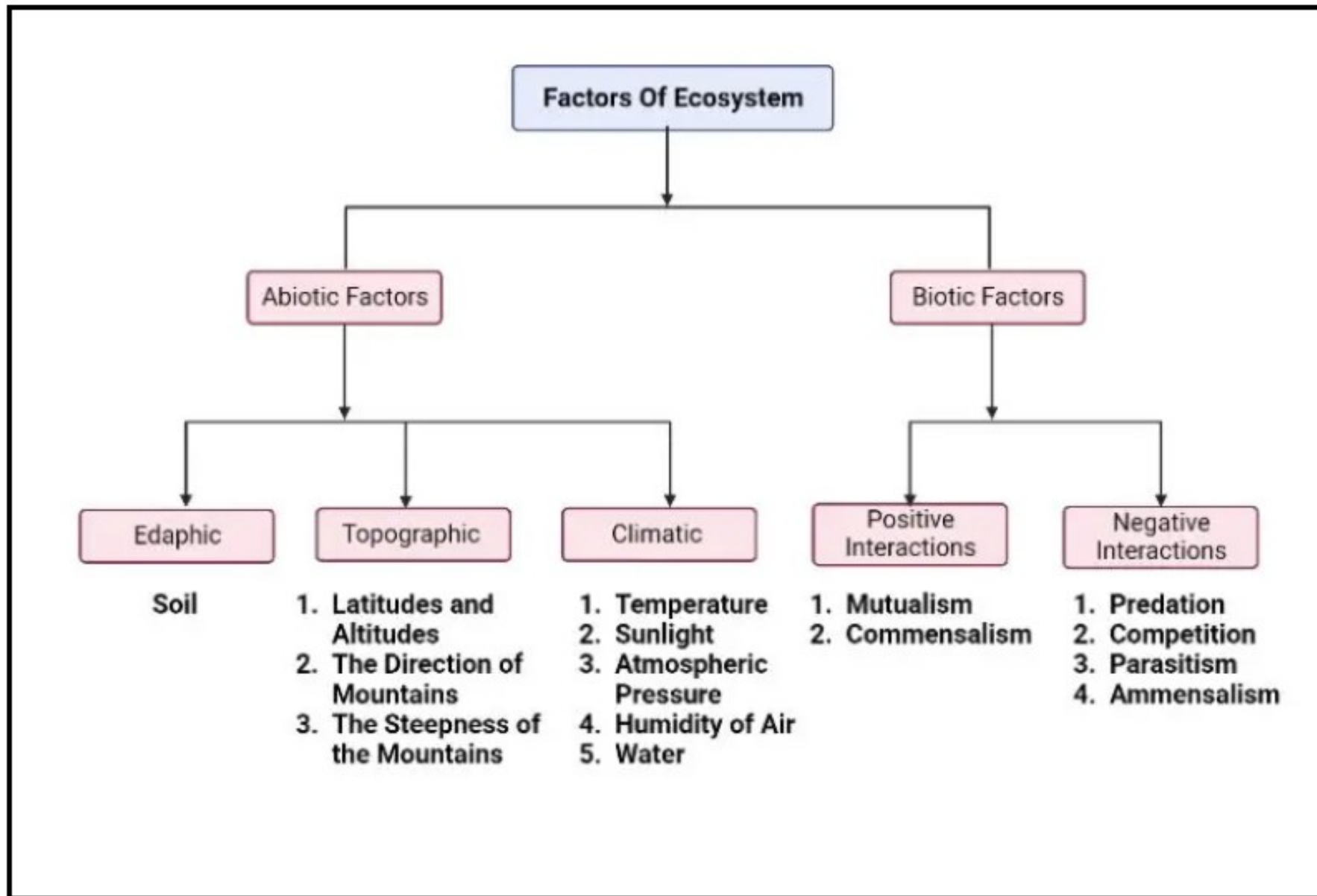
Typy ekosystémů

Ekosystémy lze dělit podle různých kritérií:

- Např. na **přírodní** (jezero, les, louka) a **umělé** (vinice, sad, pole, rybník), které vytvořil nebo se na nich podílí člověk.
- Energie vstupuje do většiny ekosystémů dvojím způsobem: Ze slunečního záření.
- Přeměna energie slunečního záření na další formy energie se nazývá transformace nebo disipace.



Faktory ekosystémů – definice, funkce



Ekosystém - příklady

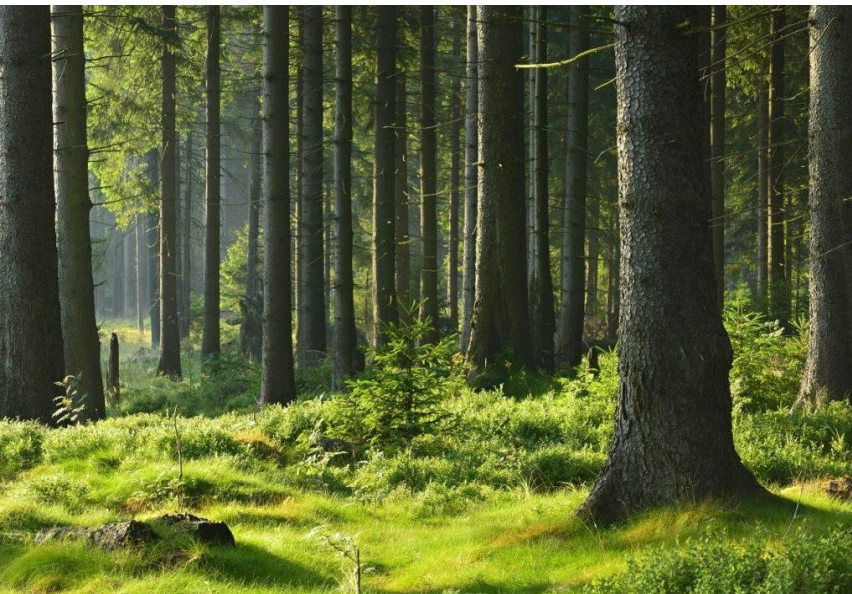
Příklady: les, vřesoviště, skalnatá step, tůň, řeka, jezero, moře

Hranice ES = geomorfologie, typ vegetace

ES = **suchozemské** *versus* **vodní**

Jednotlivé ES se liší:

- biologickou diverzitou
- stavbou a strukturou živých a neživých složek
- rychlostí koloběhu látek a toku energií



Soutok řek Moravy a Dyje

■ **Typ stanoviště:** lužní les

■ **V čem je unikátní:** Jedná se o největší lužní les na území České republiky. Les bývá pravidelně zaplavován řekami a má vysokou hladinu spodní vody. Je neobydlený a dodnes zůstává v podobě, v jaké byl v době příchodu slovanských kmenů. Oblast bývá označována jako Moravská Amazonie. V lokalitě se vyskytují vydry říční, bobři evropské, čolci dunajští a další vzácní živočichové a rostliny.



Slanisko blízko rybníku Nesyt

■ **Typ stanoviště:** slanisko

■ **V čem je unikátní:** Patří mezi nejcennější a nejzachovalejší slaniska v České republice. Kvůli vysokému obsahu soli ve vodě a v půdě se tam daří slanomilným rostlinám. Zdrojem solí byly v minulosti zřejmě také tamní sírné prameny. K jeho údržbě přispívá i pastva koní.



Písčiny u Hodonína

■ **Typ stanoviště:**

panonská písčité step

■ **V čem je unikátní:** Poslední zbytek tohoto ekosystému v České republice. Na jeho existenci je vázáno kromě vzácných rostlin i velké množství ohrožených bezobratlých živočichů, jako jsou například kudlanky. Území známé jako Moravská Sahara proměnilo vysazení stromů v 19. století. Jeho zachování prospěla paradoxně lidská činnost – oblast totiž využívala armáda, kvůli jejímž cvičením část lokality nezarostla stromy.



V okolí Lednice poblíž Dyje

■ **Typ stanoviště:** nivní louka

■ **V čem je unikátní:** Pravidelně zaplavované louky s vysokou hladinou spodní vody – na jaře bývají zaplavovány, zatímco v létě mohou proschnout. Vznikaly postupně už od doby kamenné. Nabízí domov pro velké množství hmyzu a obojživelníků. V posledním půlstoletí v celé Evropě zanikly nivní louky na obrovských plochách. Ohrožuje je regulace řek i konec pravidelného sekání.

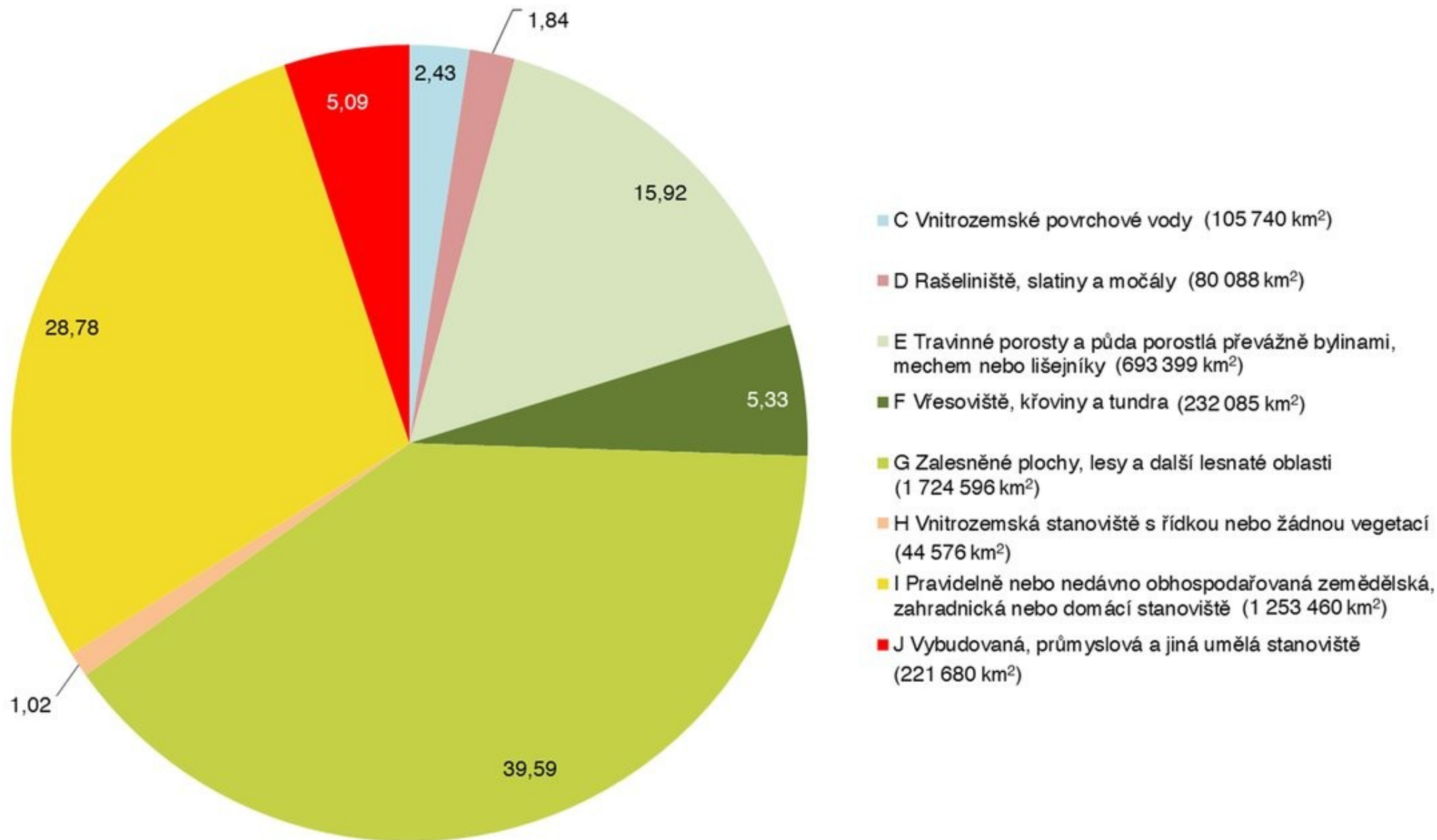


Mesocosm = experimentální ekosystém?

Ekosystémové experimenty ale někdy probíhají v systémech s dodatekovou energií



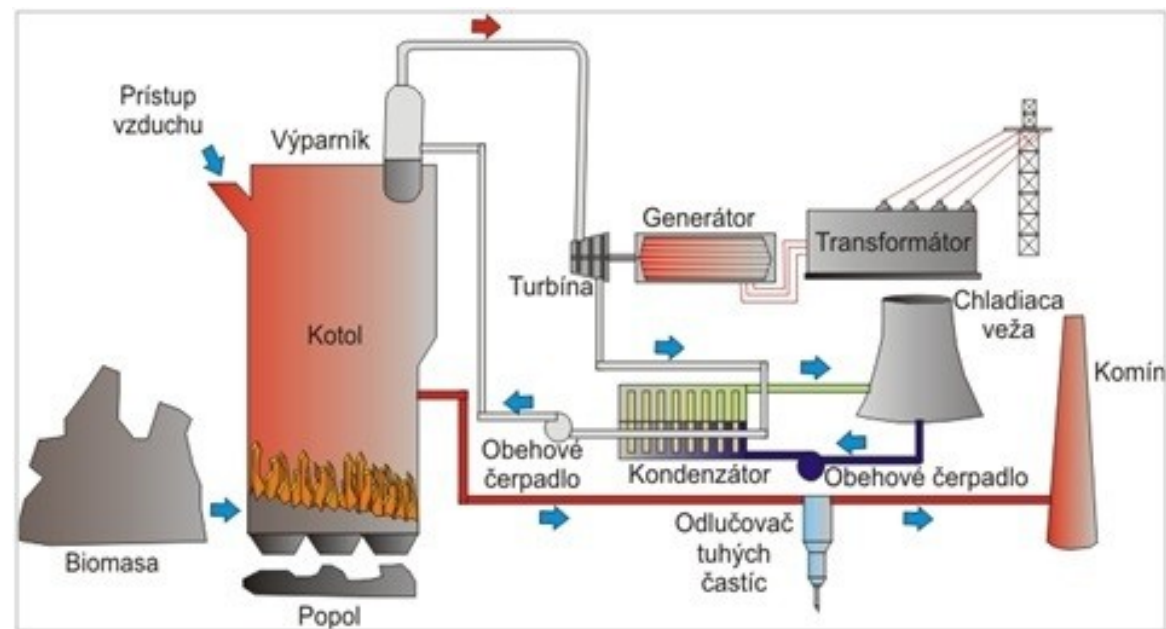
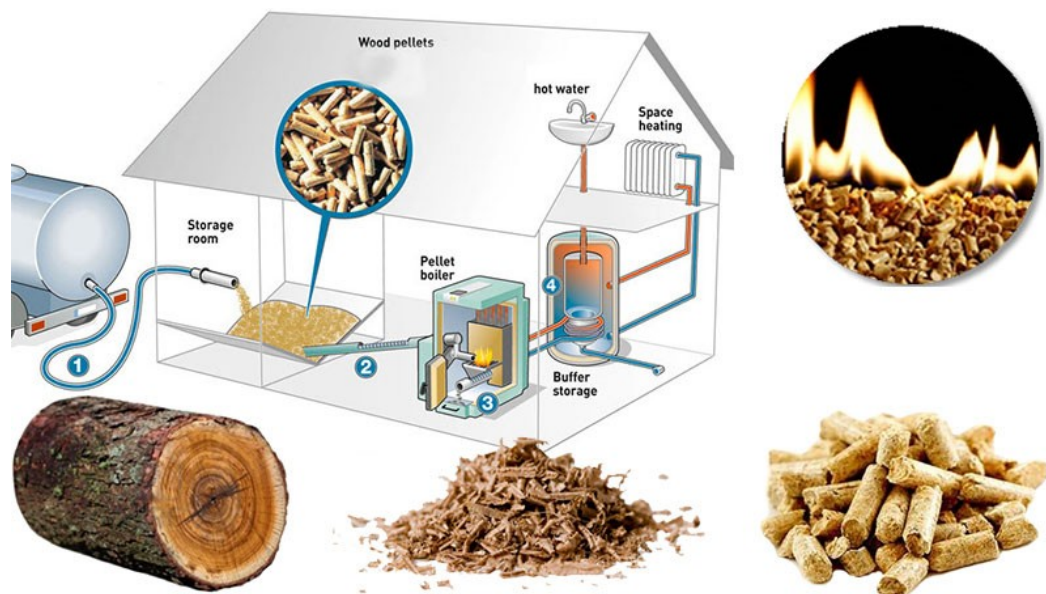
Pokrytí typy ekosystémů ve 28 členských státech EU (%)



Co je to biomasa ?



- jde o souhrn látek tvořících těla všech živých organismů, jak rostlin, bakterií, sinic a hub, tak i živočichů.
- tímto pojmem často označujeme rostlinnou biomasu využitelnou pro energetické účely.
- energie biomasy má svůj prapůvod ve slunečním záření a fotosyntéze, proto se jedná o obnovitelný zdroj energie.



Biomasa

Organická hmota vytvořená organismy. Počítá se v sušině (**váha za suchého stavu**). Vyjadřuje se v g (kg) na jednotku plochy. V rostlinném společenstvu rozlišujeme **biomasu nadzemní a podzemní, živou biomasu a opad (litter)**.

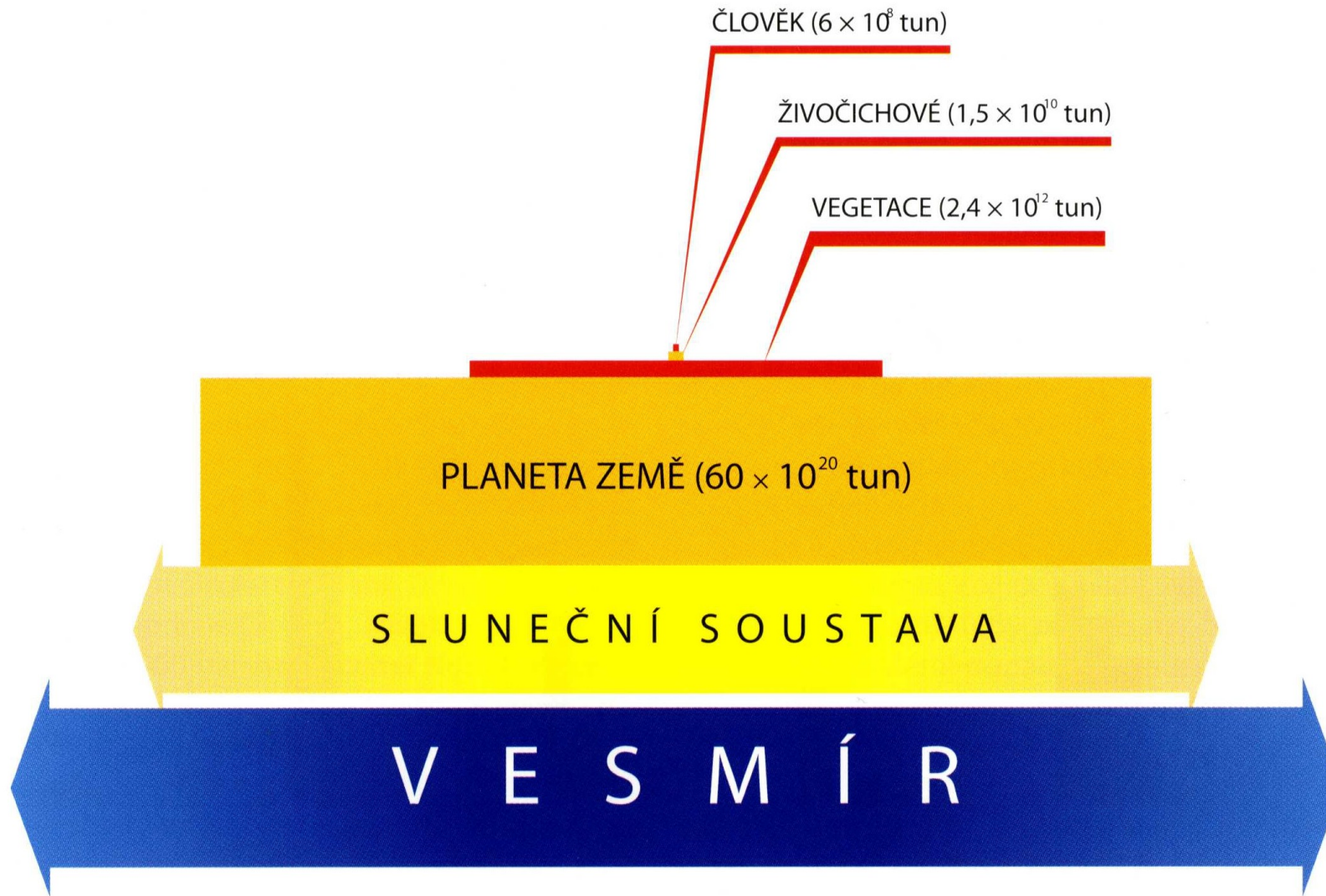


Důležité pojmy - Biomasa

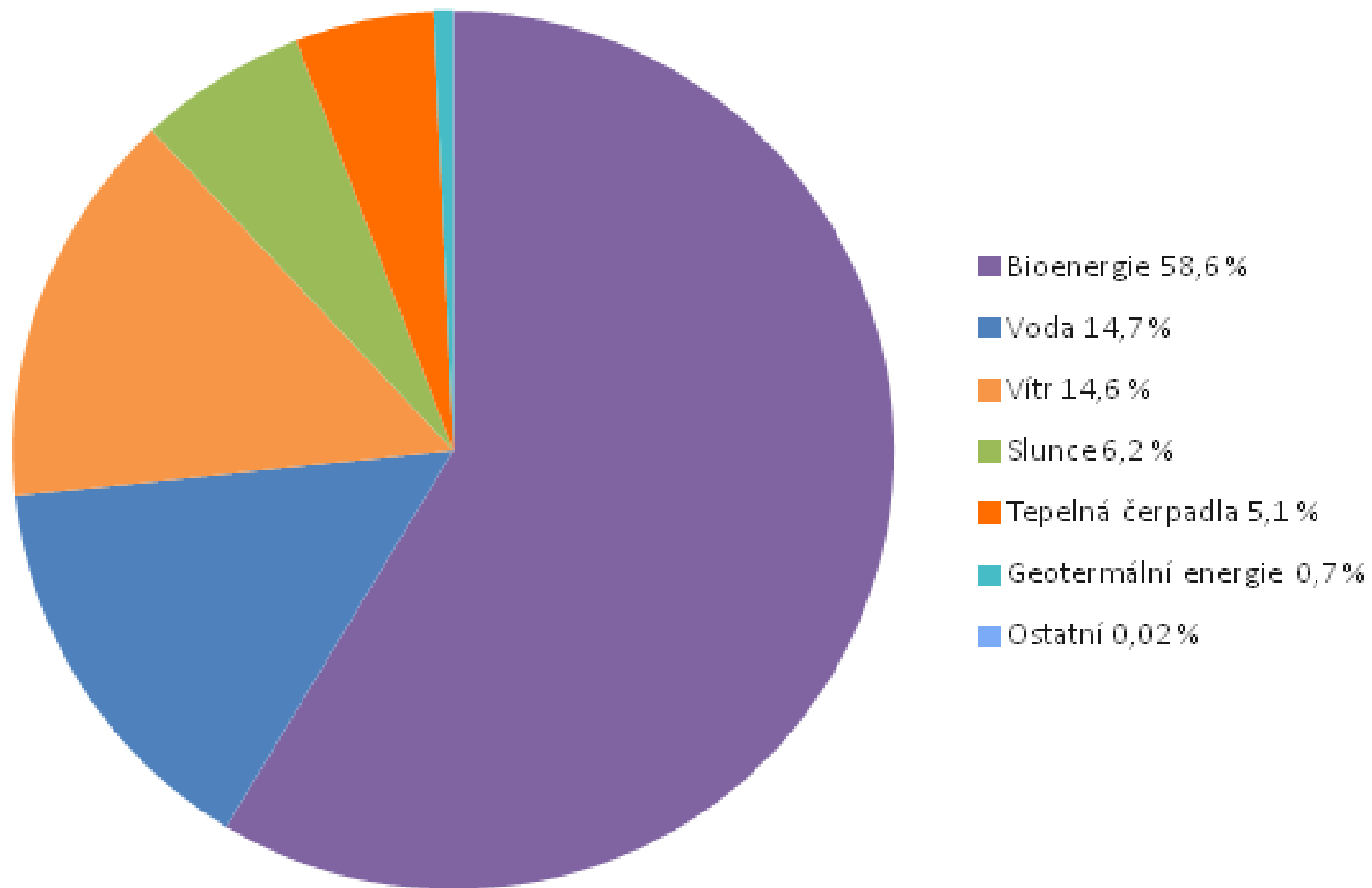
- **Okamžitá biomasa** (standing crop) [t/ha; J/m²]
 - Organická hmota na jednotku plochy (v jednotkách energie nebo sušiny) tvořená těly živých organismů
 - Největší měrou se na ní podílí primární producenti
- **Biomasa**
 - Živá
 - Mrtvá (nekromasa) – např. v lese hlavní podíl biomasy
- **Produktivita [t/čas]**
 - Schopnost ekosystému/organismu vyprodukovat určitou organickou hmotu za jednotku času

Poměr hmoty Země k biomase

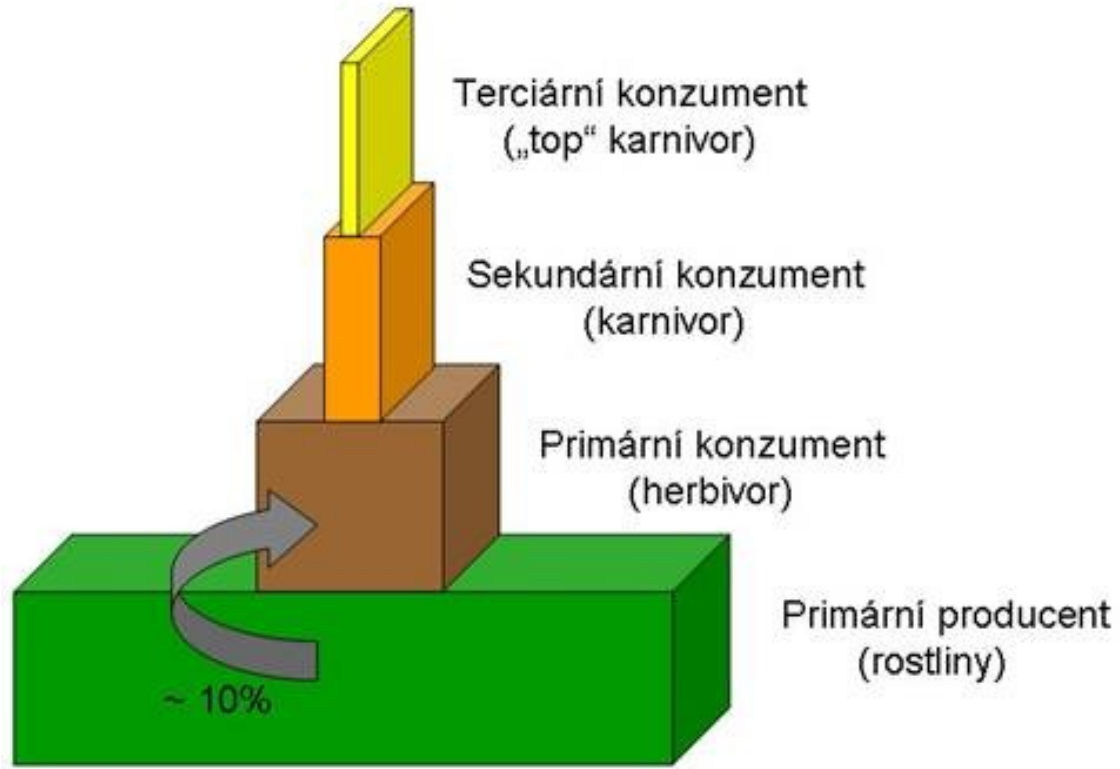
(upraveno podle Svoboda, 2006)



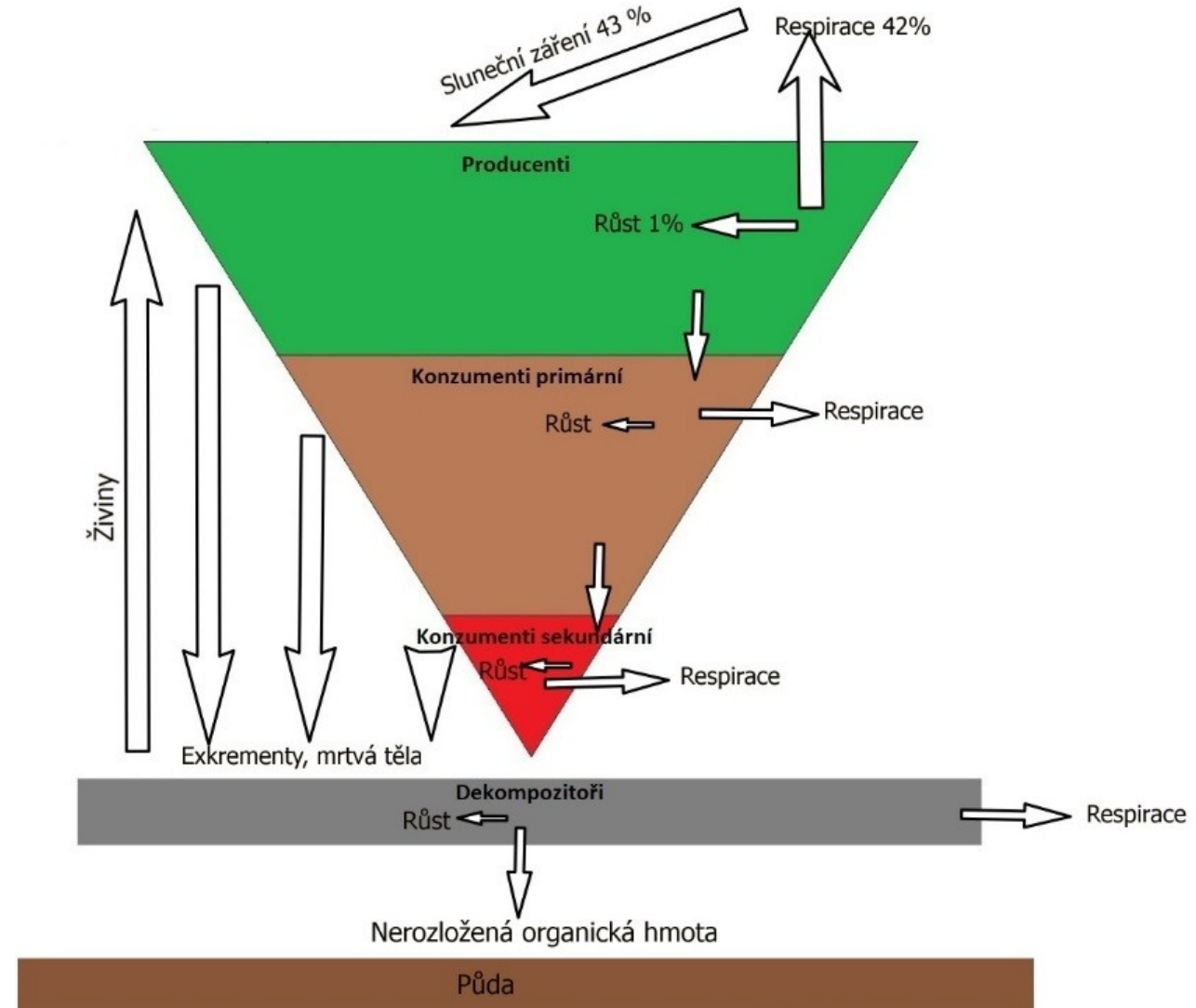
Biomasa je lídrem evropské energetické transformace



Potenciál využití biomasy v ČR



Čistá primární produkce



Produktivita versus Biomasa

Produktivita versus biomasa

Produktivita = míra s jakou je na jednotku plochy nebo objemu produkována rostlinami biomasa.

Biomasa = celkové množství živé hmoty na určitém prostoru v daném čase.

?

Jaký je poměr P a B v různých typech ekosystémů ?

Příklady: lesy = 0.042 kg / rok
jiné typy terestrických ES = 0.29
vodní ES = 17.0



Důležité pojmy - Produkce

- **Realizovaná produktivita** za časový úsek na jednotku plochy
- **Primární produkce** [t/ha x rok; J/m² x den]
 - Rychlost produkce biomasy rostlin (primárními producenty) na jednotku plochy
 - Hrubá primární produkce (BPP, GPP – gross primary production)
- **Celková energie vázaná fotosyntézou** - respirace (R – energie ztracená ve formě respiračního tepla) není odečtena
- **Čistá primární produkce (NPP)**
 - GPP s odečtenou respirací
 - Reálná míra produkce nové biomasy, kterou mohou využít heterotrofní organismy
- **Sekundární produkce**
 - Produkce vzniklá z biomasy primárních producentů, tj. činností heterotrofních organismů (konzumentů a dekompozitorů)
 - Hrubá (GSP) a čistá (NSP)

Primární a sekundární produkce

Těla živých organismů na jednotce plochy tvoří biomasu: tj. množství organismů na jednotku plochy (nebo objemu) obvykle vyjádřenou v jednotkách energie ($J \cdot m^{-2}$) nebo sušiny (např. v tunách $\cdot ha^{-1}$).

V případě terestrických společenstev je většina biomasy tvořena vegetací.

Primární produkce společenstva je míra s jakou rostliny, primární producenti, produkuje biomasu na jednotku plochy. Vyjádřena je obvykle v jednotkách energie ($J \cdot m^{-2} \cdot den^{-1}$) nebo v sušině $kg \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$

Celková energie fixovaná fotosyntézou tvoří tzv. hrubou primární produkci (GPP = gross primary productivity).

Část této energie ztrácí společenstvo jako respirační teplo (R).

Rozdíl mezi GPP a R je čistá primární produkce (NPP = net primary productivity) a představuje množství nové biomasy, která je k dispozici heterotrofním konzumentům (baktérie, houby, živočichové).

Míra produkce biomasy heterotrofy se nazývá sekundární produkce.

Míra produkce biomasy heterotrofy se nazývá sekundární produkce.

Trofická struktura společenstva zahrnuje 2 systémy: 1) spásáče
2) dekompozitory

Dekompozitoři rozkládají výkaly a mrtvá těla a vracejí hmotu zpět do oběhu ve stavu dostupném primárními producenty.

Výjimky jsou známy pouze tam, kde je organická hmota odnášena ze stanoviště pryč (např. v potocích a řekách) a nebo tam, kde místní abiotické podmínky neumožňují dokončení dekompozičních procesů. Zůstává tak nekompletně zmetabolizovaná energie bohatá hmota jako například uhlí, ropa, rašelina.

Sekundární produkce

Sekundární produkce = je míra s jakou individuální populace nebo jiné ekologické jednotky náležející do téže trofické úrovně, akumulují biomasu nebo energii tím, že produkují nové somatické a/nebo reprodukční tkáně.

Je to produkce heterotrofních organismů, kde tito jsou začlenění do pastevních nebo dekompozičních potravních vztahů.

Velikost míry sekundární produkce je určující pro počet trofických úrovní a odtud pro délku potravních řetězců a tím i strukturu společenstev.

Základní schéma:

primární producenti:

sekundární producenti:

rostliny

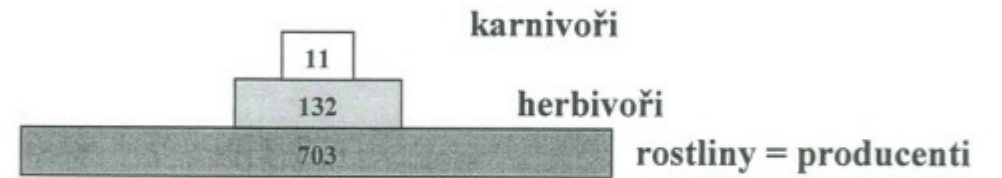
byložravci

karnivoři

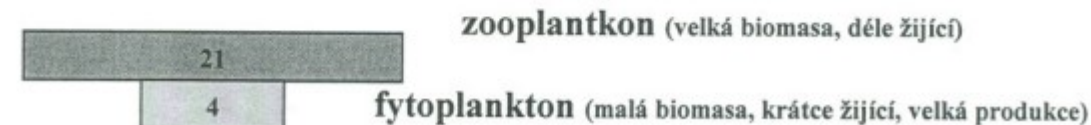
Tento vztah určuje základní strukturu všech typů společenstevch.

Tento vztah určuje základní strukturu všech typů společenstevch.

Pyramidová struktura společenstva:



Inverzní pyramida:



Základní rysy primární produktivity:

- Odhady produkce na Zemi
 - **souše:**
 - 110-120x10⁹ tun sušiny/rok (ale není doceněna, protože chybí exaktní znalosti o produkci podzemních částí rostlin)
 - Průměrná primární produktivita 773 t/km²
 - **mořské oblasti:**
 - 50-60x10⁹ tun sušiny/rok, tzn. asi 1/3 celkové produkce (přitom 2/3 plochy)
 - Průměrná primární produktivita 152 t/km²
- **Nejproduktivnější ekosystémy**
- **močály** (až 3500 t/km²), **říční delty** (3500 t/km²), **korálové útesy** (až 4000t/km²), **tropické deštné lesy** a **obdělávaná půda** (oba až 3500 t/km²).
- **V rámci oceánů jsou to ekosystémy u pobřeží (útesy, řasové lavice)**

Základní rysy primární produktivity:

- Produktivita na **Zemském povrchu není rozložena rovnoměrně** - předpoklad - biologická aktivita závisí na:
 - **slunečním záření,**
 - **přístupností vody,**
 - **minerální výživě (oceány)**
- Ve skutečnosti ale **světlo na tyto rozdíly vliv nemá. Rozdíly dělá – voda, živiny, teplota** (v rozmezí pro růst rostlin)

Suchozemská společenstva

Produktivita suchozemských lesních ekosystémů roste nepřímo s zeměpisnou šířkou - dáno sezonalitou v mírném a boreálním pásu.

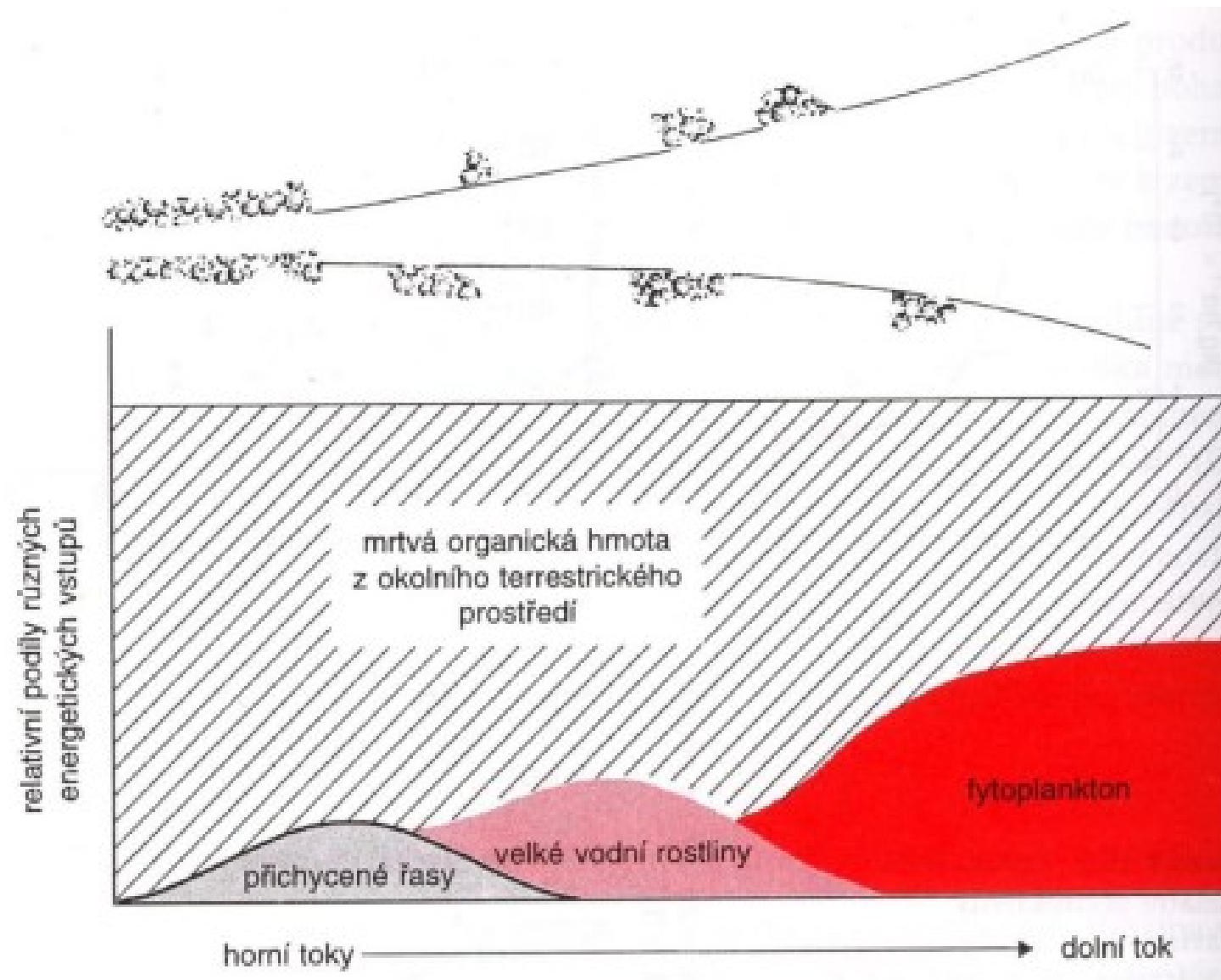
- **Velké rozdíly** mohou být v lokálních **mikroklimatických podmínkách** (např. **tundra** 10 – 100 – 2000 g/m² rok).
- Ale denní **produkce tundry v sezóně je nejvyšší ze všech** (24 hodin – polární den)
- Může být **narušeno nedostatkem vody** (pouště Austrálie)
- Význam **podzemní produktivity ještě nebyl doceněn** (těžko se měří i podzemní biomasa, natož její produktivita)
- **Produktivita mořských ekosystémů zeměpisnou závislost postrádá.** Produkčně nejvíce výkonné jsou **příbřežní závislé na „upwellings“**. Rovněž v **severských oblastech je poměrně vysoká produkce, díky nízké teplotě a vysoké koncentraci plynů (CO₂, O₂) ve vodě.**

Vodní společenstva

Organická hmota, která se vytvoří uvnitř společenstva, se nazývá **autochtonní materiál** (stojaté vody, tůně, ap.) Podstatná část je ale splavena - **alochtonní materiál** - ten je u vodních společenstev velmi významný.

- Proměna podél říčního toku – **říční kontinuum**
 - Energie, která přichází do společenstva na **horních zalesněných tocích** je především **alochtonního původu** (z opadu příbřežní vegetace, která má s tokem relativně větší kontakt a zastiňuje je), na **dolních tocích se tok rozšiřuje, zpomaluje, roste produkce autochtonní**.
- Proměny v povaze energetických základů ve společenstvech vodního toku od pramene k ústí (Begon a kol., 1997)
 - U jezer můžeme také pozorovat kontinuum podobně jako u řek. **Malá jezera** velký obvod litorální vegetace (**alochtonní materiál**), **velká jezera**, velký obvod (relativně malý litorál, **autochtonní materiál**).
 - Vklad suchozemských společenstev je **minimální v případě oceánů** (největší a největší jezero). **Nejproduktivnější jsou ústí řek a litorál**.
 - **Největší produkce v říčních deltách s bažinami, dostatkem živin a na šelfových prazích kde se kombinují fenomény upwellingu a delt.**

Proměna podél vodního toku



Faktory omezující primární produktivitu Suchozemské ekosystémy

- **Podmínkou primární produkce u terestrických ekosystémů je:**
 - sluneční světlo,
 - půdní živiny,
 - voda,
 - CO₂ (více méně stejný podíl ve vzduchu 0,03%, tzn. produktivitu neomezuje)
 - významně se podílí na produkci tepla.
- **Omezující faktory**
 - nedostatek vody omezující rychlost fotosyntézy
 - nedostatek základních minerálních živin (**klíčovou roli hraje dusík**. Jeho rozložení v společenstvech je fragmentární, proto i **produktivita je lokálně rozdílná**)
 - teplota, která může společenstvo ničit, nebo může být příliš nízká pro růst
 - nedostatečná hloubka půdy
 - neúplný zápoj (velká část PHAR energie dopadá na půdu)
 - nízká účinnost fotosyntézy (max. do 10%)

Faktory omezující primární produktivitu Suchozemské ekosystémy - světlo

- Dopadající záření (PHAR) nevyužívají všechna společenstva stejně účinně:
- **Solární konstanta** – 1390 W/m²
- **Rostliny nevyužívají veškeré kvantum dopadajícího světla.** Z krátkovlnného záření (PHAR) (380-750 nm) mohou teoreticky využít jen asi 44%. Největší je v bohatě strukturovaných porostech lesního typu – **jehličnaté lesy 1-3%, opadavé lesy 0,5-1%, pouště 0,01-0,2%**. Z toho může vyplývat, že **světlo není limitním faktorem**.
- Ale často **velké zastínění podrostu – tropický deštný les 95%!**
- Experimenty vedené v podrostech lesů (C3 rostliny) ale ukazují, že **zvýšení světelného kvanta vede ke zvýšení produktivity** (totéž princip "jednovrstevnaté koruny" stromů ap.). **C4 rostliny zřejmě nikdy saturační intenzity nedosáhnou** (i v době, kdy je záření nejintenzivnější).
- Je také jasné, že záření by bylo podstatně lépe fixováno do energetických vazeb, pokud by **rostliny nebyly blokovány jinými faktory – výživa** (jak dokumentují bohatě hnojené polní kultury).

Faktory omezující primární produktivitu Vodní ekosystémy

- **Omezení** vyplývají především z:
 - nedostatku živin (dusík, fosfor, v mořích Fe)
 - nedostatku světla
 - intenzity „pastvy“, filtrátorů
- **Bohatý přísun živin** do oceánského prostředí poskytují
 - **Ústí řek**
 - **Vystupující hlubinné vody** (na kontinentálních prazích na místech, kde větry vanou rovnoběžně s pobřežím, u podmorských hřbetů a v oblasti silných mořských proudů)

Vztah produktivita (P): biomasa (B)

- Produktivitu společenstva můžeme vztáhnout k okamžitému množství biomasy, která ji vytváří (lze přirovnat ke vztahu úrokové míry ke kapitálů)
- Charakteristika hlavních biomů
- Příklad
 - P:B v **lesních ekosystémech** = 0,042 [kg (P)/kg (B) rok] - **většina biomasy je mrtvá**
 - P:B v ostatních **suchozemských ekosystémech** = 0,29 [kg (P)/kg (B) rok] - hromadění biomasy v opadu, **pomalá dekompozice** u travinných biomů (sucho), u boreálních biomů (zima).
 - P:B ve **vodních ekosystémech** = 17 [kg (P)/kg (B) rok] - fytoplankton nemá žádná podpurná pletiva a mrtvé buňky, **biomasa se rychle obměňuje**
- Pokud by se našel způsob, jak měřit pouze živou biomasu, byla by situace jiná. Tento způsob prozatím neexistuje.
- Poměr **P:B má tendenci v průběhu sukcese KLESAT** (pionýrské druhy mají méně podpurných pletiv a rychle rostou)

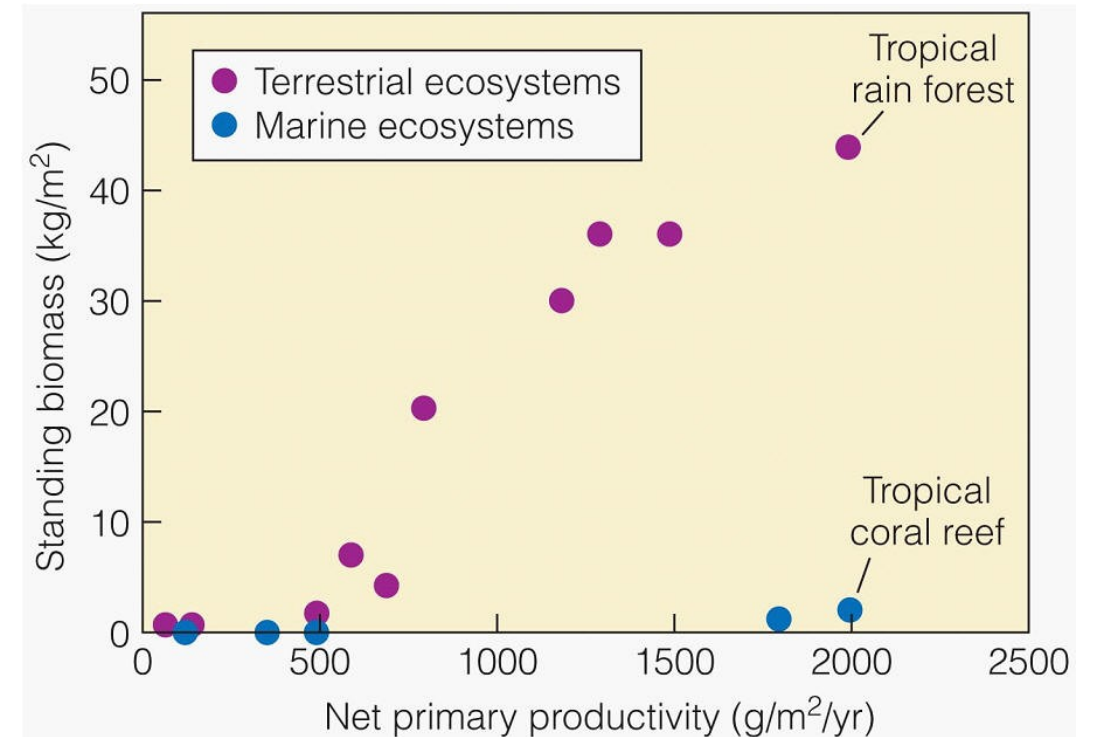
Vztah biomasa-produktivita

Tundra, poušť: malá produktivita na středně velkou biomasu



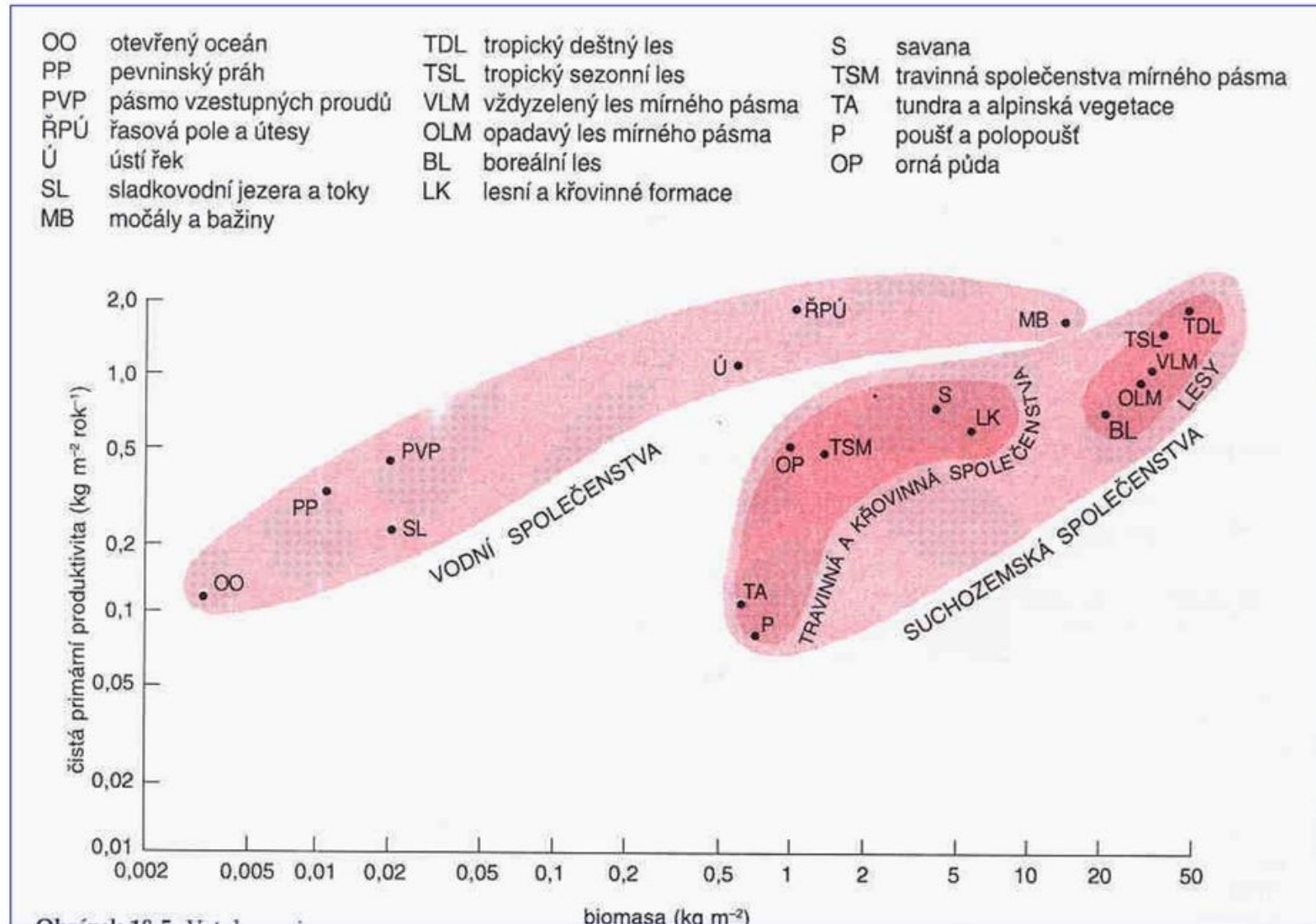
<http://treekb.com>

Mořské ekosystémy: středně velká produktivita na málo okamžité biomasy (0-0,02 kg/m²)

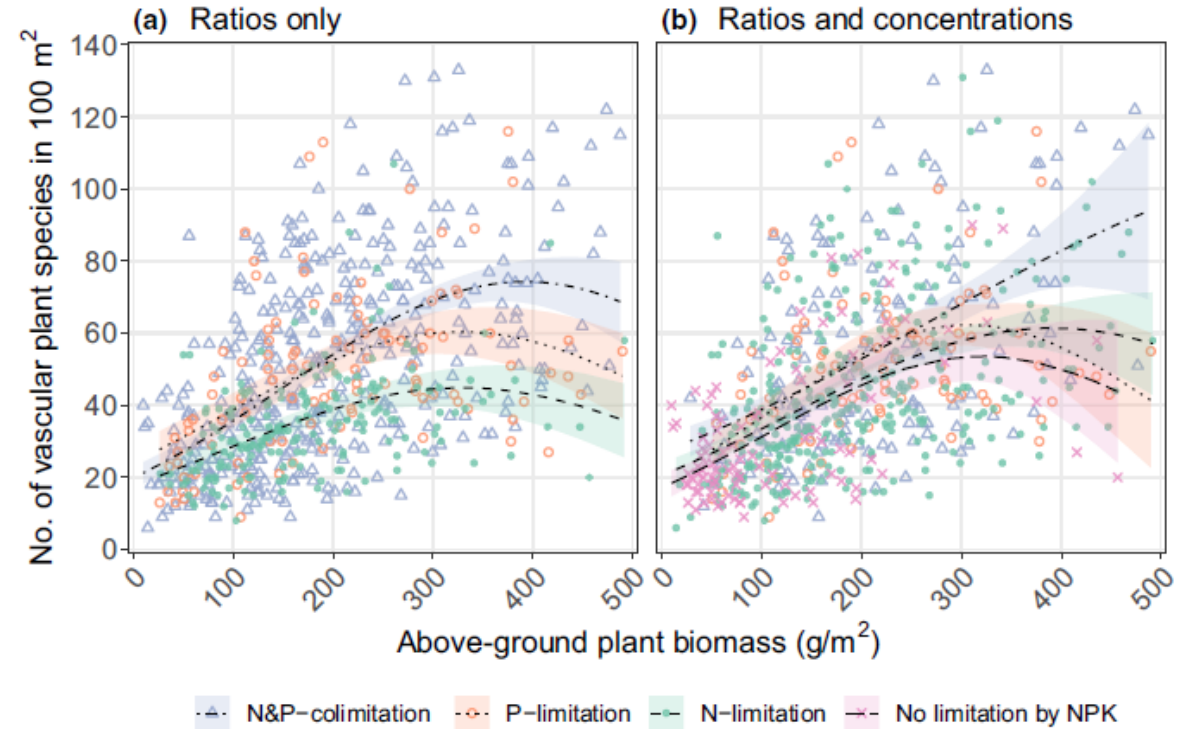
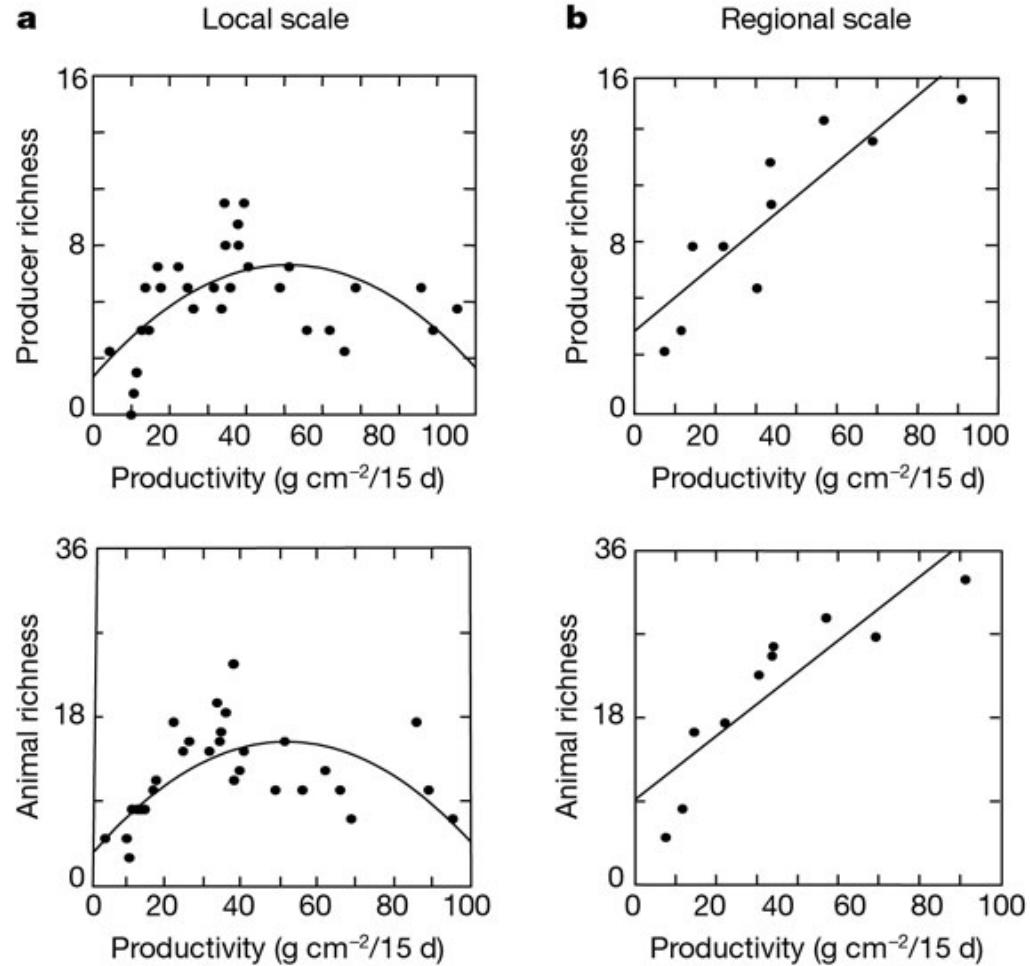


<http://www.geo.hunter.cuny.edu>

Vztah biomasy a čisté primární produkce



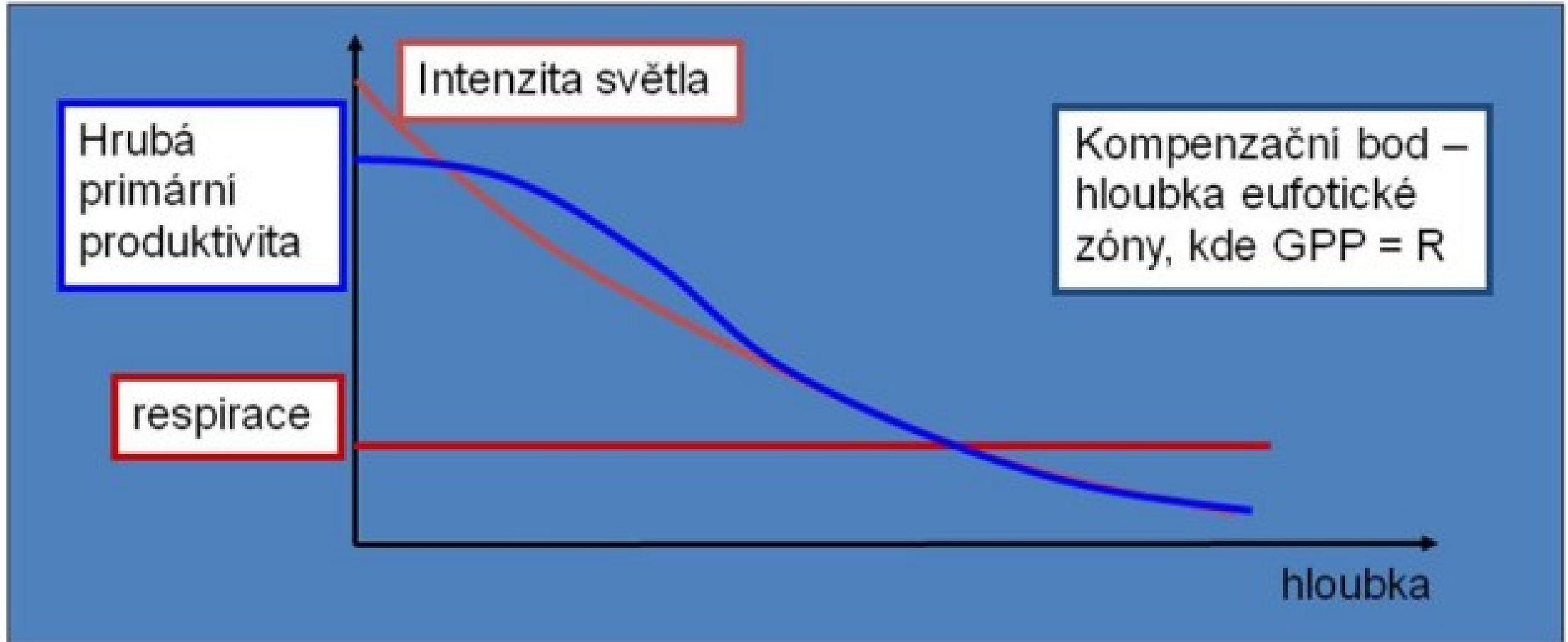
Produktivita a diverzita



Čistá primární produkce závisí na hloubce

- **bod kompenzace** = bod eufotické zóny (hrubá primární produkce = respirace, tj. čistá primární produkce je 0).
- **Eufotická zóna** je tím mělčí, čím víc zdrojů je k dispozici (viz korunový zápoj v lese).
- **Velmi blízko hladiny** může docházet k **inhibici fotosyntézy** a tudíž ke snížení produkce. Světlozbořné komplexy, které se účastní na primární fázi fotosyntézy v nadbytku zásobují enzymatické dráhy a dochází k **destruktivním fotooxidacím**.

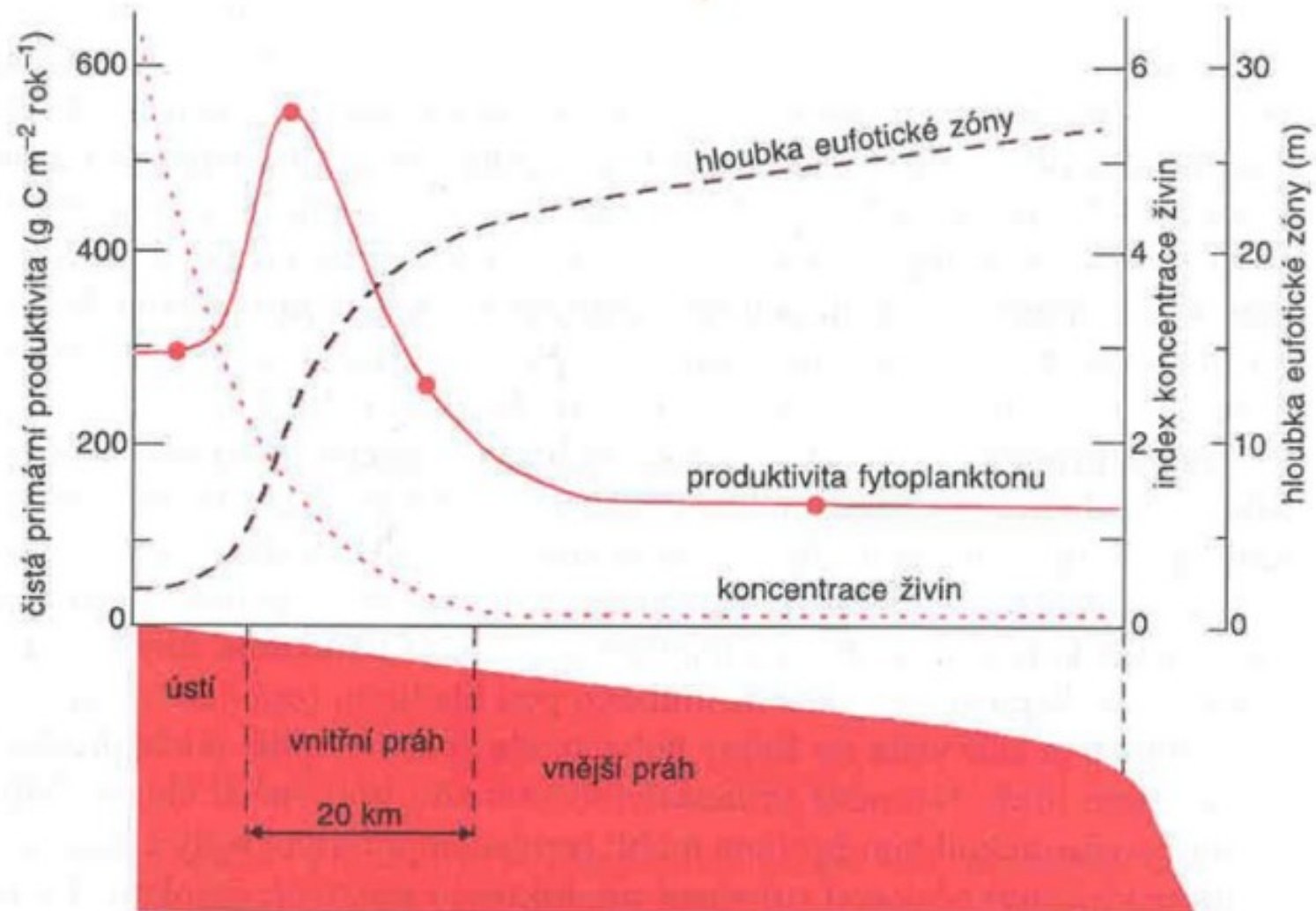
Hloubka kompenzačního bodu



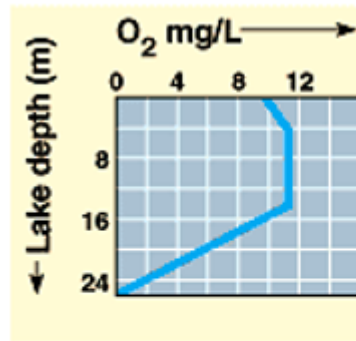
Sezónní kolísání produktivity fytoplanktonu v jezerech a mořích temperátního pásma

- často dochází ke **dvěma kulminacím biomasy v průběhu roku**.
Vysvětlení:
 - **V létě** omezuje primární produktivitu **nedostatek živin**
 - **na jaře a na podzim** se vodní sloupec promíchává a **minerální živiny se doplňují z hlubších vod – spíše ve sladkých vodách**.
 - **činnost primárních producentů následuje růst biomasy sekundárních producentů (filtrátorů), kteří fytoplankton „spásají“ – spíše v oceánech**.
- **Limitace biomasy primárních producentů :**
 - **omezení zdola** - biomasa závisí na množství živin (NPK)
 - **omezení shora** - viz predáční kaskáda

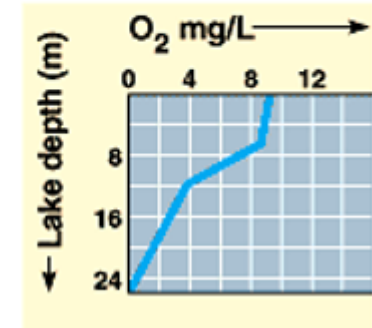
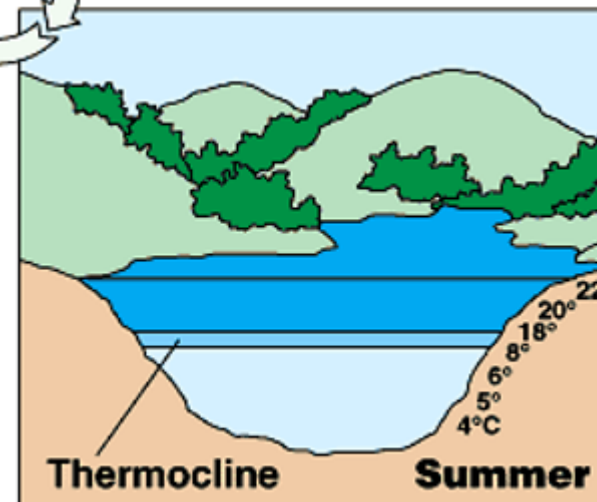
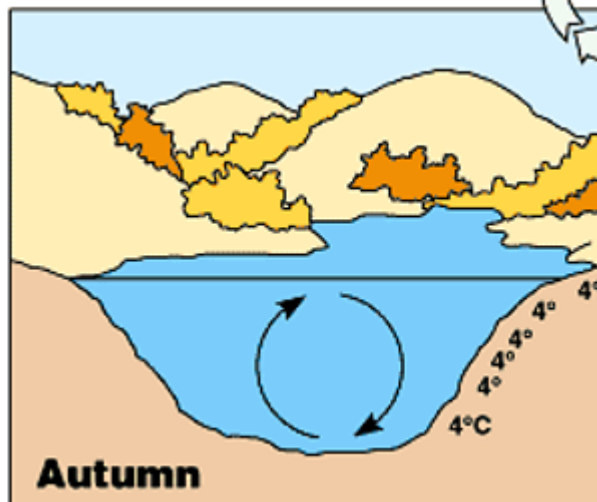
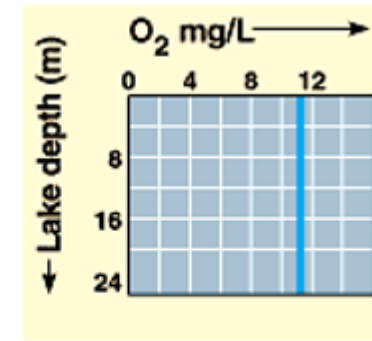
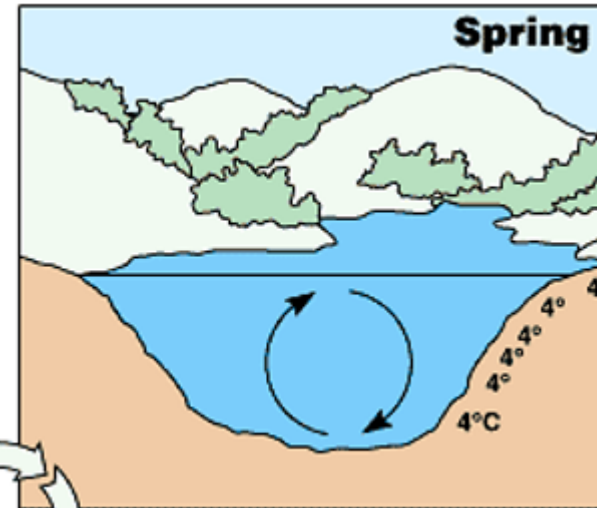
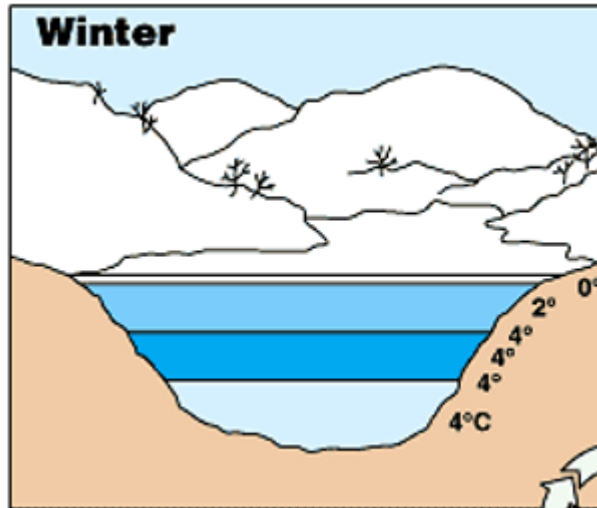
Změny v čisté primární produkci fytoplanktonu, v koncentraci živin a hloubce



Teplotní vrstvení vody v průběhu roku: (Epilimnion, Termoklina a Hypolimnion)



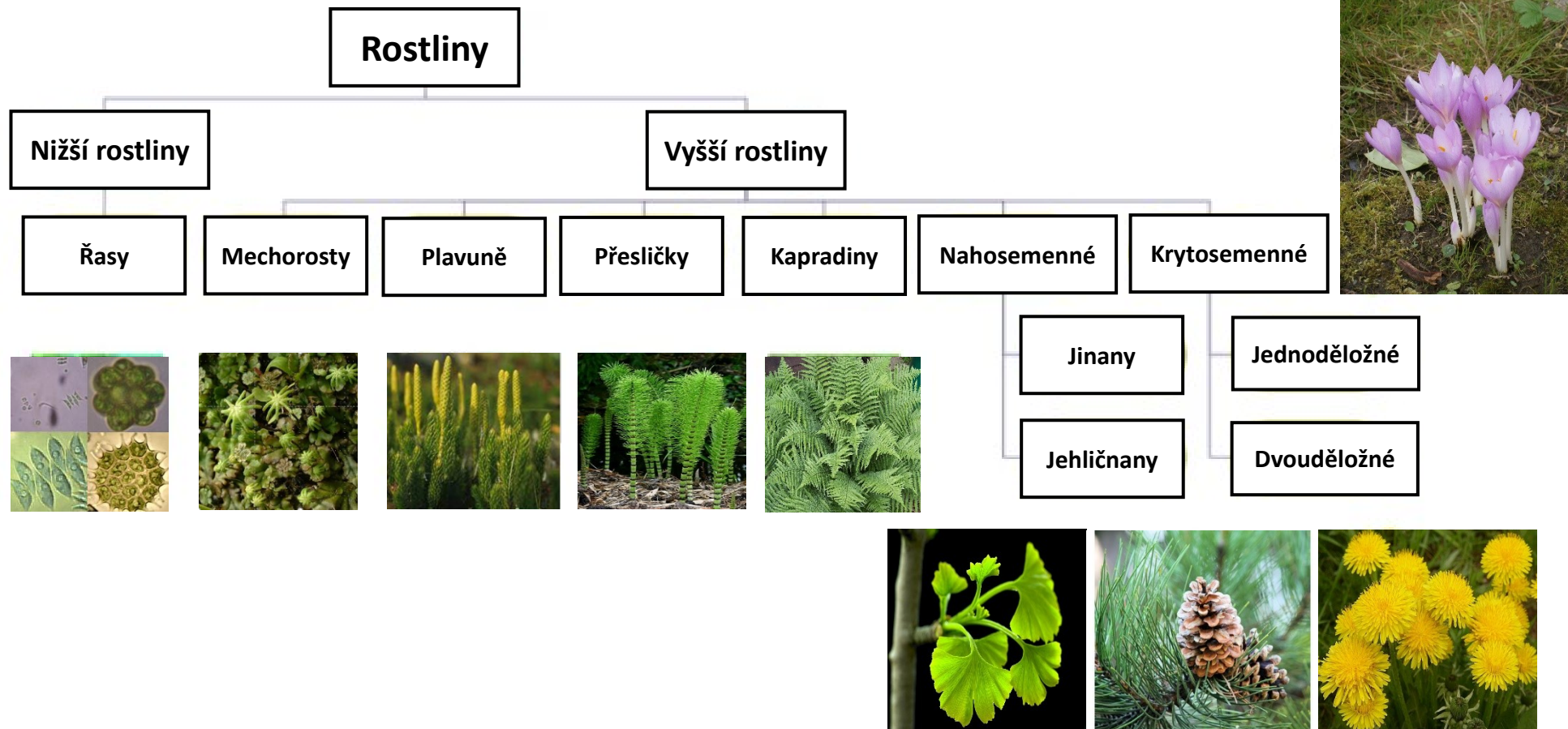
- High O₂ conc.
- Medium O₂ conc.
- Low O₂ conc.



Osud energie ve společenstvech

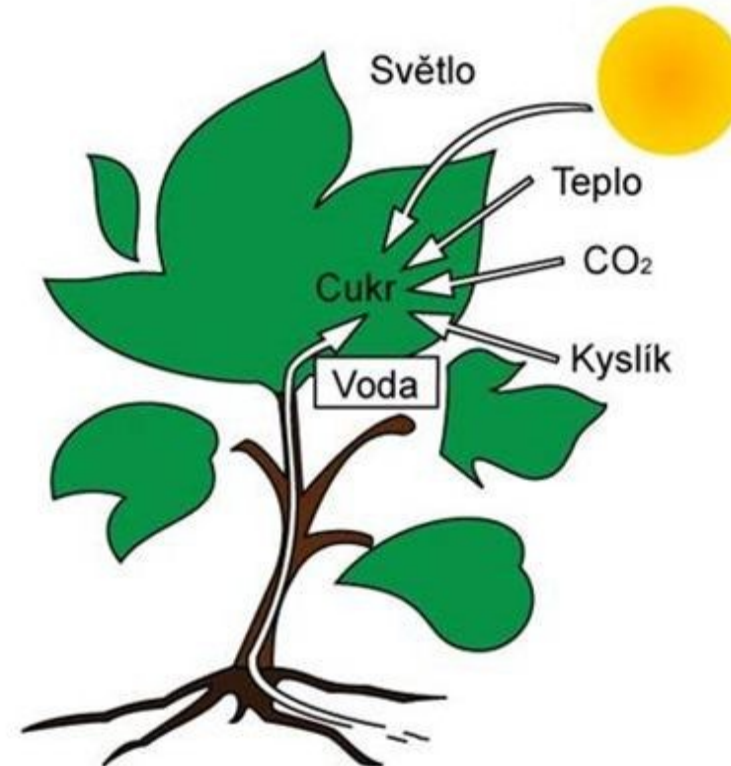
- **Mezi primární a sekundární produktivitou je obecně pozitivní vztah**
- **Většina primární produktivity neprojde pastevním systémem**
 - o **Býložravci nezkonzumují všechnu biomasu rostlin**
 - o **Ne všechna zkonsumovaná biomasa se asimiluje a včlení do biomasy konzumentů (výkaly)**
 - o **Ne všechny asimilovaná energie se přemění v biomasu (respirační teplo)**

Primární producenti – rostliny - fotosyntéza

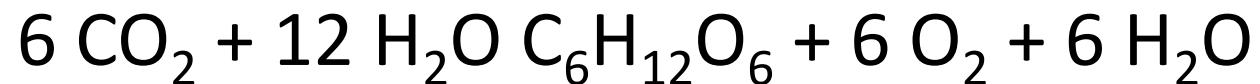


Co je fotosyntéza?

- složitý biochemický proces, výrazný projev **autotrofie**
- nejvýznamnější **anabolický** proces
- **světelná energie** se mění na **chemickou energii** (energii chemických vazeb organických látek)
- organické látky (sacharidy) vznikají z jednoduchých anorganických látek – **vody a oxidu uhličitého**
- jako vedlejší produkt vzniká **kyslík**



Fotosyntéza

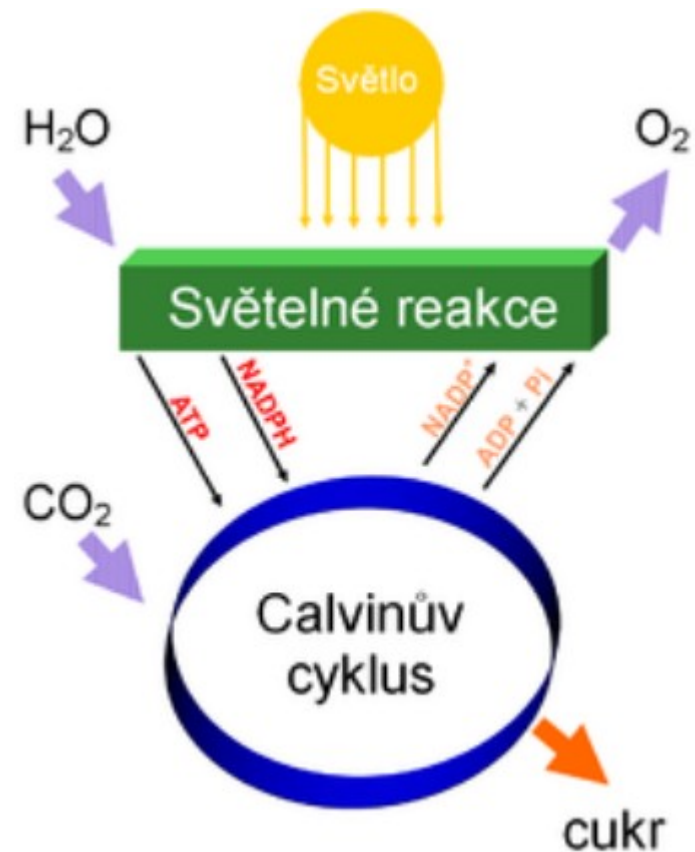


- probíhá u fototrofních organismů
- biochemický proces
- světelná energie fotonů se přeměňuje na energii chemických vazeb
- z jednoduchých anorganických látek vznikají látky organické

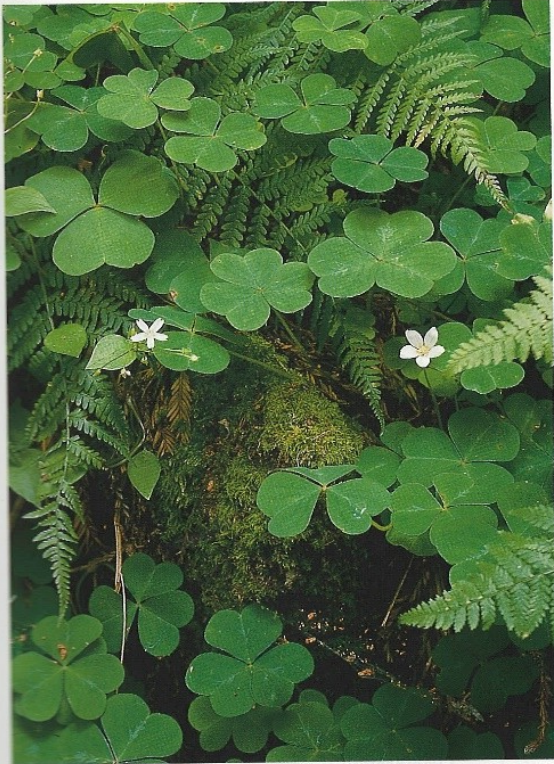
Fotosyntéza

Dvě fáze:

- **světelná (primární)**
 - v tylakoidech
 - závislá na světle
 - fotosystém I a II
 - vznik ATP, NADPH+H⁺, O₂
- **temnostní (sekundární)**



Rostliny a fotosyntéza



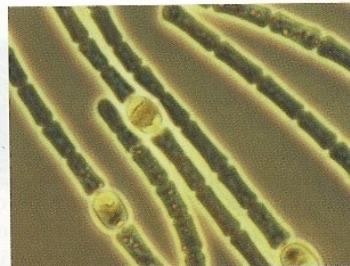
(a) Rostliny



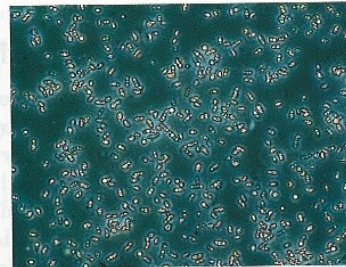
(b) Mnohobuněčná řasa



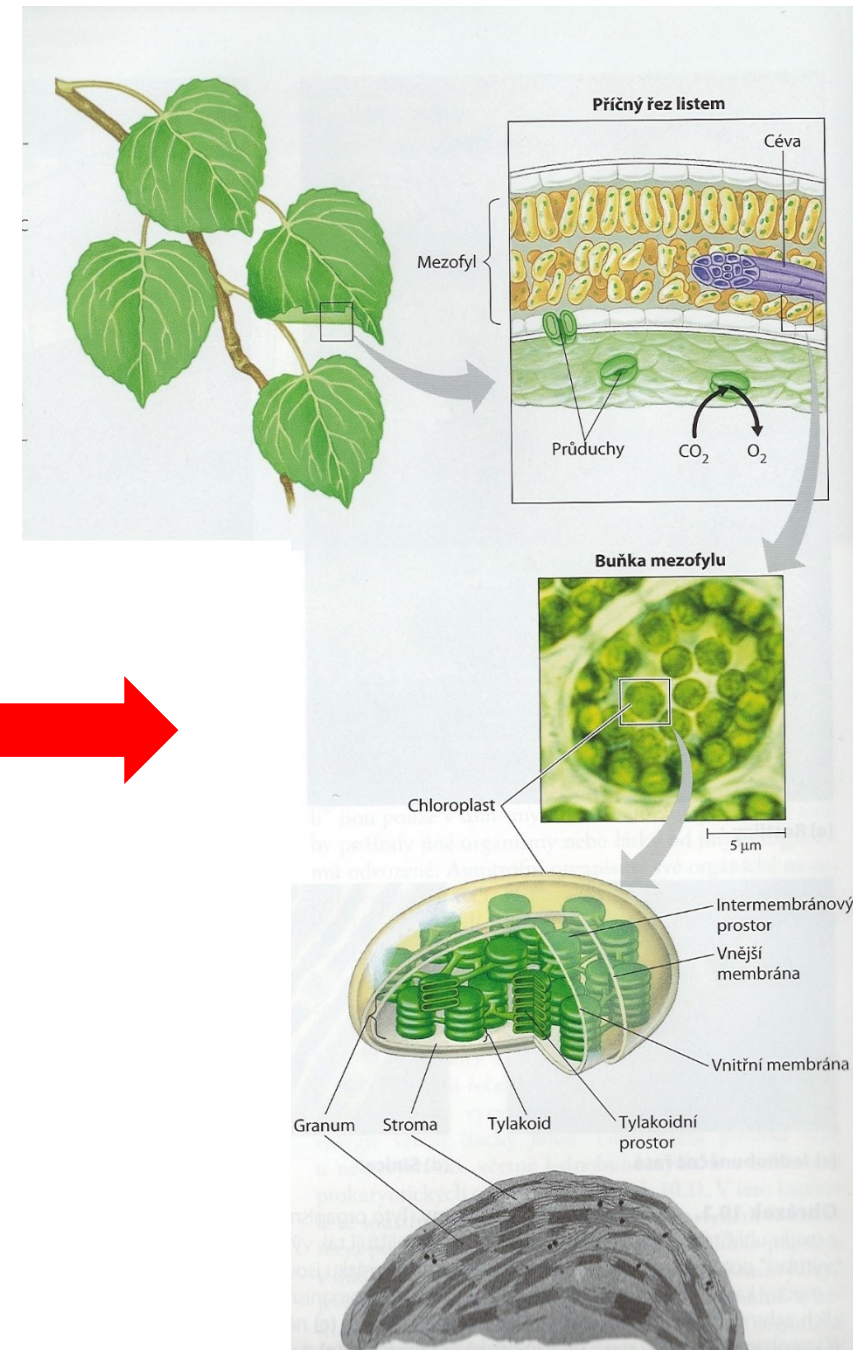
(c) Jednobuněčná řasa



(d) Sinice



(e) Purpurové sírné bakterie



Fotosyntéza – temnostní fáze

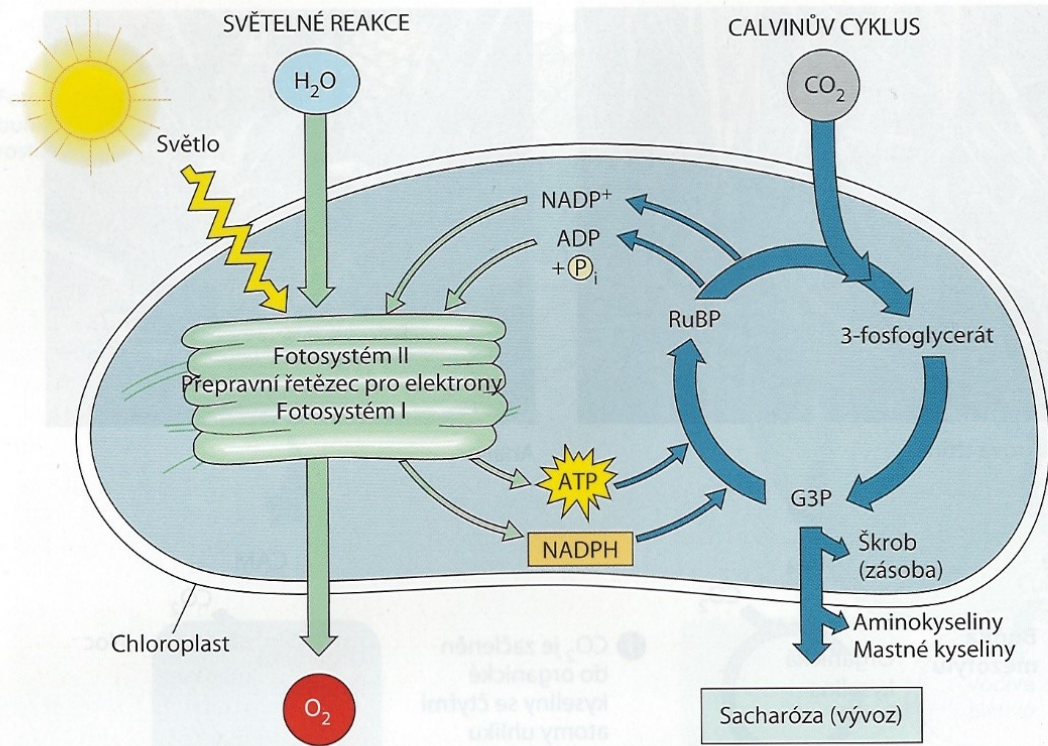
Probíhá ve **stromatu**

- **nevyžaduje** světelnou energii
- syntéza sacharidů z CO_2
 - využití $\text{NADPH} + \text{H}^+$ = redukční činidlo
 - - využití ATP = zdroj energie

Známy jsou 3 cykly fixace CO_2

- Calvinův cyklus (C_3 cyklus)
- Hatch-Slackův cyklus (C_4 cyklus)
- CAM cyklus

Proces fotosyntézy

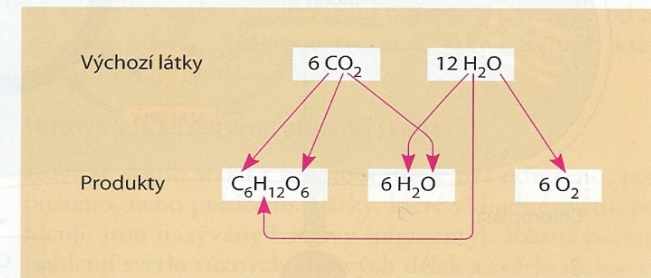
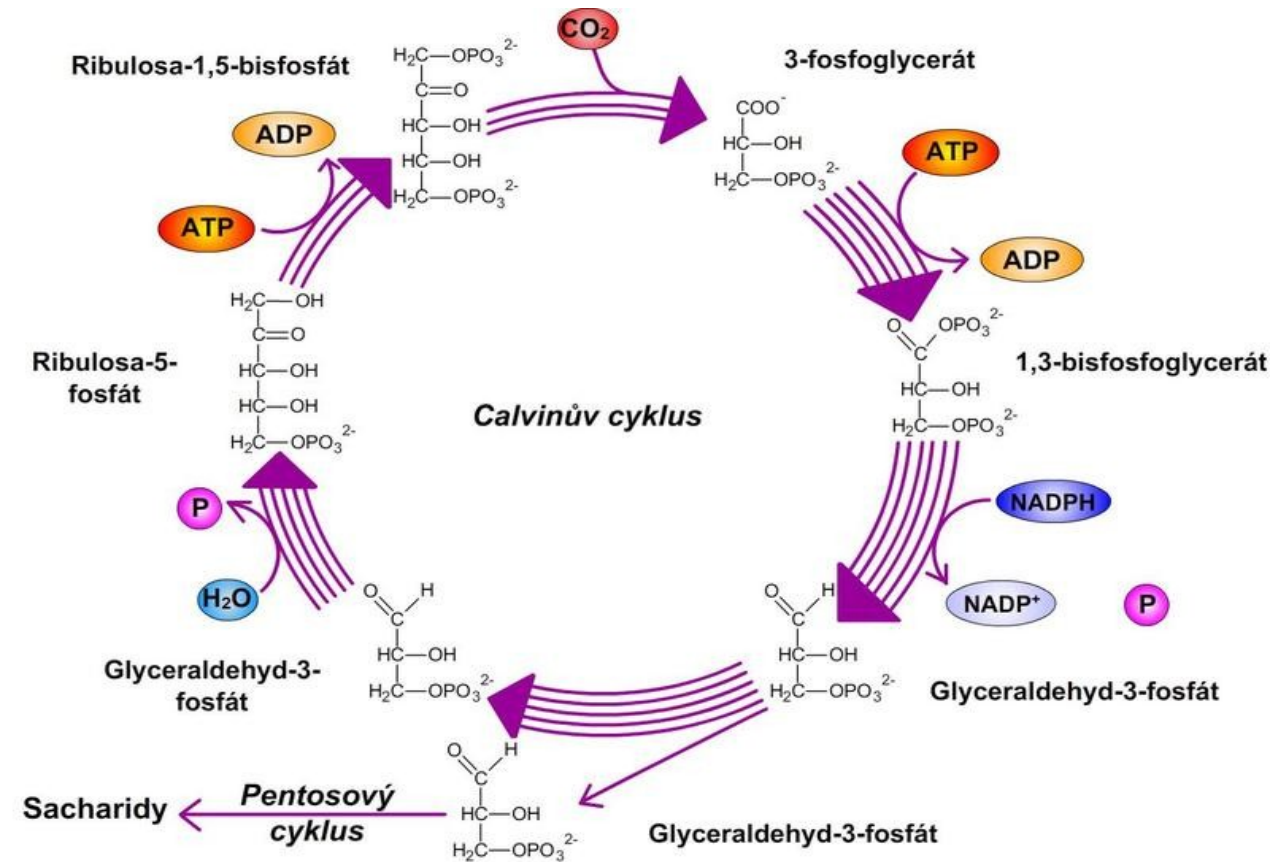


Světelné reakce:

- Jsou prováděny molekulami v tylakoidní membráně
- Přeměňují světelnou energii na energii chemickou v ATP a NADPH
- Štěpí H_2O a do ovzduší uvolňuje O_2

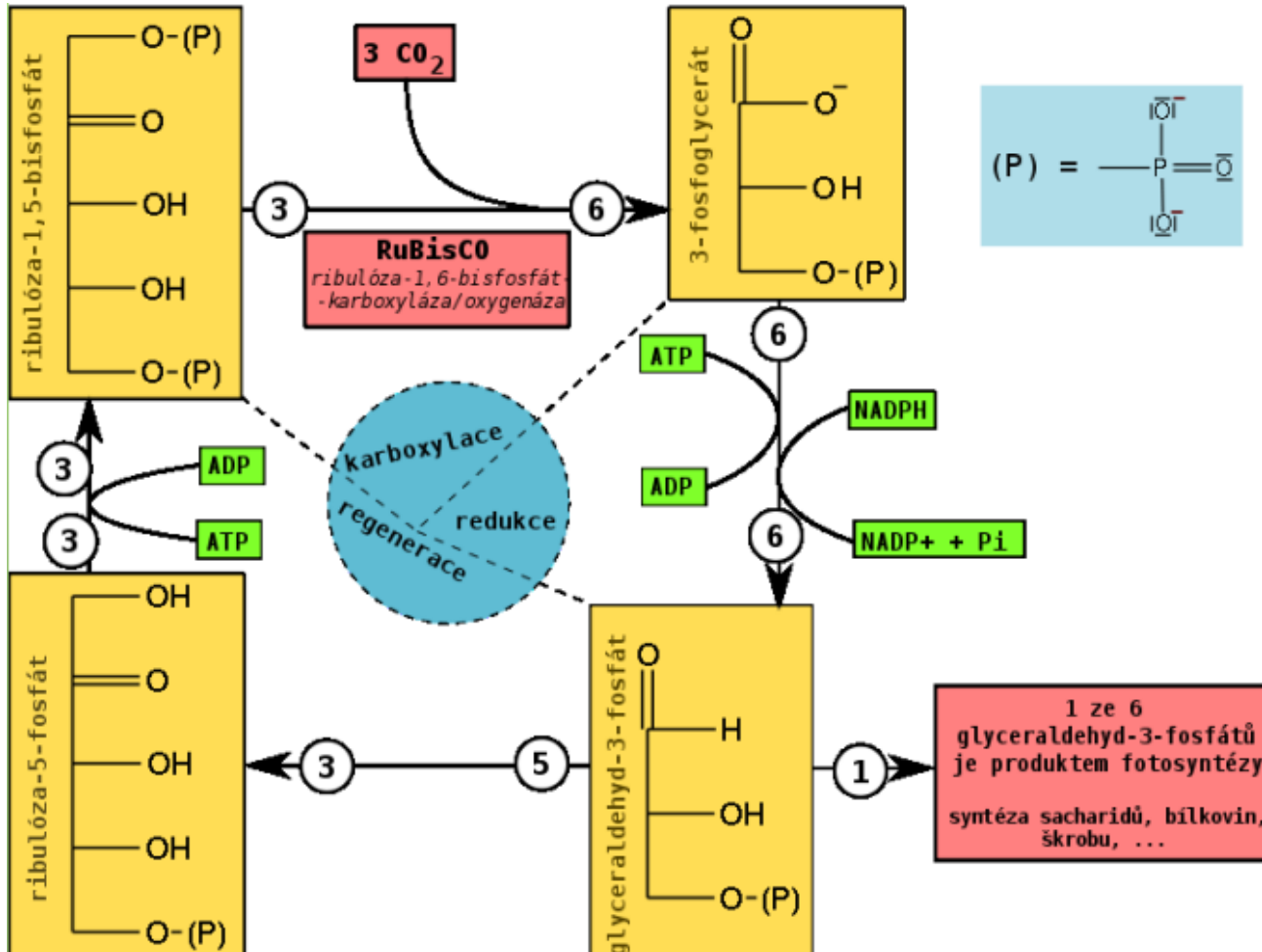
Reakce Calvinova cyklu:

- Odehrávají se ve stromatu
- Využívají ATP a NADP při přeměně CO_2 na cukr G3P
- Vracejí do světelných reakcí ADP, anorganický fosfát a NADP^+



Obrázek 10.3 – Přesuny atomů během fotosyntézy

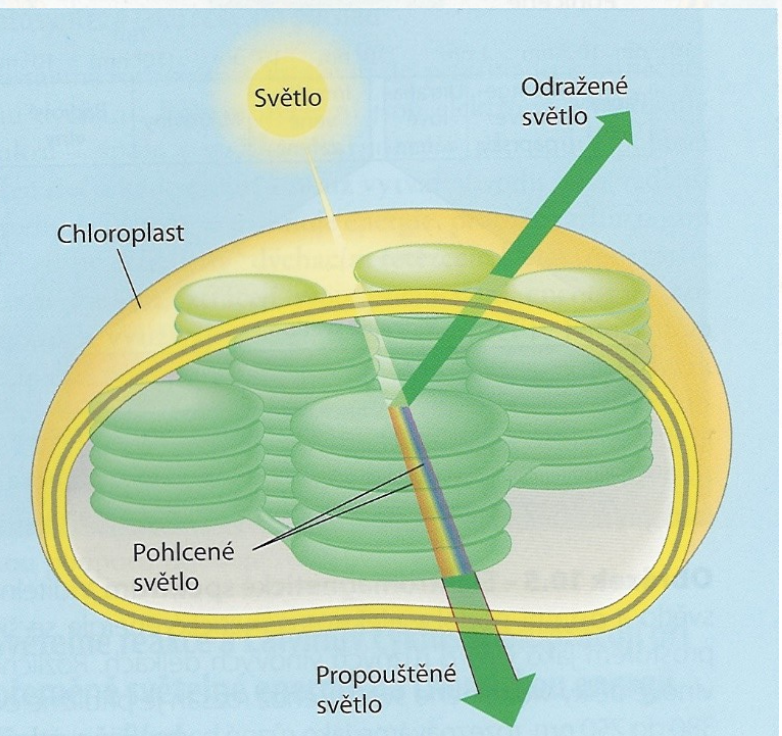
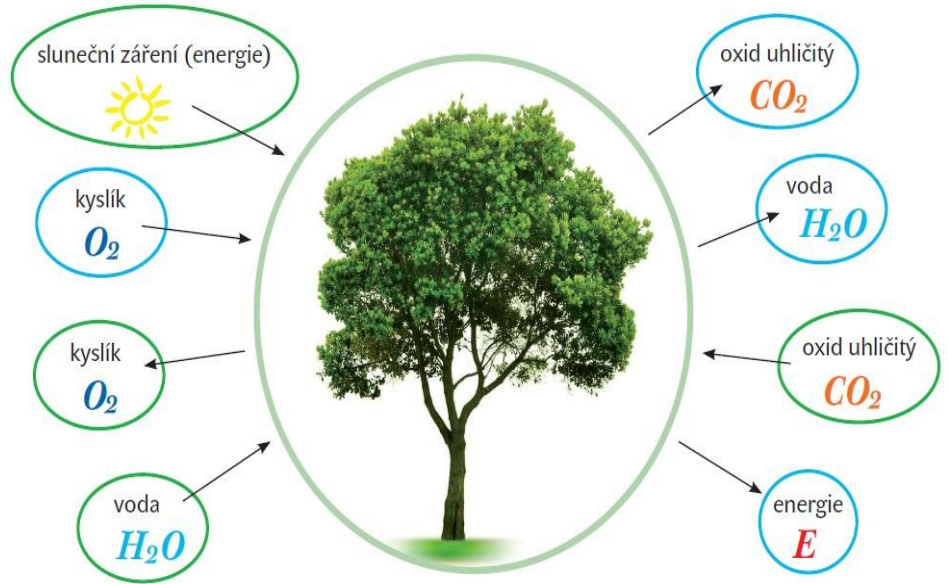
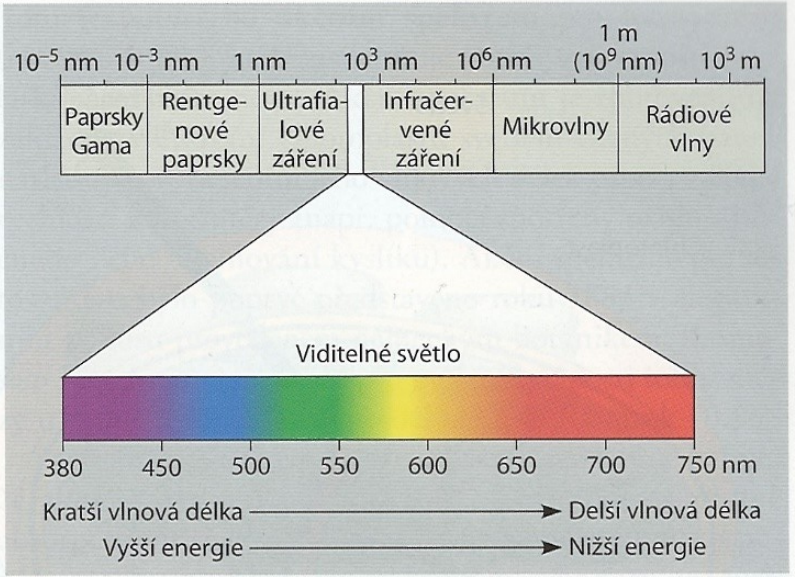
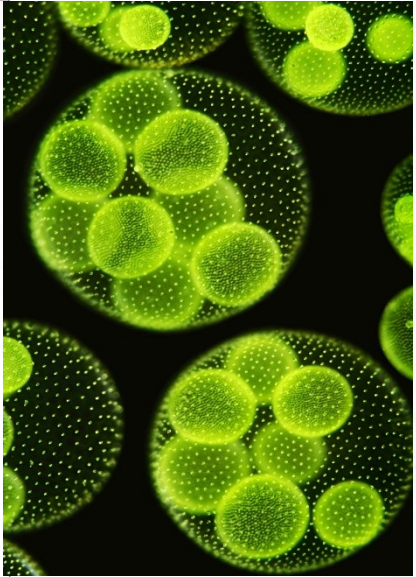
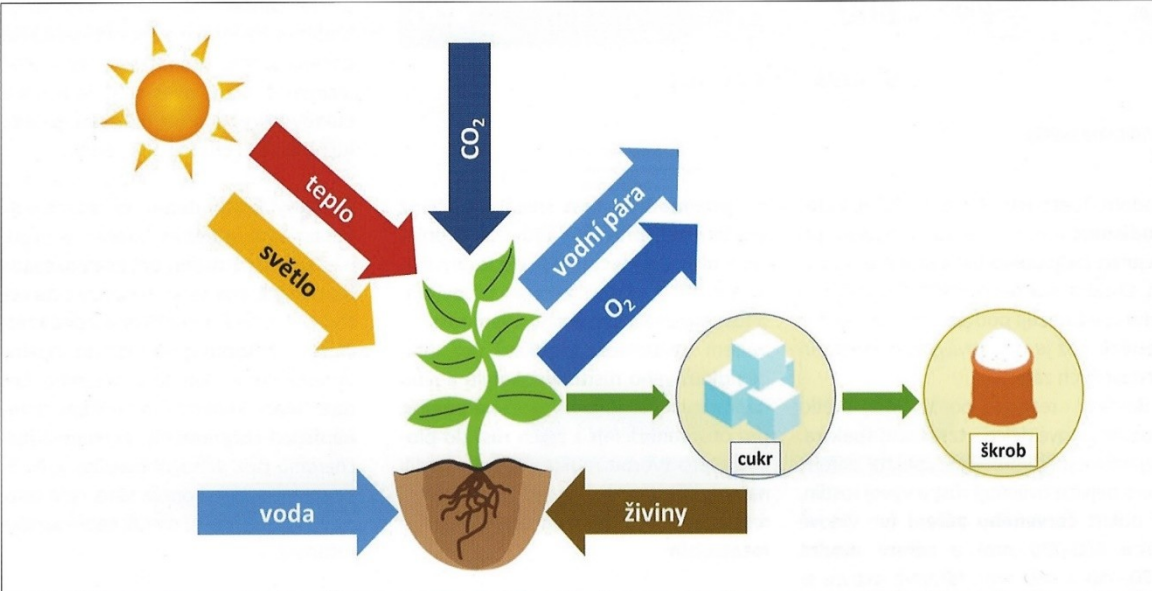
Calvinův cyklus



K fixaci CO₂ jej používá většina rostlin a řas.

- tyto rostliny souhrnně nazýváme C₃ rostliny
- prvním produktem asimilace = 3-fosfoglycerát

Proč jsou rostliny zelené ?



Proč je Země zelená ?

Aneb „top-down“ *versus* „bottom-up“ kontrola

Hairston (1968) ⇒ Zelená Země = paradox !!!
Vše přece mohou sežrat býložravci !!!

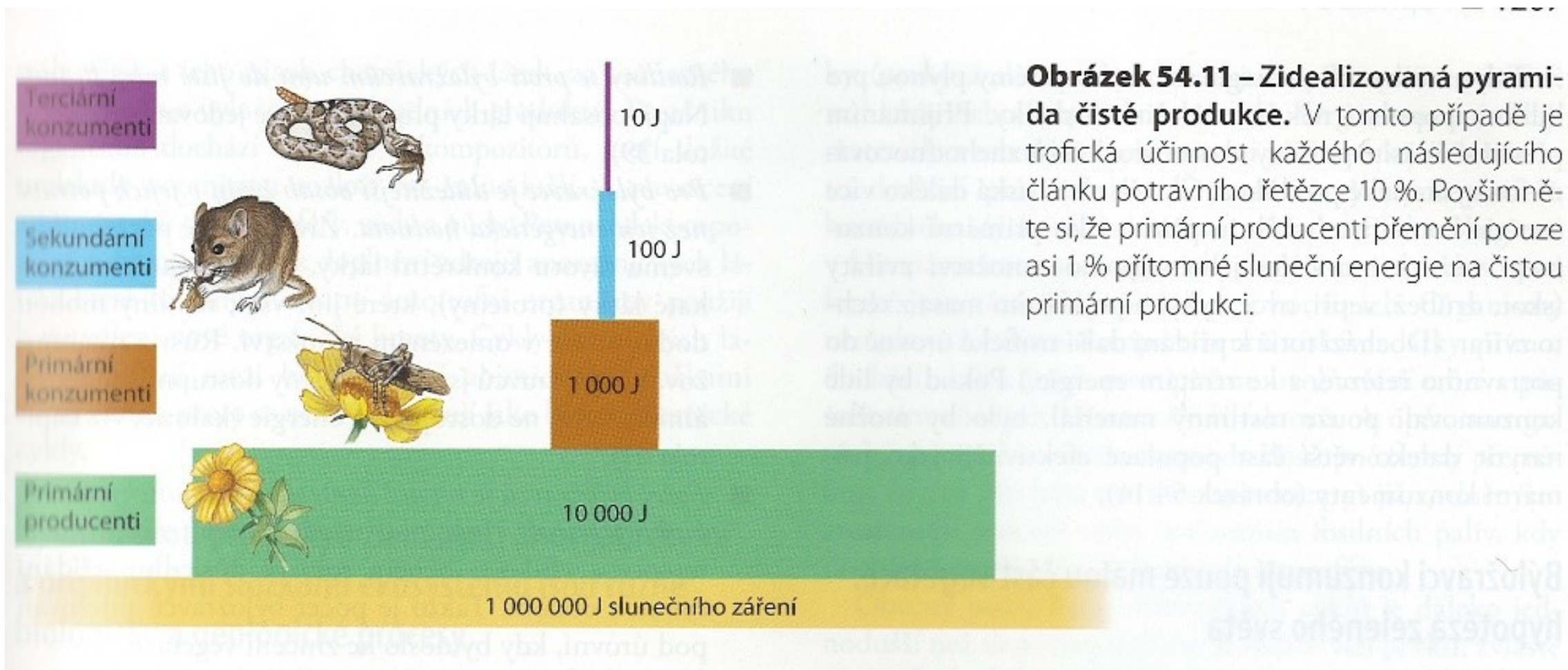
Domníval se, že býložravci jsou kontrolováni predátory (top-down), zatímco ostatní trofické stupně jsou regulovány kompeticí (bottom-up kontrola). Chyba !

Také býložravci jsou regulováni kompeticí (obrana rostlin, specializace atd.).

Rostliny nejsou regulovány energií (mají jí dost), ale prostorem (kompetice). Po úhynu rostliny je tato okamžitě nahrazena novou. Energie dostupná herbivorům tvoří ale jen malou část energie dostupné rostlinám. Země je tedy zelená proto, že býložravci nemohou ovlivnit tok energie rostlinami !!!



Pyramida čisté produkce



Primární produkce

Primární produkce

Primární produkce = míra s jakou je na jednotku plochy (souš) nebo objemu (oceán) produkována rostlinami nebo chemoautotrofy biomasa.

Množství biomasy lze popsat jako množství chemické energie, sušiny nebo uhlíku.

Primární produkce je prvním článkem jakéhokoliv ekosystému.

Fotosyntéza = proces při kterém je energie světla použita k redukci kyslíčnicku uhličitého (CO₂) na cukry a jiné uhlovodíky a při kterém dochází k uvolňování kyslíku.



Fotosyntéza stojí na začátku všech typů potravních řetězců v ES, je základem života !

Globální čistá primární produkce (NPP):

- na pevnině = 120 · 10⁹ tun sušiny za rok
- v oceánu = 50 · 10⁹ tun za rok

Nerovnoměrná distribuce produkce na Zemi !

30 % povrchu země a 90 % plochy oceánu má produkci menší než 400 g m⁻² rok⁻¹

Nejvíce produktivní oblasti: bažiny, ústí řek, korálové útesy, zemědělská půda.

Obecně produkce klesá od rovníku k pólům (ne ale v mořích)

Limitující faktory: souše – teplota a světlo
oceány – koncentrace živin

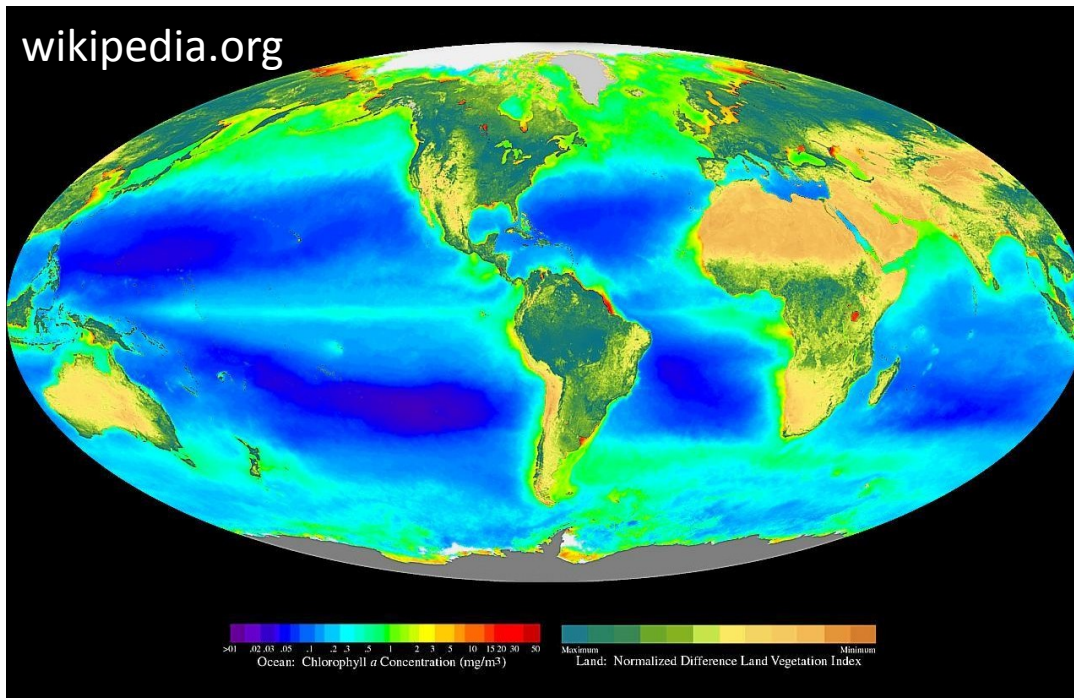
Primární produktivita a její ovlivnění faktory prostředí

Je množství organického materiálu (biomasy) vytvořené rostlinami za určitý čas (např. g/m²/rok). Rostliny poutají CO₂ a fotosyntézou produkují organické látky, které pak kolují ekosystémem – proto **primární** producenti. Primární producenti jsou vždy **autotrofní** organismy.

Primární produkce:

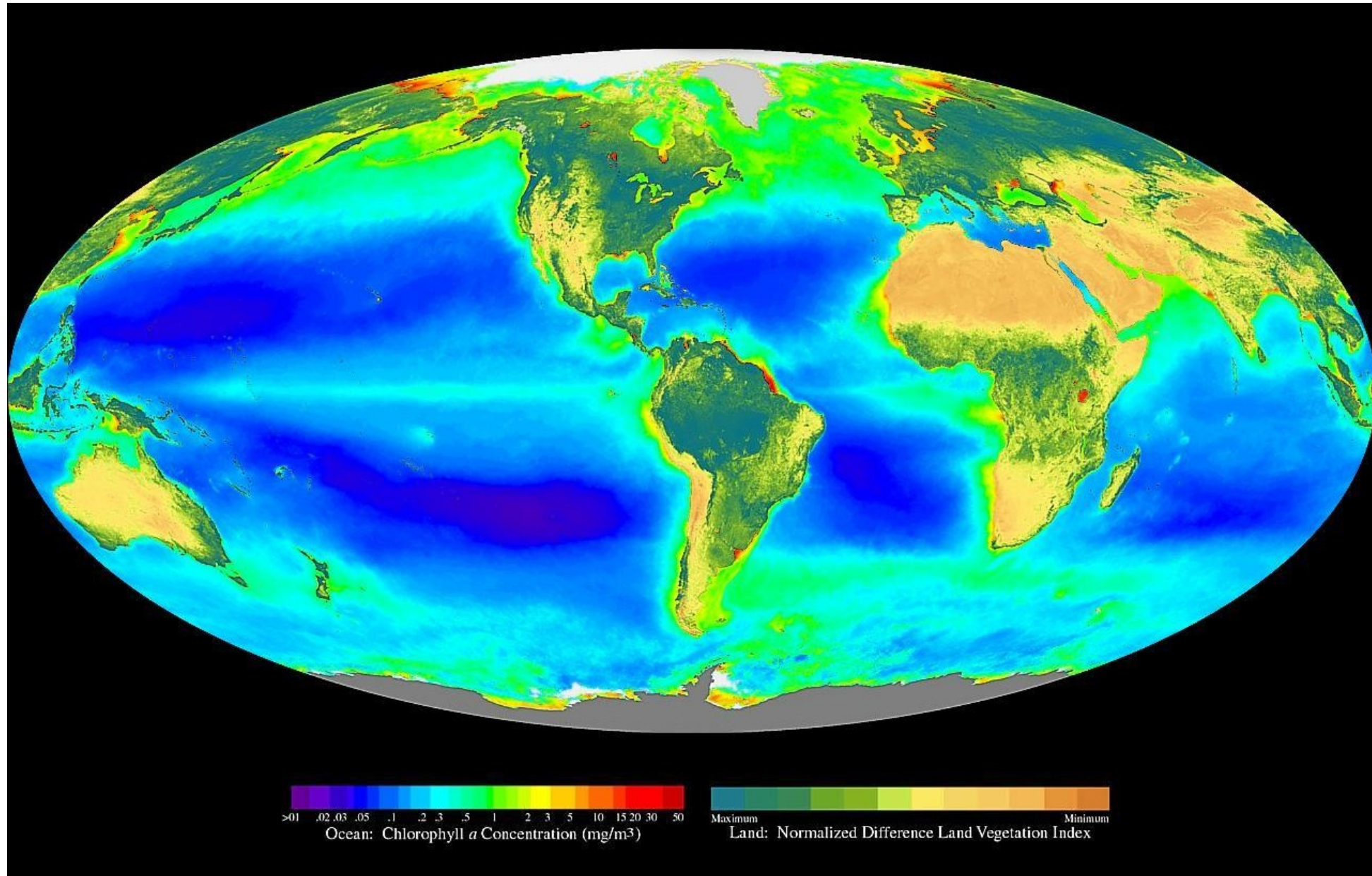
- hrubá (brutto, BPP): veškerá asimilovaná energie
- čistá (netto, NPP): BPP minus ztráta respirací (dýcháním)

„Příroda směřuje k vysoké BPP, zemědělec k vysoké NPP“. Hodně vyvinuté „klimaxové“ ekosystémy mají NPP blízko nule.



←
abundance autotrofů na Zemi

Globální oceánická a terestrická abundance jako odhad biomasy autotrofů indikujících potenciální primární produkci



Jiné dva typy produkce ekosystému

Všechna biotická společenstva závisí na zdrojích energie !

U většiny terestrických společenstev je tímto zdrojem fotosyntéza.

Autochtonní produkce = organická hmota a energie se generuje v prostoru osídleném daným společenstvem.

Allochtonní produkce = organická hmota a energie přichází do daného systému zvenku (např. vodní ES, přenos větrem)

Význam těchto dvou typů zdrojů závisí na velikosti společenstev.

Příklady: malá vodní tělesa, oceány, brakické vody, šelf

Primární produktivita závisí na:

- množství zdrojů: sluneční světlo, **CO₂**, voda, půdní živiny
 - rychlosti a účinnosti fotosyntézy: ovlivněno teplem a fotosyntetickou strategií rostliny (C4 rostliny).

Kritické faktory omezující PP:

- **nedostatek FAR/PHAR** (pod zápojem lesa, jeskyně)
- **nedostatek vody** (potenciální evapotranspirace vyšší než srážky – aridní klima)
- **krátká délka fotosyntetického období**
- **nedostatek minerálních zdrojů**

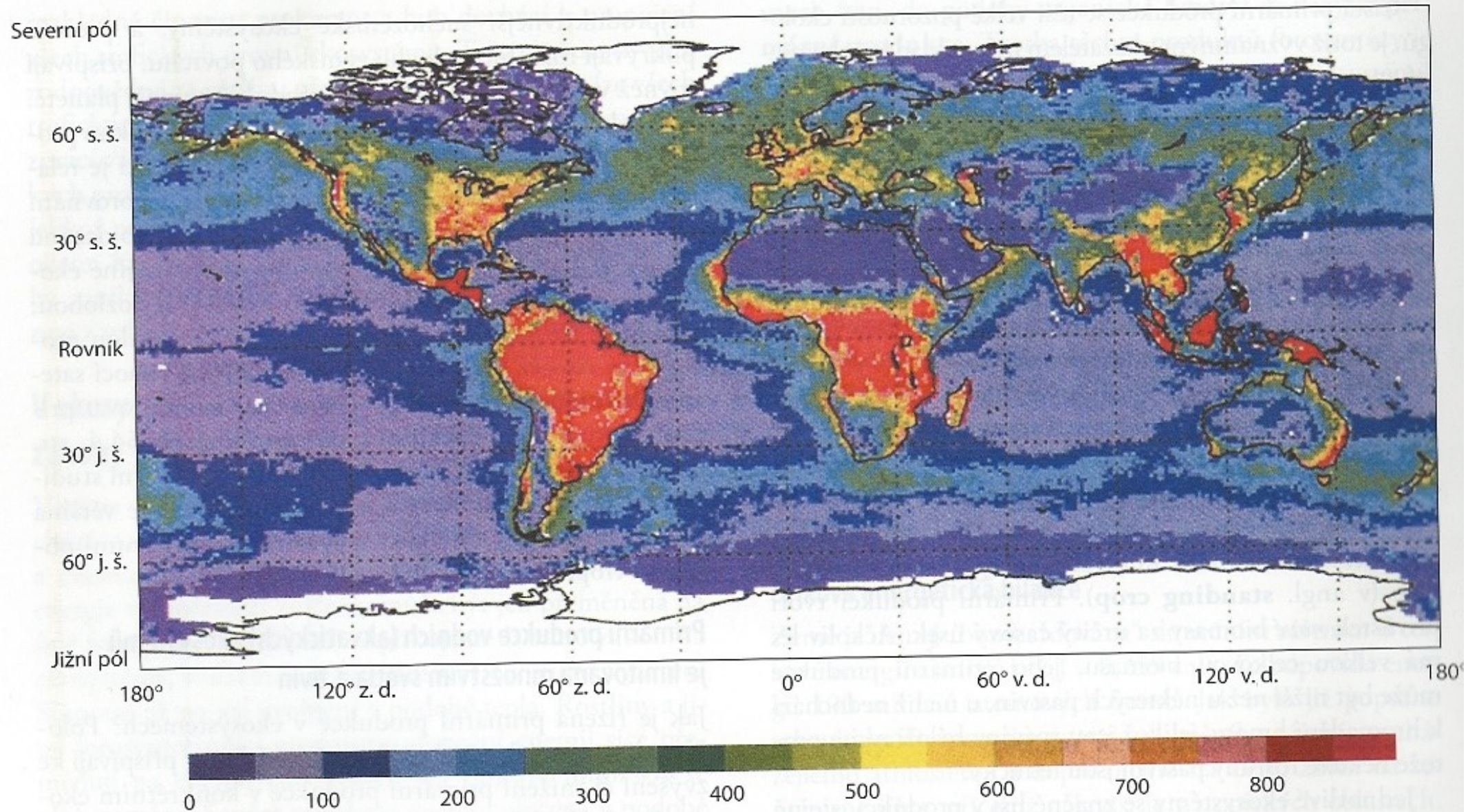
Za nedostatku některého zdroje (voda, živiny) se vyvíjí menší fotosyntetický aparát (menší listová plocha) a PP je menší.

Primární produktivita vodních společenstev

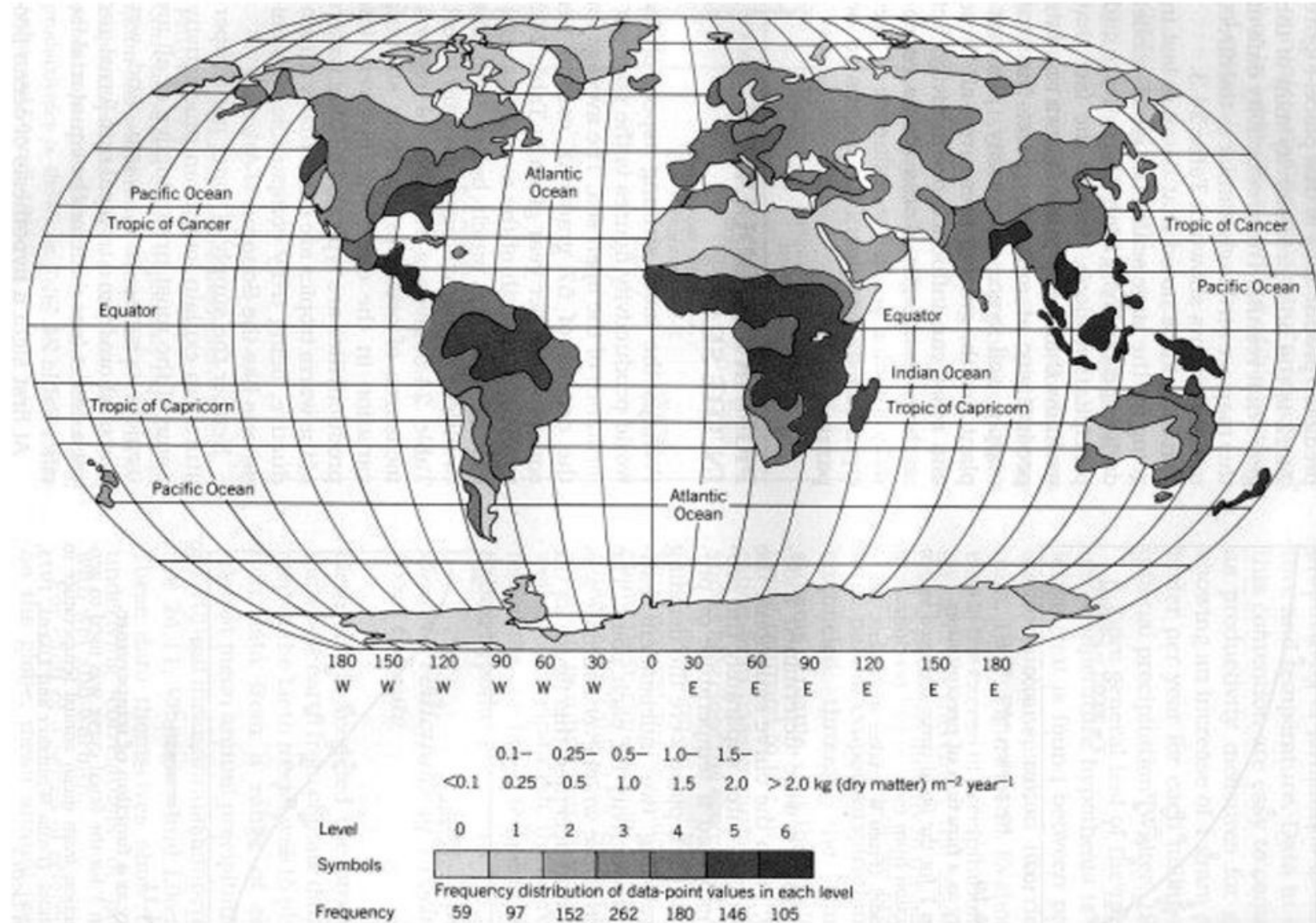
je limitována množstvím živin (dusičnany, fosforečnany), nedostatkem světla a intenzitou „pastvy“ býložravci. Mění se s hloubkou a se sezónou.



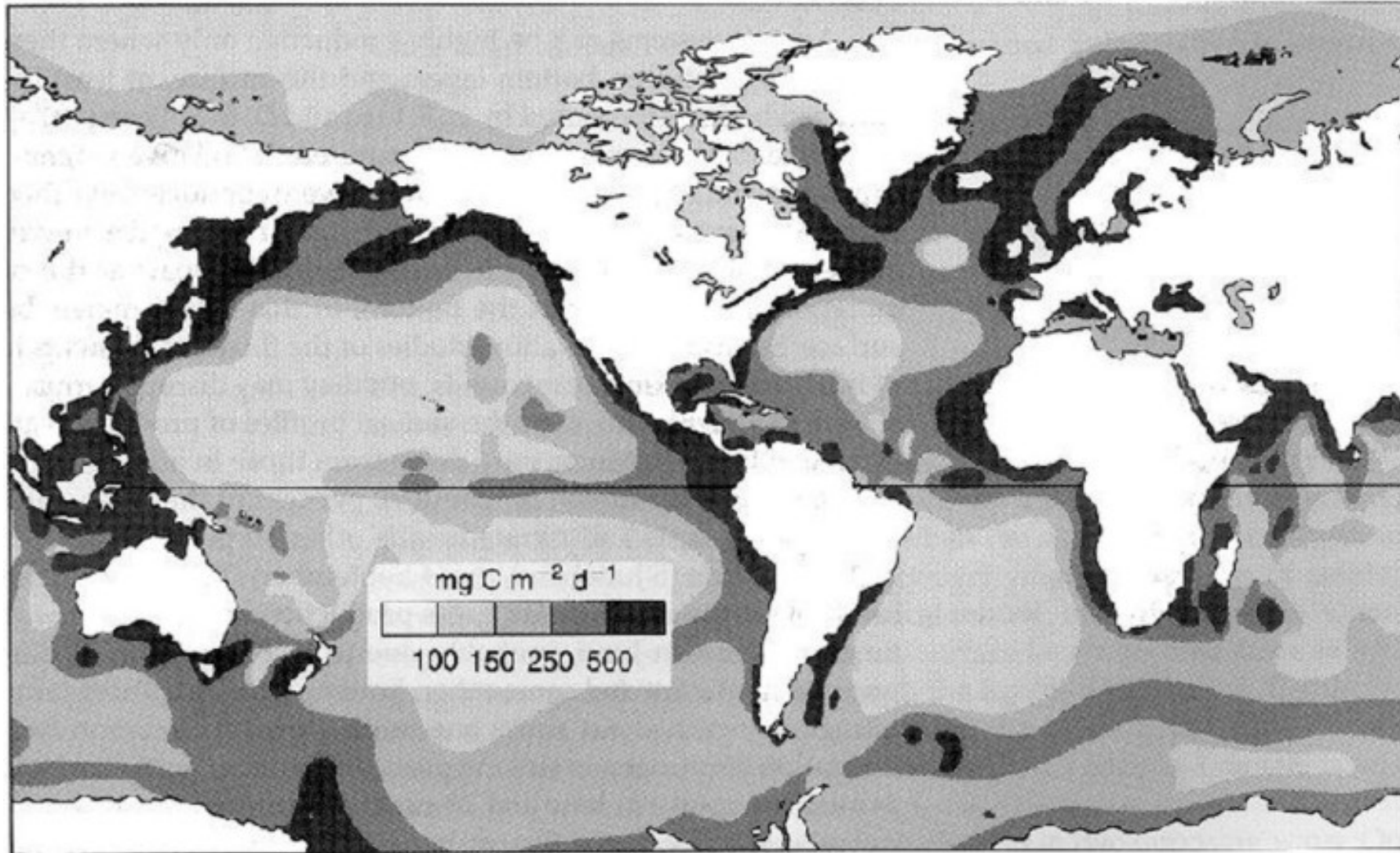
Roční primární produkce na Zemi



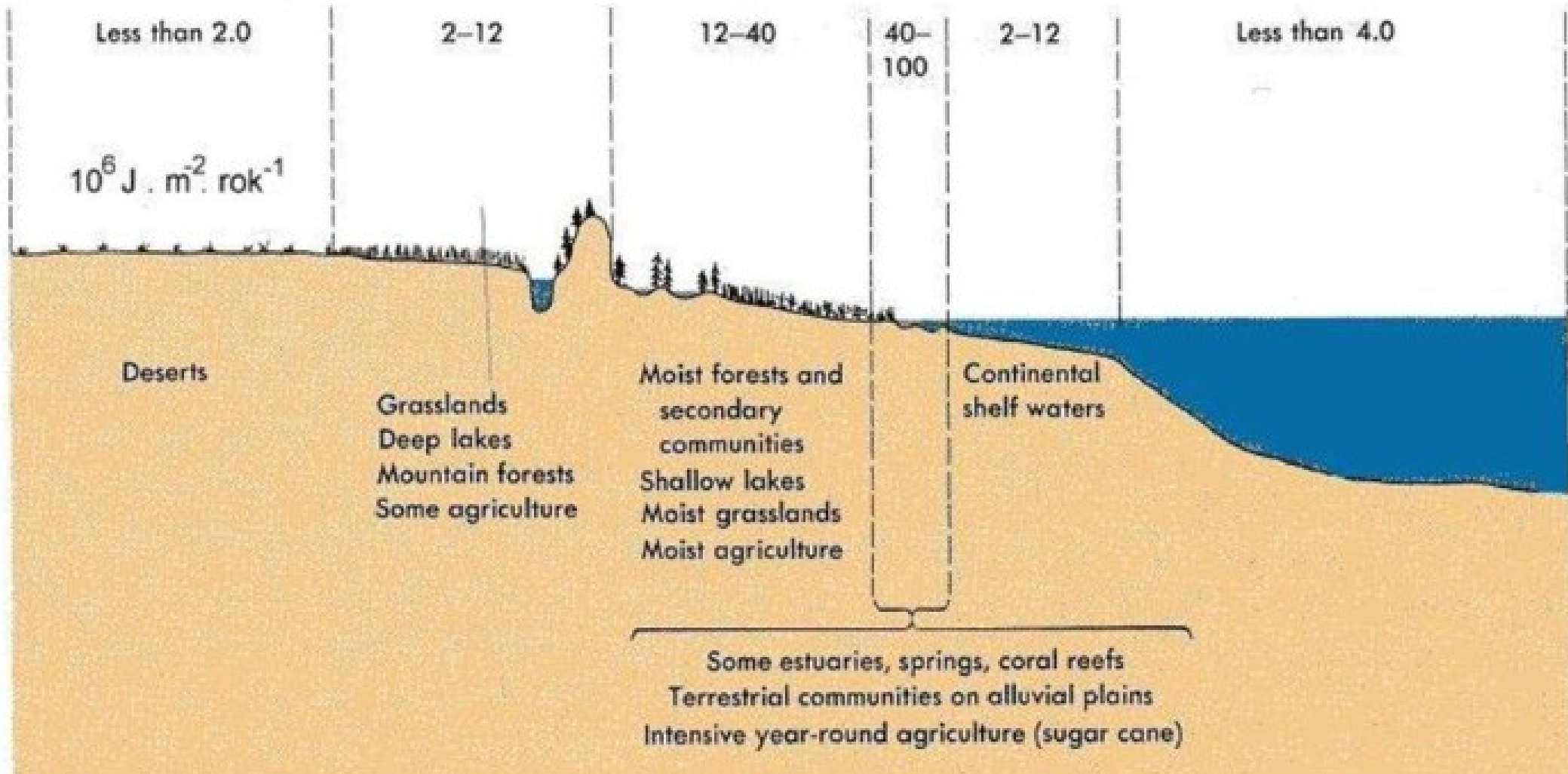
Primární produkce suchozemských ekosystémů



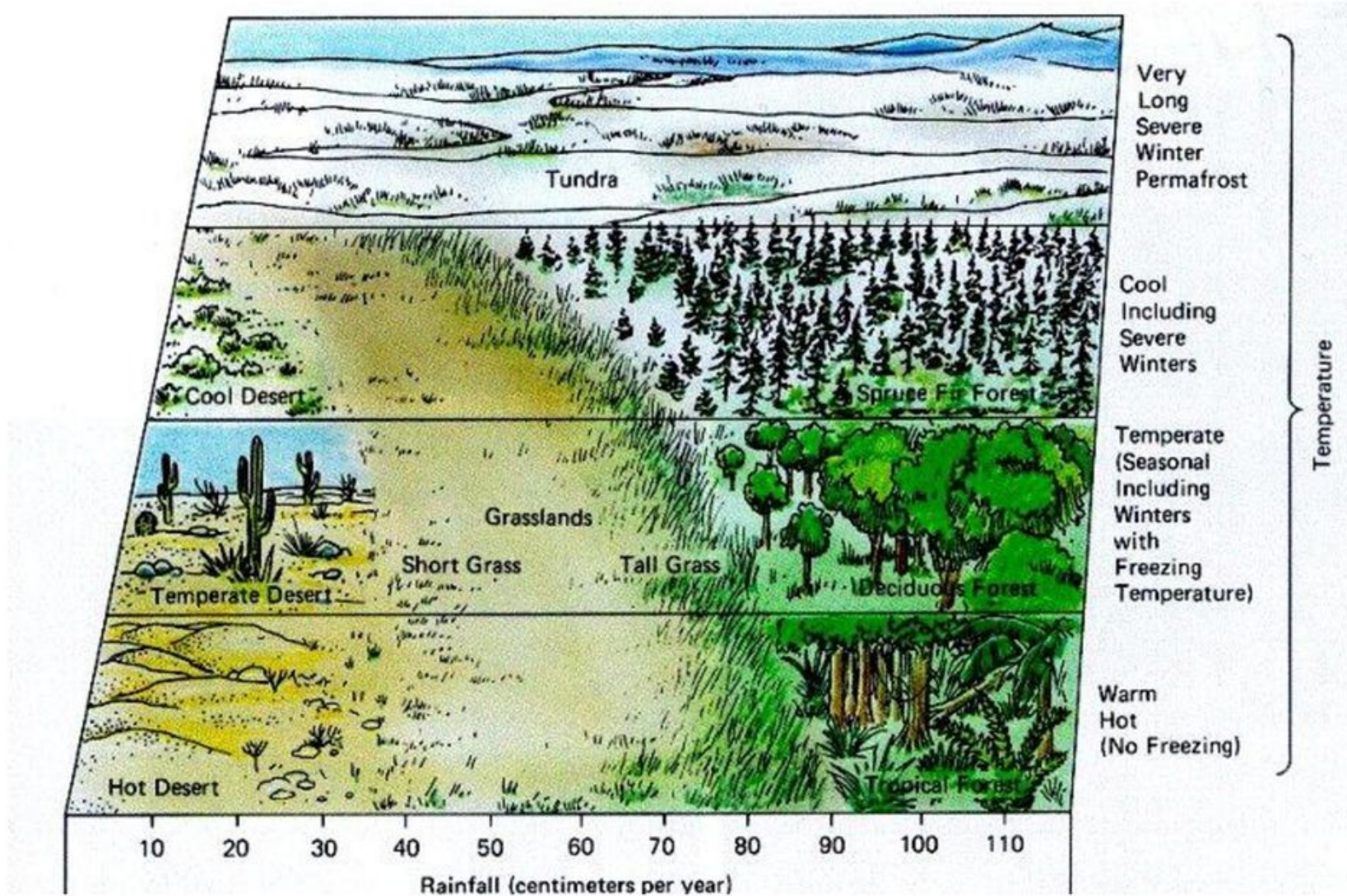
Primární produkce mořských ekosystémů



Rozdělení světové primární produkce

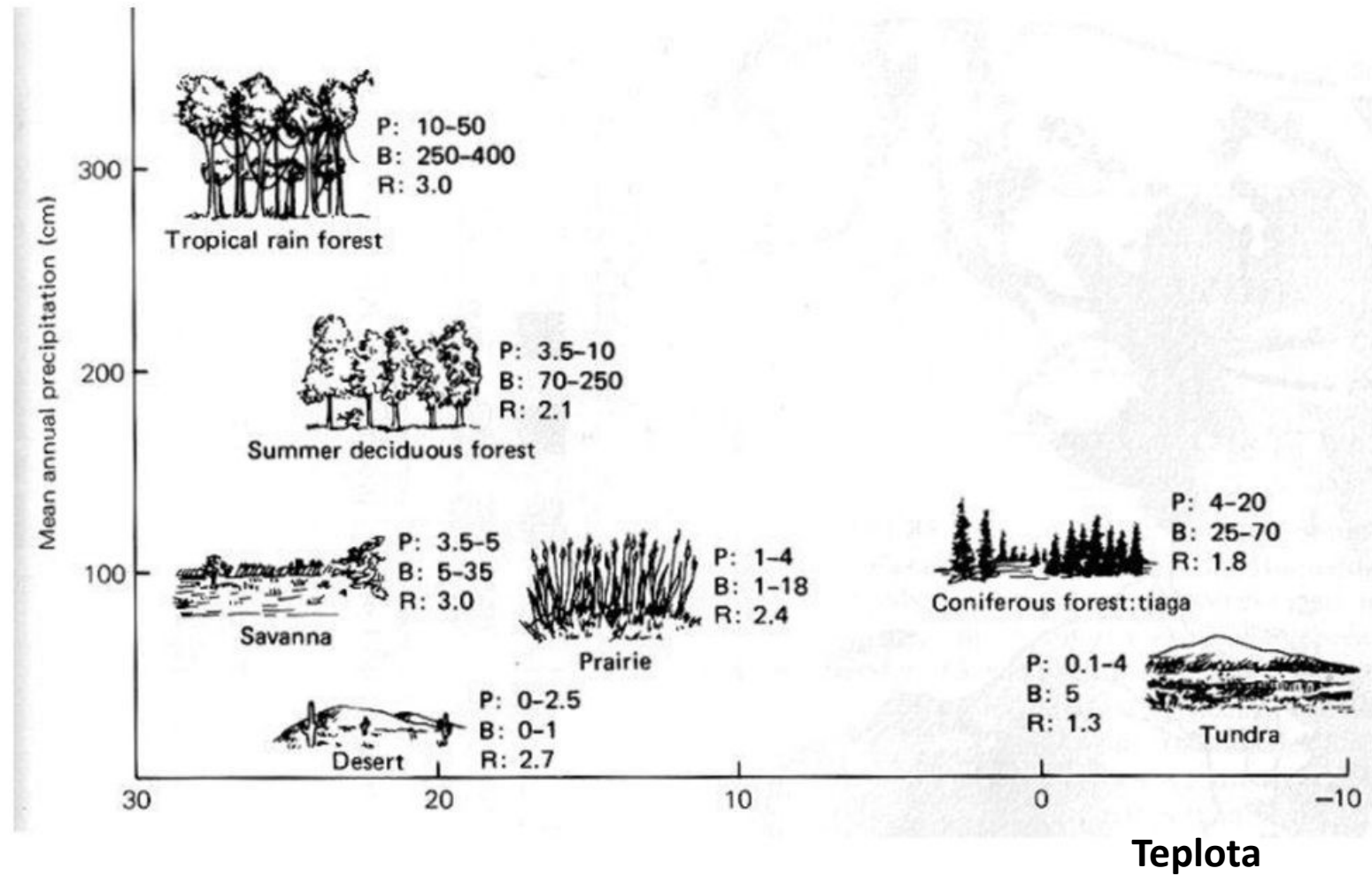


Srovnání ekologického charakteru světových biomů



Srovnání produkce (P), biomasy (B) a respirace (R) světových biotů

Průměrné
roční srážky



Přehled čisté primární produkce a biomasy světových biotů

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

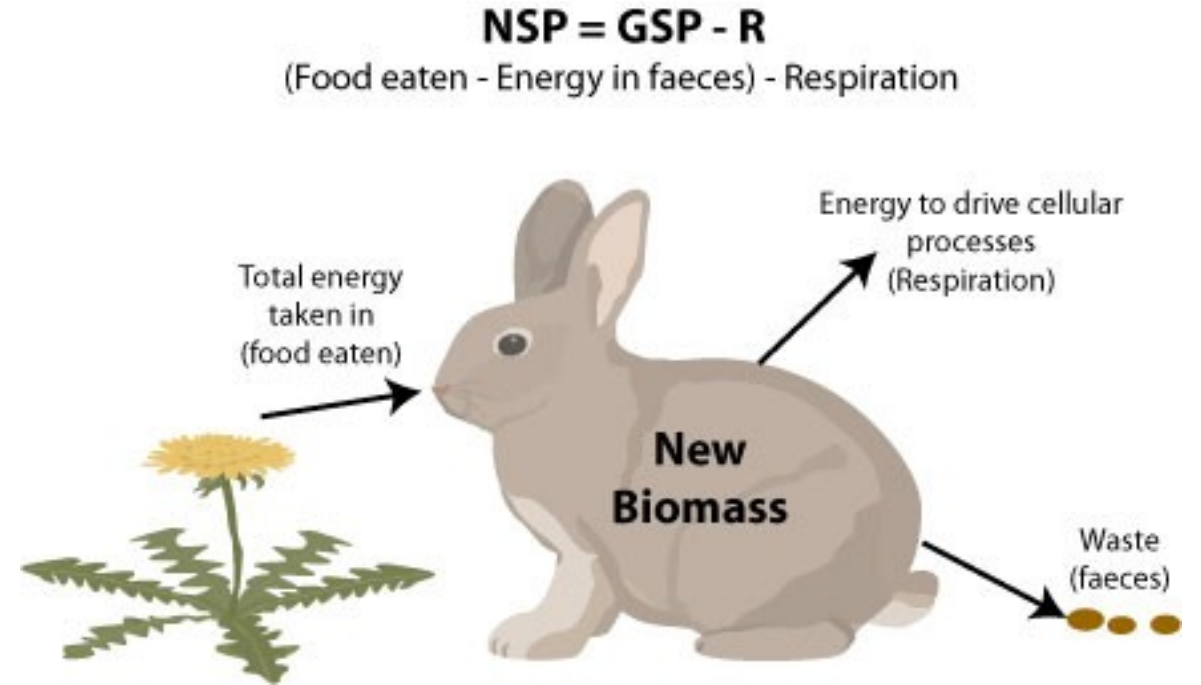
Sekundární produktivita

Je rychlost produkce biomasy **heterotrofními organismy** (konzumenti, rozkladači).

Čistá sekundární produkce

$P_N = \text{konzumace} - \text{exkrementy} - \text{respirace}$

Sekundární produktivita závisí na primární a je vždy o jeden řád menší než primární (5000 kJ – 500 kJ – 50 kJ).



Osud energie ve společenstvech

- **Mezi primární a sekundární produktivitou je obecně pozitivní vztah**
- Většina primární produktivity neprojde pastevním systémem
 - o Býložravci nezkonzumují všechnu biomasu rostlin
 - o Ne všechna zkonsumovaná biomasa se asimiluje a včlení do biomasy konzumentů (výkaly)
 - o Ne všechny asimilovaná energie se přemění v biomasu (respirační teplo)

Jiné dva typy produkce ekosystému

Všechna biotická společenstva závisí na zdrojích energie !

U většiny terestrických společenstev je tímto zdrojem fotosyntéza.

Autochtonní produkce = organická hmota a energie se generuje v prostoru osídleném daným společenstvem.

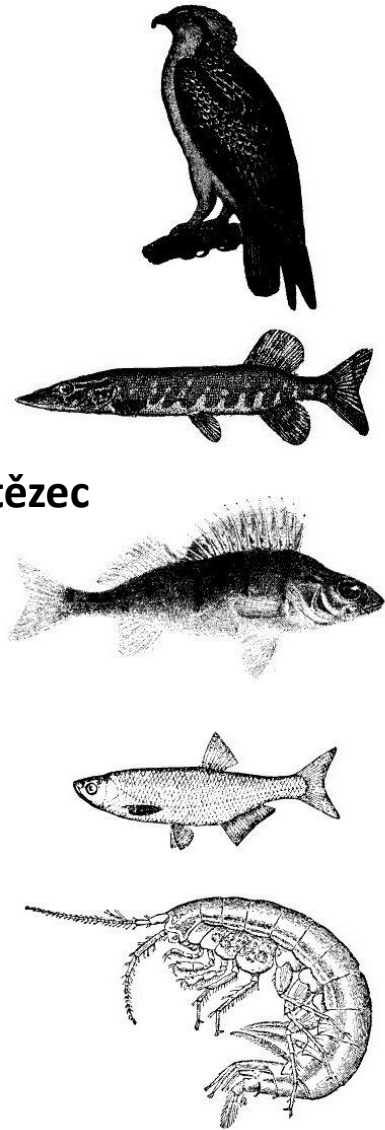
Allochtonní produkce = organická hmota a energie přichází do daného systému zvenku (např. vodní ES, přenos větrem)

Význam těchto dvou typů zdrojů závisí na velikosti společenstev.

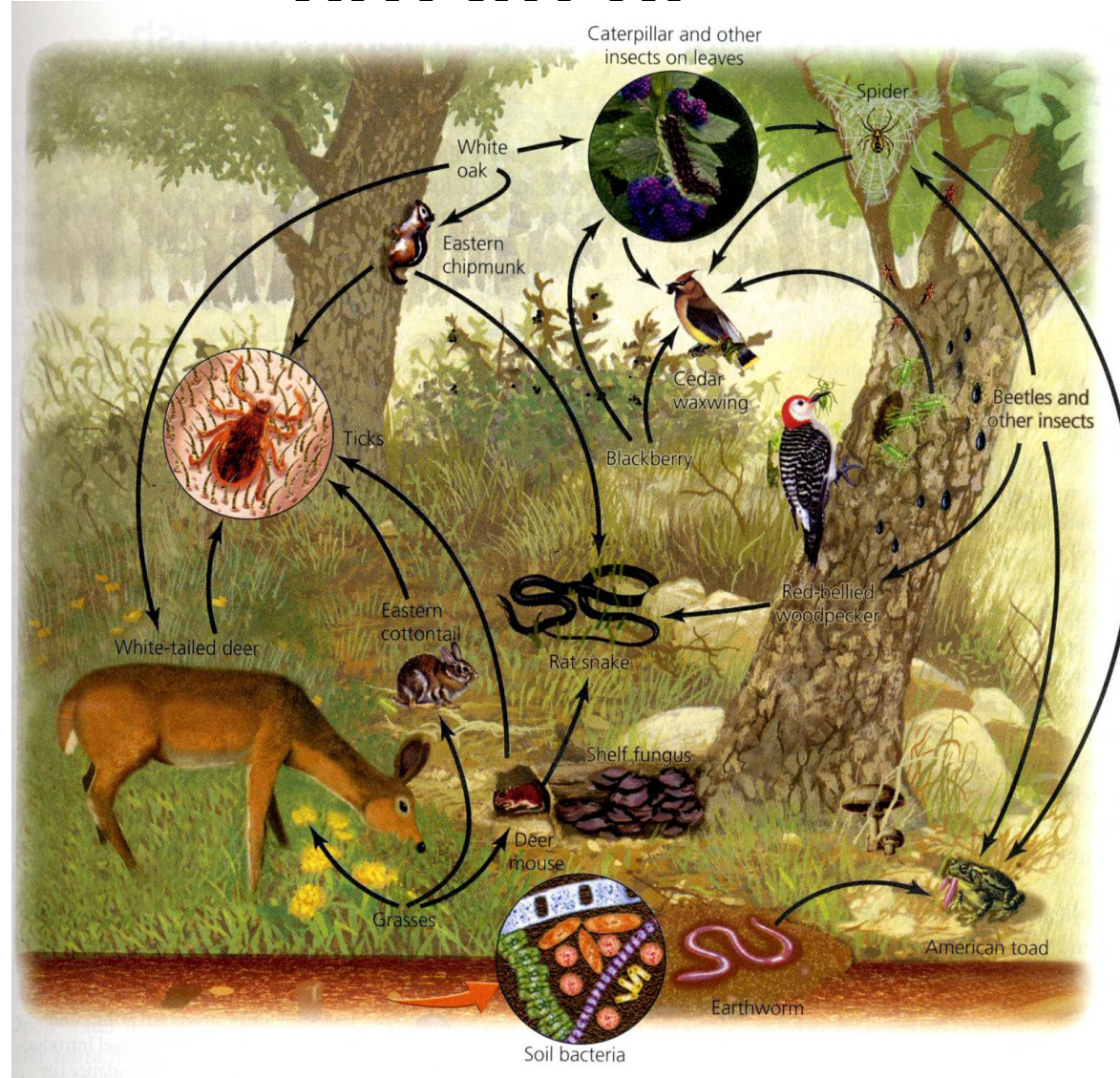
Příklady: malá vodní tělesa, oceány, brakické vody, šelf

Potravní řetězce/sítě vyjadřují složitost potravních vztahů v prostředí

Potravní řetězec



Potravní síť



Typy ekosystémů

1. PŘIROZENÝ (PŘÍRODNÍ) EKOSYSTÉM

Vliv člověka málo patrný

Chráněná území, horské lesy, bažiny,...

Má ustálené složení rostlin a živočichů

Bývá závislý na množství sluneční energie.

Druhově rozmanitý

Dnes jsou velice vzácné a i tak jsou poznamenány člověkem např. znečištěným ovzduším.

2. UMĚLÝ EKOSYSTÉM

Jeho složení je udržováno člověkem
(pole, zahrada, les, přehrada,...)

Je nutno vkládat dodatečnou energii
(práce člověka, strojů, hnojení,..)

Je zde větší produkce biomasy

S dodatečnou energií se to nesmí přehánět – nadměrné množství hnojiv, postřiků, těžká mechanizace vedou ke znehodnocení půdy.

Potravní (trofické) sítě

Jednou ze základních charakteristik ekosystému je různý počet rozmanitých druhů v kterémkoliv trofickém stupni.

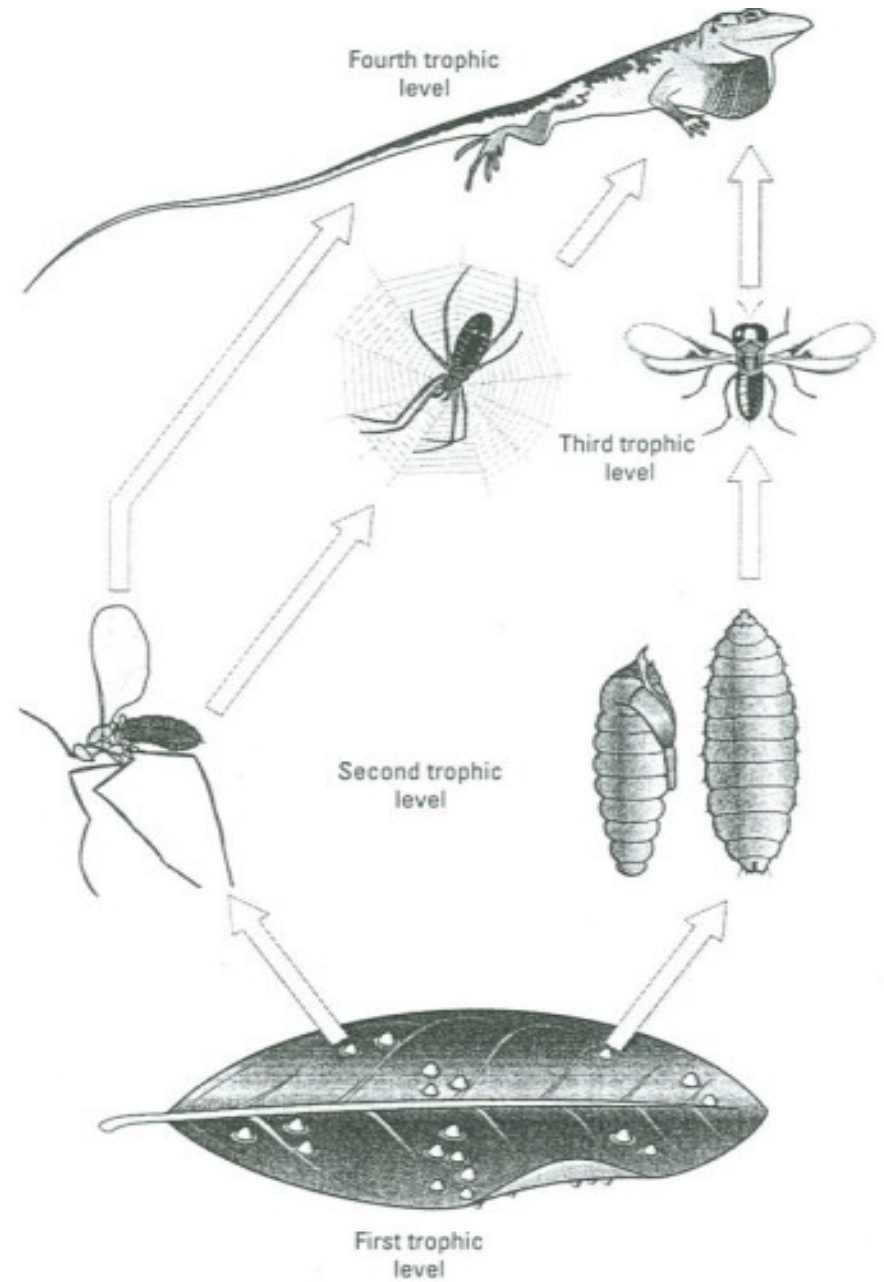
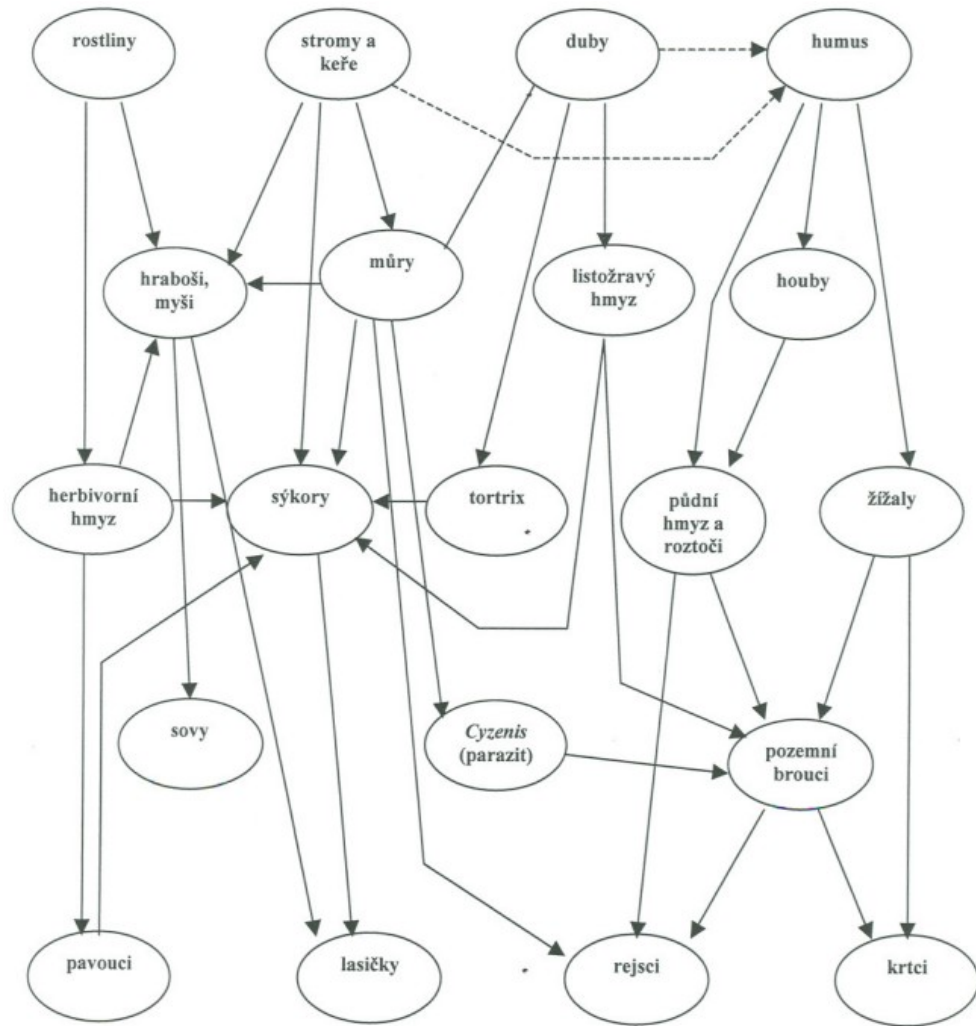
Obecně lze říci, že každý trofický stupeň je obsazen mnoha různými druhy, avšak jen některé z nich na každém stupni dominují.

Vzniká tak široký komplex vztahů mezi členy téhož trofického stupně i mezi členy různých trofických stupňů. Výsledkem těchto vztahů je potravní řetězec:

fytoplankton \Rightarrow copepoda \Rightarrow ryba \Rightarrow tuleň

Šipky ukazují směr, ve kterém v řetězci postupuje potrava. V daném ekosystému však existuje mnoho potravních řetězců mezi konkrétními druhy, které se mohou vzájemně kombinovat. Výsledkem je vznik potravních sítí (viz. obr.)

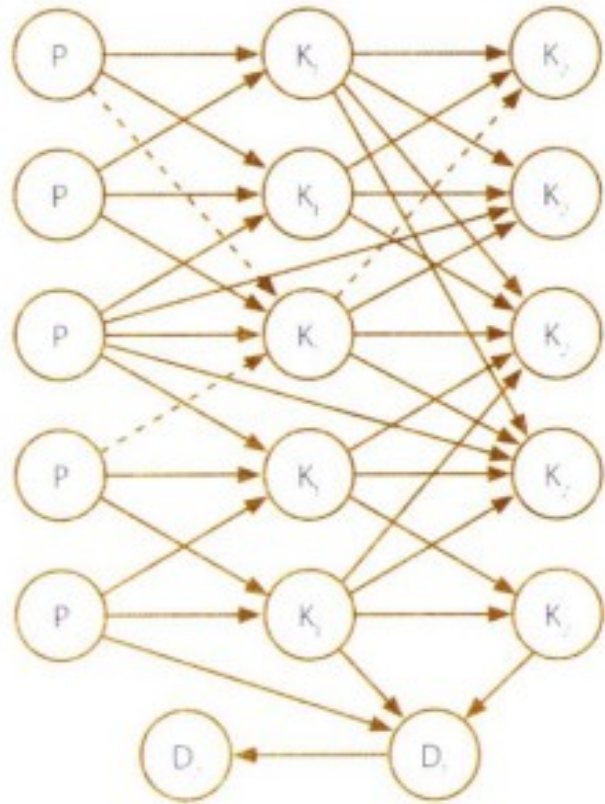
Schéma potravní sítě



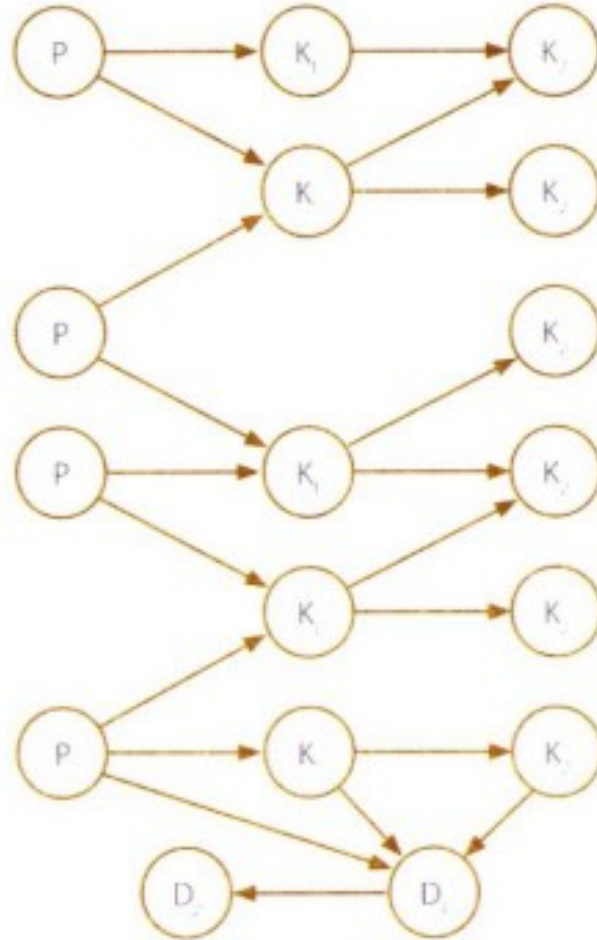
Potravní (trofická) síť

- Vzniká propojením potravních řetězců
- Čím jsou potravní sítě v ekosystému složitější, bohatší a rozmanitější, tím je daný ekosystém stabilnější (souvisí i s počtem druhů v ekosystému)
- Důležitou roli hrají zpětné vazby
- Délka potravních řetězců odráží celkovou bilanci živin v ekosystému
- Čím méně živin, tím delší řetězec (a pomalejší obrat a minimální ztráty živin)
- Krátké řetězce pracují rychle, ale s velkými ztrátami hmoty
- Málo druhů = jednoduché řetězce = velký využitelný přebytek (podstata zemědělských monokultur)

Stav potravní sítě

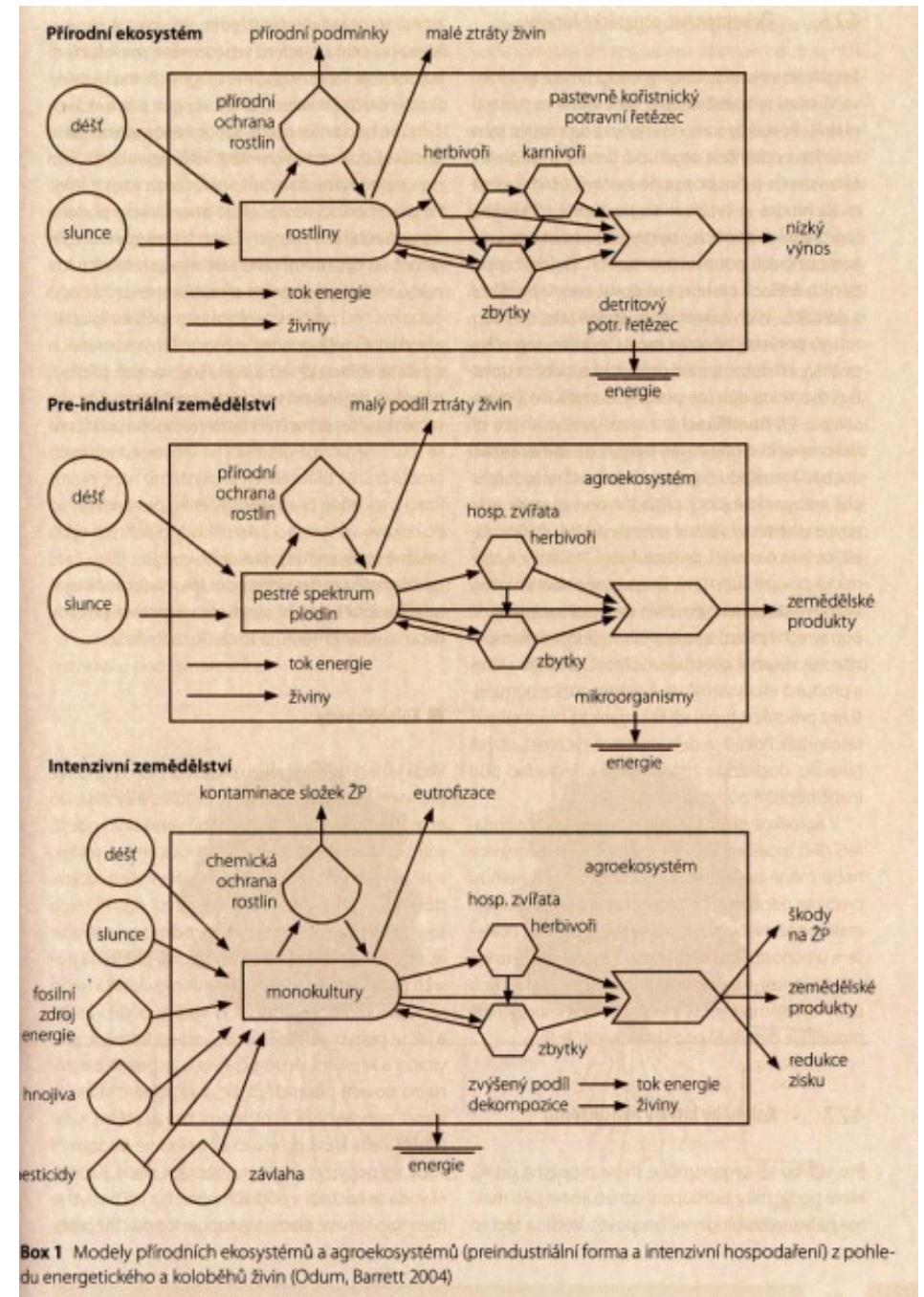


Nenarušený ekosystém (složitá síť)



Narušený ekosystém (jednoduchá síť)

Modely přírodního ekosystému a agroekosystému z hlediska energetického a koloběhů živin (Odum a Barrett, 2004)



Box 1 Modely přírodních ekosystémů a agroekosystémů (preindustriální forma a intenzivní hospodaření) z pohledu energetického a koloběhů živin (Odum, Barrett 2004)

Potravní řetězec



Potravní řetězec = série organismů spojených potravními vztahy. Každý článek řetězce se živí, získává energii, z předchozího stupně a poskytuje potravu a energii článku následujícímu.

Počet článků řetězce je omezen: (např.: primární producent – herbivor – primární karnivor – sekundární karnivor)

Na kterékoliv úrovni potravního řetězce lze rozlišit tři cesty k dalšímu trofickému stupni: dekompozice, parazitismus a predace.

Dekompozice = rozkladný řetězec = těla organismů a jejich části hynou a stávají se zdrojem potravy a energie pro tzv. rozkladače (dekompozitory) - bakterie, houby a detritofágní živočichové

Parazitismus = těla živých organismů jsou využívána jako zdroj během svého života. Parazit je konzument žijící v těsném spojení se svým hostitelem, jehož tkáněmi se živí (např. mšice, tasemnice).

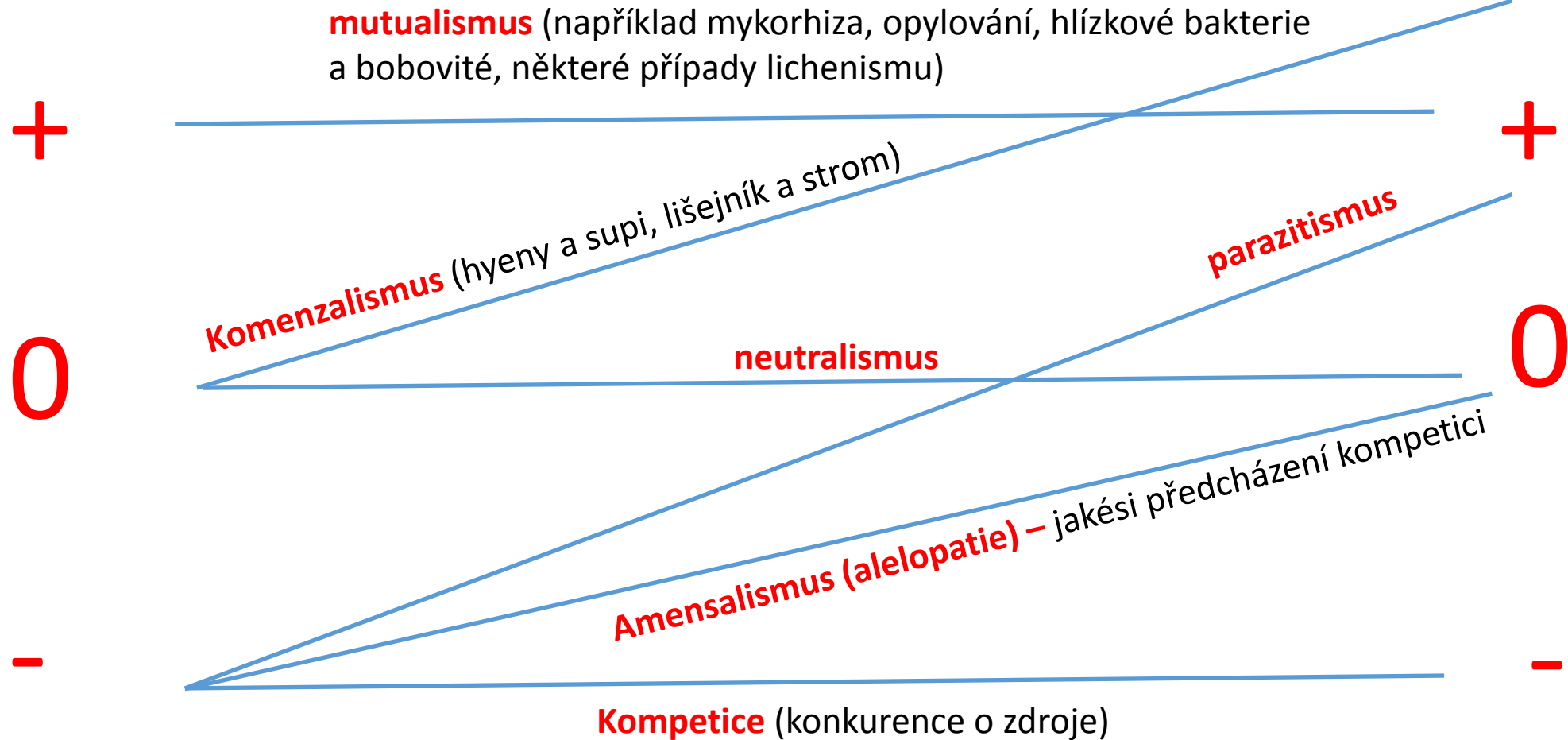
Predace = organismus sloužící jako potravu je usmrcen a poté vcelku nebo po částech pozřen predátorem (konzumentem).

Konzumenti mohou být: (1) **generalisti (polyfágové)** = živí se velmi rozmanitou potravou, čili je to strategie využívající velkou část dostupných zdrojů a (2) **specialisti (monofágové)** = živí se velmi úzce specializovanou potravou, čili je to strategie využívající jen velmi malou část dostupných zdrojů.

Základní symbiotické interakce mezi organismy v ekosystému (v rámci jedné trofické skupiny)

druh A

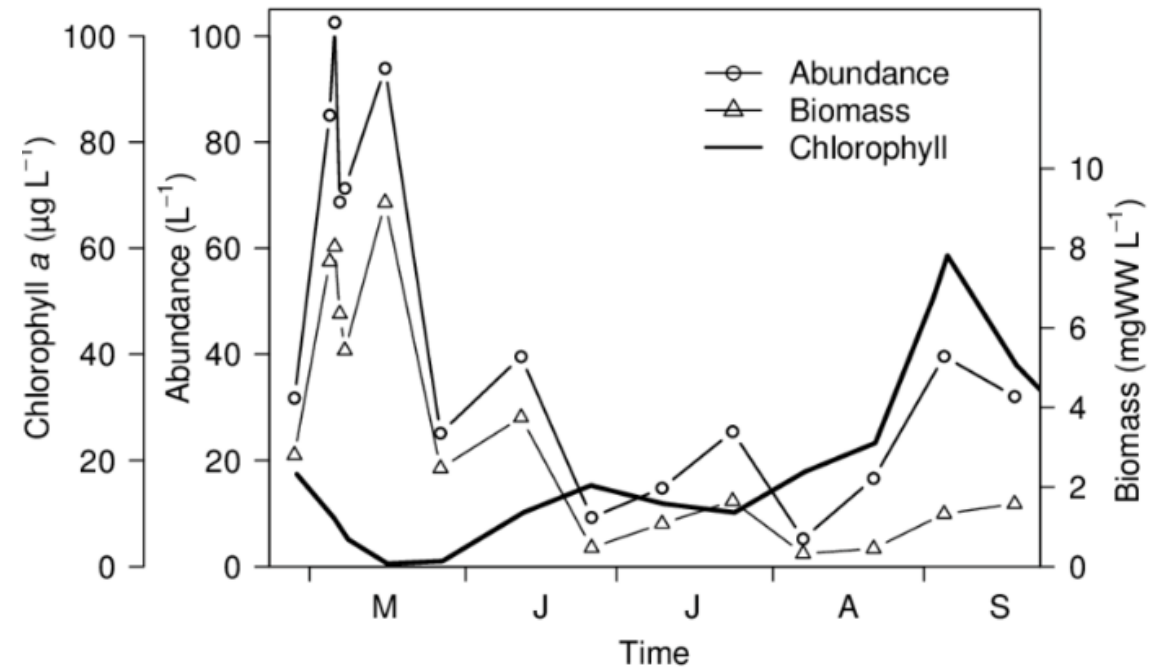
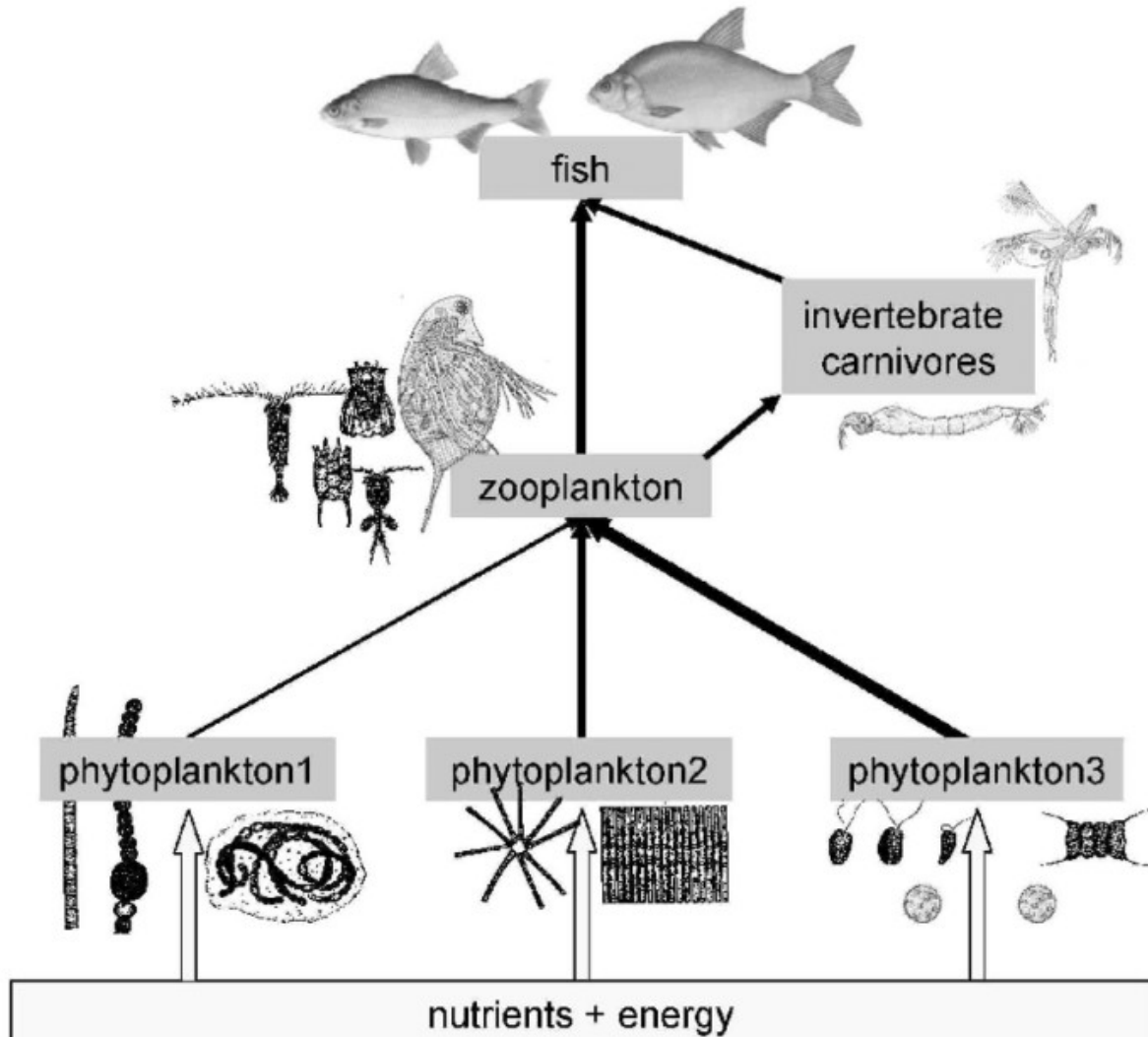
druh B



Potravní řetězec - suchozemský



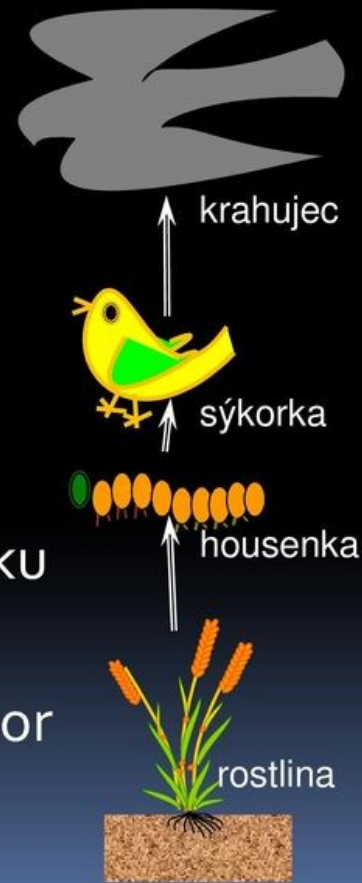
Potravní řetězec jezer a přehrad (akvatický)



Potravní řetězec pastevně kořistnický

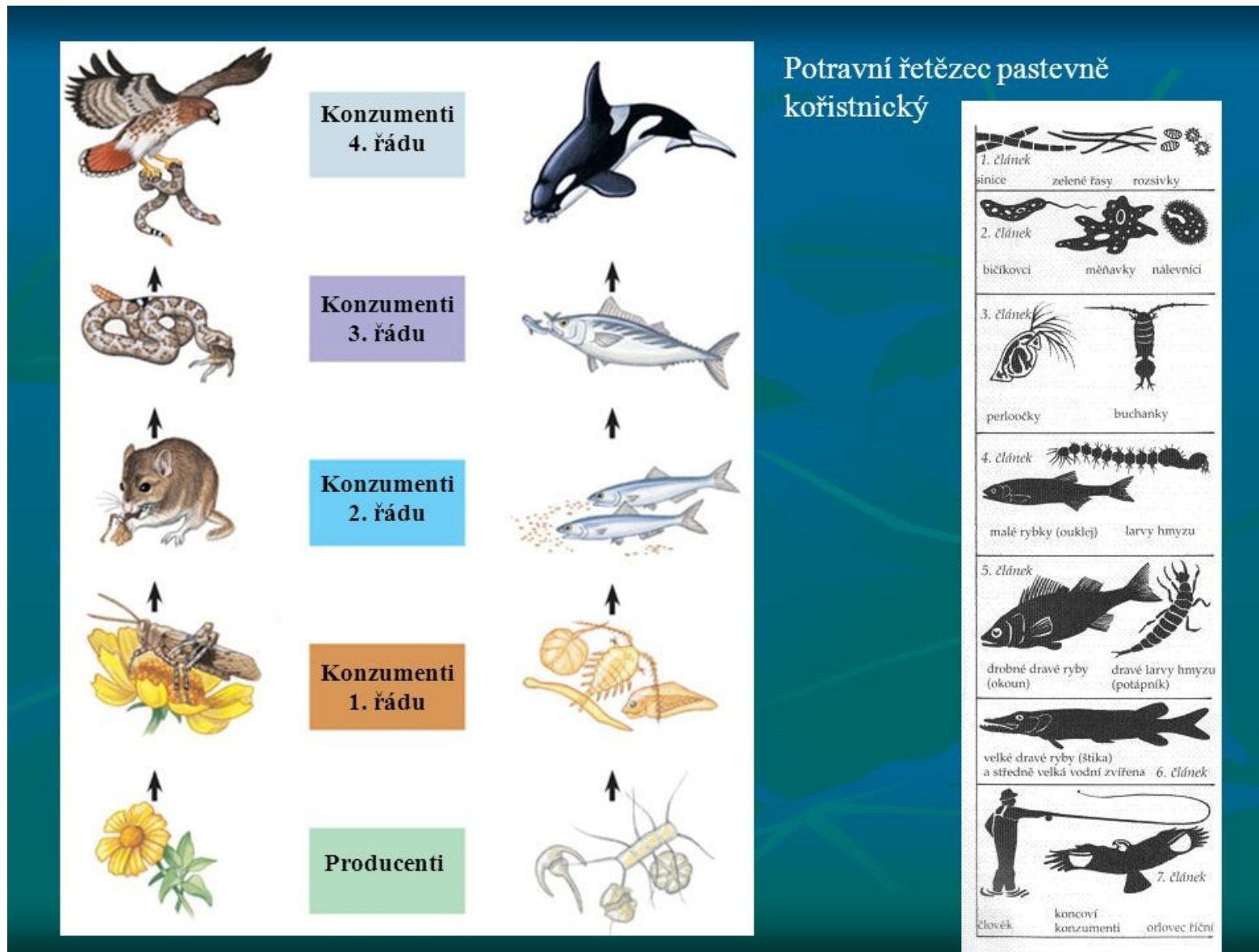
Lovecko – pastevecký řetězec

- Nejobvyklejší příklad potravního řetězce
- První článek: producent – zelené rostliny
- Další články: predátoři – konzumenti v každém dalším kroku vyššího řádu
- Poslední článek: vrcholový predátor
- Délka řetězců - rozličná



Potravní řetězec pastevně kořistnický

Terestrický

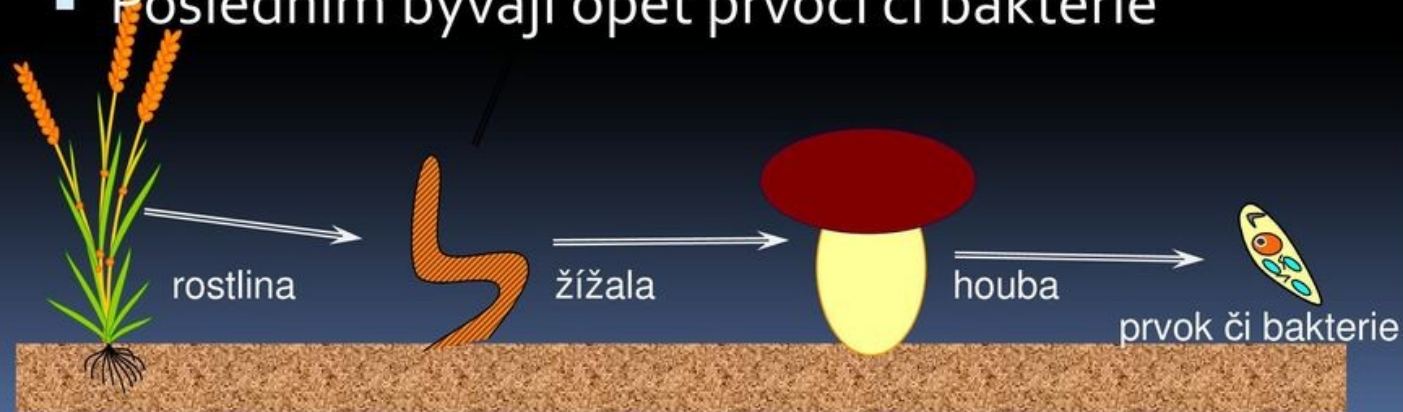


Akvatický

Dekompozitní (rozkladačský) potravní řetězec

Rozkladačský potravní řetězec

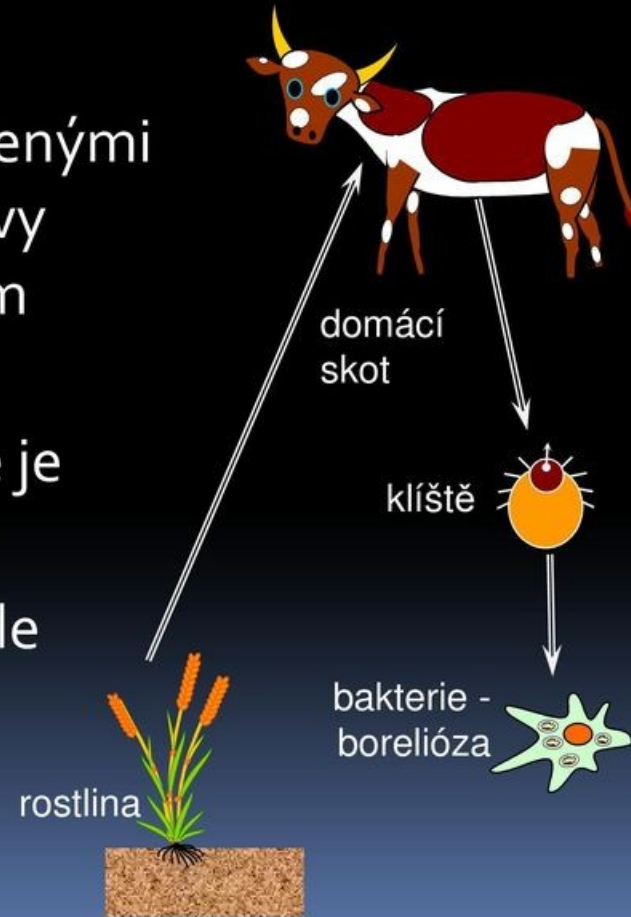
- Řetězec opět začíná zelenými rostlinami
- Každý další článek řetězce je rozkladačem – destruentem – zbytků metabolismu či odumřelých těl předchozího článku
- Posledním bývají opět prvoci či bakterie



Parazitní potravní řetězec

Parazitní potravní řetězec

- Řetězec opět začíná zelenými rostlinami (zda jsou krávy parazitem či predátorem lučních bylin je otázka)
- Každý další člen řetězce je parazitem předchozího
- Posledním bývají obvykle prvoci či bakterie



Srovnání dvou potravních řetězců

Detritový potravní řetězec

- Potravní řetězec je vázán na mrtvou biomasu - ta je **zdrojem energie pro rozkladače** (dekompozitory, mikrokonzumenty)
- Produkt počátečního rozkladu (a zároveň materiál dalšího) rozkladu se nazývá **detritus** (detrit)
 - mrtvá biomasa primárních producentů, exkrementy a mrtvá těla konzumentů z pastevně-kořistnického řetězce
 - tímto detritový potravní řetězec navazuje na všechny trofické úrovně řetěze pastevně-kořistnického.
- Postupná **metabolická degradace organických látek** na jednoduché anorganické sloučeniny
- Část rozkládající se organické hmoty zůstává většinou určitou dobu **v půdě ve formě humusu** (= organické půdní hmoty)
- Půdní bakterie, aktinomycety a houby
 - edafon (= společenstvo půdních organismů)
 - saprofágové (žíví se látkami částečně rozložené biomasy)
- Existují i predační vztahy mezi jednotlivými složkami **edafonu**
- **Je zásadní pro koloběh uhlíku a dalších biogenních prvků krátký koloběh uhlíku** (X v)
 - pastevně kořistnickém řetězci dlouhý)
 - rychlejší znovuzapojení uhlíku do biomasy primárních producentů pomocí mykorrhizních hub

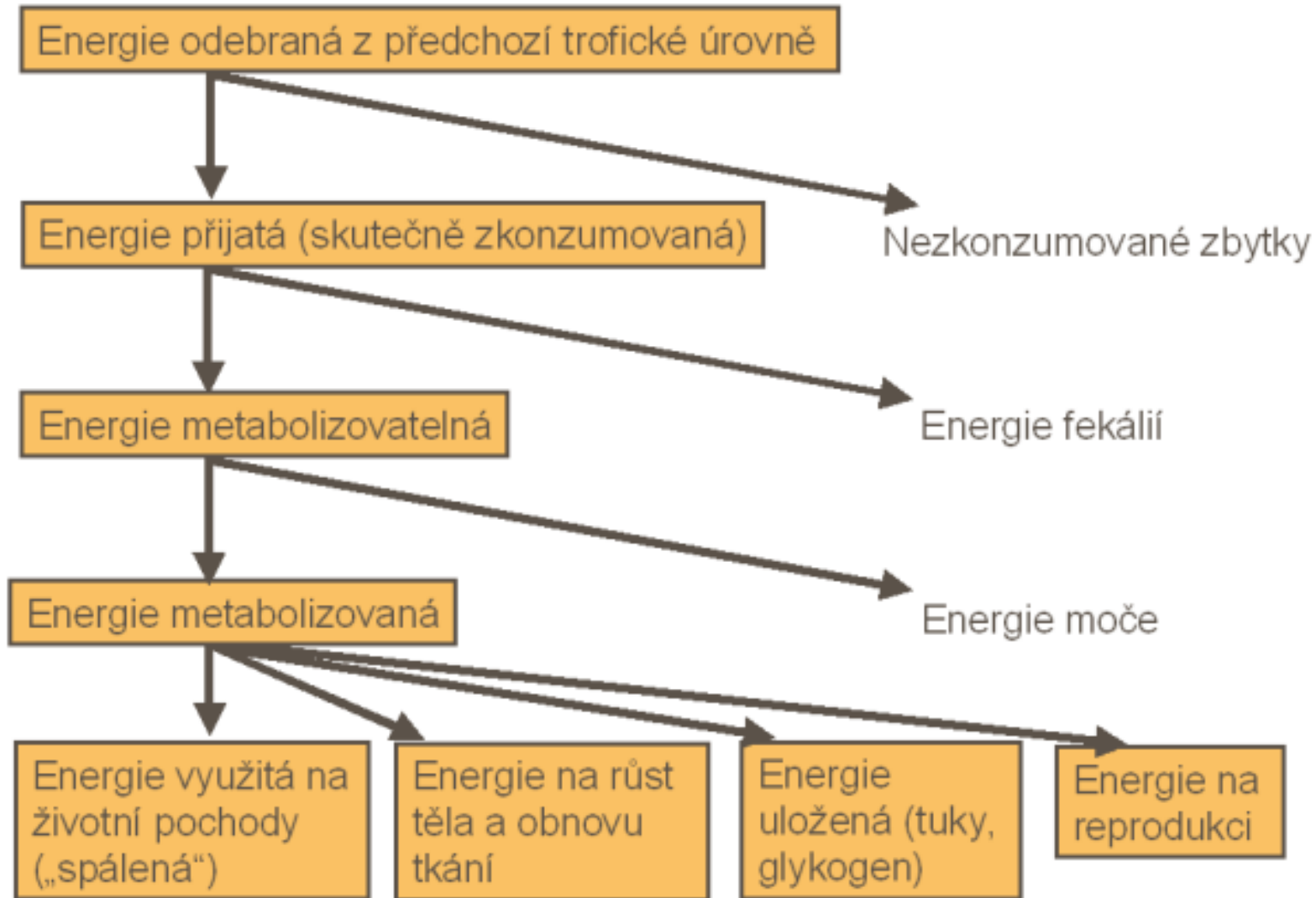
Pastevně kořistnický potravní řetězec

- Začíná živou biomasou primárních producentů -konzumenti (býložravci = herbivoři - masožravci = karnivoři)
 - Příklad pastevně kořistnického potravního řetězce ve vodním ekosystému
 - Příklady potravních řetězců v terestrickém ekosystém

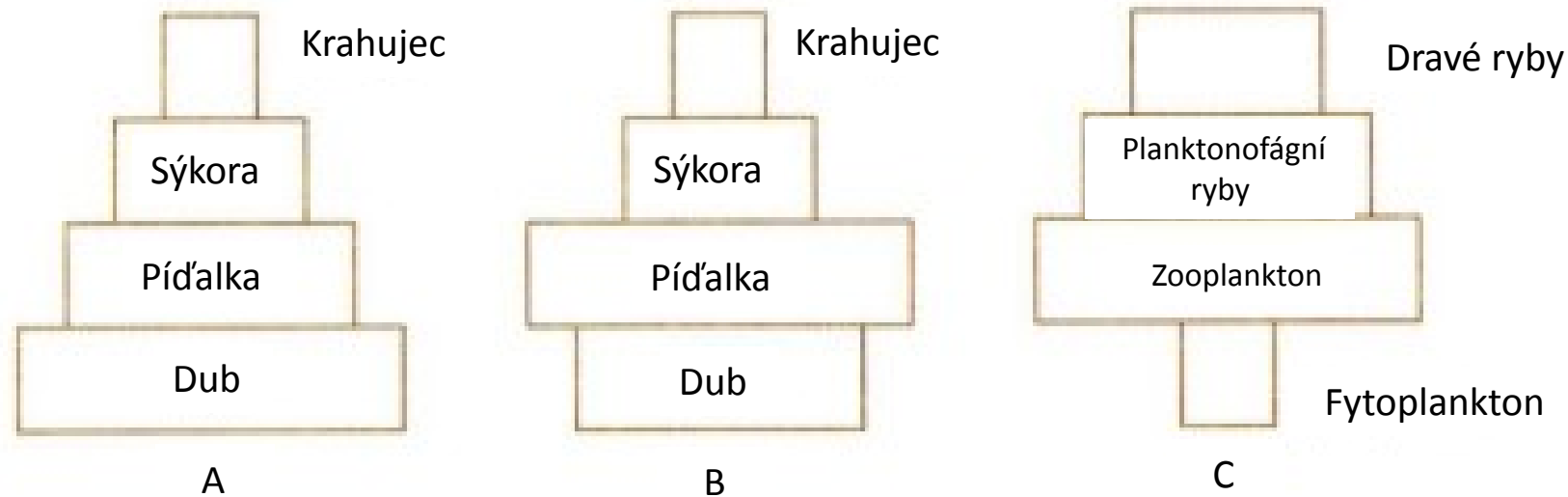
Osud energie v potravním řetězci

- **Na sebe navazující úrovně konzumentů**, kteří se živí předchozími články potravního řetězce a sami slouží za potravu článkům následujícím, se nazývají **trofické úrovně**
- **Z každé trofické úrovně odchází část biomasy do detritového potravního řetězce** (zbytky kořisti, exkrementy)
- **Podíl strávené (asimilované) potravy** z přijaté potravy se nazývá **asimilační účinnost**
 - Jednotky podílu energie
 - **Primární producent - herbivor** - 0,45 – 0,90 (tj. 45 – 90% z energie v potravě)
 - **Mezi karnivorními trofickými úrovněmi** - 70 – 98%
- Poměr produkce biomasy v následující trofické úrovni k biomase předchozí trofické úrovně se nazývá **produkční účinnost**
 - Podstatně menší, většinu tvoří metabolická spotřeba
 - **Roste od autotrofů** (uloží do **svých těl 0,1% přijaté sluneční energie**) přes herbivory (několik málo % energie obsažené v potravě) až **po karnivory (10 – 20% účinnost)**

Osud přijaté energie v organismu konzumenta

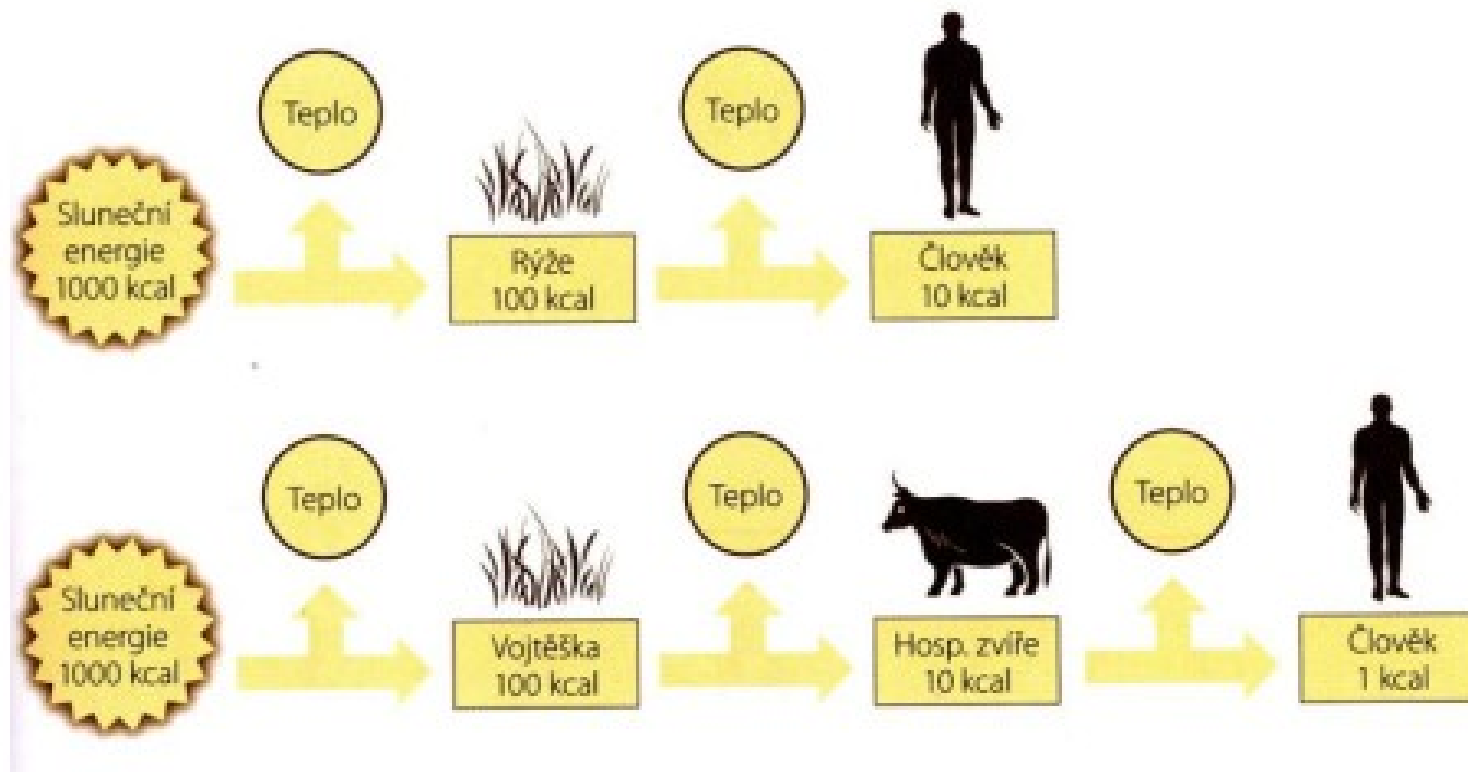


S trofickou úrovní klesá biomasa i produkce □ potravní (trofická) pyramida



Ekologické potravní pyramidy A a B – znázorňují tentýž potravní řetězec vyjádřený jednou v hodnotách biomasy (A) a podruhé počtenosti (B)
C – pyramida hodnot biomasy potravního řetězce vodního ekosystému

Ztráty energie v trofickém řetězci



Čím delší řetězec, tím větší ztráty !

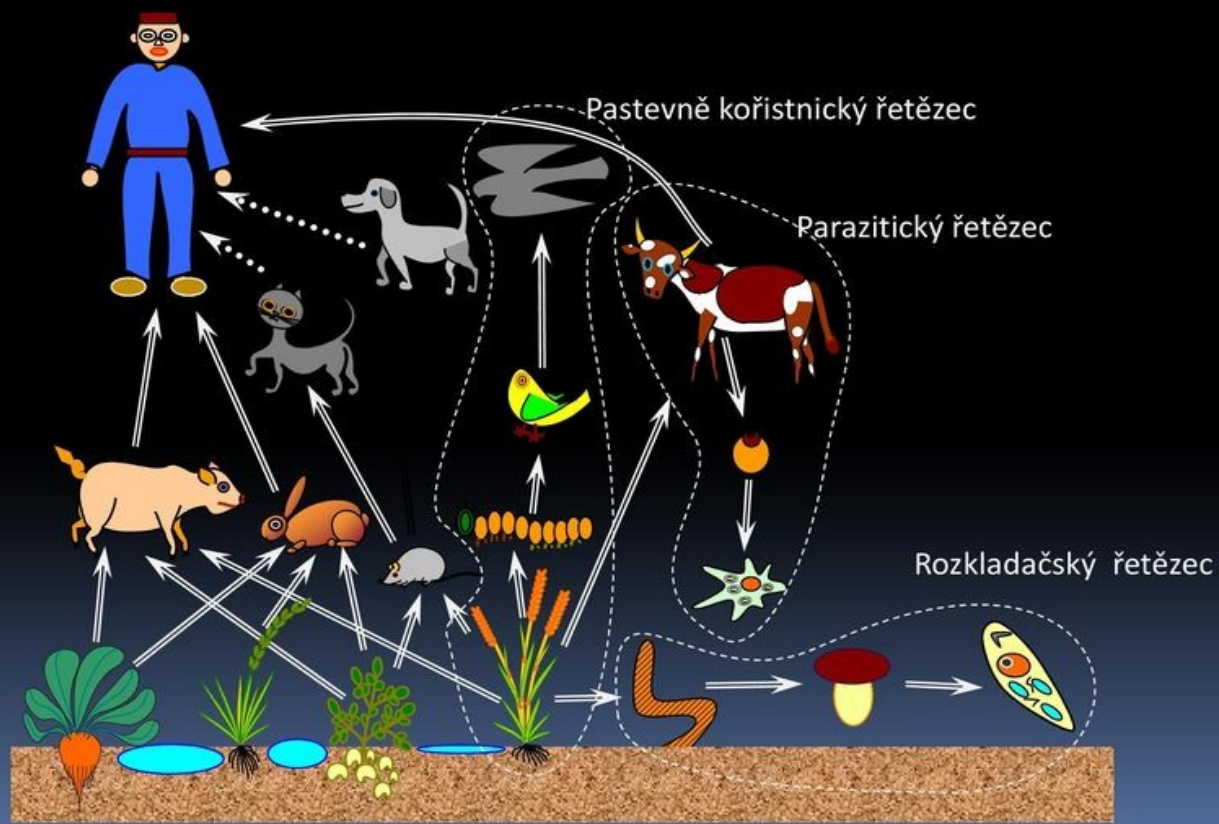
Potravní řetězce a potravní síť

- Koloběh hmoty a tok energie biosférou probíhá přes potravní řetězce, tvořící potravní síť !
- Potravní řetězec je sled trofických (potravních) úrovní, které na sebe navazují
- **Primární producenti**
 - **autotrofní organismy**, přeměňující anorganické látky v organické. **Dokáží chemicky vázat energii do své biomasy**
 - tato **energie udržuje životní procesy** všech organismů v potravním řetězci
 - během průchodu potravním řetězcem **degraduje a přeměňuje se v mechanickou energii a teplo**
- **Konzumenti**
 - heterotrofní organismy navazující na primární producenty; konzumenti I., II., popř. vyššího řádu

Schéma potravní sítě

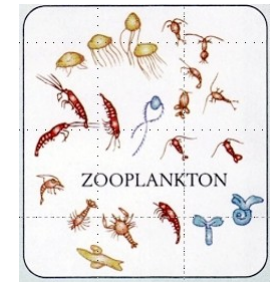
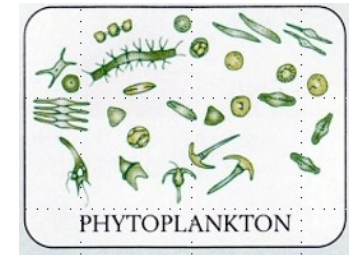
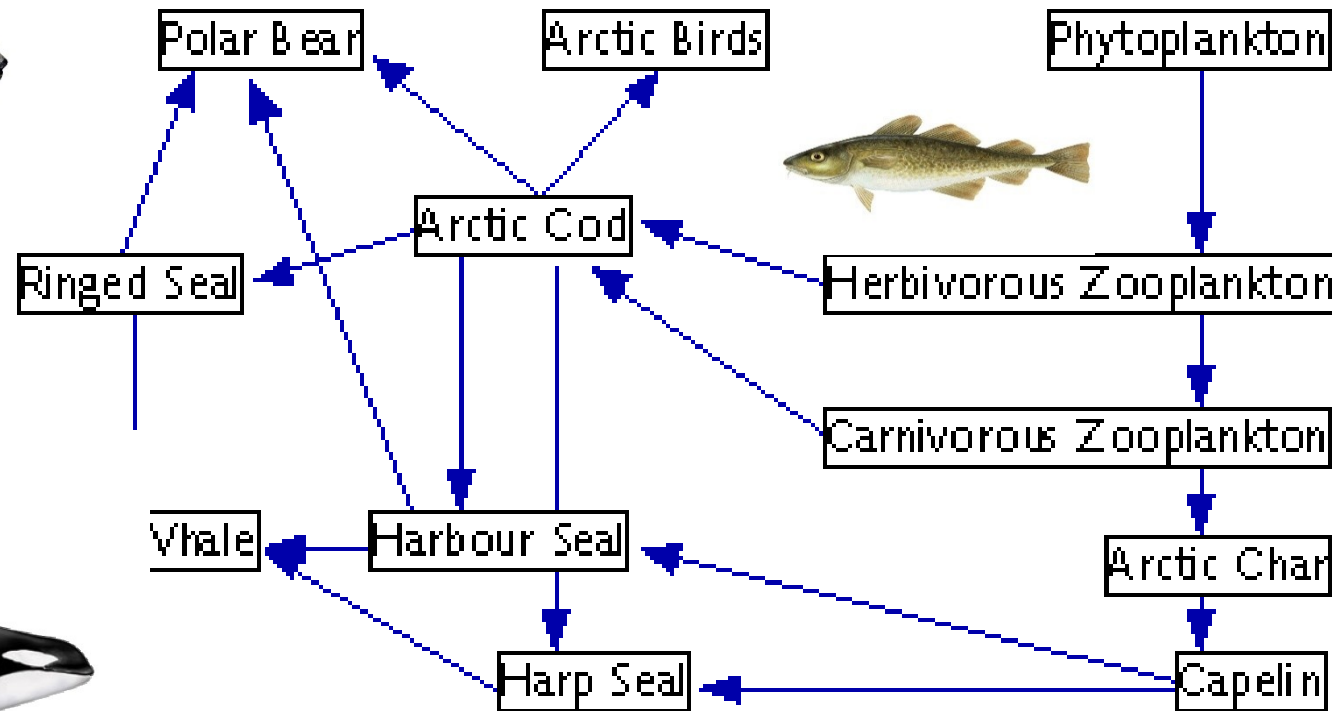
Potravní síť

Skutečné potravní řetězce se spojují do složité sítě vztahů



Co je potravní síť

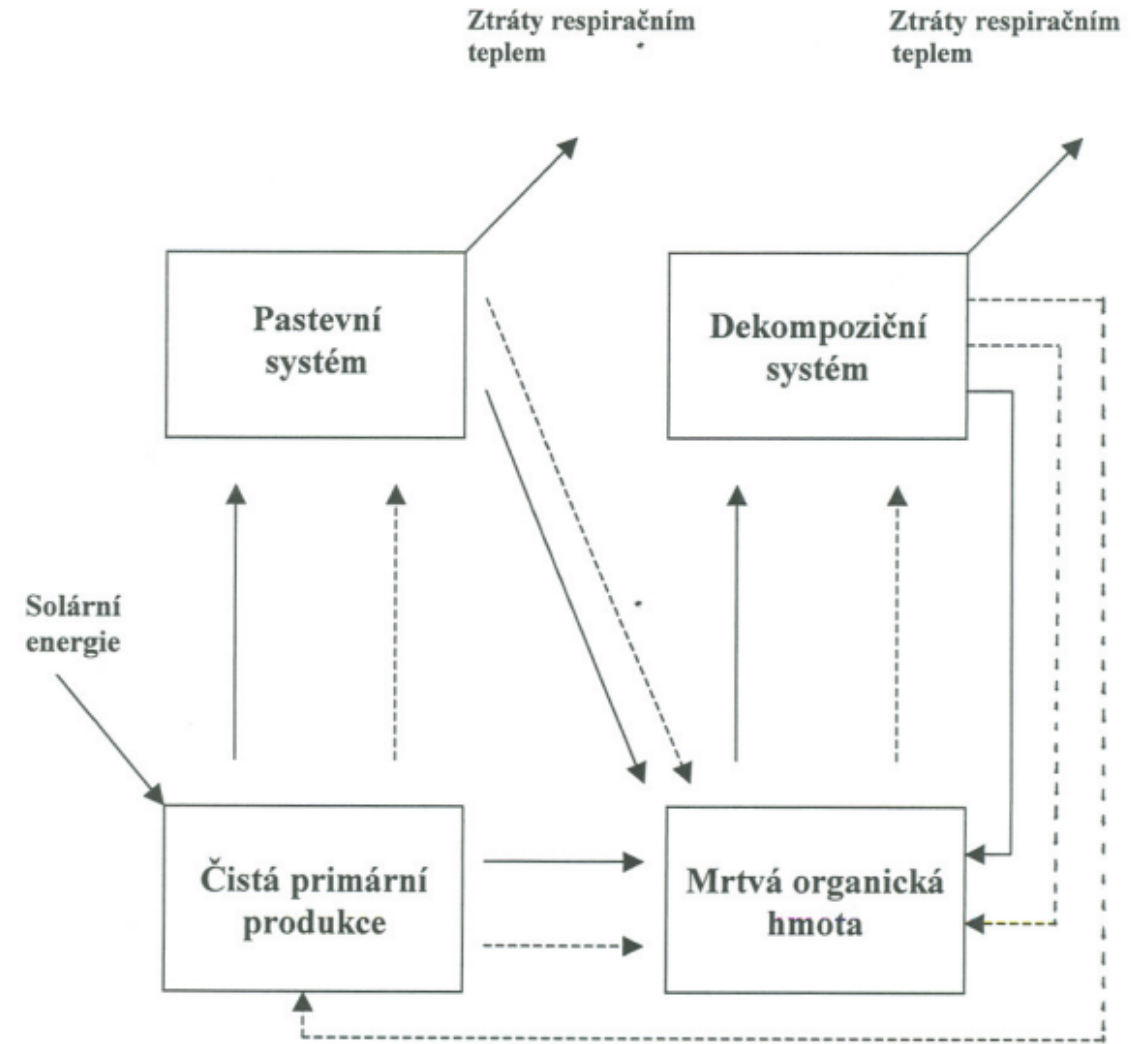
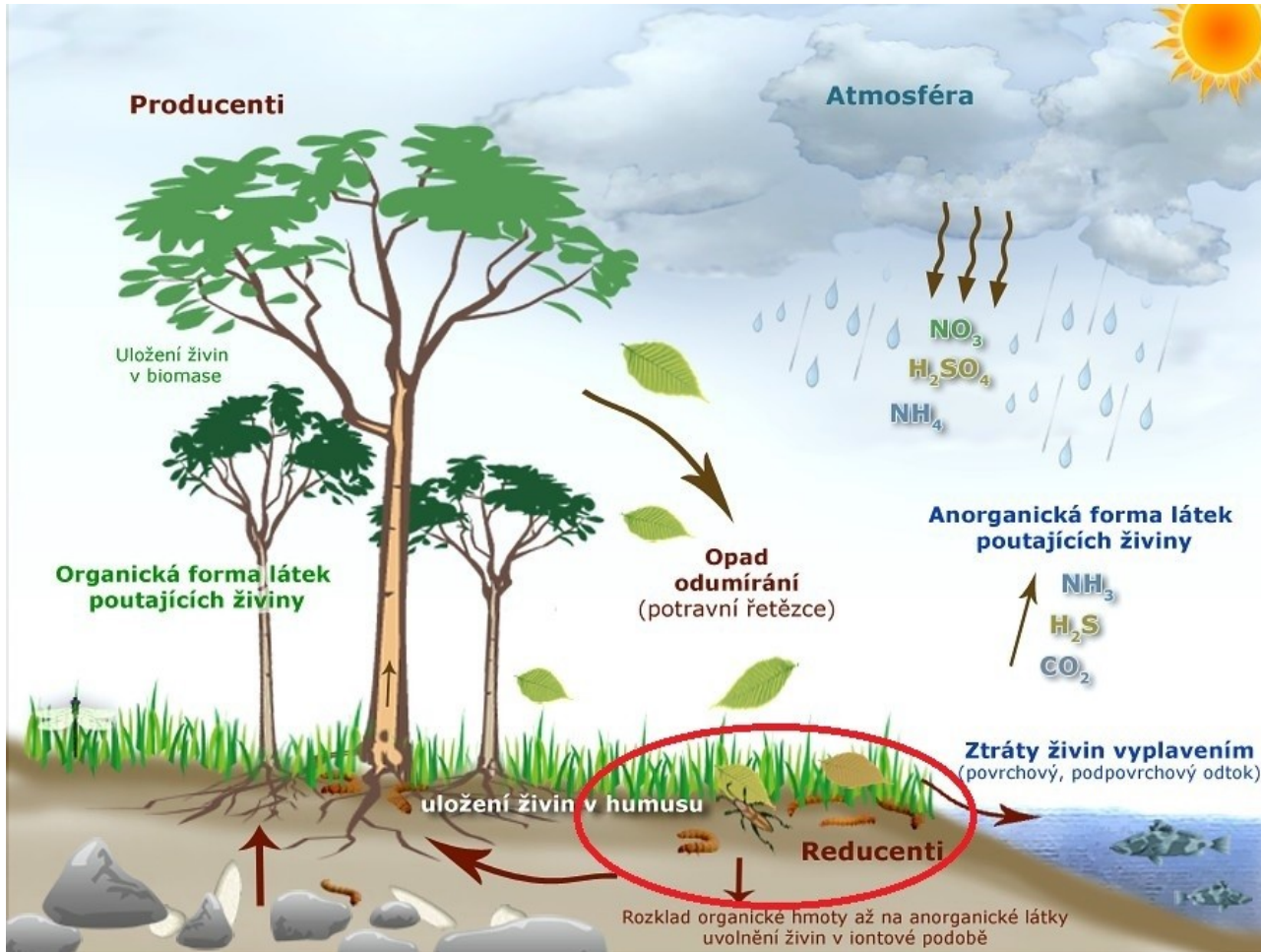
Potravní síť je soubor potravních vztahů mezi jednotlivými druhy v daném ekosystému, tedy **přenos biomasy mezi jednotlivými druhy**. Je **větvená**, zatímco potravní řetězec ne.



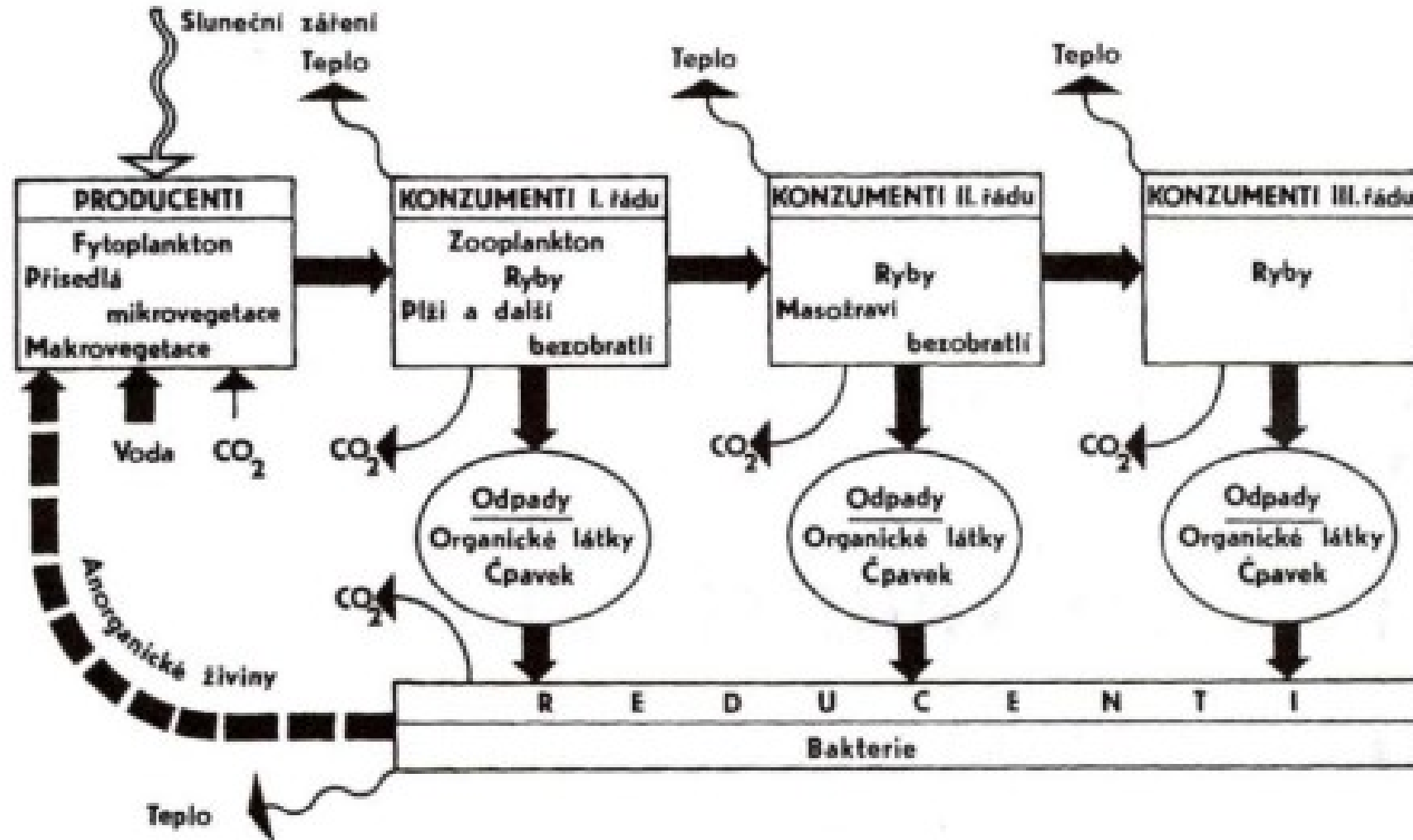
Arktický ekosystém



Vztah mezi tokem energie (----) a cykly živin (- - -)

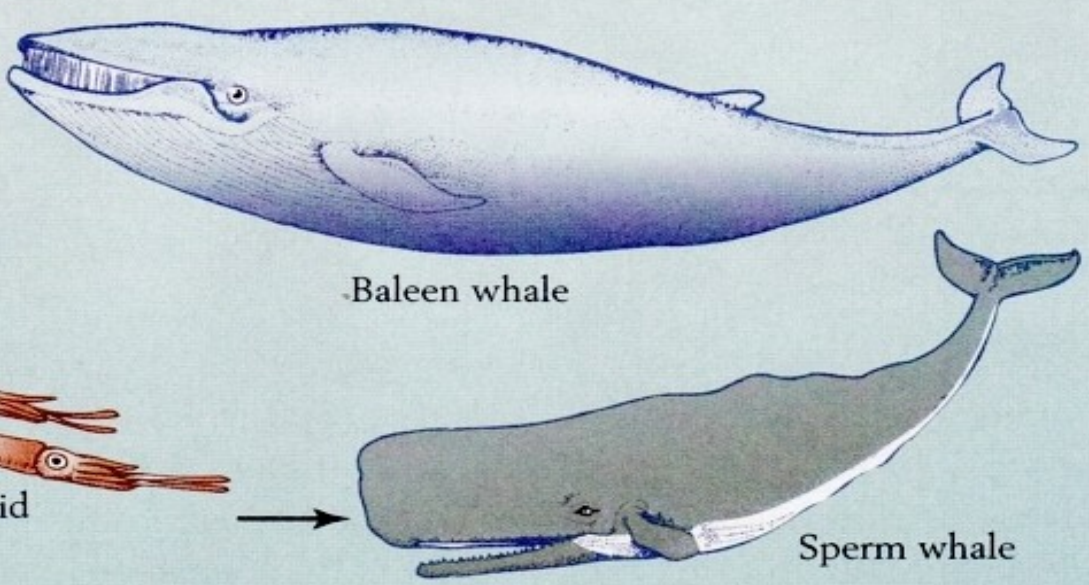
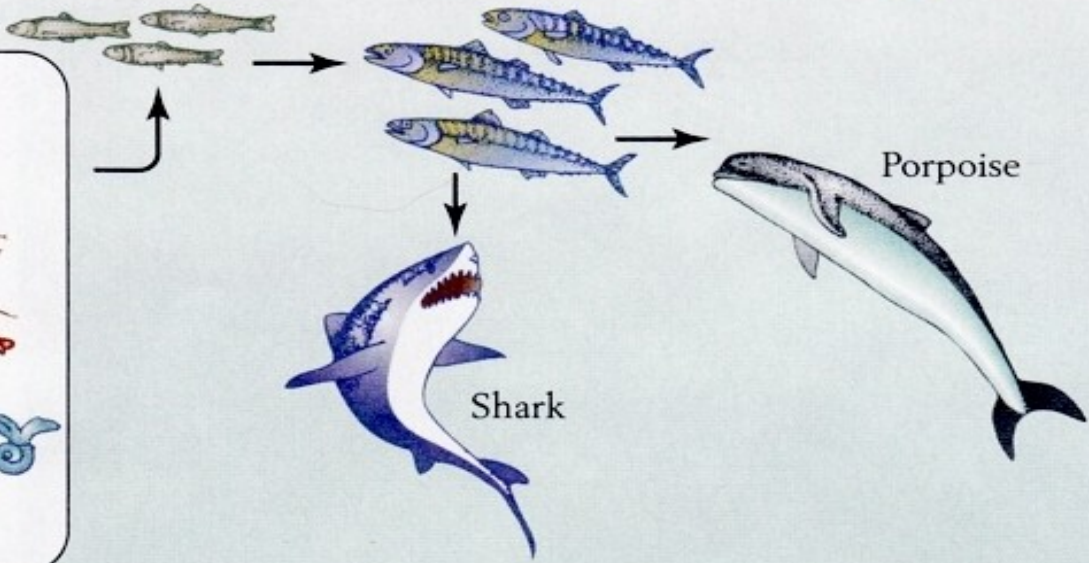
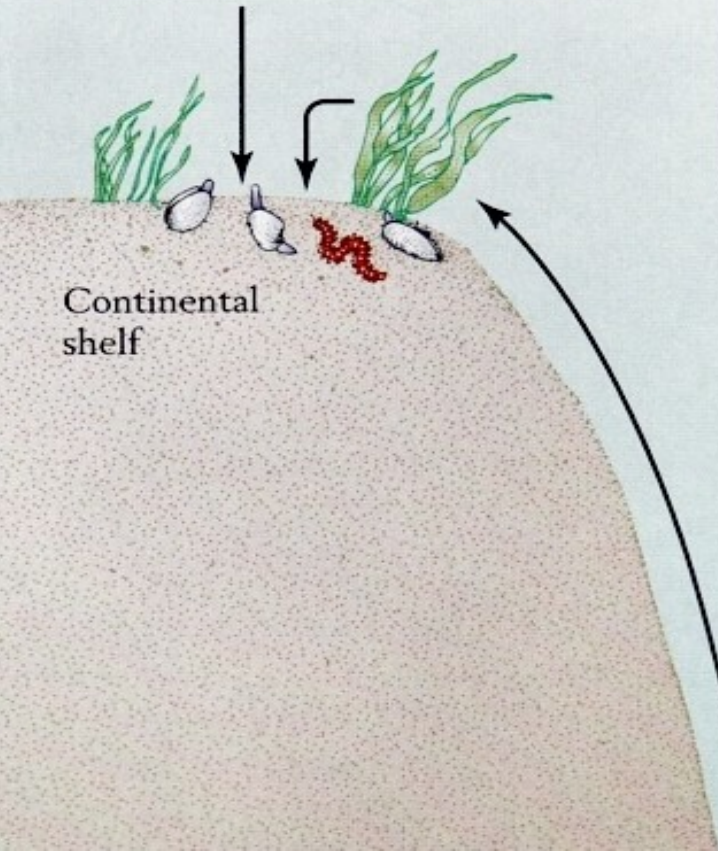
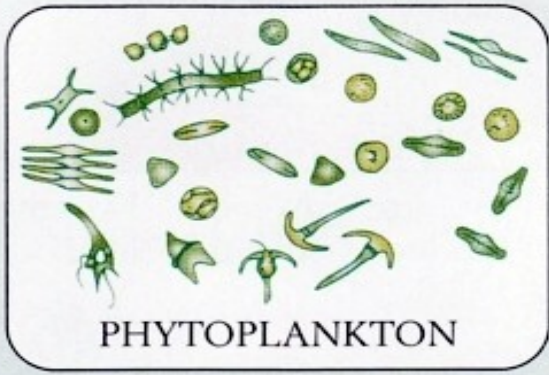


Přesun živin a energie v potravním řetězci ve vodním prostředí





V prostředí moře



Continental shelf

Upwelling

Porpoise

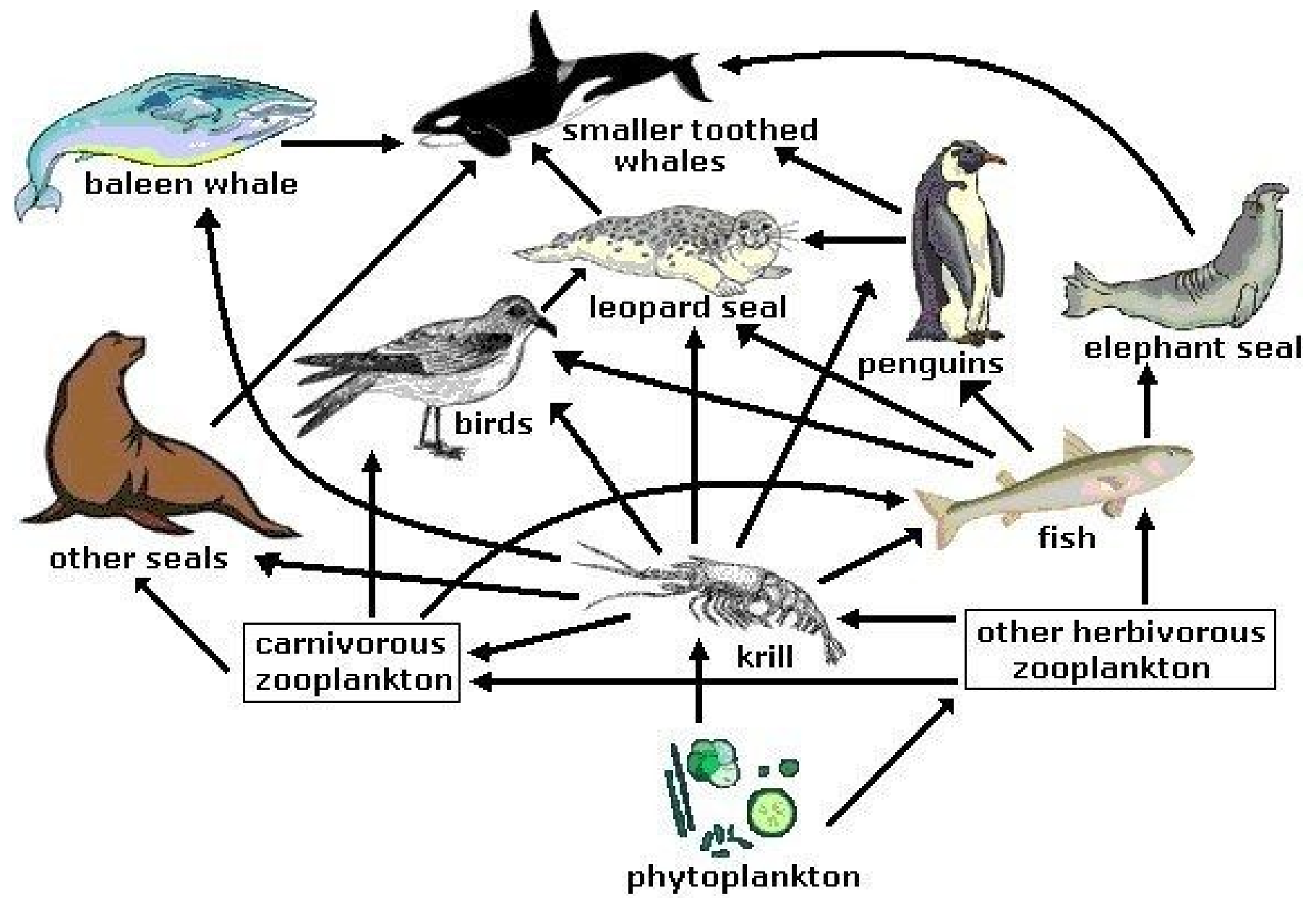
Shark

Baleen whale

Large squid

Sperm whale

Potravní síť v podmínkách Antarktidy



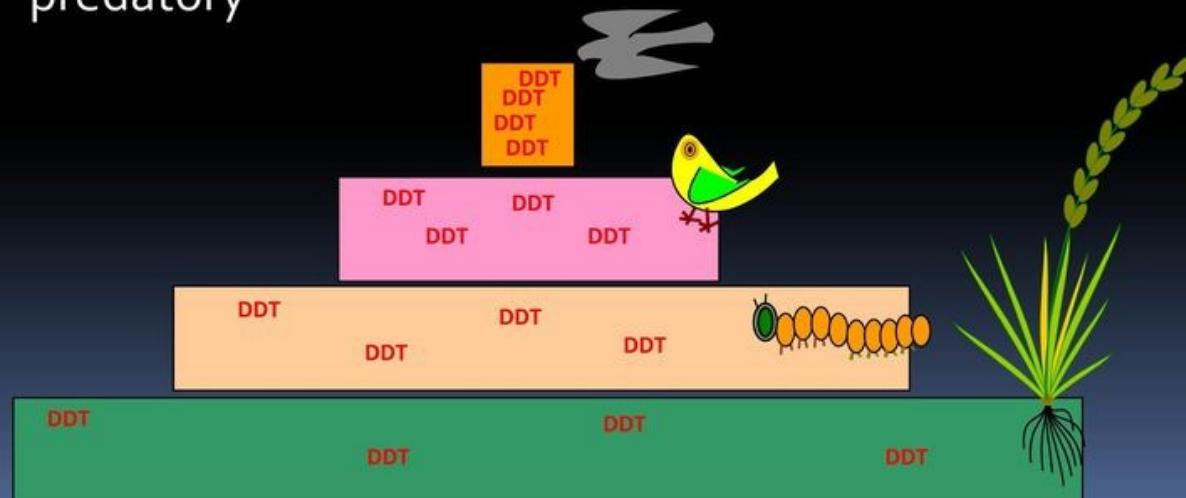
Poměr biomasy primárních producentů k biomase konzumentů 1. řádu

- **Různý v různých biomech:**
- Step - 100x větší biomasa primárních producentů (10^{-2})
- Lesostep - 1000x (10^{-3})
- Les mírného pásma - (10^{-4})
- Tajga - (10^{-5})
- **Celková biomasa suchozemských živočichů na Zemi** - cca $2 \cdot 10^{12}$ kg - 0,16% biomasy primárních producentů
- **Mořské ekosystémy** - průměrná biomasa živočichů cca 2 – 3x větší

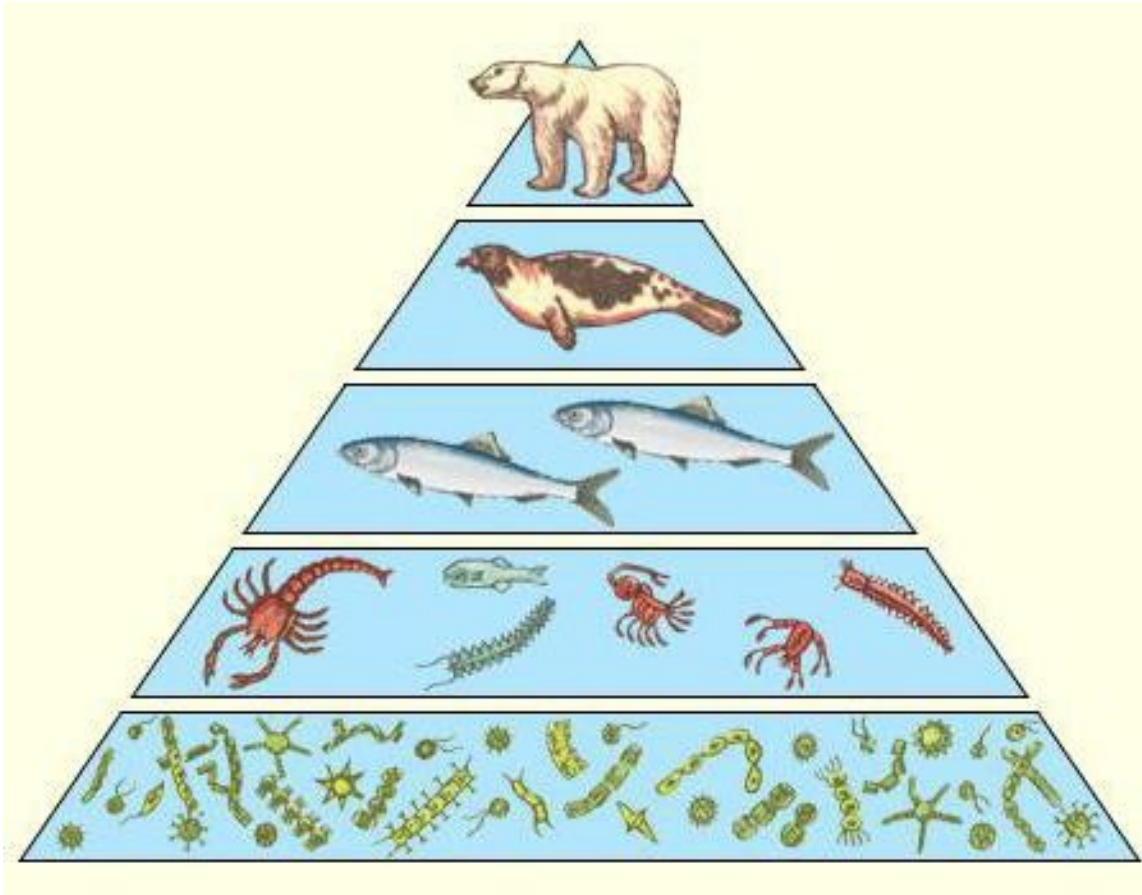
Akumulace škodlivin

Škodliviny v potravních vztazích

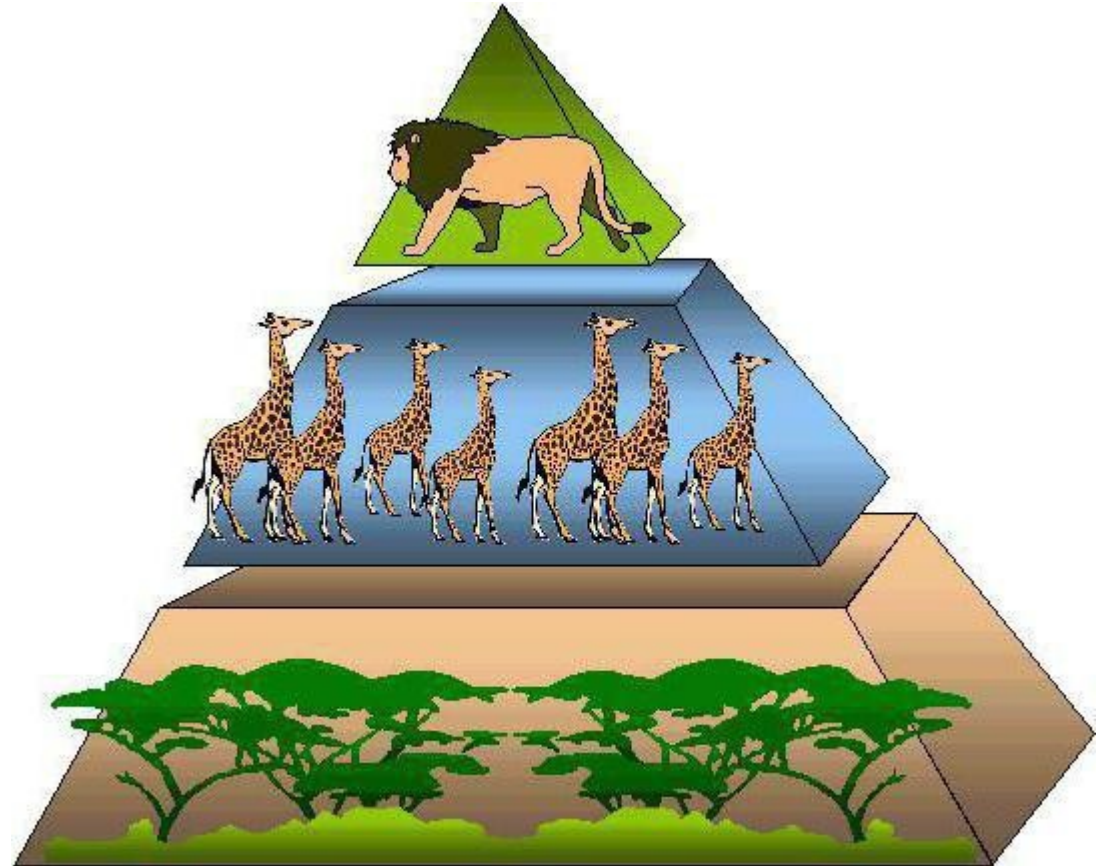
- Například některé chemicky odolné zemědělské jedy (pesticidy) – DDT, ...
- Prostupují potravní pyramidou a postupně se koncentrují, až mají smrtelné následky pro vrcholové predátory



Trofická (potravní) pyramida



Akvatický ES



Terestrický ES

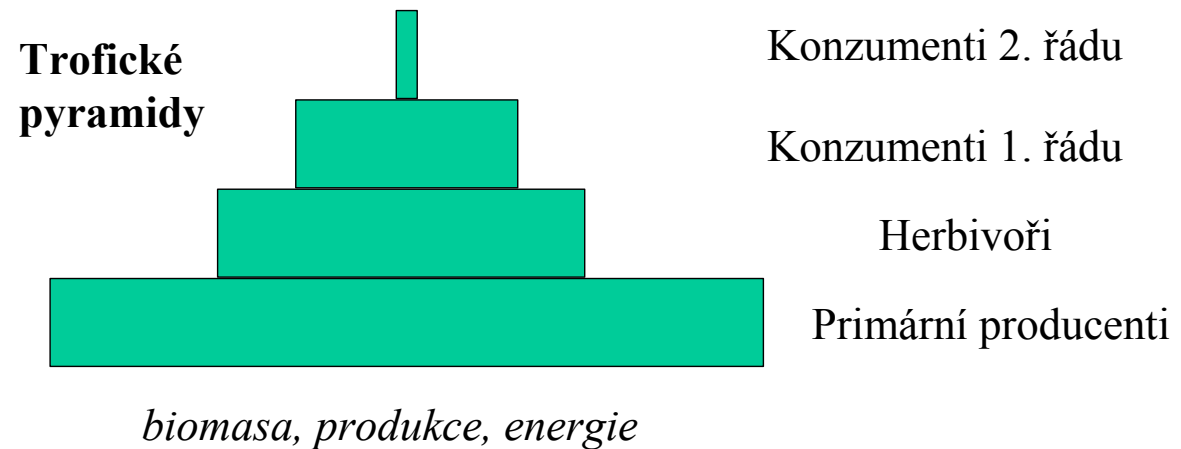
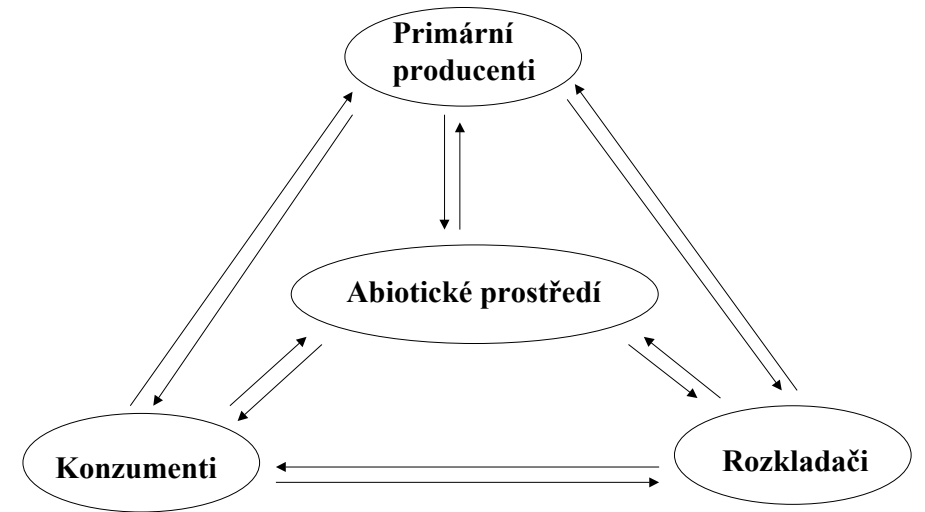
Toky energie v potravních řetězcích

Trofické úrovně společenstva:

- primární producenti
- konzumenti
- predátoři

Tvoří potravní řetězec pastevně-kořistnický, začíná zelenou hmotou a pokračuje přes konzumenty 1. řádu k predátorům.

Naopak dekompozitoři (mikrokozumenti) patří do detritového potravního řetězce, který začíná mrtvou biomasou.



Ekologická účinnost

Produkce herbivorů je mnohem menší než produkce rostlin ?

Proč ?

- 1) Ne všechny rostliny jsou spaseny, mnoho jich hyne přirozeně a vstupují pak do dekompozičního řetězce.
- 2) Ne všechna biomasa zkonzumovaných rostlin je inkorporována do biomasy konzumenta; zbytek odchází v jeho výkalech do dekompozičního řetězce.
- 3) Ne všechna asimilovaná energie je konvertována do biomasy konzumenta; část je ztracena jako respirační teplo. Je to proto, že konverze energie není 100% (viz. 2. zákon termodynamiky).

Vztah mezi hmotou a energií v ES

Energie jednou transformována v teplo již nemůže být v ES využita a je nenávratně ztracena. Neexistuje žádná možnost její recyklace !

Život na Zemi je možný díky každodennímu přísunu solární energie !

Hmota (živiny, prvky) jsou naproti tomu opětovně použitelné. Existují rozdíly v délce jejich zadržení v tělech organismů, ale v podstatě jsou tyto zdroje recyklovatelné (biogeochemické cykly).

Klíčovou roli v této recyklaci proto hrají dekompoziční systémy, které navracejí tyto chemické komponenty (živiny, prvky) zpět do systému.

Ekologická účinnost *versus* potravní řetězce

Společenstvo	NPP (kcal.m ⁻² /rok)	Ingesce predátora (kcal.m ⁻² /rok)	Ekologická účinnost (%)	Počet trofických úrovní
otevřený oceán	500	0.1	25	7.1
pobřežní zóny moře	8000	10.0	20	5.1
traviny mírného pásu	2000	1.0	10	4.3
tropické pralesy	8000	10.0	5	3.2

Terestrické potravní řetězce mají zhruba tři trofické úrovně.

Společenstva volného oceánu mají až sedm trofických stupňů !

Ekologická účinnost

- **Ekologická efektivita** – účinnost přenosu energie živým systémem (jedincem, populací, trofickou úrovní).
- Vyjadřuje se nejčastěji jako podíl energie asimilované (**A**) nebo uložené v čisté produkci (**P**) z celkového množství energie přijaté (u rostlin L_A) nebo konzumované (u živočichů **C**).
- Průměrná hodnota účinnost ekologická je **u rostlin 1–5%, u býložravců 2–10%, u masožravců 10–20%**.
- **Čím je hodnotnější potrava, tím je podíl účinnost ekologická větší.**

Ekologická účinnost

Ekologická účinnost je výsledkem účinností se kterou organismy využívají svých trofických zdrojů ke tvorbě biomasy dostupné pro vyšší trofický stupeň.

Rozlišujeme tyto typy energetických účinností:

$$(1) \text{ Exploatační účinnost} = \frac{\text{ingesce potravy}}{\text{produkce kořisti}}$$

$$(2) \text{ Asimilační účinnost} = \frac{\text{asimilace}}{\text{ingesce}}$$

$$(3) \text{ Čistá produkční účinnost} = \frac{\text{produkce (růst a reprodukce)}}{\text{asimilace}}$$

$$(4) \text{ Hrubá produkční účinnost} = (2) \times (3) = \frac{\text{produkce}}{\text{ingesce}}$$

$$(5) \text{ Ekologická účinnost} = (1) \times (2) \times (3) = \frac{\text{produkce konzumenta}}{\text{produkce kořisti}}$$

Ekologická účinnost závisí na dvou faktorech:

- 1) Proporce s jakou je konzumovaná energie asimilována (asimilační účinnost).
- 2) Proporce s jakou je asimilovaná energie inkorporována do růstu, zásob a reprodukce (čistá produkční účinnost).

Účinnost přenosu energie – Lindeman 1942

Lindeman 1942

poměr hrubých produkcí trofických hladin - Lindemanova účinnost

ekologická účinnost (mezi-trofickými hladinami):

rostlin = rychlost asimilace (fotosyntézy) / dopadající sluneční radiace

herbivorů = rychlost asimilace herbivorů / hrubá primární produkce

primárních karnivorů = rychlost asimilace karnivorů / rychlost asimilace herbivorů

uvnitř trofické hladiny:

účinnost asimilace = asimilovaná potrava (stravitelná energie) / pozřená potrava

ekologická růstová účinnost = čistá produkce / pozřená potrava

produkční účinnost = čistá produkce / asimilovaná potrava (stravitelná energie)

exploatační účinnost - mezi trofickými hladinami vztažená na čistou produkci

konzumační účinnost - kolik % čisté celkové produkce (P_{n-1}) je sežráno (I_n)

následující trofickou hladinou, tj. I_n / P_{n-1}

asimilační účinnost - kolik je z pozřené potravy metabolizováno (A_n , asimilováno),

tj. A_n / I_n

produkční účinnost - jak je využita asimilovaná potrava na čistou produkci (P_n), tj.

P_n / A_n

Ekologická účinnost *versus* potravní řetězce

Kozlowski (1968) = studie ekologické účinnosti mezi trofickými stupni
srovnávací analýza 5 typů vodních společenstev v Cedar
Bog Lake, USA

- asimilační účinnost ve vyšších trofických stupních roste
- čistá produkční účinnost ve vyšších trofických stupních klesá
- hrubá produkční účinnost ve vyšších trofických stupních klesá
- ekologická účinnost mezi dvěma trofickými stupni ($n/n-1$) je asi 10 %

Dnes víme, že mezi různými trofickými stupni jsou různé míry účinnosti !

- mezi producenty a herbivory = 17 %
- mezi herbivory a konzumenty = 5 %

Co determinuje délku potravního řetězce ?

Průměrnou délku potravního řetězce lze odhadnout z hodnoty čisté primární produkce, průměrné ekologické účinnosti a průměrného toku energie populací vrcholového predátora.

Energie dostupná predátorovi na daném trofickém stupni $[E(n)]$ je rovná součinu čisté primární produkce (NPP) a ekologické účinnosti (Eff):

$$E(n) = NPP \cdot \text{Eff}^{n-1}$$

kde Eff je geometrický průměr účinnosti transferu mezi všemi stupni.

tedy po úpravě:

$$n = 1 + \frac{\log[E(n)] - \log(NPP)}{\log(\text{Eff})}$$

Účinnost přenosu primární produkce

Účinnost produkce (PE)

PE = procentuální podíl asimilované energie (A_n) inkorporované do nové biomasy (P_n). Zbytek energie se uvolňuje jako respirační teplo.

$$PE = \frac{P_n}{A_n} \times 100$$

Příklady:

bezobratlí	30-40%	ztrácí málo energie jako teplo
obratlovci - (Ectotermní)	10 %	
obratlovci – (Endotermní)	1-2 %	drobní ještě méně

Obecně lze říci, že PE roste s velikostí endotermních živočichů a klesá s velikostí živočichů ectotermních.

Účinnost přenosu primární produkce

Účinnost asimilace (AE)

AE = procentuální podíl energie potravy ve střevě konzumenta trofického stupně (I_n) asimilovaný jeho střevní stěnou (A_n) a tak dostupný pro růst jeho těla nebo konání práce.

$$AE = \frac{A_n}{I_n} \times 100$$

Zbytek energie odchází jako výkaly a vstupuje do dekompozičního řetězce.

<u>Příklady:</u>	herbivoři, detritovoři, mikrobivoři	20-50 %
	karnivoři	80 %

Obecně platí, že živočichové využívají špatně rostlinnou potravu (lignin, celulóza), lepší je to u plodů (70%) a listů (50%).

Organická hmota těl živočichů je však mnohem lépe využitelná.

Účinnost přenosu primární produkce

Proporce čisté primární produkce závisí na účinnosti přenosu s jakou je energie využívána a s jakou postupuje z jednoho trofického stupně do druhého.

Tato účinnost přenosu energie závisí na těchto třech kategoriích:

- 1) účinnosti spotřeby (CE = consumption efficiency)
- 2) účinnosti asimilace (AE = asimilation efficiency)
- 3) účinnosti produkce (PE = production efficiency)

Účinnost spotřeby (CE)

CE = procentuální podíl celkové produkce přítomné na jednom trofickém stupni (P_{n-1}) a spotřebované na vyšším trofickém stupni (I_n).

$$CE = \frac{I_n}{P_{n-1}} \times 100$$

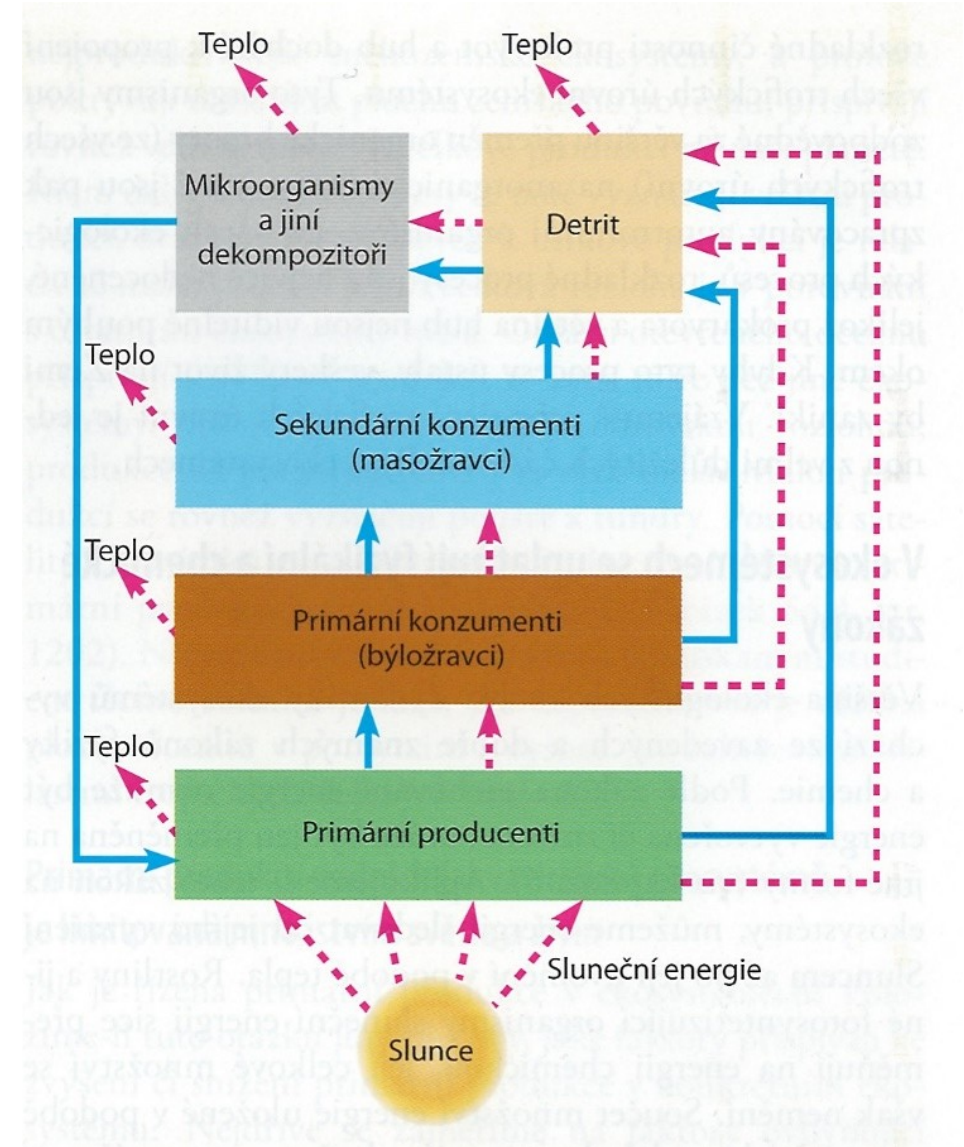
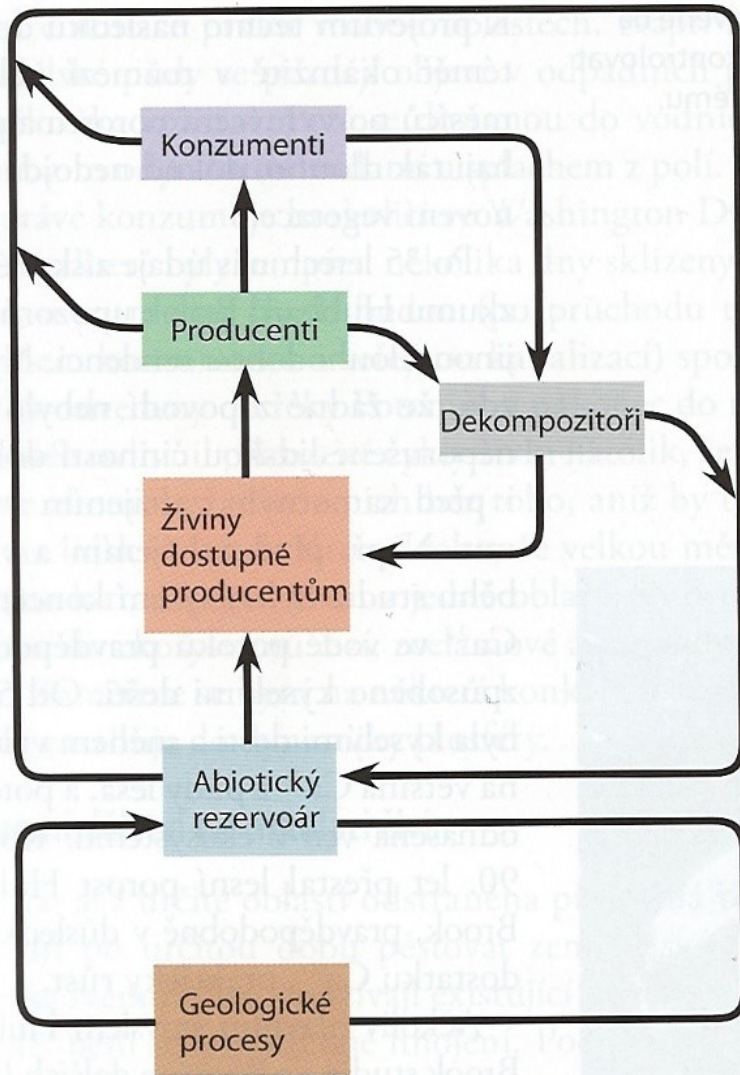
V případě sekundárních konzumentů to je procento produkce herbivorů konzumované karnivory. Zbytek herbivorů hyne bez účasti karnivorů a jejich těla vstupují do dekompozičního řetězce.

CE herbivorů je nízká \Rightarrow rostliny jsou těžko stravitelné
 \Rightarrow nízká denzita herbivorů

Příklad: průměrná CE:

lesní ES	5 %
travný ES	25 %
fytoplankton	50 %
predátoři - obratlovci	50 - 100 % (kořist=obr.)
	5 % (kořist=bezobratlí)
predátoři - bezobratlí	25 % (kořist= bezobratlí)

Dynamika ekosystému



Obrázek 54.20 – Přehled: Obecné schéma biogeochemických cyklů

Tok energie společenstvem -ekosystémem

Obr.) Model trofické struktury a toku energie terestrickým společenstvem

Význam dekompozičního systému pro energetiku ES !

Příklady:

Travné ES 29% NPP konzumováno herbivory
2 % z tohoto tvoří sekundární produkce

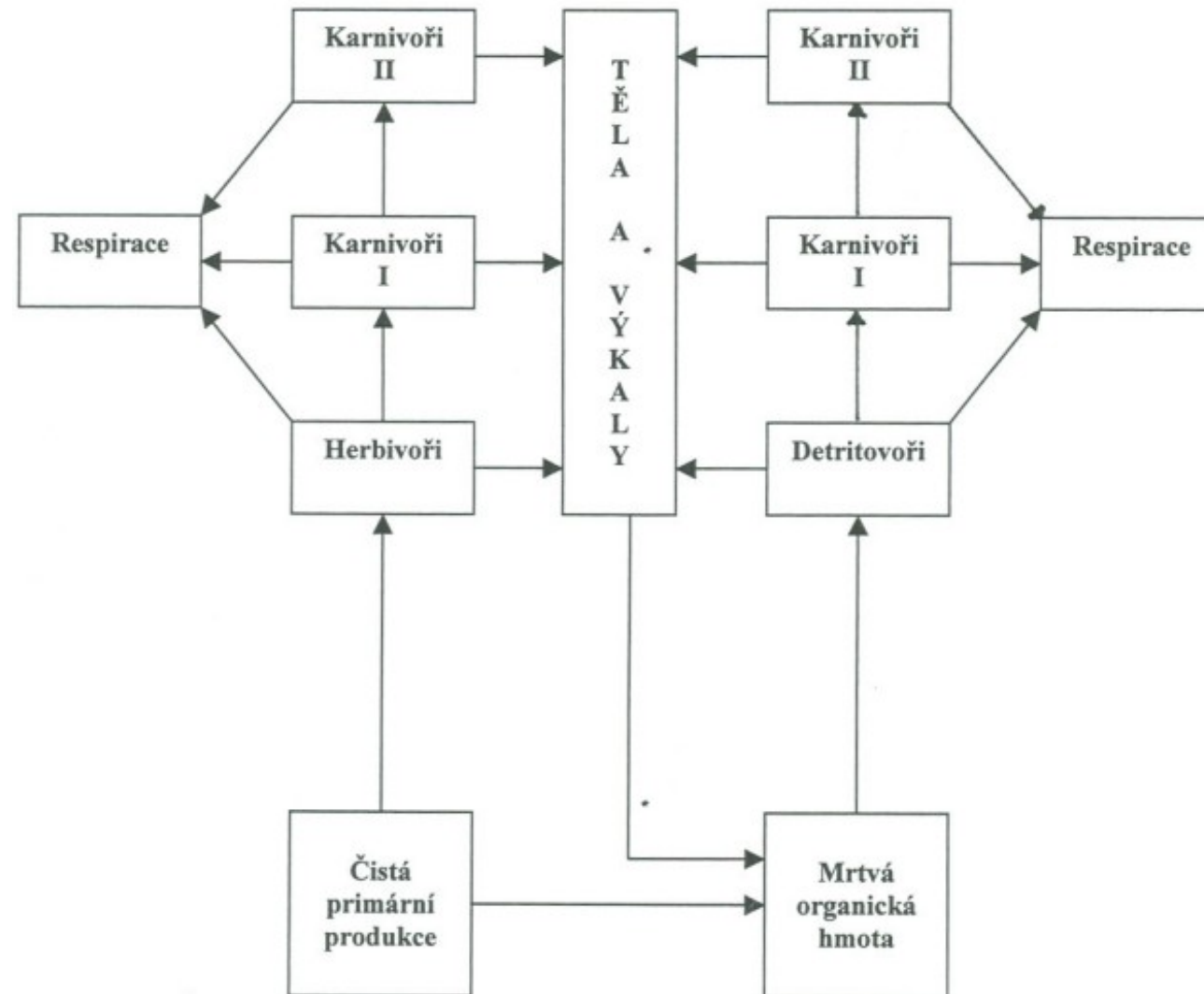
Z každých 100 J NPP jde 55 J do dekompozičního systému a pouze 1 J je využit v pastevním řetězci!

Dekompoziční systémy jsou odpovědné za většinu sekundární produkce !

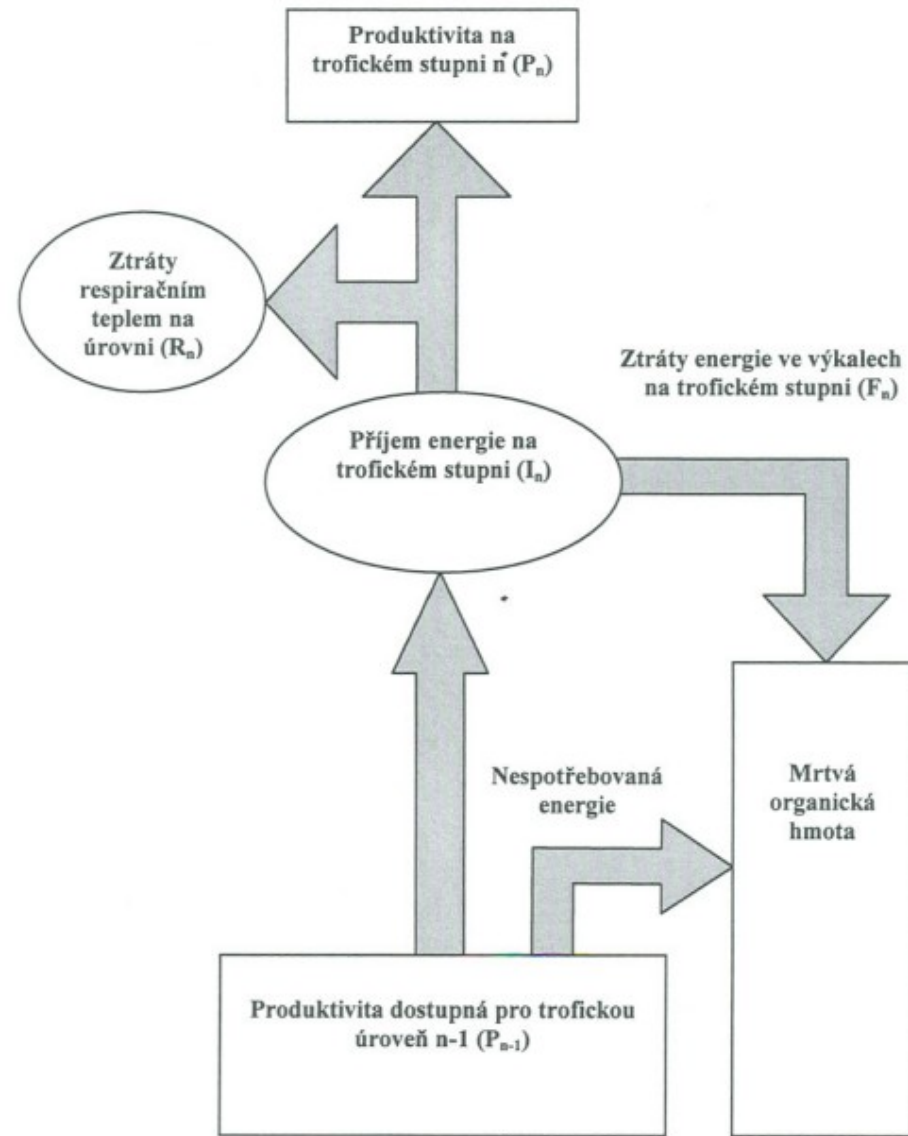
- Pastevní systém je nejvýznamnější u planktonních společenstev, kde je velká část NPP konzumována v živém stavu a asimilována s vysokou účinností.
- V terestrických systémech je pastevní typ řetězce méně významný díky nízké účinnosti spotřeby a asimilace herbivorů.
- Pastevní systémy téměř neexistují v malých potocích a rybníčcích, kde je nízká primární produkce. Tyto systémy závisí na energii z vnějšku, z terestrického ES.
- Podobně společenstva bentosu hlubin moří rovněž závisí na přísunu energie z horních fotosynteticky aktivních vrstev oceánu.
- Zdrojem energie jsou zde mrtvá těla fytoplanktonu, bakterií, živočichů a výkaly klesající ke dnu ze svrchních společenstev žijících v eufotické zóně.

Tok energie společenstvem - ekosystémem

Model trofické struktury a toku energie společenstvem



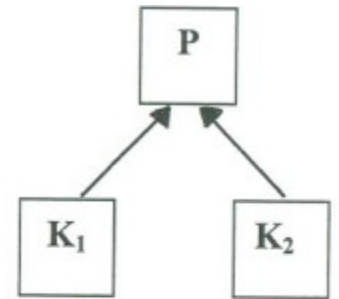
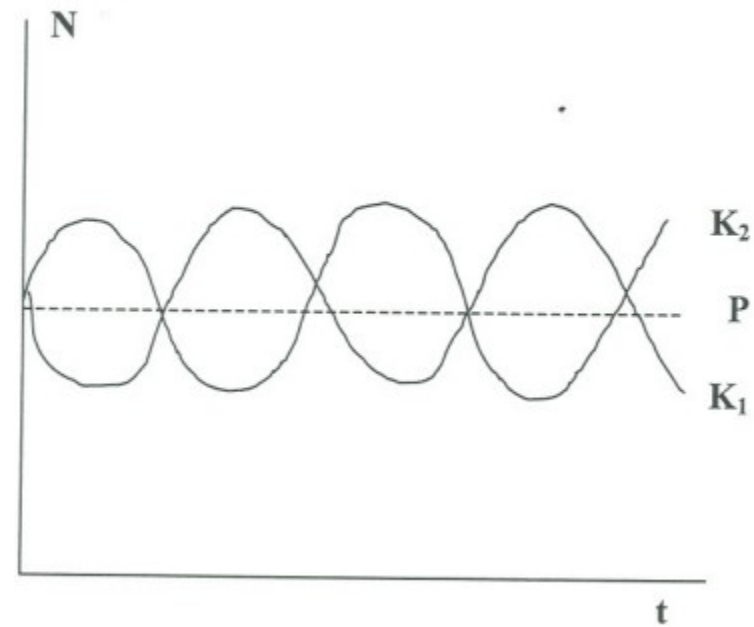
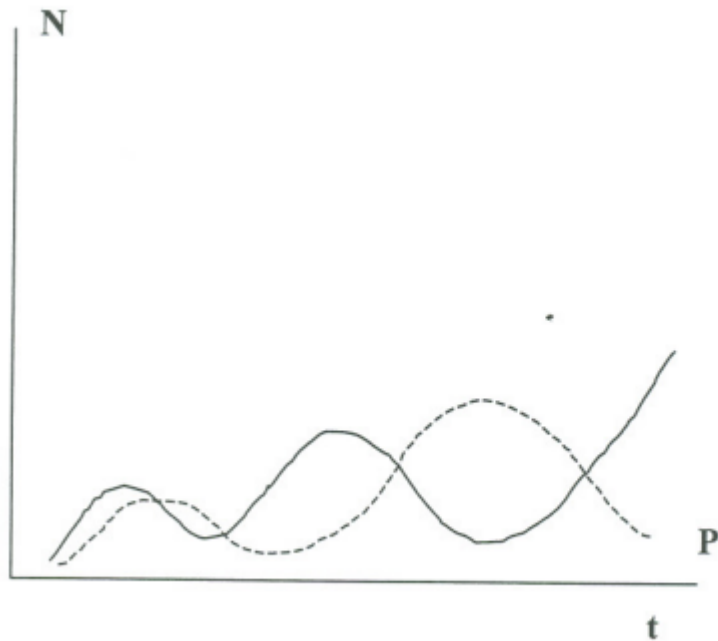
Tok energie trofickými kompartmenty



Trofická struktura a stabilita ES

Těsný vztah mezi trofickou strukturou a stabilitou ES.

Souvislost mezi druhovou diverzitou a stabilitou ES.

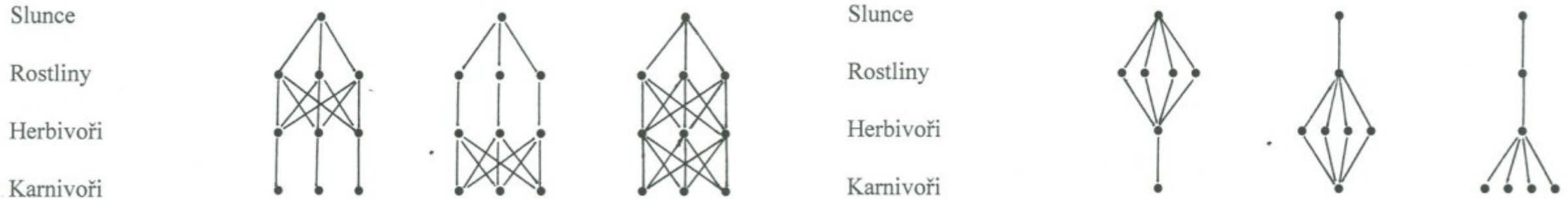


Trofická struktura a stabilita ES

Generalisti *versus* Specialisti

Úzká specializace limituje kompetici, ale zvyšuje závislost trofickou !

Ekosystém složený z většího počtu generalistů (polyfágů) bude stabilnější, než ES složený ze specialistů (monofágů).



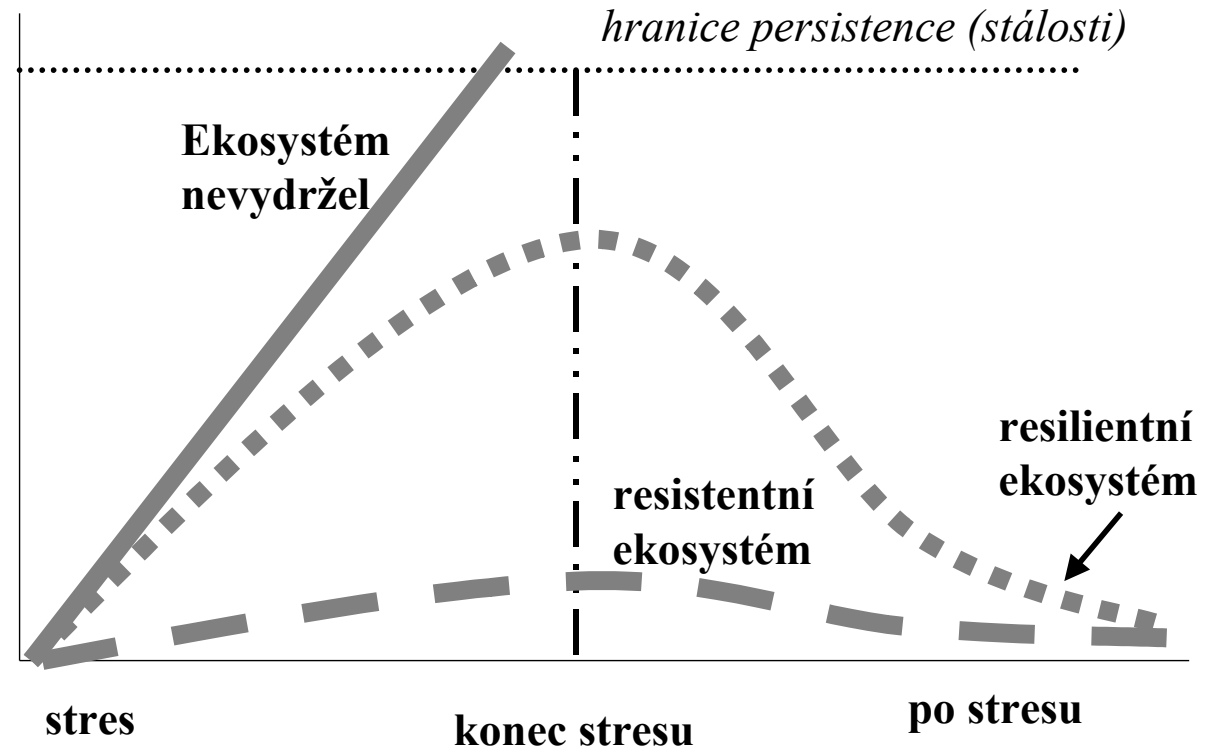
Stabilita ekosystémů

je schopnost autoregulace, tendence zůstat blízko rovnovážnému stavu nebo se tam vrátit po vychýlení.

2 typy stability:

Resistance: schopnost nepodlehnout změně při stresu

Resilience: schopnost vrátit se k původnímu („normálnímu“) stavu; v současných pracích se ale někdy používá pro jakoukoliv resistenci, asi pod vlivem významu slova v jiných oborech (psychologie).



Disturbance / Perturbance: krátkou dobu trvající narušování běžného fungování ekosystému (jeho produkce), které způsobuje změnu druhového složení nebo fungování (pastva, seč, požár, povodeň, narušení svrchní vrstvy půdy s kořeny, vývrat apod.)



Disturbance:

V ochraně přírody chápána jako opakovaná, pravidelná, predikovatelná s očekávatelným výsledkem....

X

V modelování systémů (obecně) se tak ale označuje vnější zásah do systému



Perturbance:

V ochraně přírody chápána jako neočekávaná, jednorázová událost se zásadním, těžko predikovatelným vlivem na další vývoj ekosystému

X

V modelování systémů (obecně) se tak ale označuje výkyv ve fungování systému vyvolaný vnitřními procesy.

Hystereze: závislost současného stavu ekosystému na minulé perturbanci, která „přepnula“ jeden stabilní ekosystém v jiný stabilní ekosystém (teorie „alternativních stabilních stavů“). Typicky nastává na hranici biomů: savana nebo step se může vyskytovat na místě, kde byl předtím les, aniž by se změnilo klima – mohlo dojít k velkému požáru, a po něm je bezlesí udržováno býložravci a pravidelnými požáry.

Stabilita a druhová bohatost

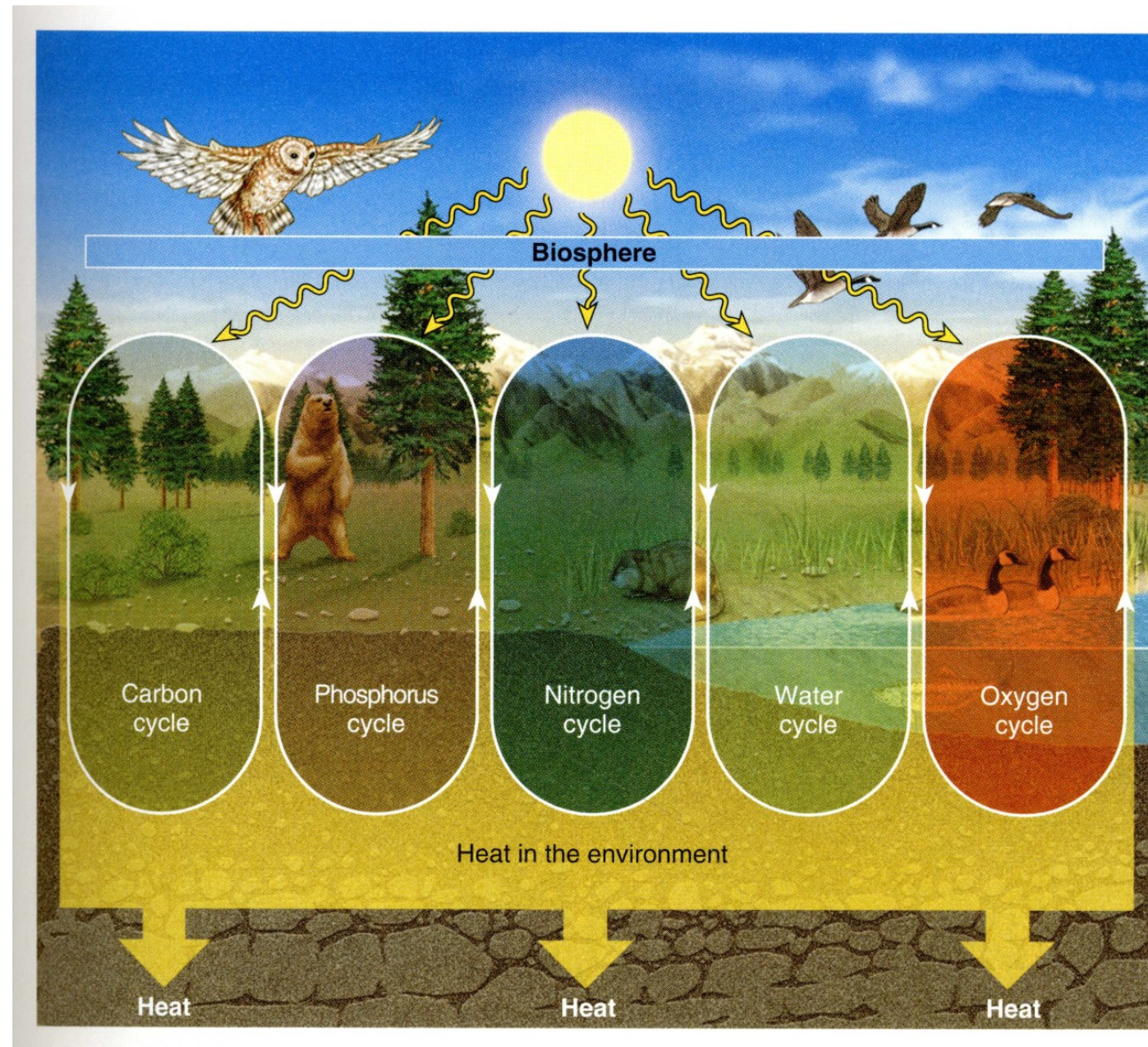
monokultura versus polydominantní lesní porost



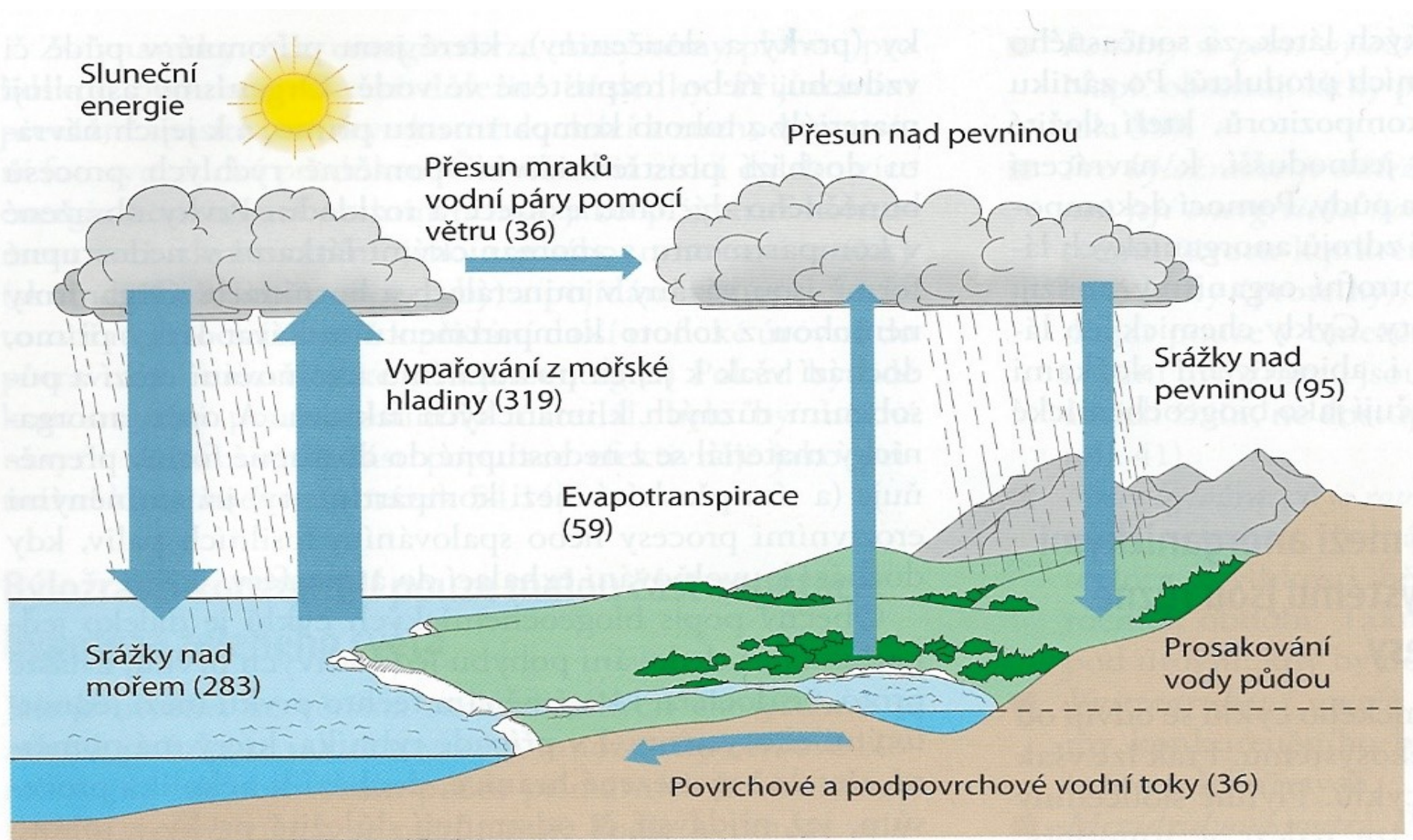
weissova.blog.sme.sk



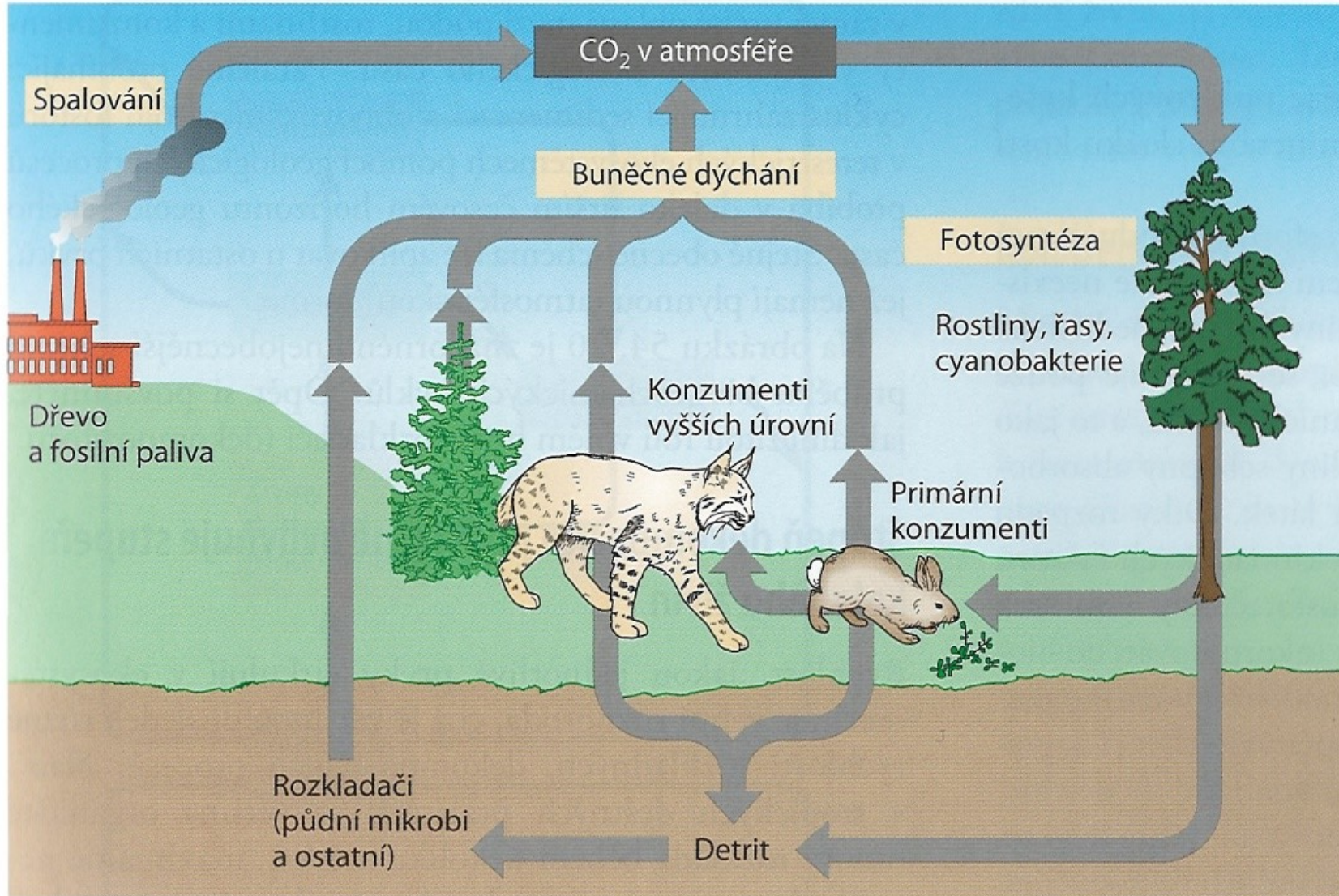
Globální geochemické cykly biosféry



Cyklus vody – hydrologický cyklus



Cyklus uhlíku (CO₂)



Ovlivnění cyklu uhlíku činností člověka:

- **těžba a spalování fosilních paliv:** zvýšení přísunu uhlíku do atmosféry a tedy navýšení množství uhlíku v aktivním globálním cyklu
- **odvodnění rašelišť, kácení pralesů:** uvolnění uhlíku vázaného v biomase
- **intenzivní zemědělství** (méně humusu), snížení rozlohy lesů
- **spad dusíku:** rychlejší mineralizace organické hmoty
- **výroba cementu** z uhličitanu vápenatého, uvolňuje se CO₂

www.carbonbrief.org



Zpětná vazba při oteplování:

- **uvolnění metanu při tání permafrostu**
- uvolňování metanhydrátu ze dna moří (zatím stále jen hypotéza?)
- **zvýšená dekompozice rašeliny a humusu**

www.sciencenews.org

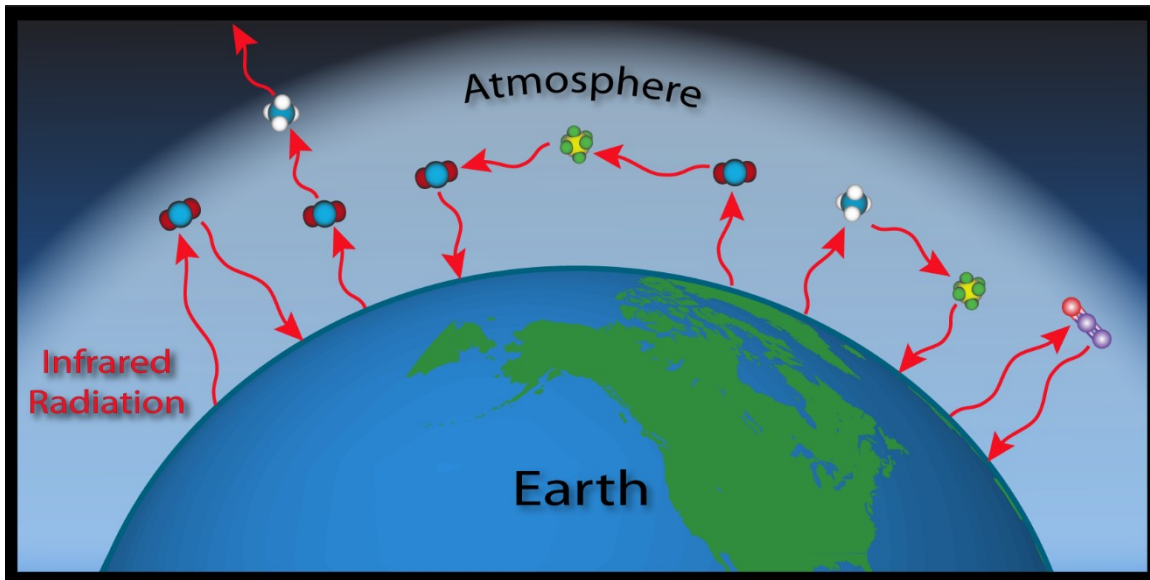


Důsledky zvýšené koncentrace CO₂:

- **skleníkový efekt – změny klimatu**
- zdroj pro primární produkci (zejména C4 rostliny za předpokladu dostatku jiných zdrojů)
- menší vysoušení půdy transpirací kvůli méně otevřeným průduchům (opět zejména C4 rostliny)
- tzv. „zelenání planety“ – více autotrofů v mořích, zarůstání některých aridních oblastí

Důsledky zvýšené koncentrace CH₄:

- **skleníkový efekt – změny klimatu**



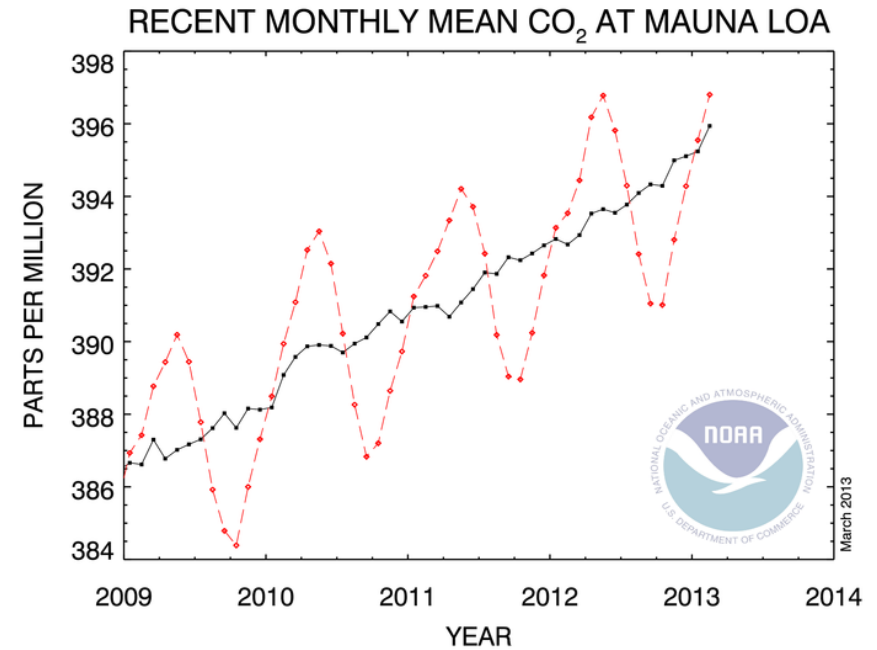
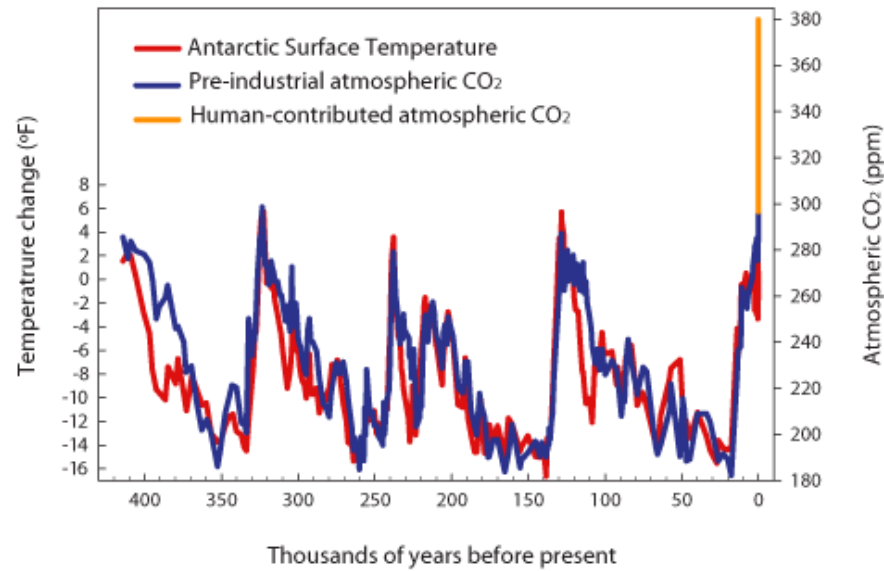
Tato australská poušť se zelená, jinde ale pouště vznikají



Globální růst teplot

Trends in Atmospheric CO₂ & Global Surface Temperature

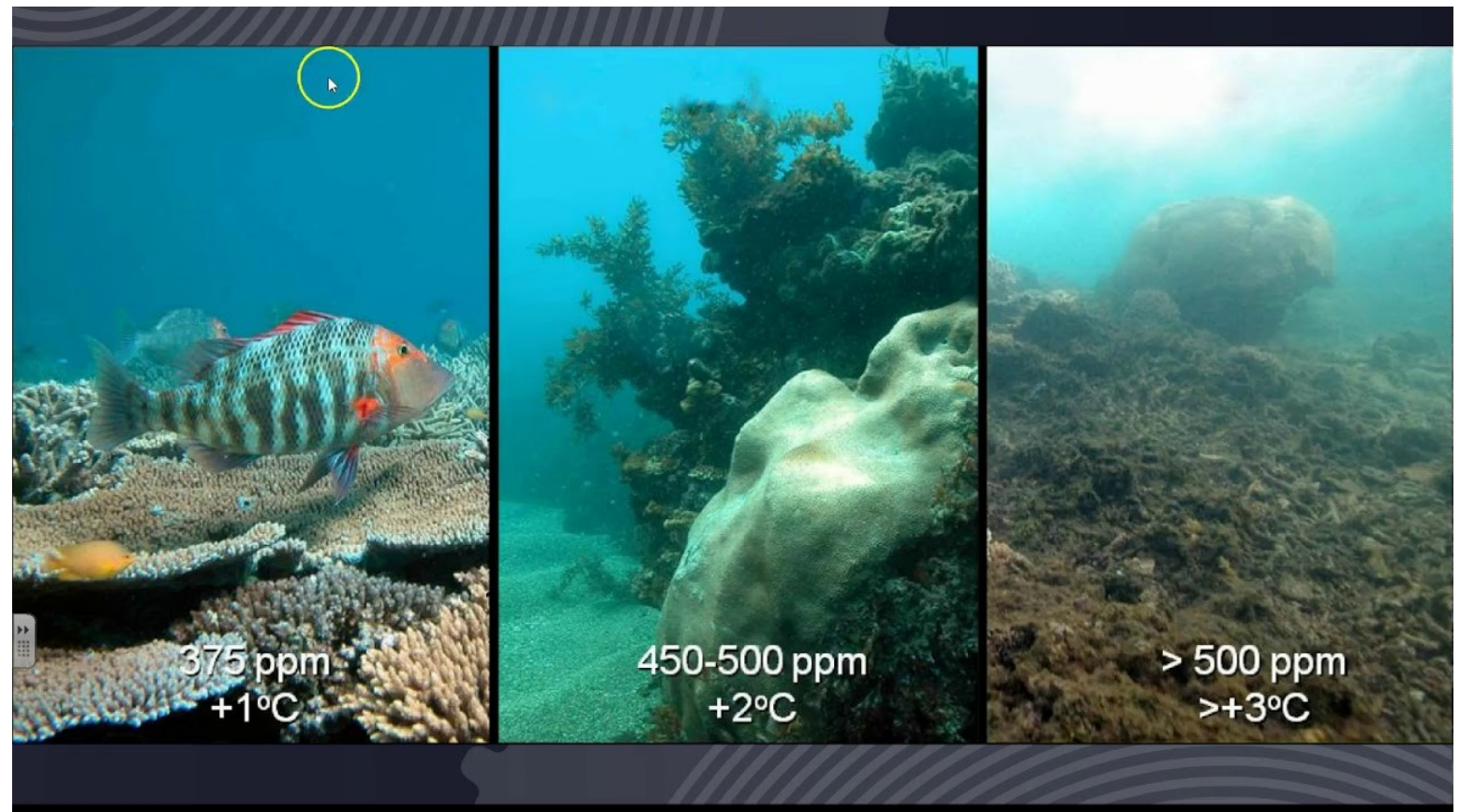
The last 400,000 Years



Data Sources:
Atmospheric CO₂ prior to 3000 years ago and Antarctic Surface temperature prior to 100 years ago: J.R., Petit, Jouzel J., et al. 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399:429-436.
Pre-industrial CO₂ 40-3000 years ago: Indermühle A., T.F. Stocker, F., et. al. 1999. Holocene carbon-cycle dynamics based on CO₂ trapped in ice at Taylor Dome, Antarctica. *Nature* 398, 121-126.
Modern CO₂: Keeling, C.D. and T.P. Whorf. 2005. Atmospheric CO₂ records from sites in the SIO air sampling network. In *Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.

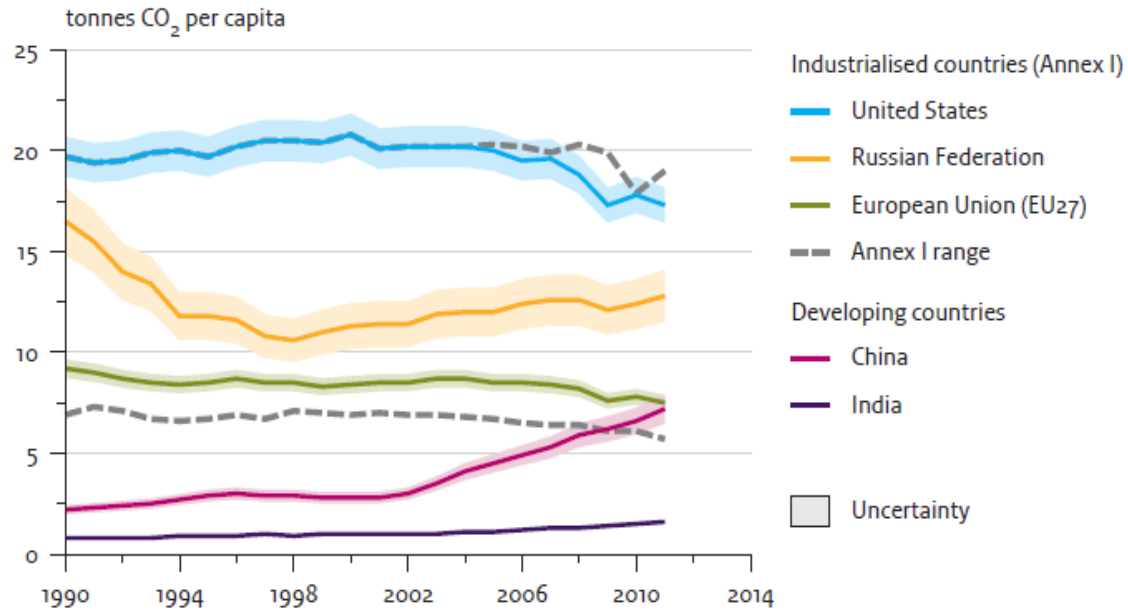
Acidifikace oceánů

- Vliv CO_2 rozpouštěného ve vodě: oceány pohlcují velké množství nadbytečného CO_2 (dokdy ale?), to je ale okyseluje (kyselina uhličitá)
- Vliv znečištění
- Vliv oteplování

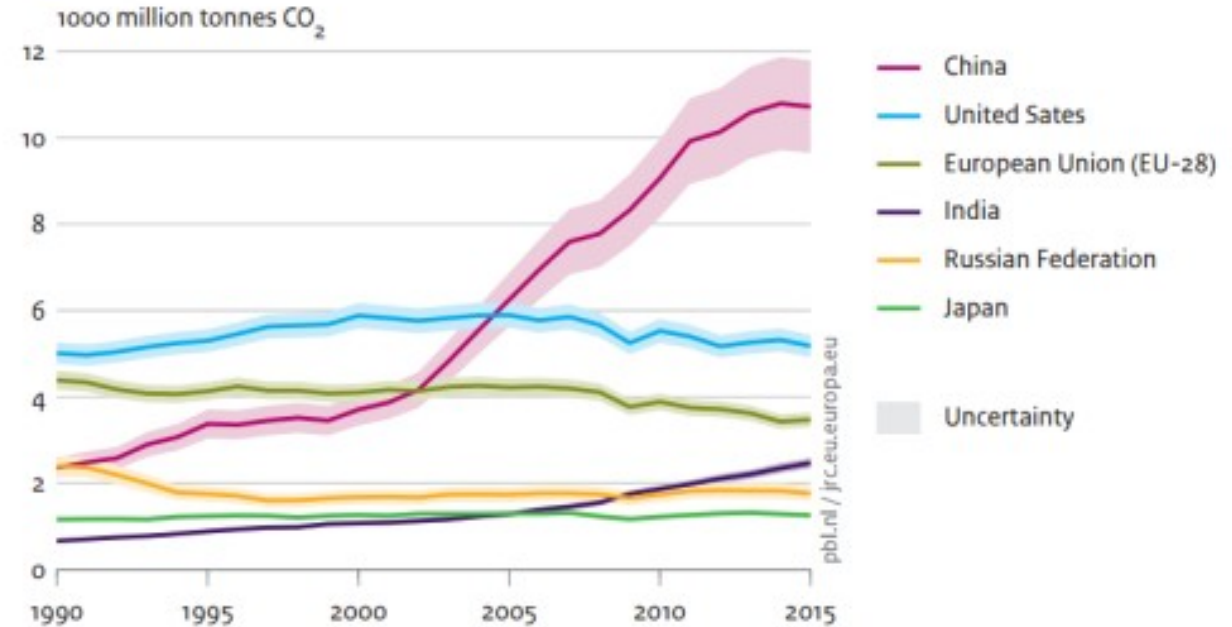


Emise CO₂: Bez Číny, USA, Japonska, Ruska a Indie to nepůjde změnit ...

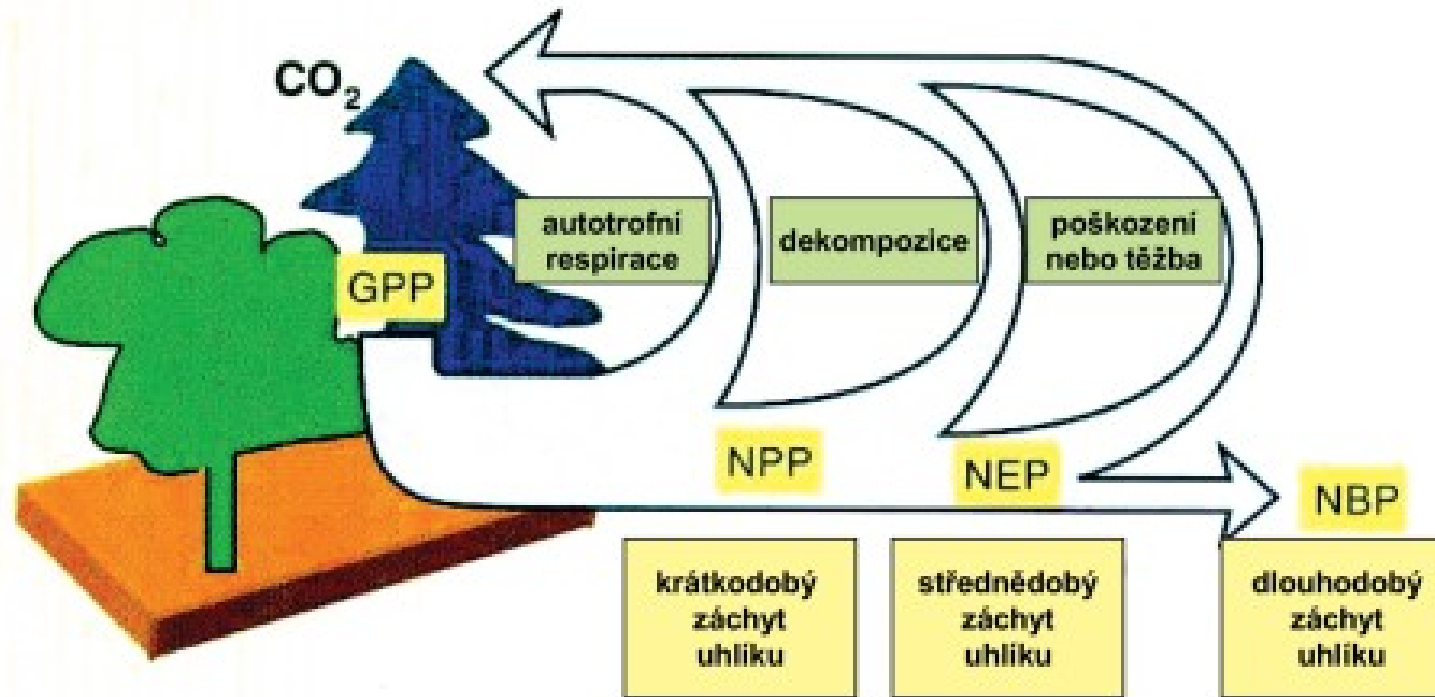
Figure 2.5
CO₂ emissions per capita from fossil fuel use and cement production in top 5 emitters



CO₂ emissions from fossil-fuel use and cement production



Příkladová studie: Základní složky uhlíkového cyklu lesního ekosystému



GPP: hrubá primární produkce
NPP: čistá primární produkce
NEP: čistá produkce ekosystému
NBP: čistá produkce biomu

Vybrané typy ekosystémů

Horský lesní ES



Horský luční ES



Agroekosystém



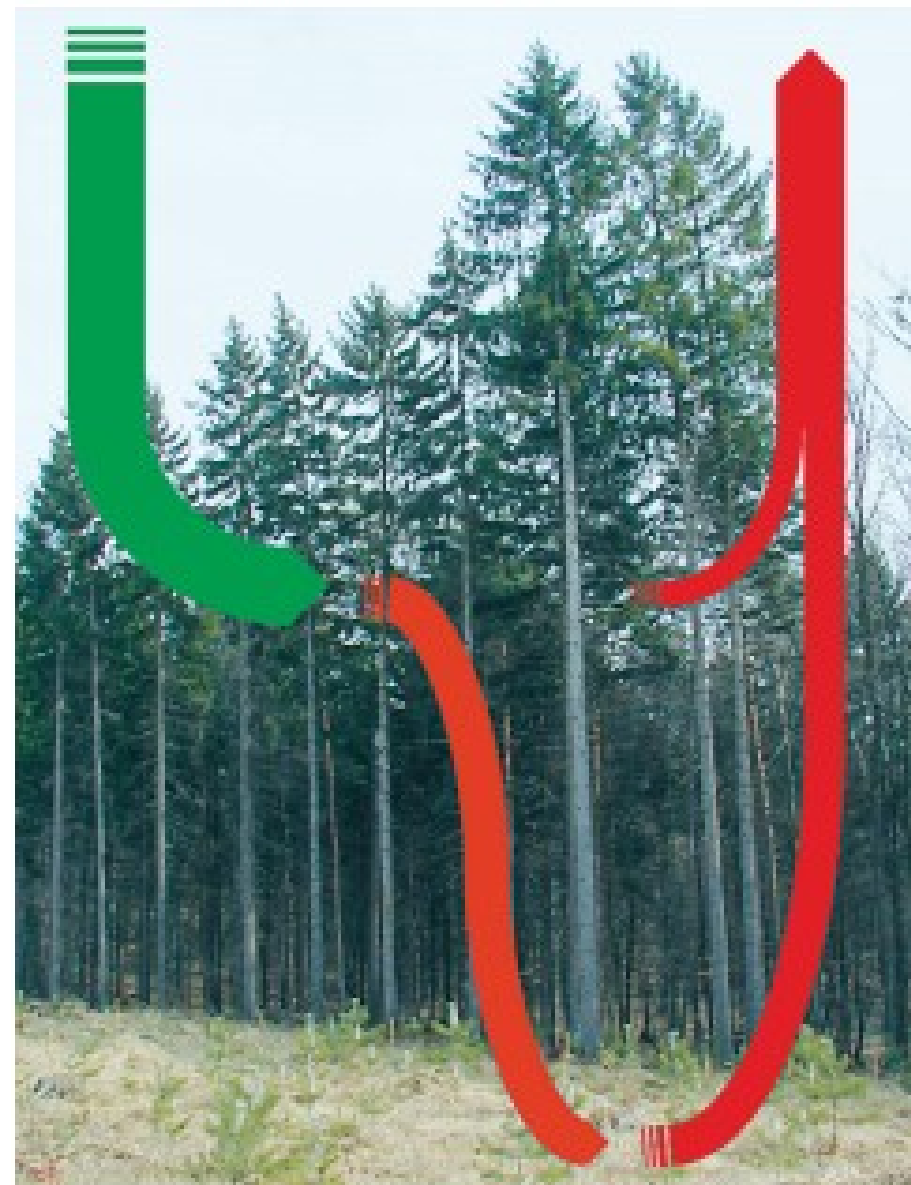
Mokřadní ES



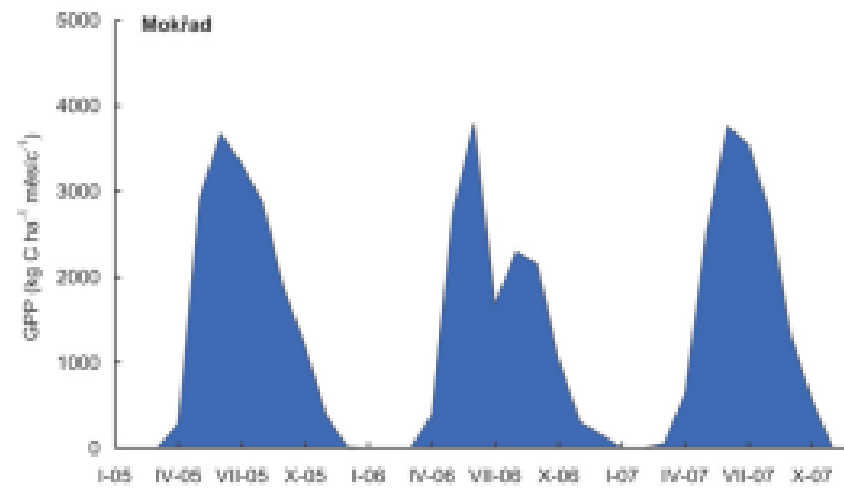
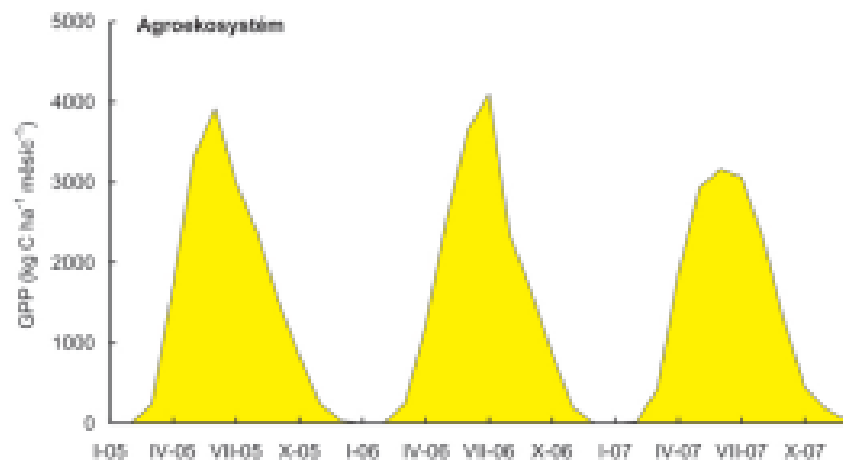
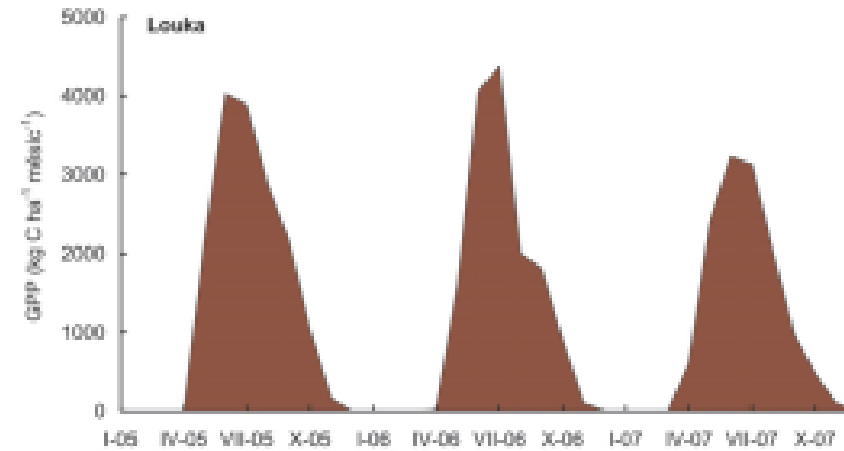
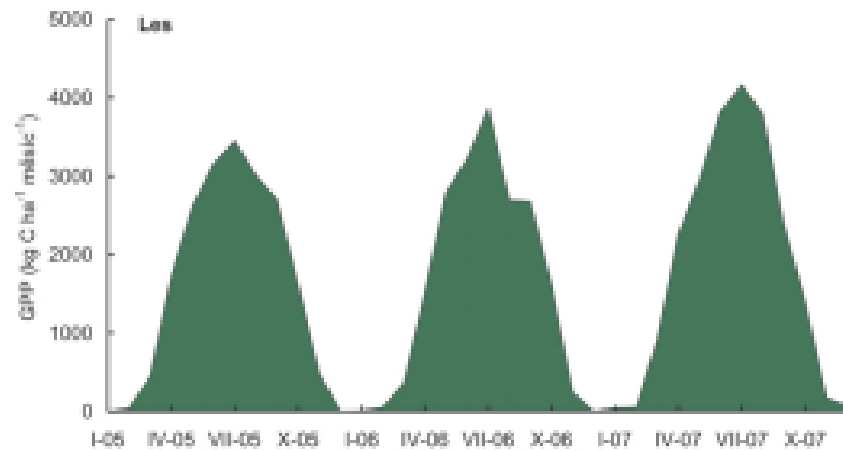
Základní komponenty a bilance toku uhlíku do lesního porostu a z lesního porostu

(Zelená šipka – fotosyntetická fixace)

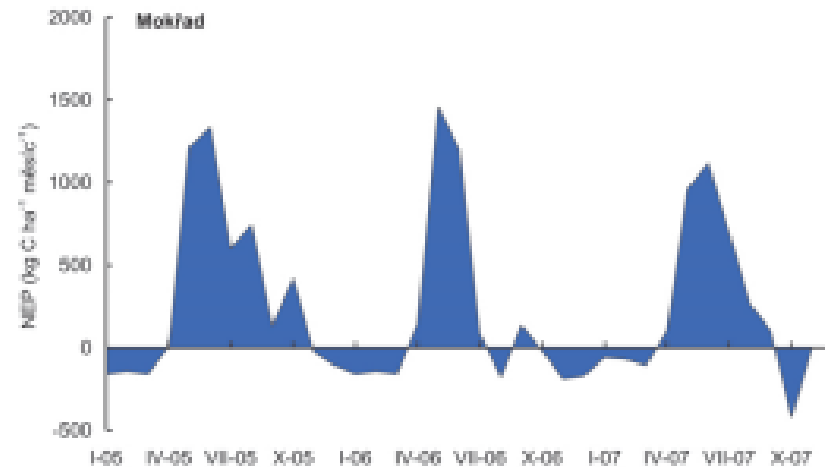
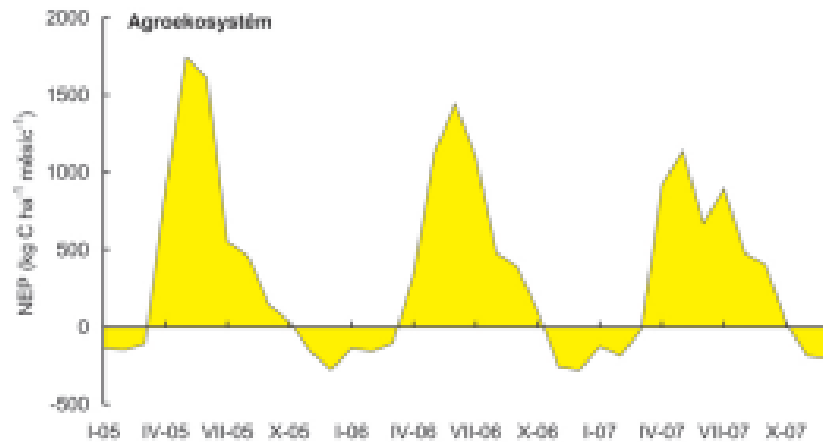
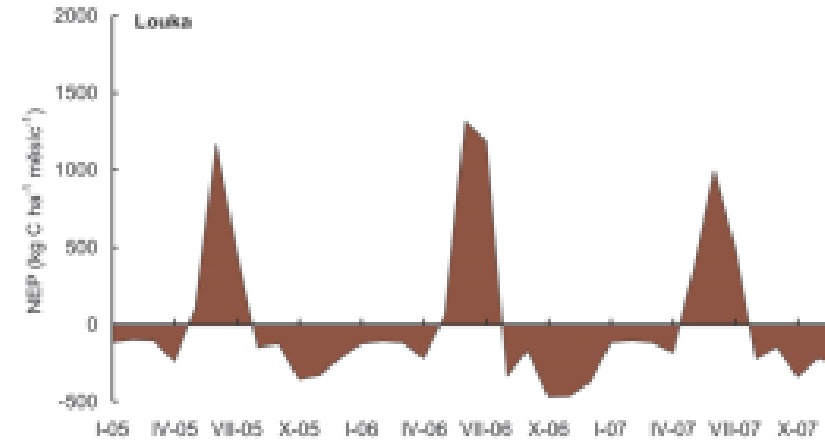
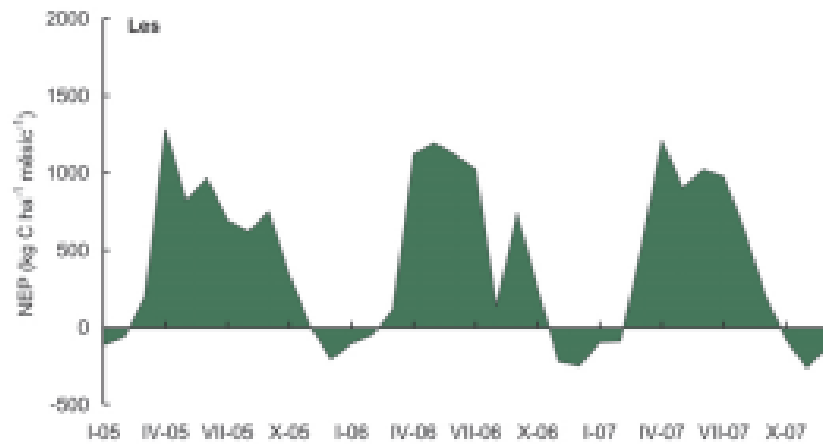
(Červená šipka – respirace kmenů, půdy, dekompozice, zvětrávání)



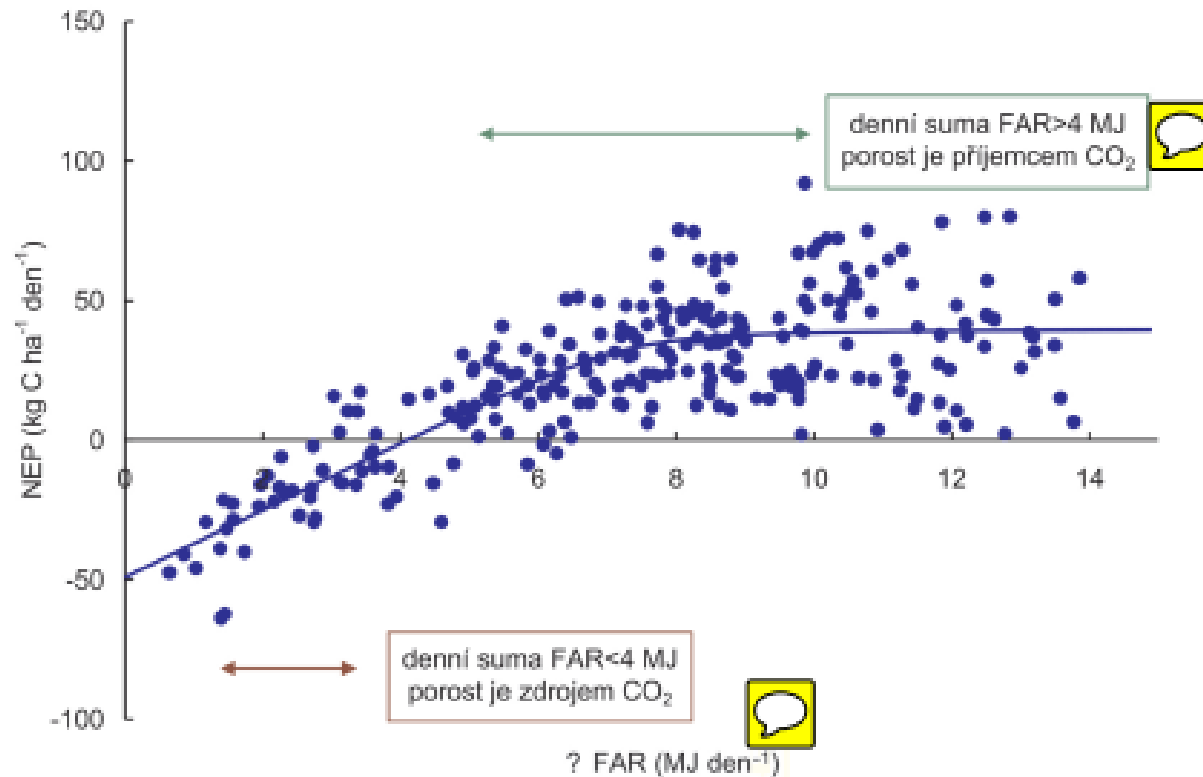
Hrubá primární produkce čtyř typů ES



Čistá primární produkce čtyř typů ES

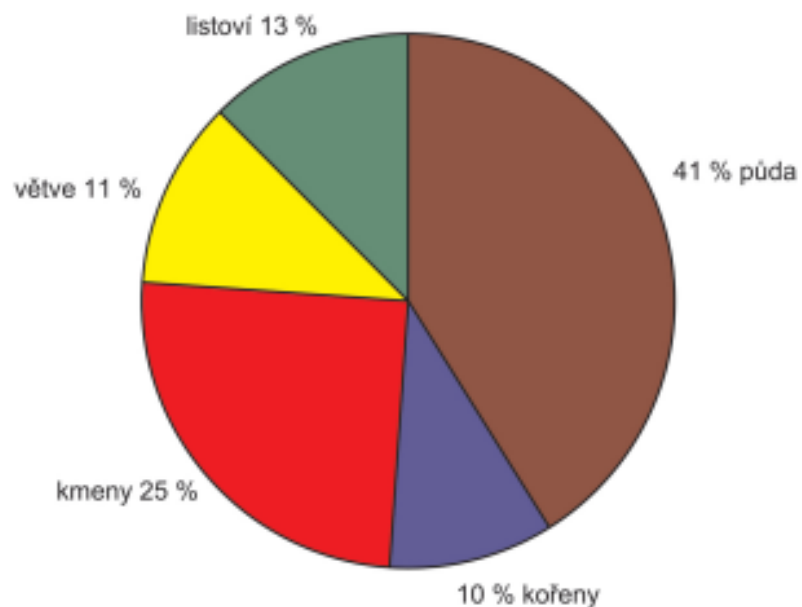


Závislost čisté primární produkce smrkového porostu na dopadajícím fotosynteticky aktivním záření



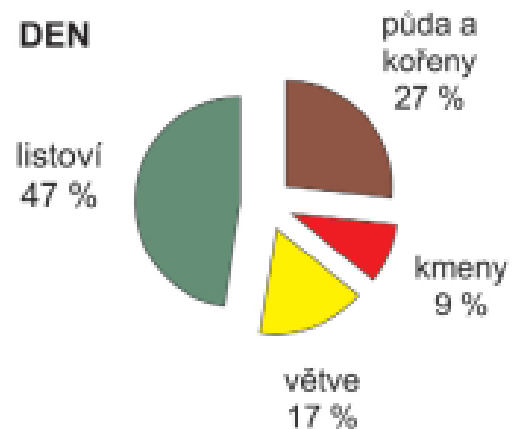
FAR = fotosynteticky aktivní záření

Zásoba uhlíku v jednotlivých komponentách horského lesního ES

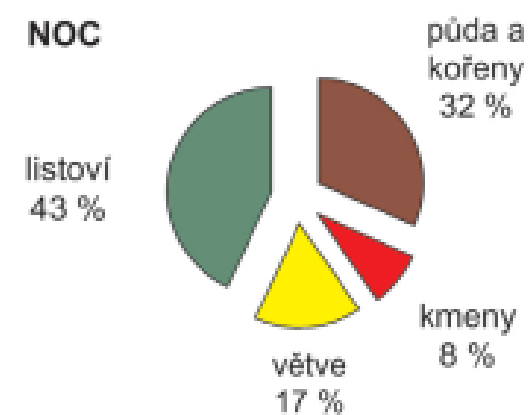


Podíl respirace jednotlivých komponent na respiraci horského lesního ekosystému ve dne (8:00 - 16:00) a v noci (22:00 - 04:00)

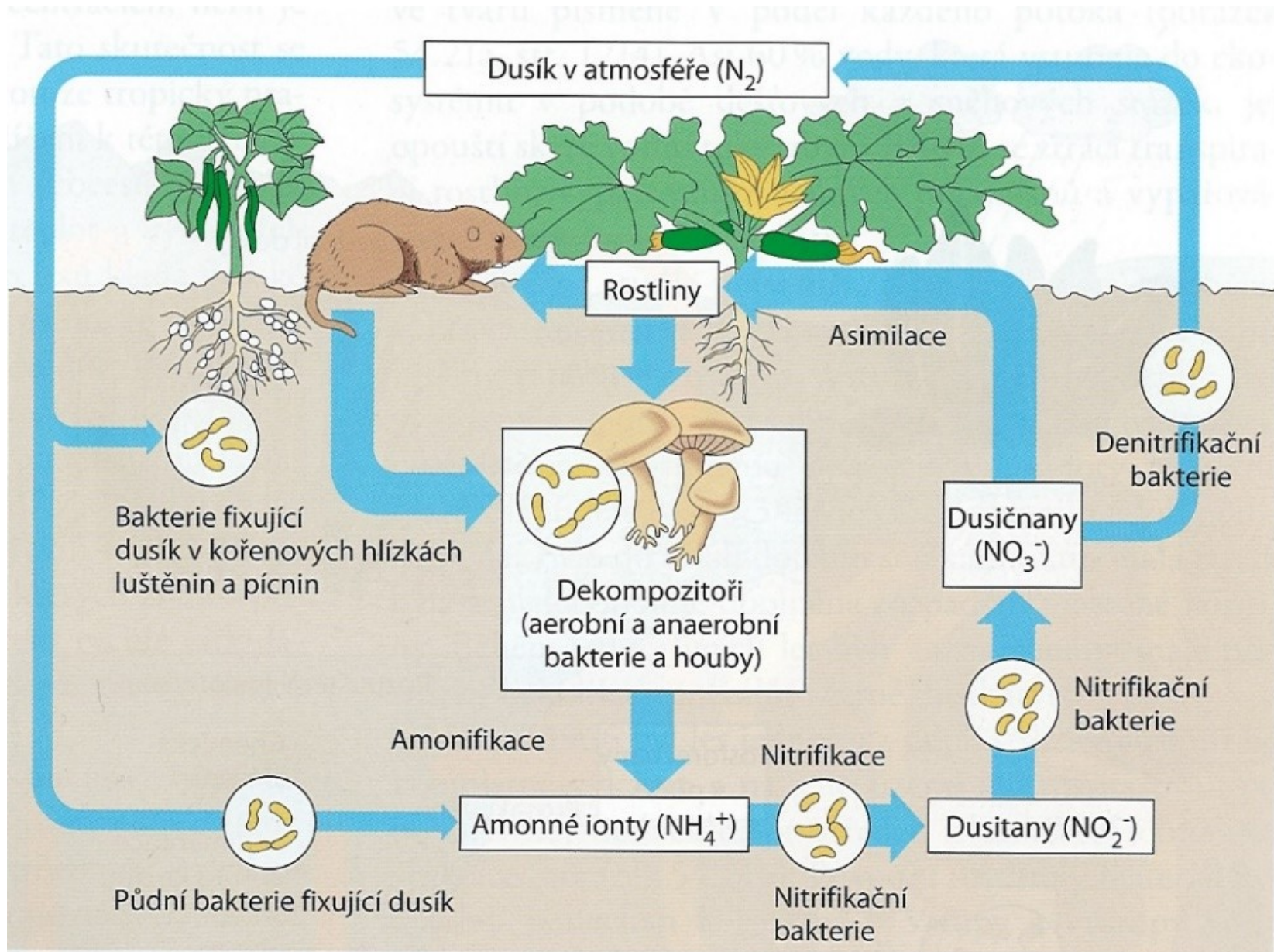
DEN



NOC



Koloběh dusíku



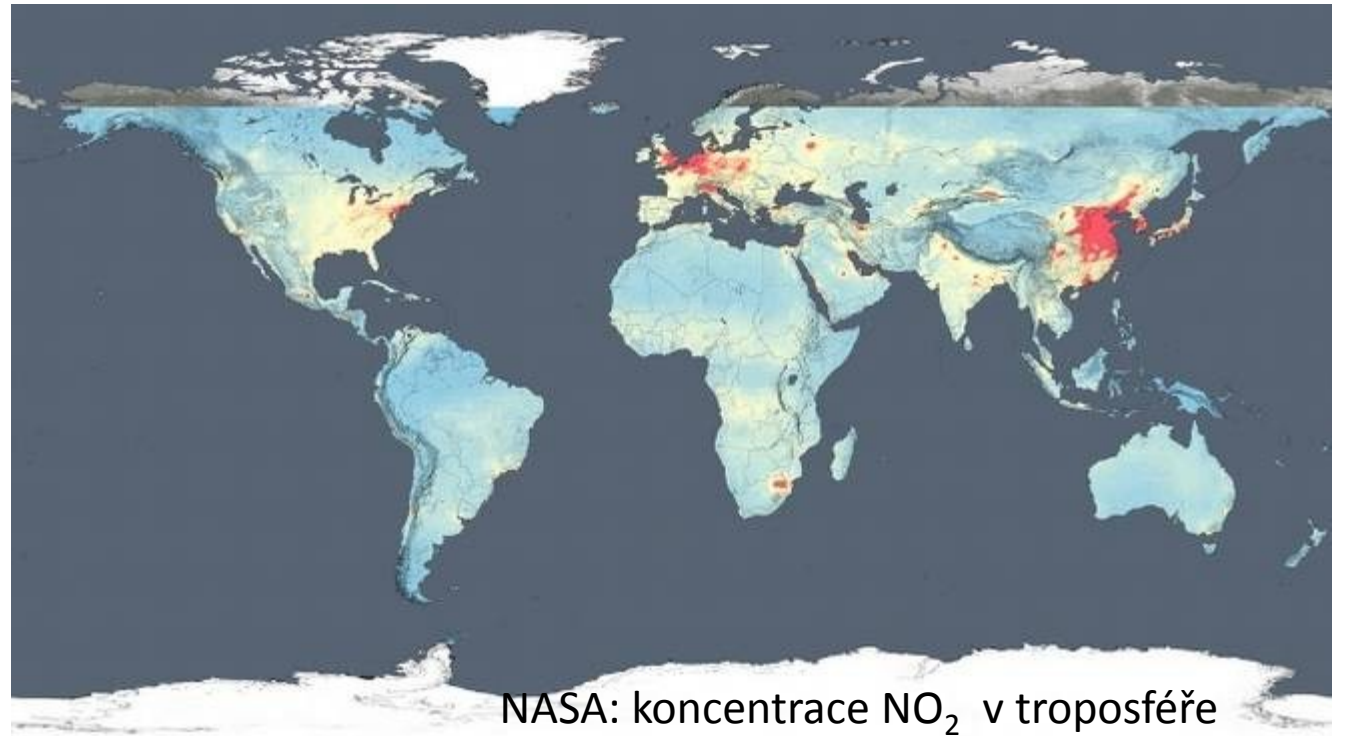
Ovlivnění cyklu dusíku činností člověka:

- **těžba a spalování fosilních paliv**: zvýšení přísunu dusíku do atmosféry (automobilismus, průmysl)
- **umělá hnojiva** získaná těžbou (např. dusičnan sodný – ledek; síran amonný)
- **Haber-Boschův proces přeměny atmosférického N₂ na amoniak do hnojiv**
- **pěstování bobovitých rostlin** (přírodní analogie Haber-Boschova procesu)
- **zvýšená denitrifikace** na orné půdě a emise čpavku ve velkochovech

Množství dusíku, který se dostává do ekosystémů z atmosféry se označuje jako **atmosférická depozice dusíku**. Suchá depozice s prachem, **mokrú atmosférická depozice** se srážkami (prší dusík).

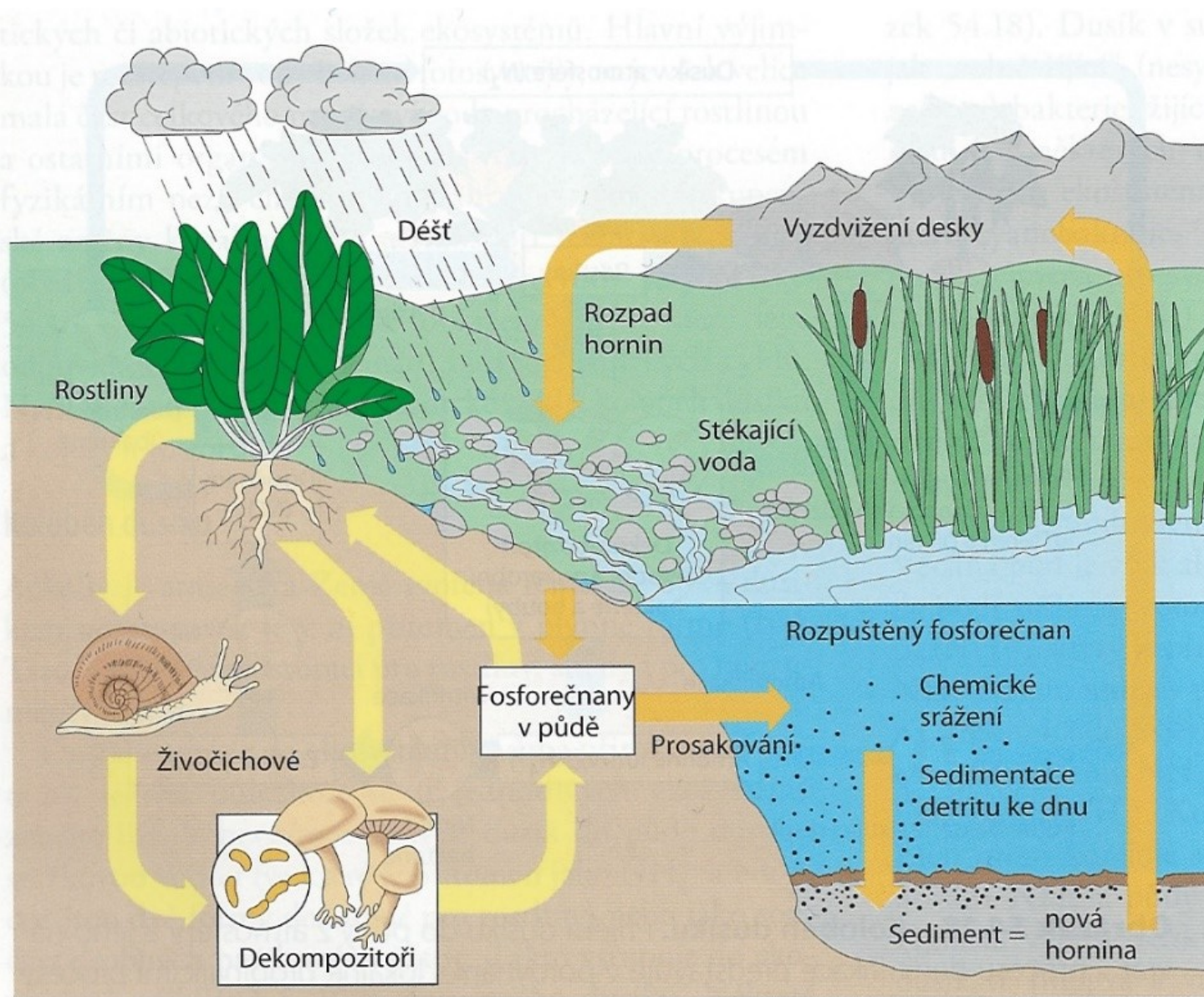
Vztah mezi koloběhem dusíku a uhlíku zprostředkovaný dekompozicí:

Více N z atmosféry – zvýšené čerpání P i K z půdy – víc živin v ekosystému – víc živin pro dekompozitory – rychlejší rozklad rašeliny a humusu – uvolňování CO₂ do atmosféry.



NASA: koncentrace NO₂ v troposféře

Koloběh fosforu



Ovlivnění cyklu fosforu činností člověka:

Zvýšení vstupu fosforu do terestrických a sladkovodních ekosystémů:

- **těžba hornin** – výroba hnojiv a čistících prostředků
- **odpady z rybolovu** a jejich využití ke hnojení

Důsledkem je eutrofizace (rozvoj sinic, zvýšení produktivity, snížení druhové bohatosti, kontaminace pitné vody apod.)



České rybníky zažívají podle přírodovědců ekologickou katastrofu

31.8.2015 01:00 | PRAHA (Ekolist.cz)
Diskuse: 3



Místo přírodních koupališť nevábne louže plné řas a sinic, místo romantických rybníků nádrže špinavé hnědozelené „polévky“. Letošní léto bohaté na teplotní rekordy nám podle přírodovědců odhalila všechna naše selhání v hospodaření s vodou.

„Málokdo o tom mluví, ale české rybníky zažívají skutečnou ekologickou katastrofu,“ říká David Storch, ředitel Centra pro teoretická studia Univerzity Karlovy a Akademie věd České republiky a specialista na makroekologii, biodiverzitu a ekologickou teorii. Problém eutrofizace a rybníků přeplněných kapry zaznamená každý, kdo se chce během léta příjemně zchladit.

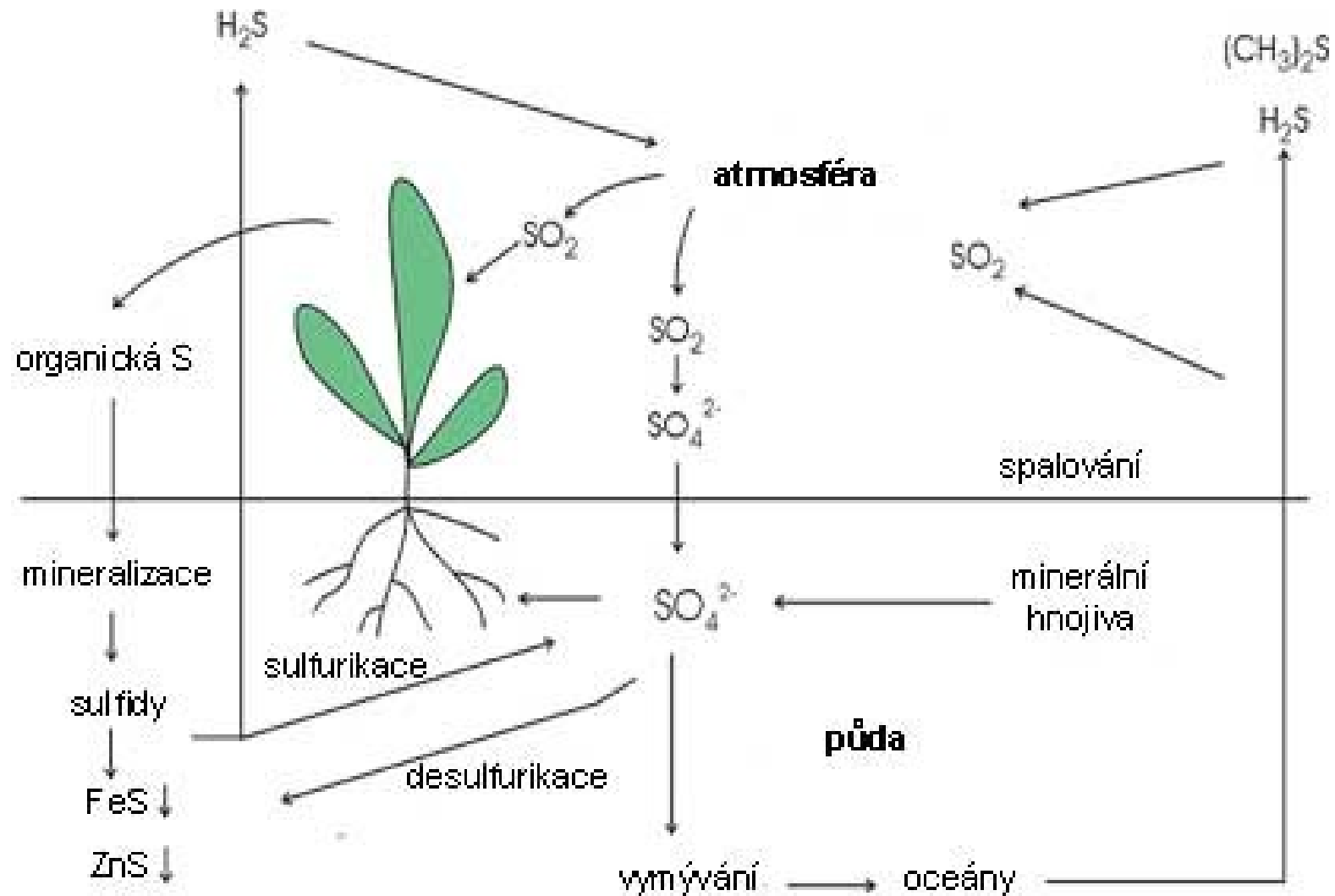
Z nejhoršího by rybníků s nadměrným množstvím živin mohli pomoci rybáři, ale namísto toho rybníky dále hnojí a přerybňují
Licence | Volné dílo (public domain)
Foto | svajcr / [Wikimedia Commons](#)

„Základním kamenem úrazu je nekontrolované množství odpadních vod v potocích, se kterými do rybníků přitéká fosfor. A platí jednoduchý vztah: čím víc fosforu, tím větší problém,“ vysvětluje Daniel Fiala, hydrobiolog z



://www.eniscuola.net

Koloběh síry v přírodě (Delwiche, 1983)

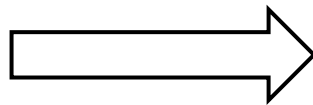


Ovlivnění cyklu síry činností člověka

spočívá zejména v **obrovském přísunu oxidů síry do ovzduší**. Vstup síry do globálního ekosystému se **činností člověka celkově zdvojnásobil**. Zvýšení je **nerovnoměrné – hlavně průmyslové oblasti**. V atmosféře vznikají kyseliny, pH klesá. O kyselém dešti hovoříme, když je pH srážkové vody pod 5,6. **Zaznamenáno i pH 2,1**. Kyselé deště způsobují i oxidy dusíku, síra však stále „vede“.

Důsledky:

- **přímé poškození organismů** (např. vymizení lišejníků, úhyn stromů, dýchací obtíže),
- **Acidifikace půdy** (vyplavení živin se sorpčního komplexu) i vod (úhyn ryb, ústup vod a mokřadů s neutrálním pH apod.)



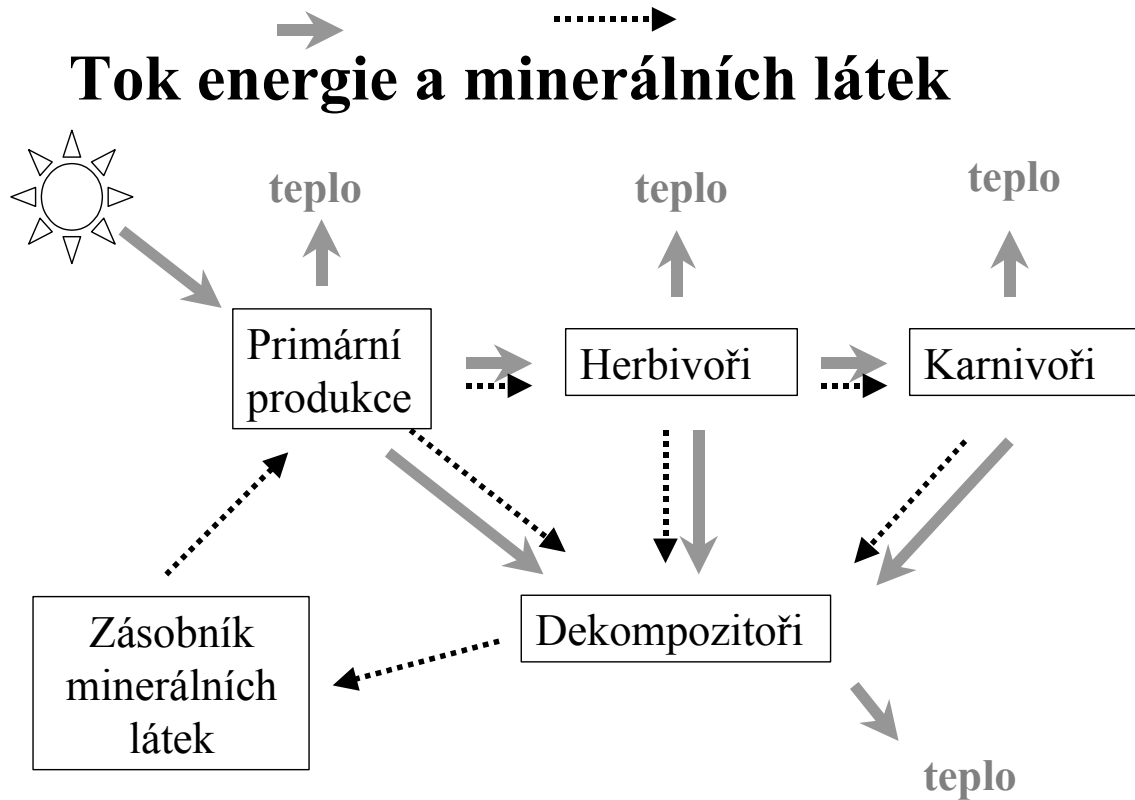
<http://lichenportal.org>



imisní holiny



Tok energie a živin



Energie nemůže být opakovaně použita, živiny ano.

Živou hmotu tvoří voda (5%) a organické sloučeniny uhlíku (95%). **V organických sloučeninách uhlíku se ukládá a akumuluje energie. Při oxidaci uhlíkatých látek CO_2 se energie ztrácí. Velká část energie se ztrácí teplem – to může být využito jen na regulaci tělesné teploty, do ostatních procesů již nevstupuje a uniká z ekosystému. Naproti tomu CO_2 může být znovu využit pro fotosyntézu.**

Energie se do ekosystému dodává neustálým slunečním svitem (sluneční konstanta).

Chemické látky se na rozdíl od energie mohou recyklovat. Kdyby se nerecyklovaly, jejich zásoba by se brzy vyčerpala a život by zanikl. **Recyklaci chemických látek zajišťují heterotrofní organismy.**

Bilance živin v terestrických ekosystémech

Vstupy:

- zvětrávání matečné horniny – půda
- vstup CO₂ z atmosféry
- spad živin (mokrý a suchý depozice)
- fixace dusíku
- splachy vodou

Výstupy:

- uvolňování do atmosféry (C – respirace, N – denitrifikace, rozklad, požár)
- vyplavení do povrchových a podzemních vod
- export živin pastvou, kosením, těžbou



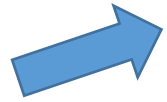
Jeden ze způsobů exportu živin z ekosystému louky

Eutrofní ekosystémy: bohaté živinami (N, P, K); převládá několik C-strategů

Mezotrofní ekosystémy: středně bohaté živinami

Oligotrofní ekosystémy: chudé živinami

Eutrofizace terestrických ekosystémů



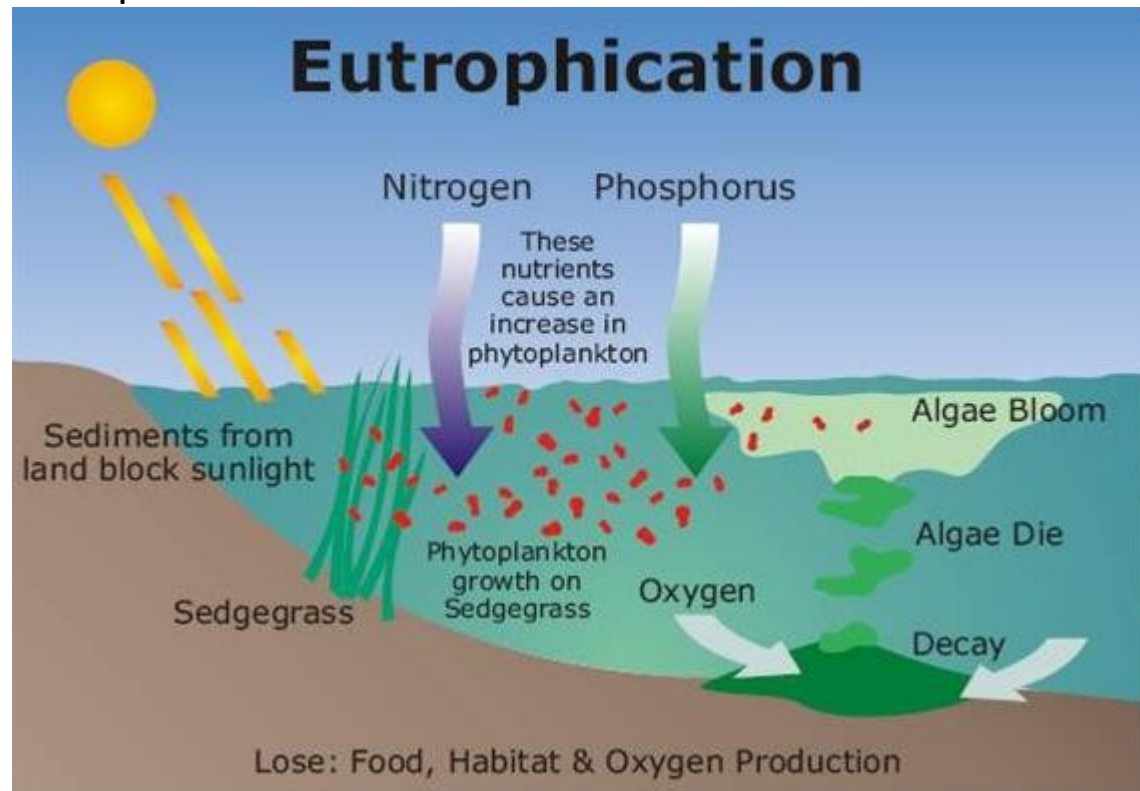
Bilance živin ve vodních ekosystémech

Vstupy:

- přitékající vodní toky
- depozice
- fixace
- splachy

Výstupy:

- odtékající vodní toky
- sedimentace
- živočichové opouštějí vodu
- plynný únik



Typy vod podle úživnosti (trofie): shrnutí

oligotrofní: chudé N, P, K. **Malá produktivita = málo řas, řídká vegetace** (parožnatky), **dobrá průhlednost**. Extrémně neúživné vody se označují jako **ultraoligotrofní**.

mezotrofní: mírně zvýšené množství živin, bujnější, druhově bohatší vegetace

eutrofní: **hodně živin, velká produktivita** (hlavně řasy a sinice – *vodní květ*), nedostatek kyslíku (v noci, kdy řasy dýchají), toxiny sinic živinami bohaté až toxické sedimenty. Vyšší stupně eutrofie se označují **polytrofie** a **hypertrofie**.

dystrofní: ultraoligotrofní voda, která **je kyselá a zakalená (neprůhledná)**. Zakalení způsobují **huminové kyseliny** (rozpuštěný organický uhlík). Ohrožené, s řadou vzácných druhů (rašeliništní jezírka).

Děkuji za pozornost !