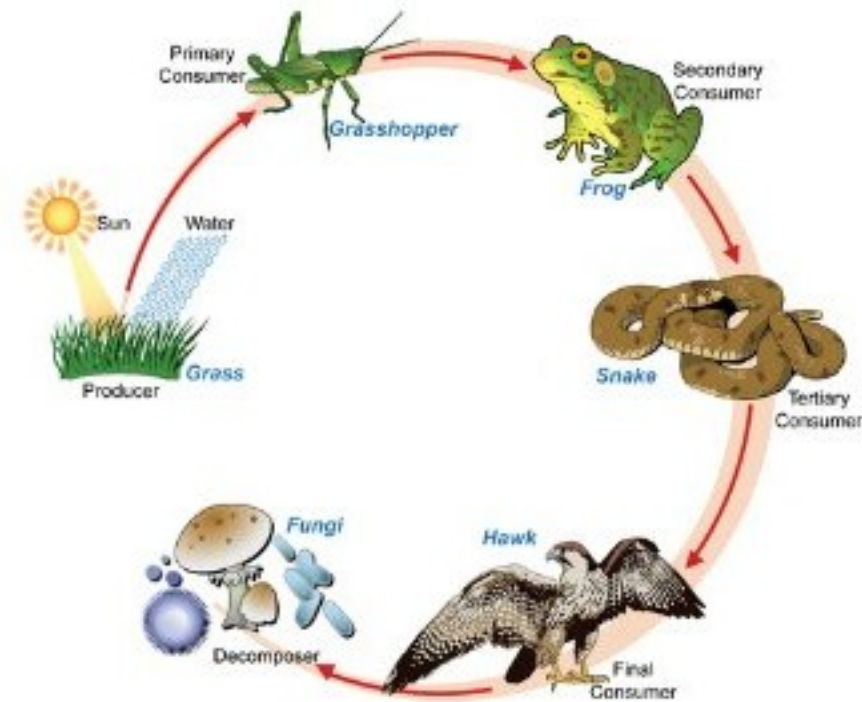


# Ekosystémy





**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

Přísnější 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 ....~~

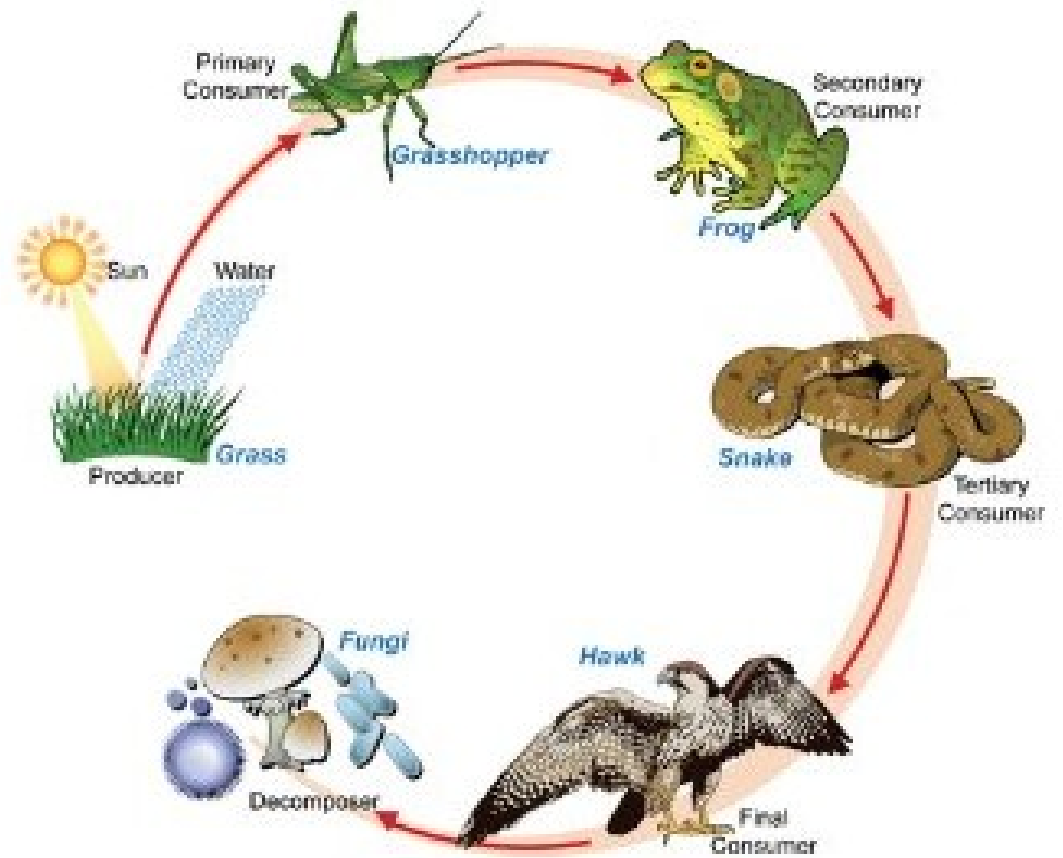
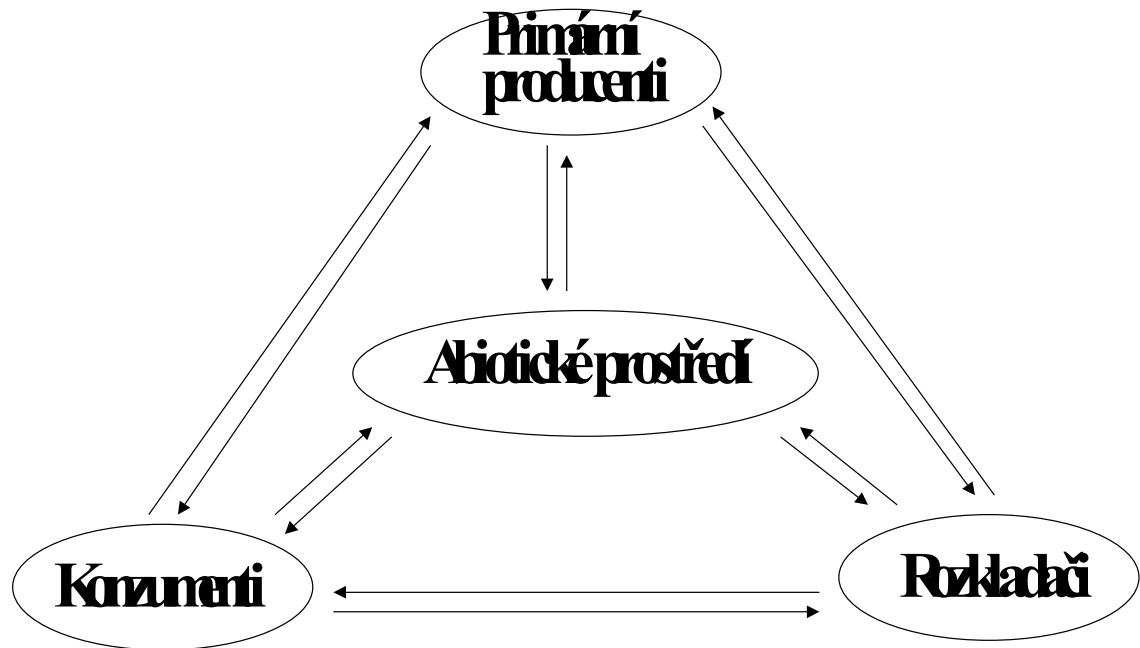
~~.... ekosystém  
pravcových médií v  
USA ...“~~



Mesocosm = experimentální ekosystém?

Ekosystémové experimenty ale někdy probíhají v systémech s dodatkovou energií







# 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).





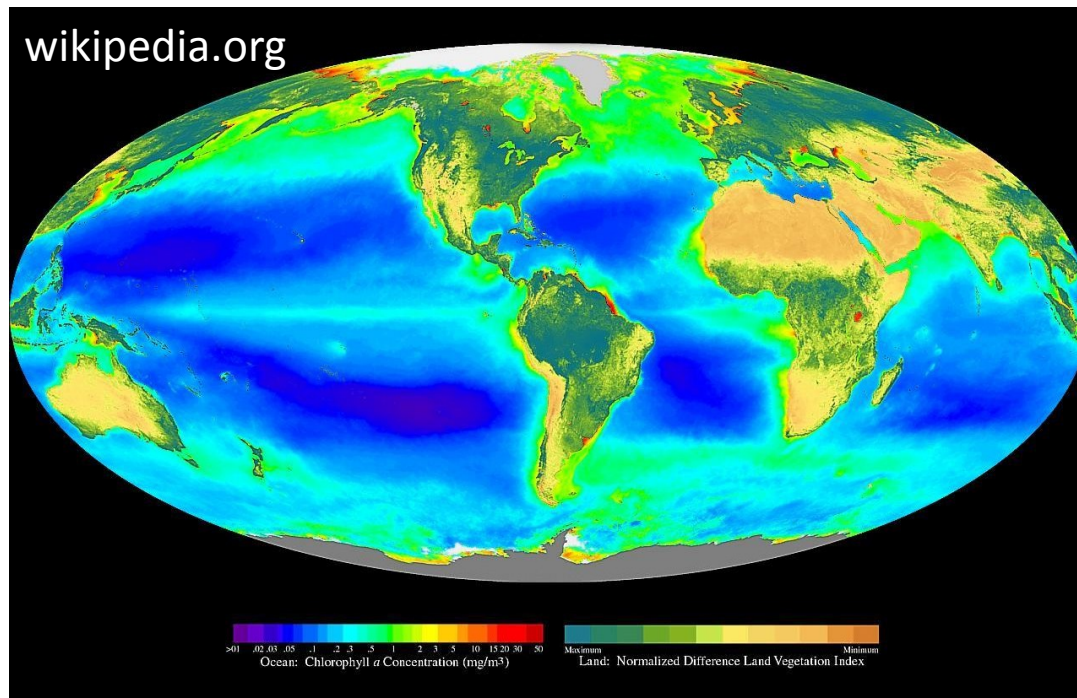
# Primární produktivita a její ovlivnění faktory prostředí

Je množství organického materiálu (biomasy) vytvořené rostlinami za určitý čas (např. g/m<sup>2</sup>/rok). Rostliny poutají CO<sub>2</sub> 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*



## Primární produktivita závisí na:

- množství zdrojů: sluneční světlo,  $\text{CO}_2$ , voda, půdní živiny
  - rychlosti a účinnosti fotosyntézy: ovlivněno teplem a fotosyntetickou strategií rostliny (C4 rostliny).

### Kritické faktory omezující PP:

- nedostatek FAR (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.





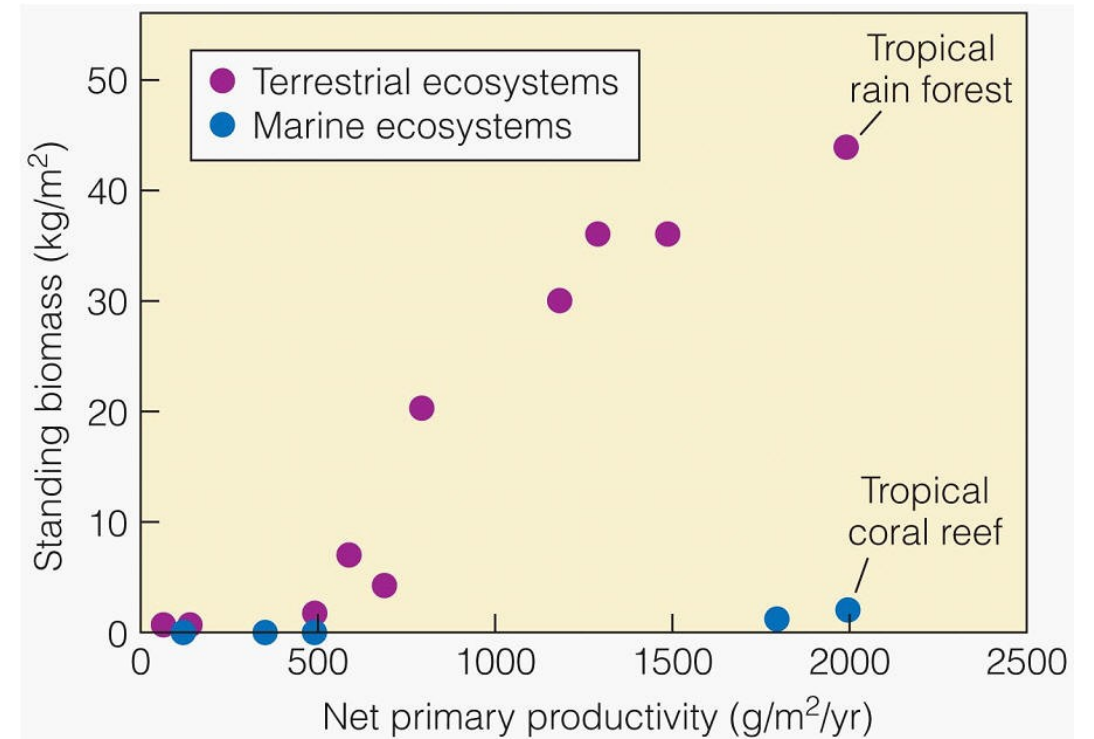
# Vztah biomasa-produktivita

**Tundra, poušť:** malá produktivita na středně velkou biomasu



<http://treakb.com>

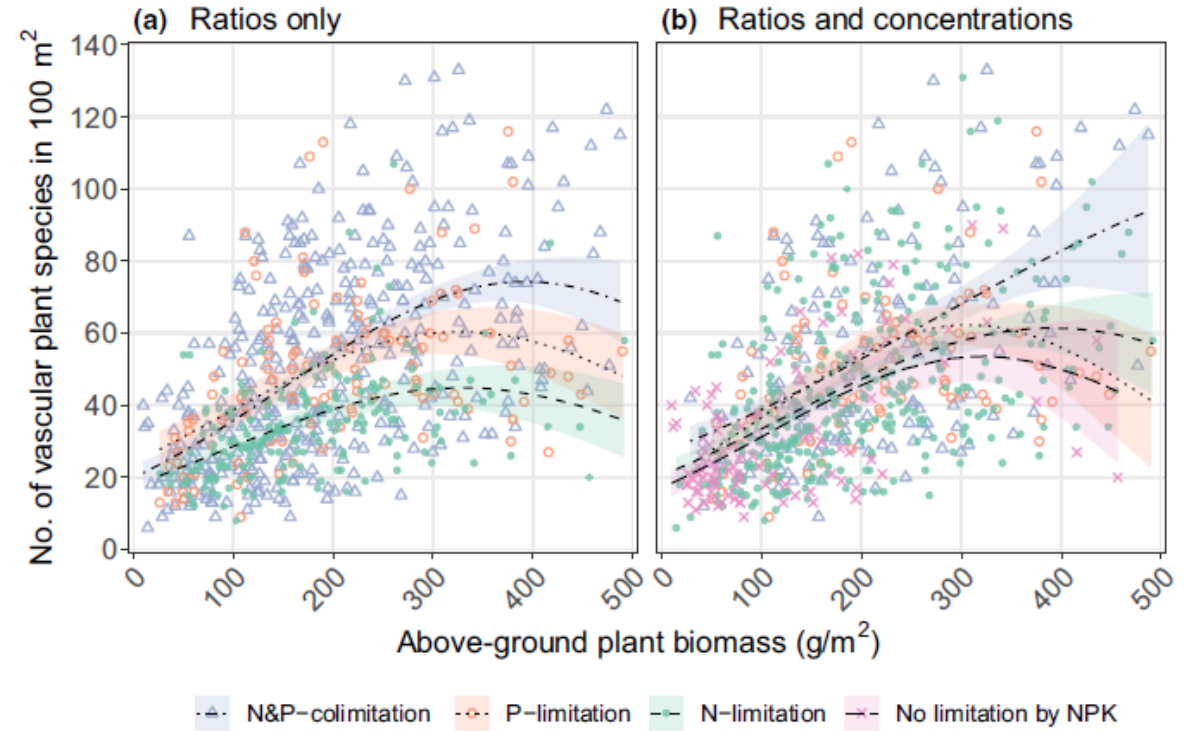
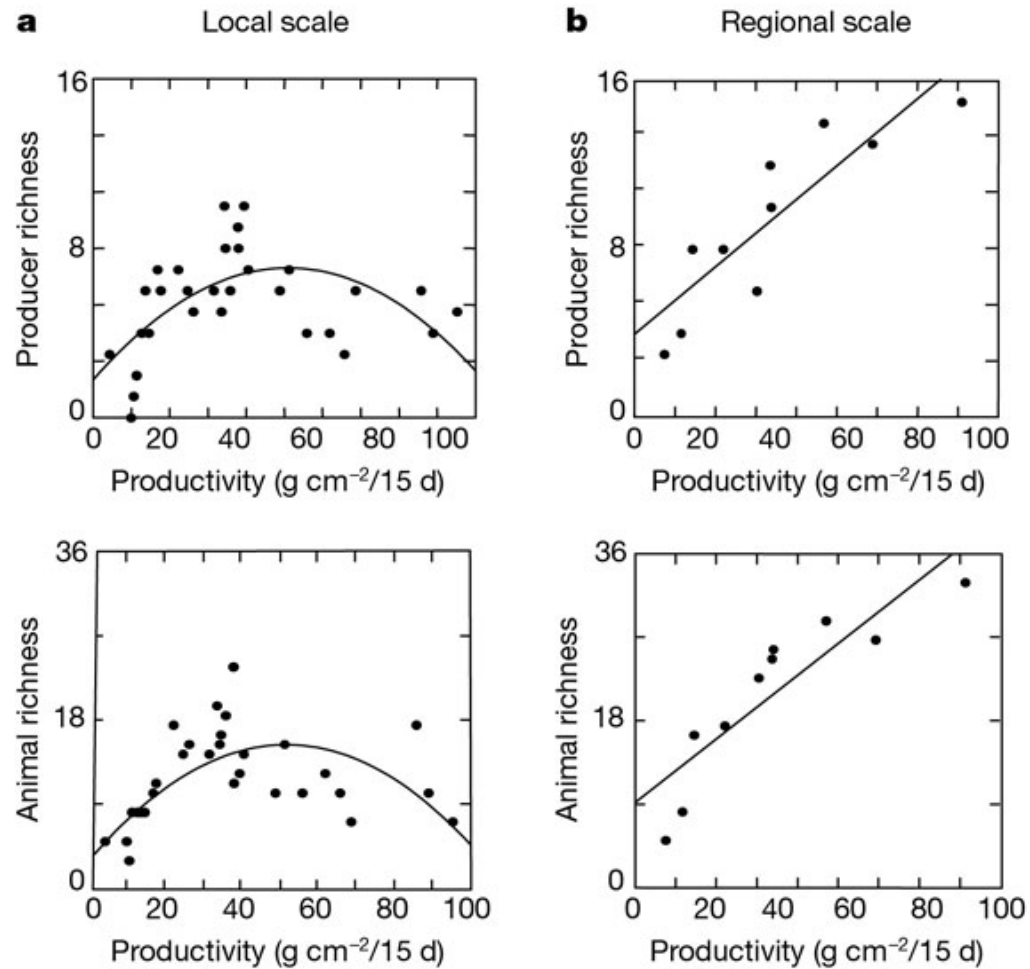
**Mořské ekosystémy:** středně velká produktivita na málo okamžité biomasy (0-0,02 kg/m<sup>2</sup>)



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



# Produktivita a diverzita



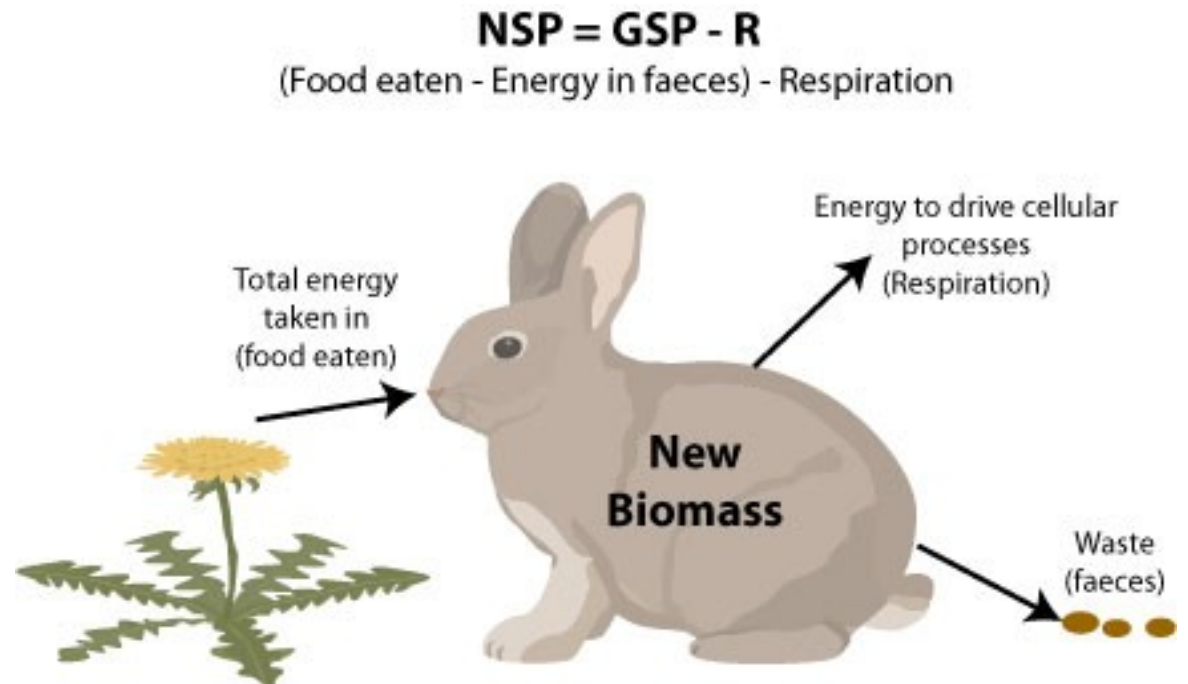
## Sekundární produktivita

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).





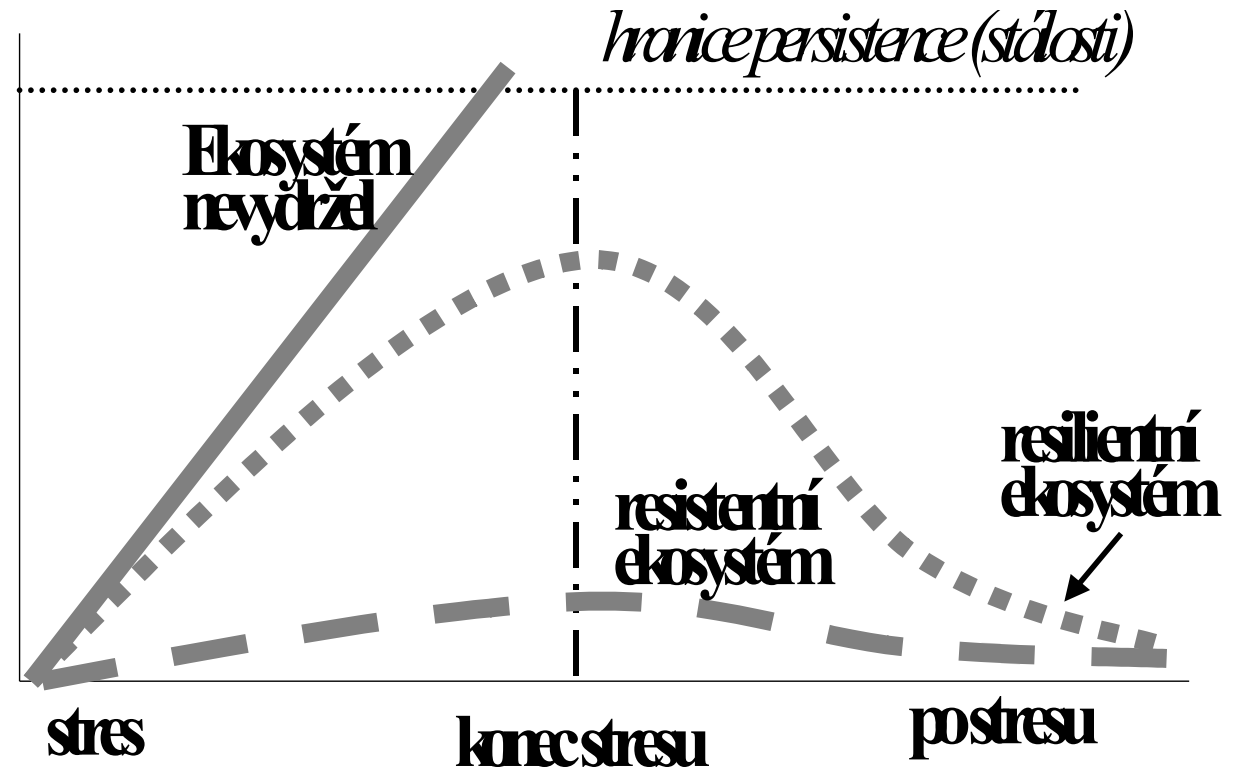
# Stabilita ekosystémů

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 / Perturbace:** 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



**Perturbace:**

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](http://weissova.blog.sme.sk)





# Klíčové druhy a ekosystémoví inženýři

Druh, jehož význam pro fungování ekosystému a utváření vztahů v něm je větší než by odpovídalo jeho abundanci, se nazývá v ekologii **klíčový druh** (*keystone species*): například vrcholový predátor. Klíčový druh může zároveň být **ekosystémový inženýr** (*ecosystem engineer*; na obrázcích), pokud i vytváří strukturu ekosystému tím, že podmiňuje, přeměňuje, udržuje nebo ničí prostředí jiných druhů nebo mění strukturu (dominanty) společenstva. Ekosystémoví inženýři se využívají při obnově ekosystémů (*restoration ecology*).

chaluha, korál: vytváří kelpy a korálové útesy



bobř: vytváří vodní nádrže



rašeliník: acidifikuje, vyplňuje prostor (kompetuje)



leguminóza : díky symbióze s bakteriemi poutá vzdušný dusík, tím facilituje sukcesi



rostlinný poloparazit: potlačuje dominantní druhy, zejména trávy

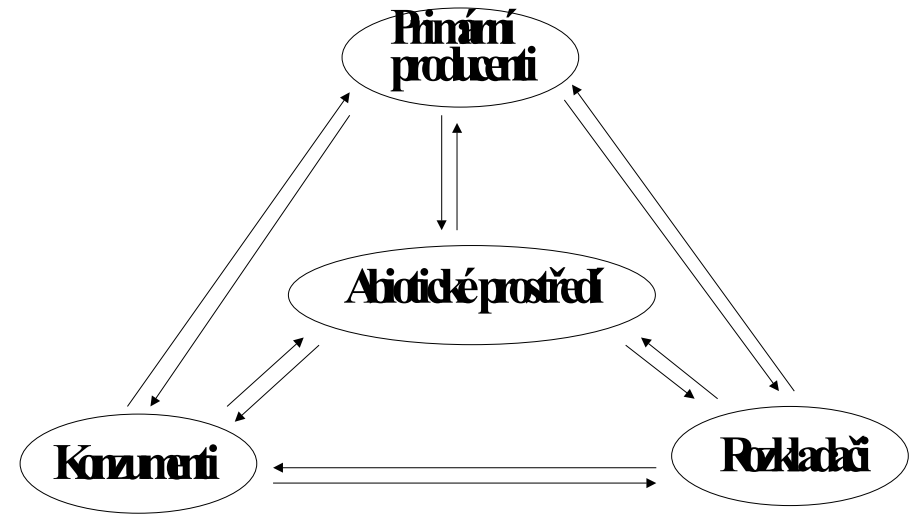




# Toky energie v potravních řetězcích

Trofické úrovně společenstva:

- primární producenti
- konzumenti
- predátoři

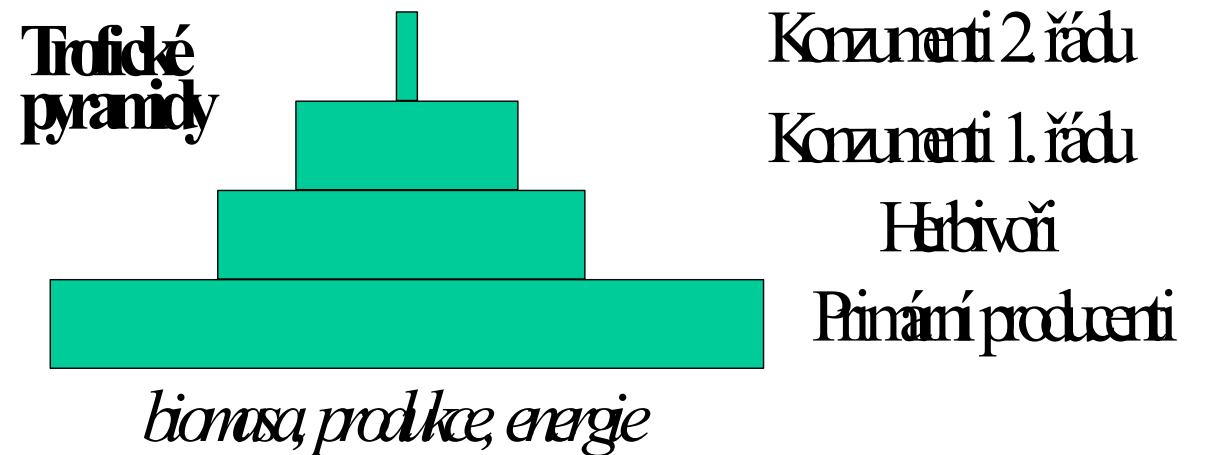


## pastevně-kořistnický potravní

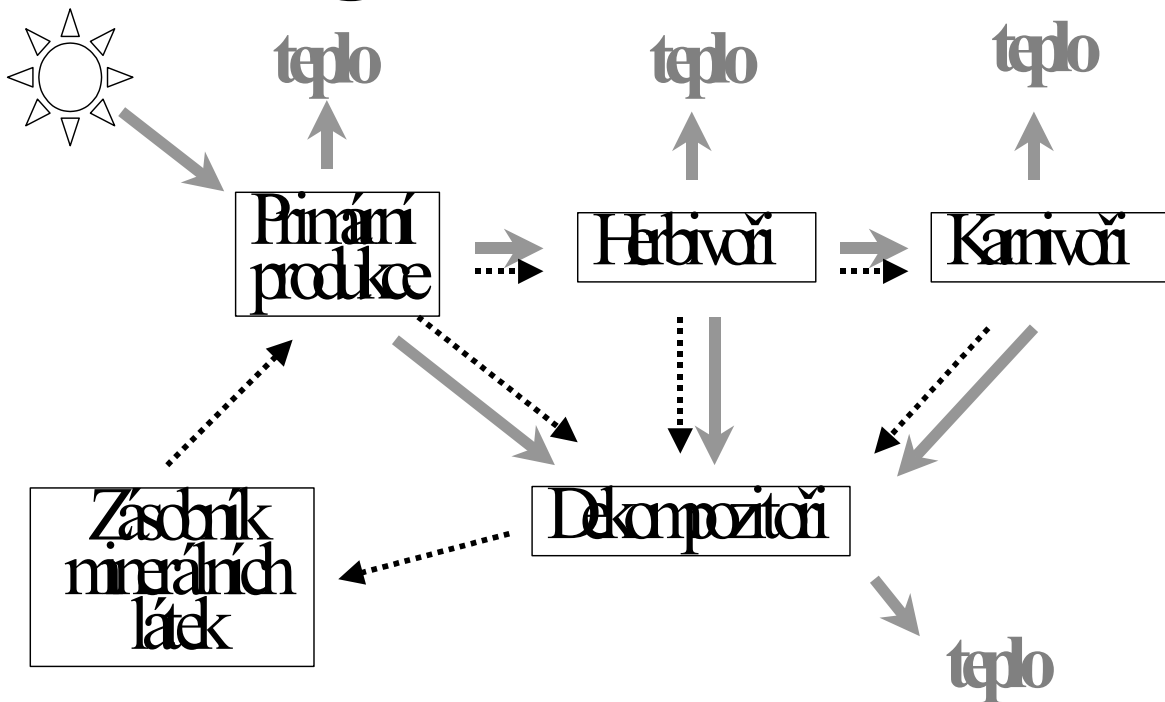
**řetězec** začíná zelenou hmotou a pokračuje přes konzumenty 1. řádu k predátorům.

## detritový potravní řetězec

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



# Tok energie a minerálních látek



**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  $\text{CO}_2$  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  $\text{CO}_2$  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 nerecyklovali, 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 CO<sub>2</sub> z atmosféry
- spad živin (mokrý a suchá 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

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

**Mezotrofní ekosystémy:** středně bohaté živinami

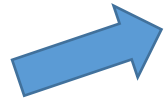
**Oligotrofní ekosystémy:** chudé živinami



Jeden ze způsobů exportu živin z ekosystému louky



# Eutrofizace terestrických ekosystémů





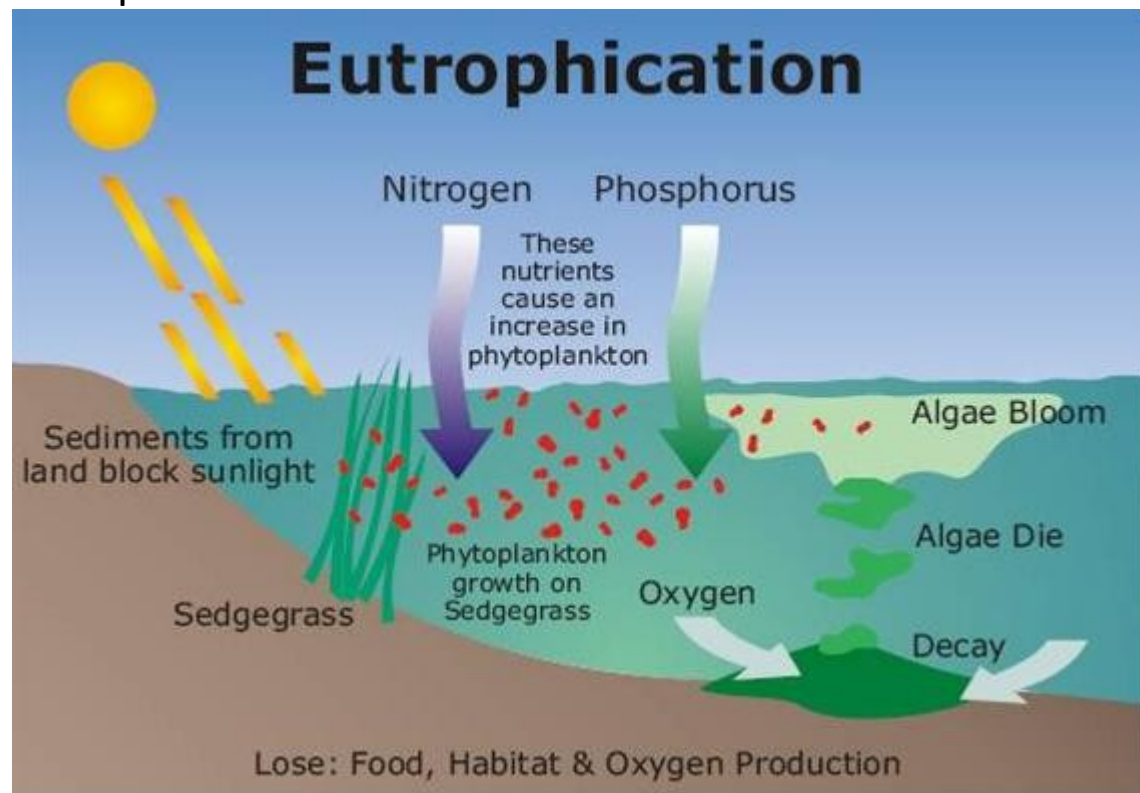
## Bilance živin ve vodních ekosystémech

### Vstupy:

- přitékající vodní toky
- depozice
- fixace
- splachy

### Výstupy:

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



# Globální biogeochemické cykly: uhlík (carboneum; C)

Horké současné téma věd o Zemi a ekosystémové ekologie kvůli bezprecedentnímu antropogennímu nárůstu koncentrace  $\text{CO}_2$  v atmosféře s důsledky v podobně klimatických změn: viz poslední přednáška tohoto kurzu (*Ekologie globální změny*).

## Pomalý cyklus – geologická škála

100-200 milionů let / 1 oběh atomu uhlíku; studuje jej geologie

fosilní paliva

zdroj cementu



### uhlí, ropa, zemní plyn

vznikly fotosyntézou: jde o zbytky rostlin; jejich uhlík byl kdysi v atmosféře

**vápenec** ze zbytků schránek živočichů: vznikl při sekundární produkci, C se do schránek dostal z organických látek vzniklých fotosyntézou

**vápenec** vzniklý reakcí vápníku s  $\text{HCO}_3^-$  v moři; do moře se Ca dostal řekami a je produkt zvětvávání hornin. C má různý původ: ze vzduchu (disoluce), z hornin zemské kůry nebo i z půdního org. uhlíku (tedy taky z fotosyntézy)

z geologických vrstev se do atmosféry uhlík přirozeně vracel jen díky sopkám, v moři i rozpouštěním a vzestupným prouděním.



# Rychlý cyklus – tady a teď

jednotky až tisíce let; předmět studia ekosystémové ekologie

## Koloběh uhlíku

Primární  
produkce

odebírání CO<sub>2</sub> z atmosféry  
fotosyntézou; vytváří  
organické látky

Zasobník  
(CO<sub>2</sub>)

Konzumenti

Dekompozitori

když rozklad neproběhne nebo  
se nedokončí, uhlík vstupuje do  
dlouhého cyklu



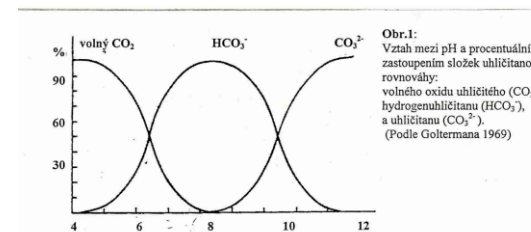
Když do rychlého cyklu přidáme uhlík  
spalováním fosilních paliv a výrobou  
cementu (tj. dlouhý cyklus urychlíme  
o miliony let), zásoba uhlíku v každé  
složce ekosystému, včetně vzduchu,  
se zvětší, i kdyby se s rychlým cyklem  
vůbec nic nedělo.

rozklad trvá různě dlouho: pár  
týdnů nebo pár tisíc let, záleží na  
podmínkách prostředí a  
vlastnostech rozkládaného  
materiálu: tyto rozdíly jsou  
klíčové!

Kolik je kde na Zemi uhlíku, který by mohl cyklit v rychlém nebo pomalém cyklu?  
Kolik uhlíku jsme spalováním fosilních paliv a výrobou cementu do koloběhu přidali?

## Geologické vrstvy

Geologické vrstvy (bez fosilních paliv): 65 000 000 GtC  
Oceánské sedimenty: 1 800 GtC (?časovaná bomba - metan)  
Fosilní paliva (zásoby): 905 GtC



**Rozpuštěný anorganický uhlík ve vodě (zejména HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>):** 37 000 GtC (? časovaná bomba-CO<sub>2</sub>)

## Ekosystémy (celkem 4250 GtC)

Uhlík v půdě (**SOC\***: humus, rašelina, uhlíky; **SIC\*\***): 1700 GtC  
Permafrost (tajga, tundra): 1400 GtC  
Vodní ekosystémy (hlavně **DOC**) : 700 GtC  
Vegetace: 450 GtC

**! Klíčová role ekosystémových procesů: produkce, dekompozice**

## Co je teď navíc v rychlém cyklu oproti předindustriální éře

Přidali jsme spalováním fosilních paliv: 465 GtC

\* z toho 600 GtC v rašelině; rychle se přesouvá do atmosféry destrukcí tohoto ekosystému.

\*\* zejména uhličitanu (uhličitan vápenatý); rozpouští se do vody, může putovat do jeskyní, pěnoveců a travertinů, moří a jezer

**Ale uhlíku přidáváme do atmosféry nejen spalováním fosilních paliv, ale i destrukci ekosystémů a změnami využívání krajiny: oblasti, které by dřív uhlík v rychlém koloběhu na nějaký čas poutali, jej teď emitují.**

- odvodnění rašelinišť: uvolnění uhlíku vázaného v rašelině
- kácení pralesů: uvolnění uhlíku vázaného v biomase
- intenzivní zemědělství (méně humusu v půdě)
- spad dusíku, **eutrofizace**: rychlejší dekompozice a mineralizace organické hmoty – uvolňování CO<sub>2</sub> z půdního uhlíku v humusu



**Zpětné vazby mezi oteplováním, a dalším uvolňováním CO<sub>2</sub> z ekosystémů:**

- uvolňování metanu při tání permafrostu
- uvolňování metanu ze dna moří při změně stratifikace vody
- zvýšená dekompozice rašeliny a humusu

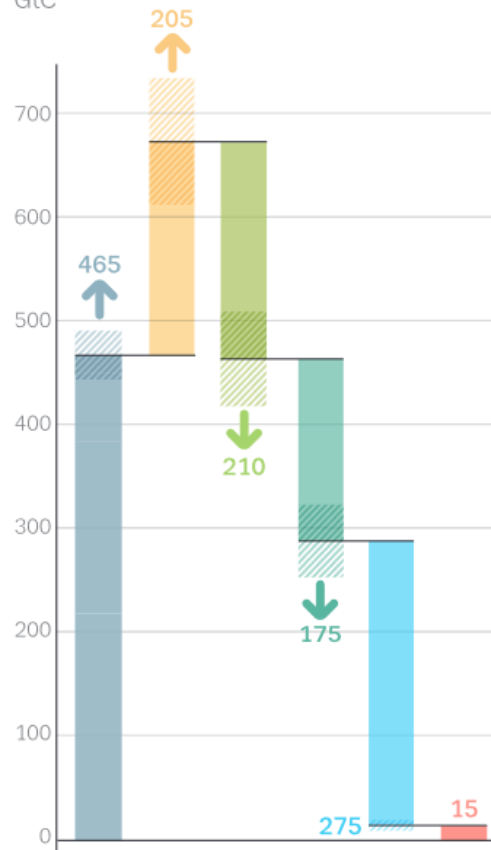




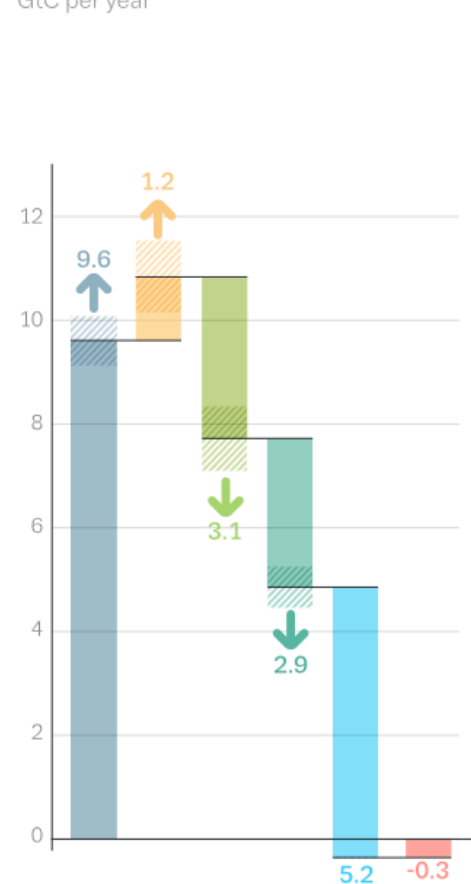
# Kolik CO<sub>2</sub> jsme tedy emitovali do atmosféry a kolik kvůli nám emitovala krajina, tj. ekosystémy a agro(eko)systémy?

## Anthropogenic carbon flows

Cumulative changes 1850-2021  
GtC



Mean fluxes 2012-2021  
GtC per year



↑ Fossil CO<sub>2</sub> E<sub>FOS</sub>      ↓ Land uptake S<sub>LAND</sub>      + Atmospheric increase G<sub>ATM</sub>  
↑ Land-use change E<sub>LUC</sub>      ↓ Ocean uptake S<sub>OCEAN</sub>      ▨ Uncertainty values  
▨ Budget imbalance B<sub>IM</sub>

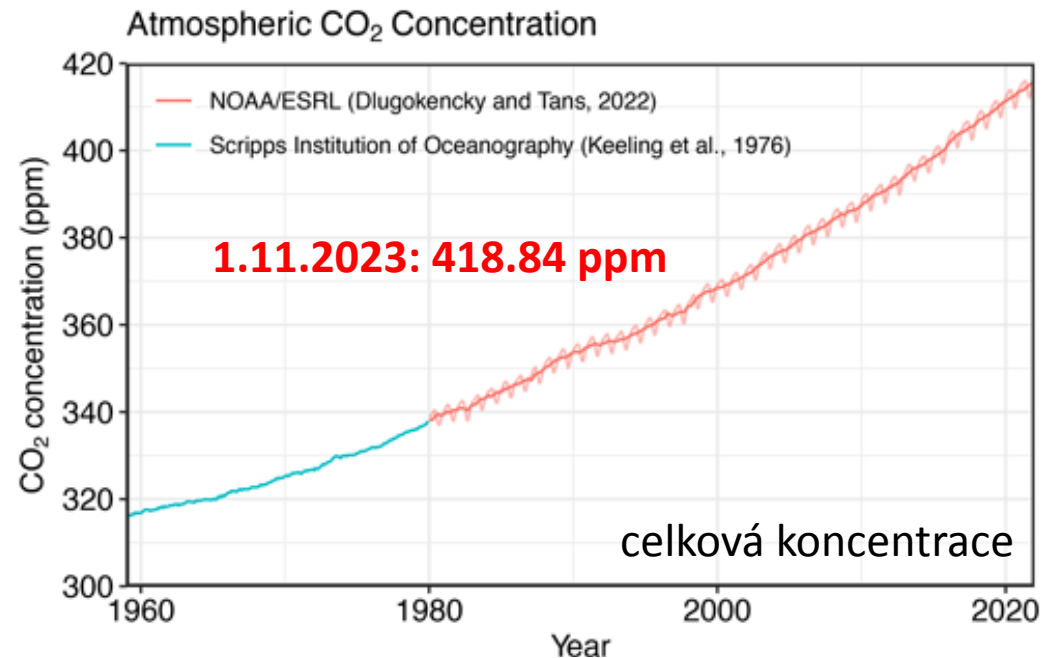
K 465 GtC spalováním fosilních paliv jsme ještě přidali 205 GtC díky destrukci ekosystémů.

V součtu tedy 670 GtC, z toho ekosystémy dokázaly absorbovat (fotosyntézou a uložením do SOC / DOC) jen 385 GtC (za cenu jejich acidifikace nebo zvýšení produktivity, které tuto jejich schopnost snižují); zbylých 275 GtC způsobilo navýšení CO<sub>2</sub> v atmosféře.

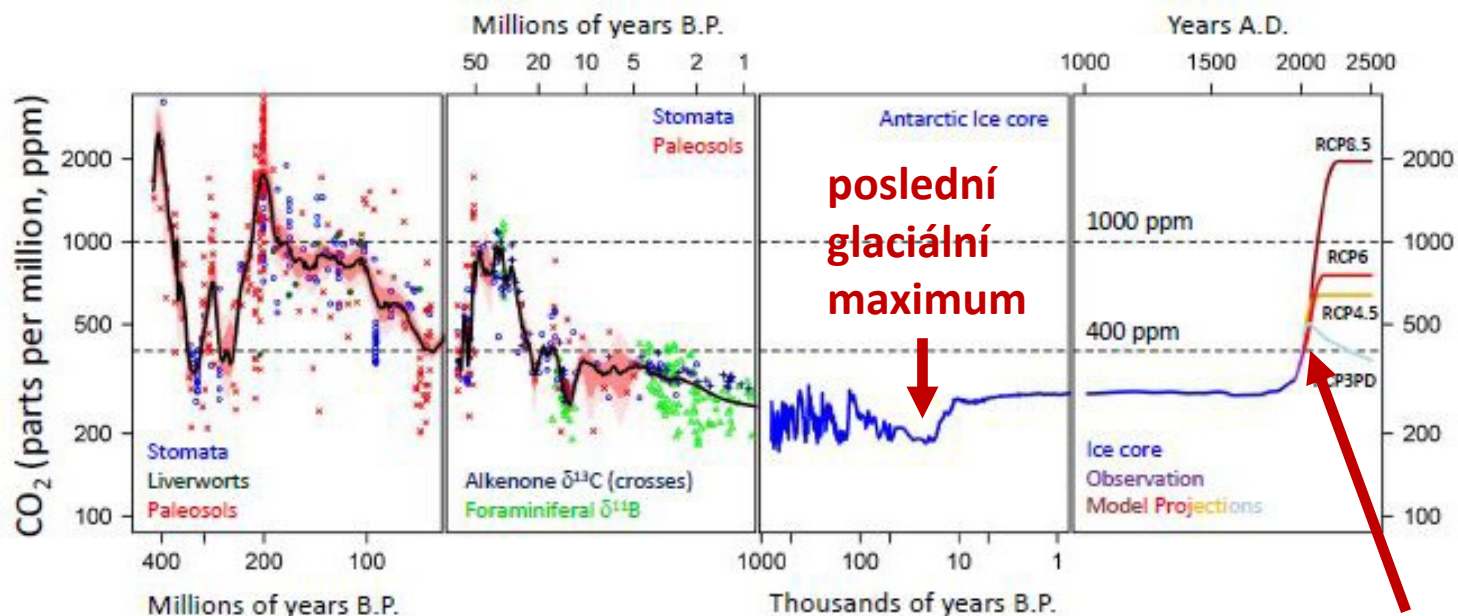
Role spalování fosilních paliv ale v současnosti roste (pravý graf) a vysvětluje 87% nárůstu CO<sub>2</sub> v atmosféře.

*Global Carbon Budget 2022  
Earth System Science Data*

Současný nárůst CO<sub>2</sub> v atmosféře: více než dvojnásobek oproti poslednímu glaciálnímu maximu, o ¼ víc než v roce 1960. Jsme na úrovni třetihorního období před ca 20 miliony lety. Podle scénářů vývoje emisí se můžeme dostat až na úroveň prvohor.

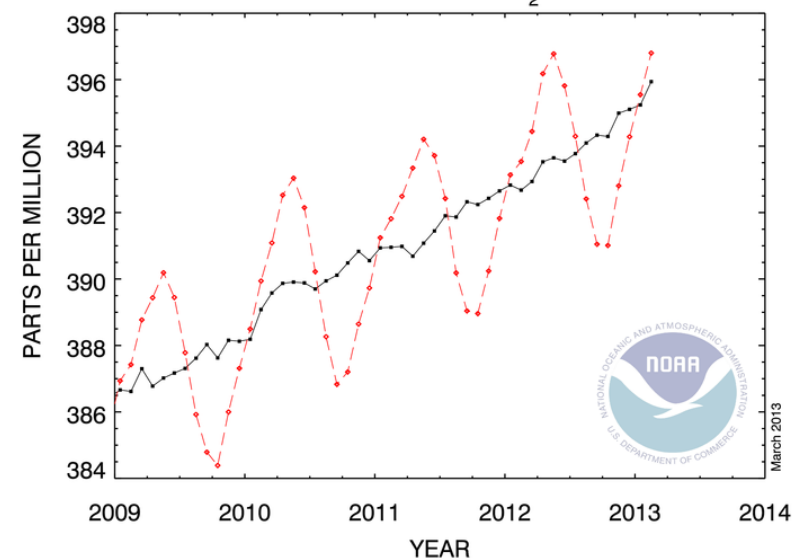


prvohory   druhohory   třetihory   čtvrtohory



dnes

RECENT MONTHLY MEAN CO<sub>2</sub> AT MAUNA LOA

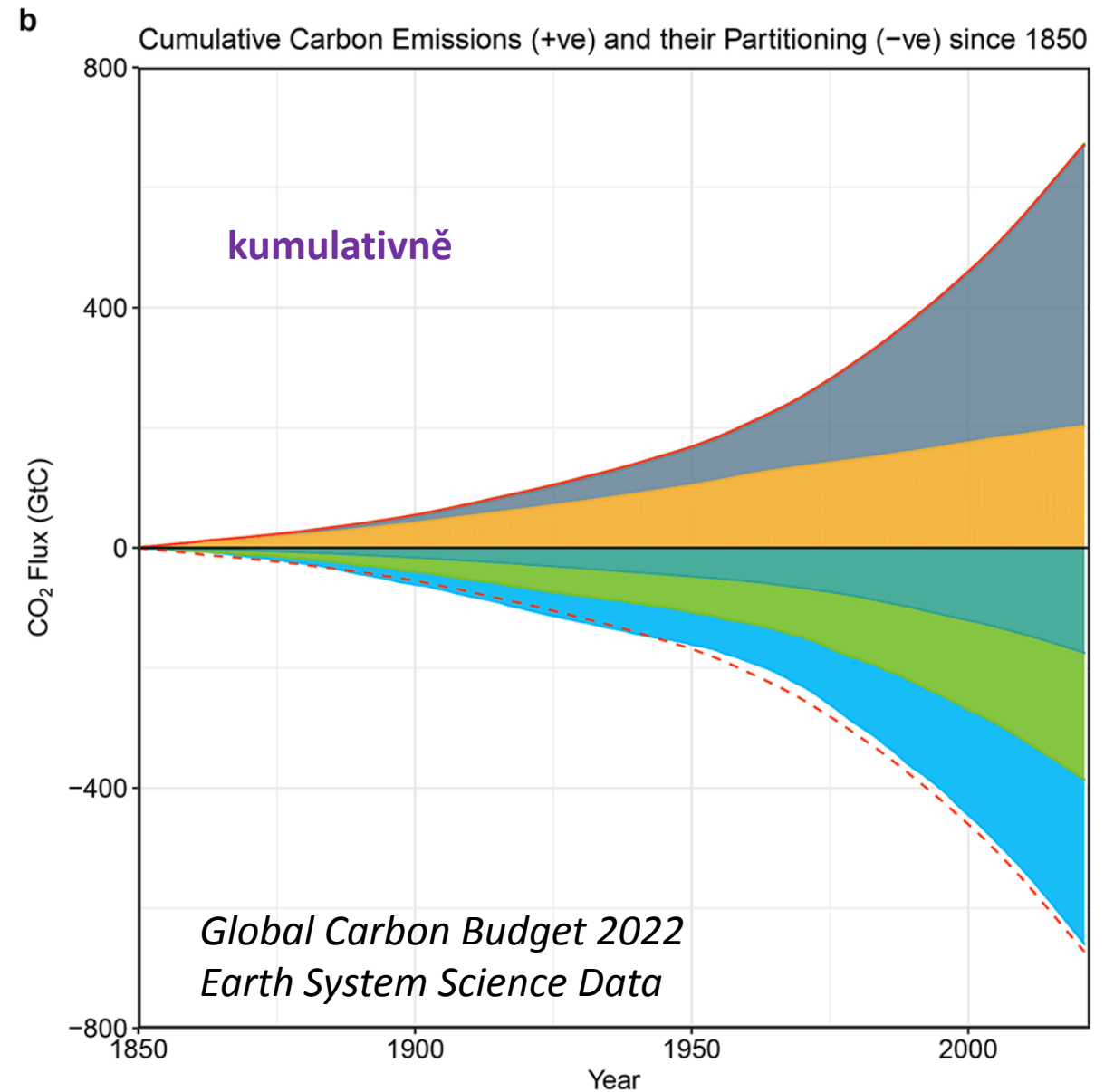
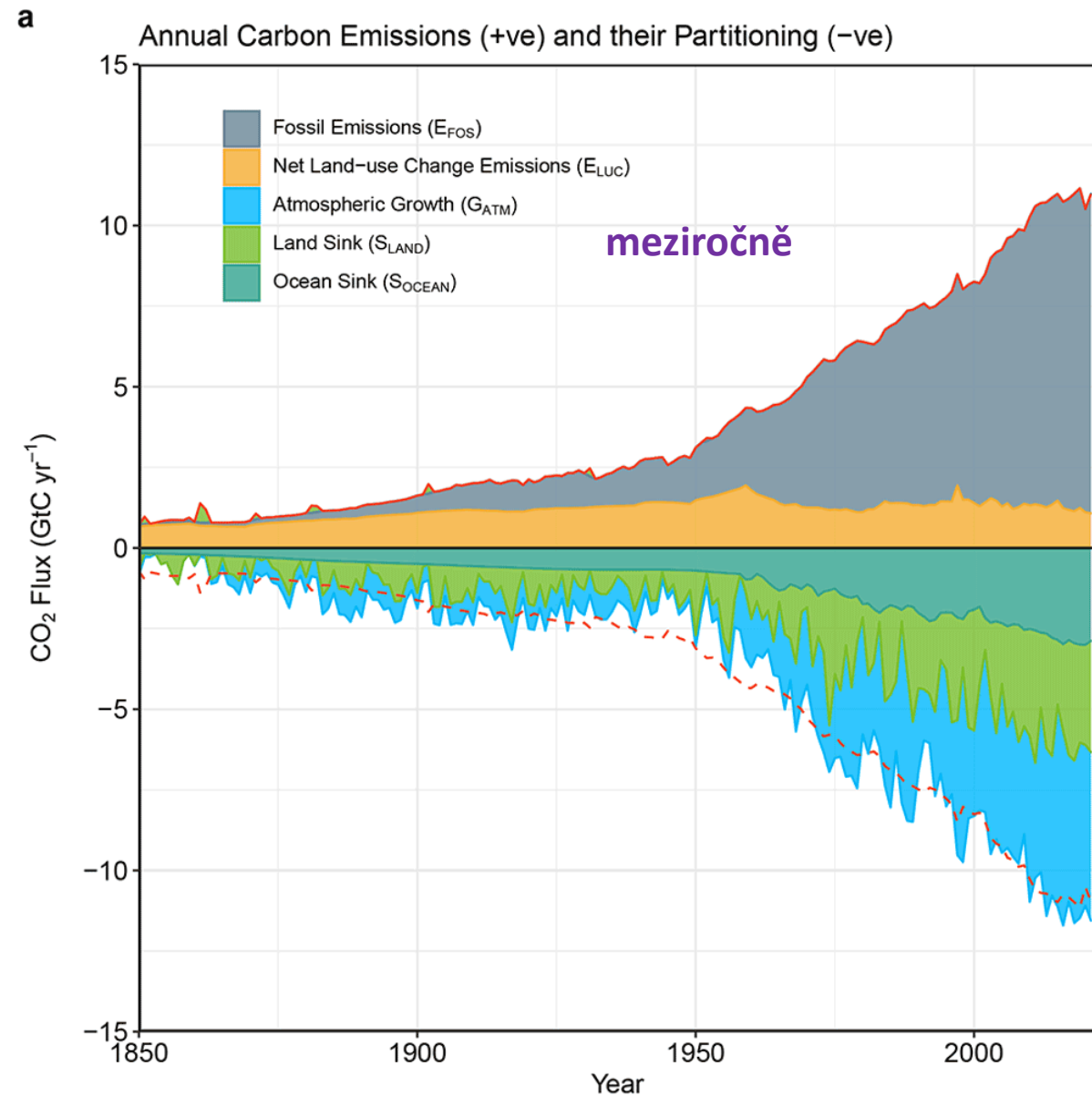


V geologické historii Země: Foster et al. 2017 *Nature Communications*

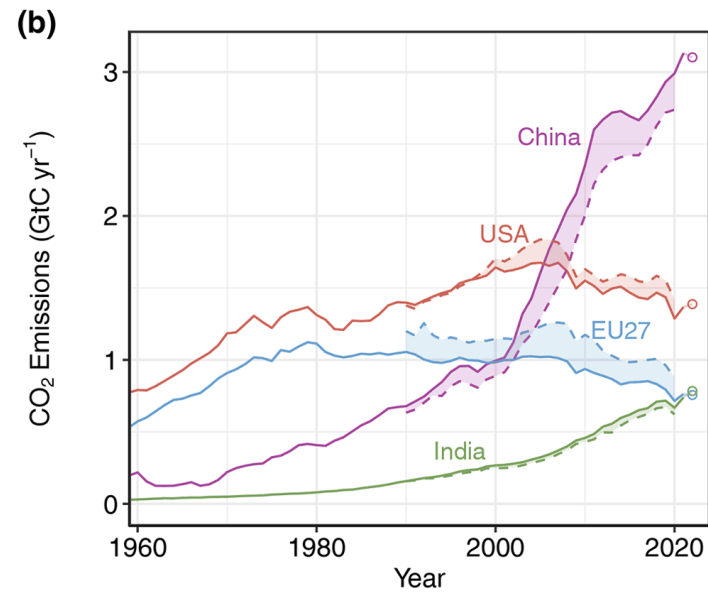
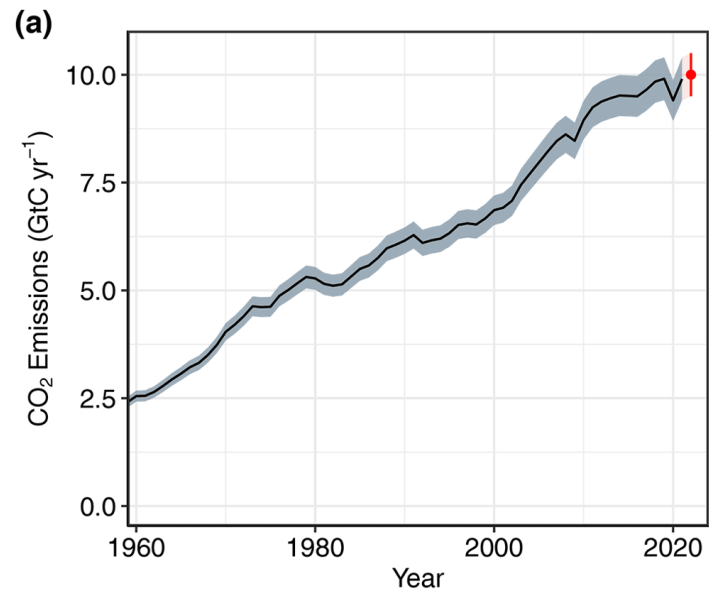
sezónní variabilita kvůli fotosyntéze



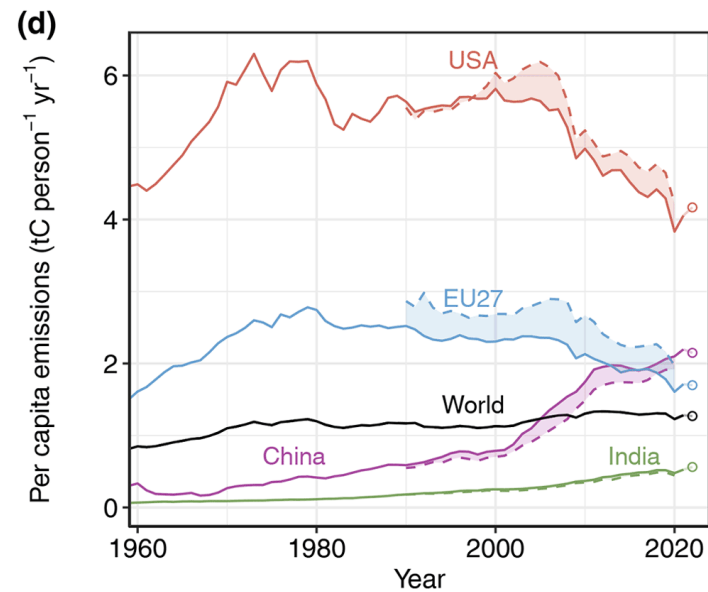
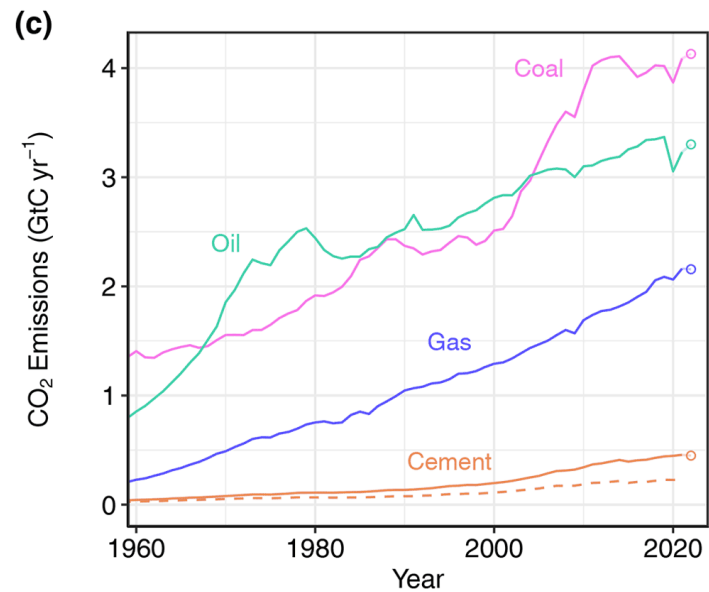
# Antropogenní emise CO<sub>2</sub> od roku 1850 a jak je zvládaly pohlcovat ekosystémy



## uhlí a ropa na špici



celkové emise: Čína vede, Indie se dotahuje: ale oni vyrábí i pro nás



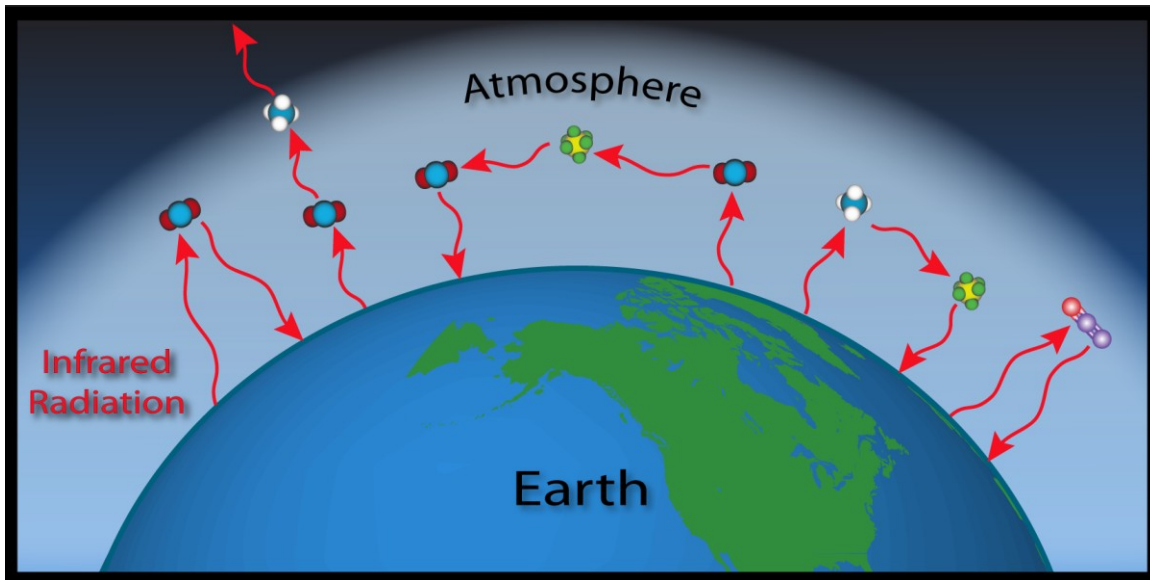
emise na jednoho obyvatele



## Důsledky zvýšené koncentrace CO<sub>2</sub>:

- **skleníkový efekt – změny klimatu**
- zdroj pro primární produkci (zejména C4 rostliny za předpokladu dostatku jiných zdrojů); při převisu uhlíku nad jinými živinami se mění biochemické složení biomasy (např. jiné složení dřeva; více cukrů) a poté se produkce zastaví (Liebigův zákon minima)
- 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 CH<sub>4</sub>:



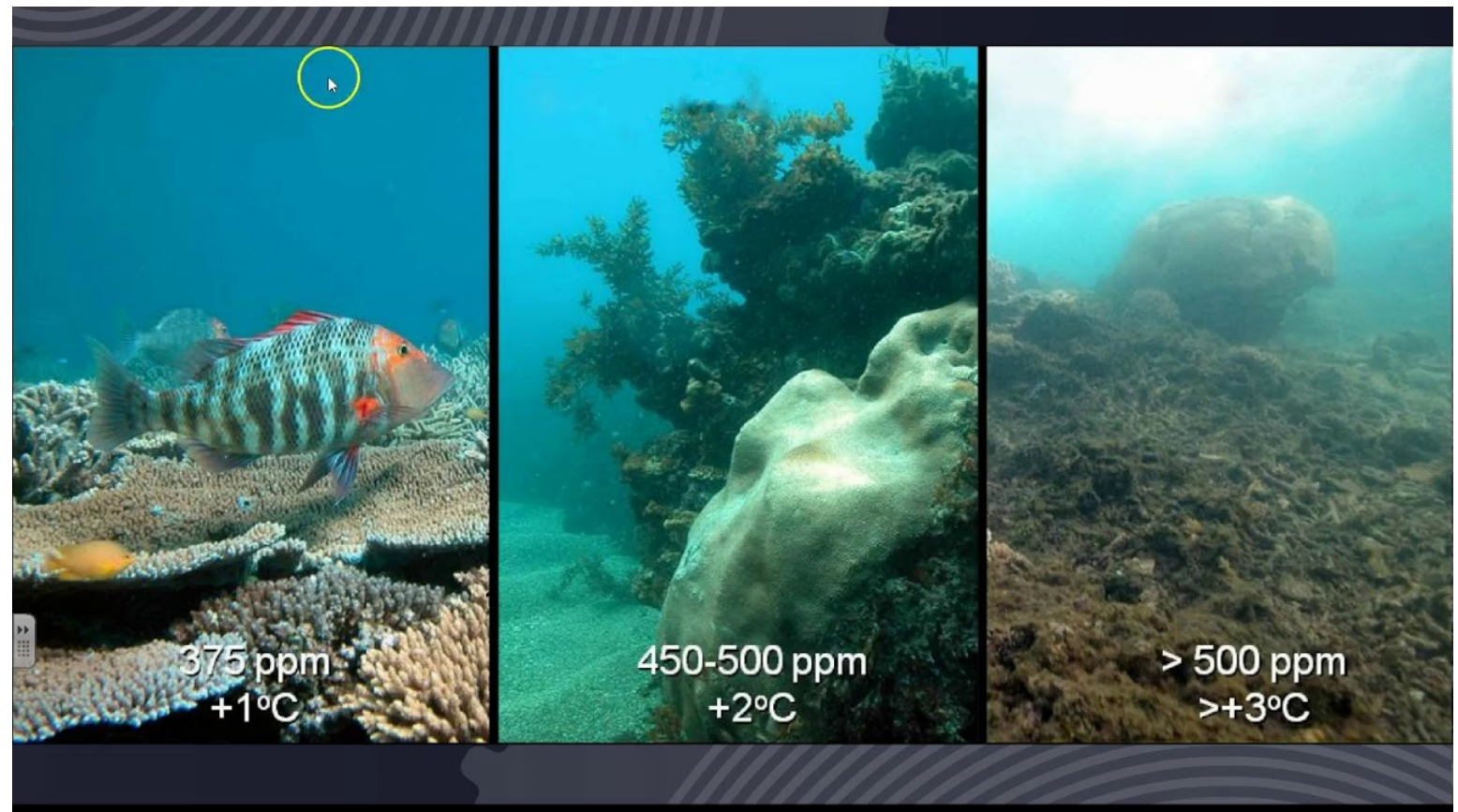
Tato australská poušť se zelená, jinde ale pouště vznikají



## Acidifikace oceánů

Vliv  $\text{CO}_2$  rozpouštěného ve vodě: oceány pohlcují velké množství nadbytečného  $\text{CO}_2$ , to je ale okyseluje (vzniká kyselina uhličitá  $\text{H}_2\text{CO}_3$  : viz *dissolved inorganic carbon*). Jde zčásti o abiotický proces (disoluce do vody), zčásti o biotický (fotosyntéza řas a pak rozklad jejich těl).

Spolu se znečištěním a oteplováním vody je příčinou zániku mořských ekosystémů, například korálových ostrovů.





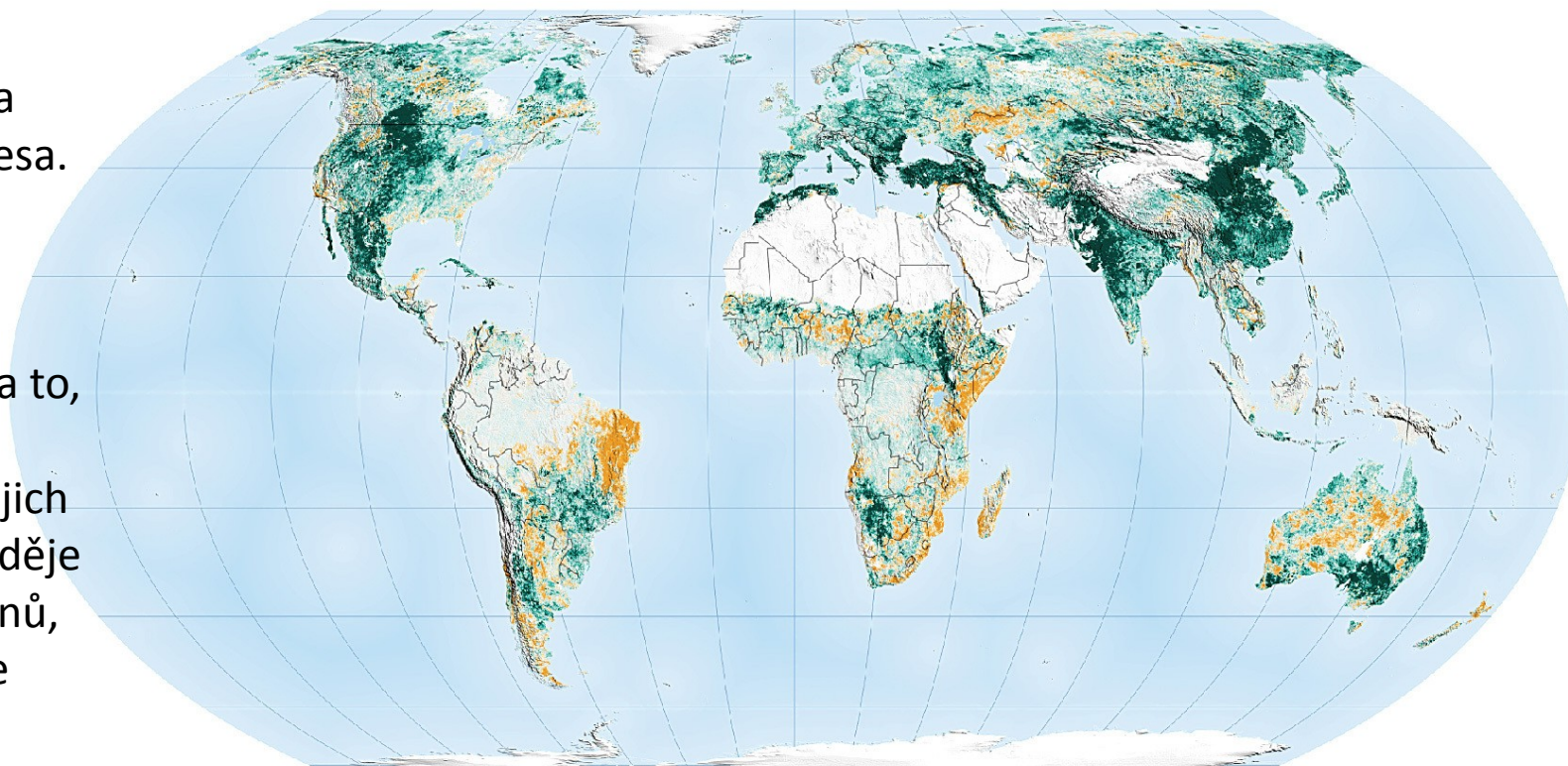
# Globální ozeleňování kvůli zvyšující se koncentraci CO<sub>2</sub>?

Oxid uhličitý zvyšuje produktivitu za předpoklady přístupnosti jiných zdrojů, hlavně vody.

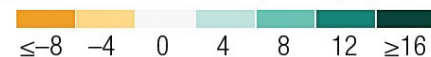
Jeho zvyšující se koncentrace ale sama může zlepšit hospodaření s vodou (regulace průduchů). V chladných oblastech (tundra) je vzrůst produktivity způsoben růstem teploty, a všude na Zemi i rostoucím množstvím dusíku v globálním cyklu.

Mezi lety 2000–2018 vzrostla celková listová plocha na Zemi o 5,4 milionu km<sup>2</sup>, což zhruba odpovídá současné ploše Amazonského pralesa. Čtyřiatřicet procent povrchu souše se prokazatelně ozelenilo.

Tento proces je do značné míry odpovědný za to, že ekosystémy do značné míry (ale ne úplně) dokázaly nadbytečné CO<sub>2</sub> pohlcovat – tato jejich schopnost se ale může vyčerpat. Navíc se to děje za cenu úbytku biodiverzity: acidifikace oceánů, zvýšení kompetice a s tím související expanze některých K-stratégů v terestrických ekosystémech.



nárůst či úbytek roční průměrné listové plochy (% za desetiletí, 2000–2017)

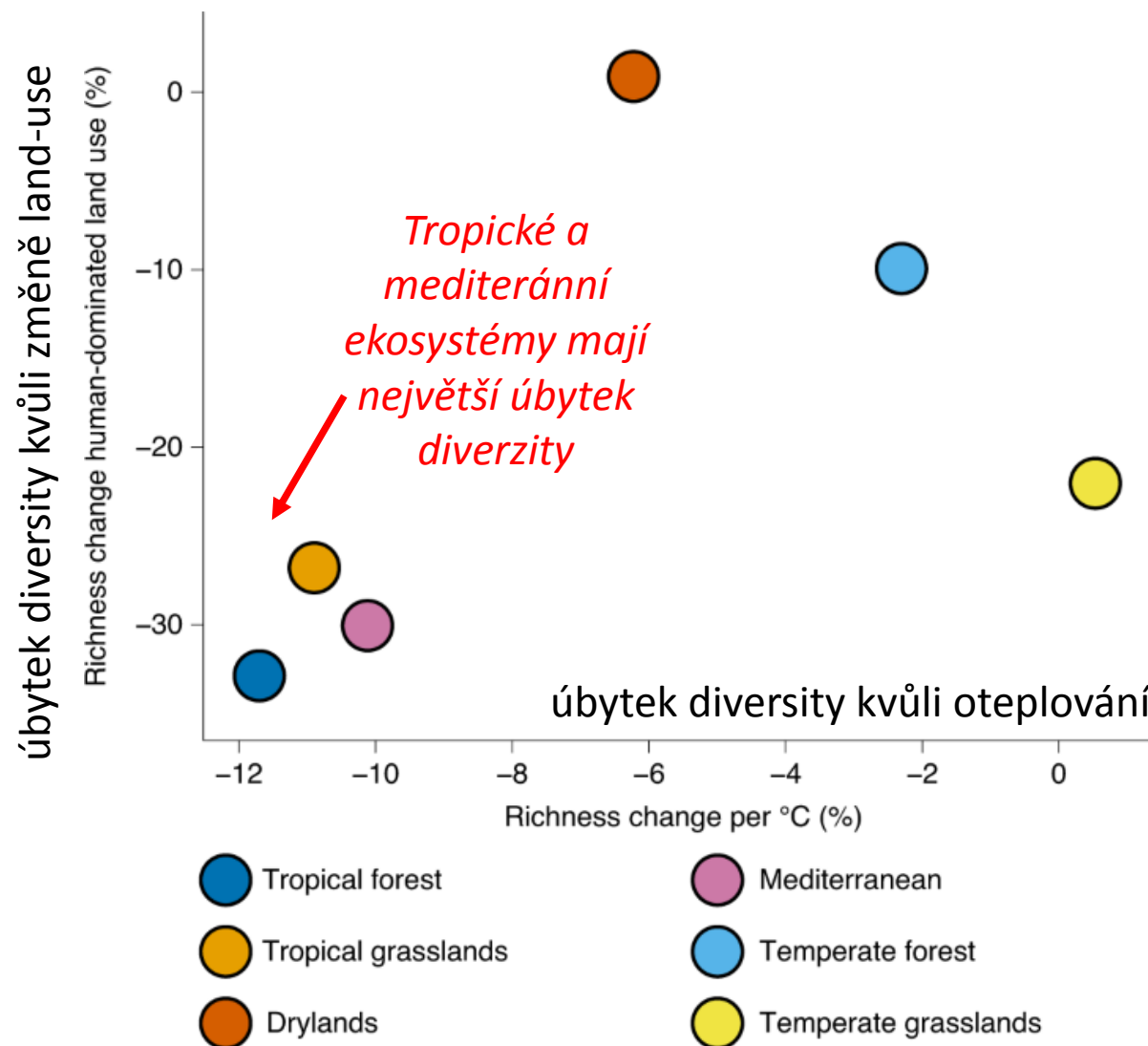


# Úbytek biodiversity kvůli klimatickým změnám

Newbold et al. 2020  
Nature Ecol. Evol.

- Ústup druhů neadaptovaných na nové teplotní a vlhkostní poměry, pomalý příchod adaptovaných druhů (limitace v šíření). Nově příchozí druhy se ale mohou chovat invazně a potlačovat původní druhy.
- Změny prostředí, které podporují málo početné zásobníky druhů (acidifikované oceány, acidifikace na severní polokouli, desertifikace).
- Rostoucí produktivita, která podporuje dominantní druhy, které pak kompetičně vytlačují slabší druhy

**Oxid uhličitý a s ním spojená klimatická změna ale nejsou hlavní příčinou úbytku diverzity na Zemi! Změny v land-use (přímá destrukce ekosystémů) jsou zásadnější!**





# Příklady konfliktů mezi ochranou biodiversity a ochranou klimatu

vrátíme se k tomu v poslední přednášce

- biopaliva (plantáže palmy olejná versus tropická rašeliniště a tropické lesy; eutrofizace řek, jezer a moří z nadměrného hnojení polí s biopalivy – biopaliva mají mírnější regulace chemizace než potraviny)
- zalesňování stepí (plantáž dřevin i temperátní les mají méně druhů než step)
- přísevy druhů, které poutají uhlík, do původních travinobylinných společenstev
- výstavba infrastruktury v diverzitně cenných místech (větrníky, solární kolektory, skleníky apod.)
- prioritní ochrana a obnova ekosystémů, které poutají víc uhlíku, ale jsou druhově chudší
- veganství versus údržba biodiverzitně cenných luk a pastvin



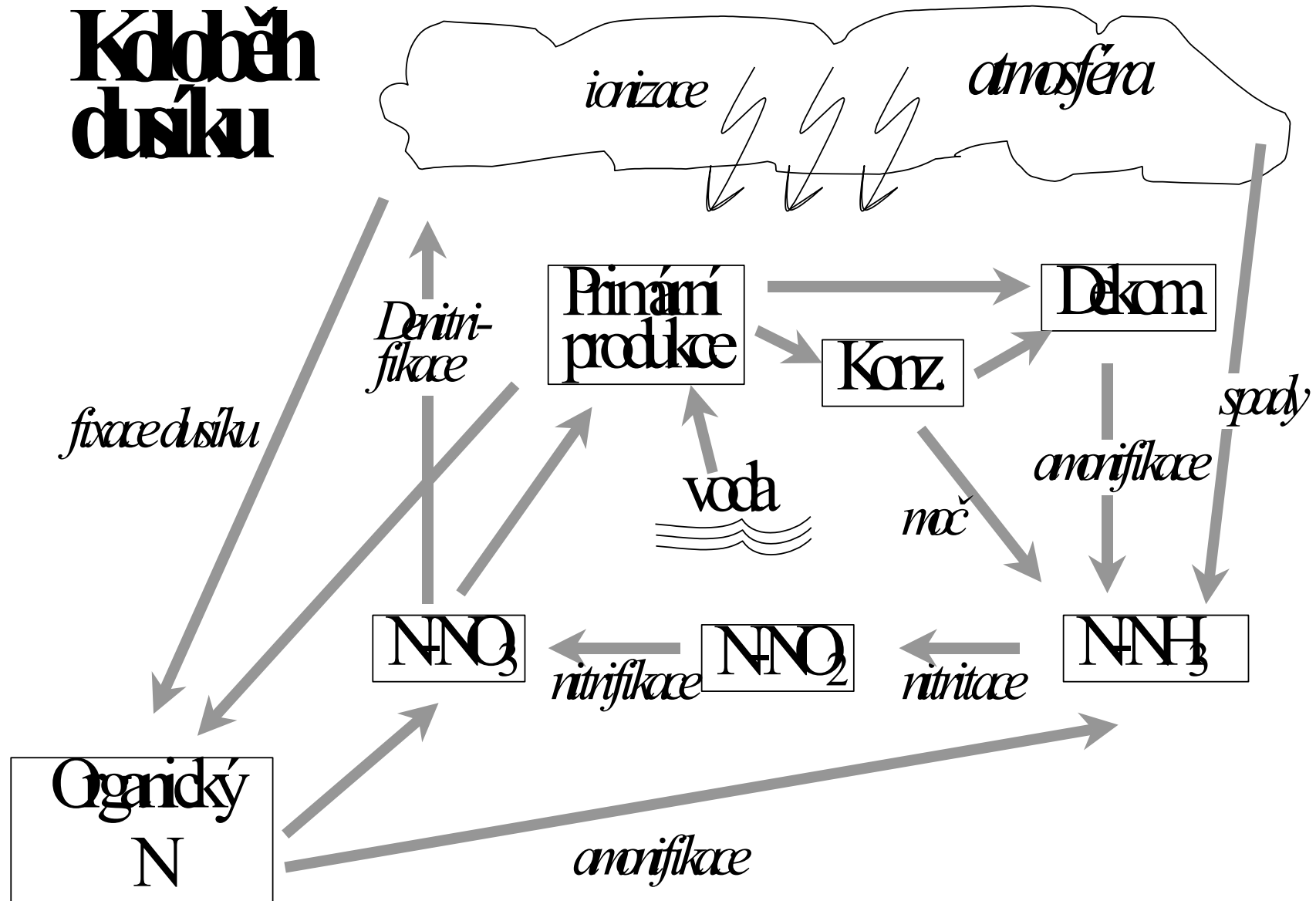
Malajsie, plantáž na místě rašeliniště

Author: Stephanie Evers



Mrtvá zóna v Mexickém zálivu; [serc.carleton.edu](http://serc.carleton.edu)

# Globální biogeochemické cykly: dusík (N)

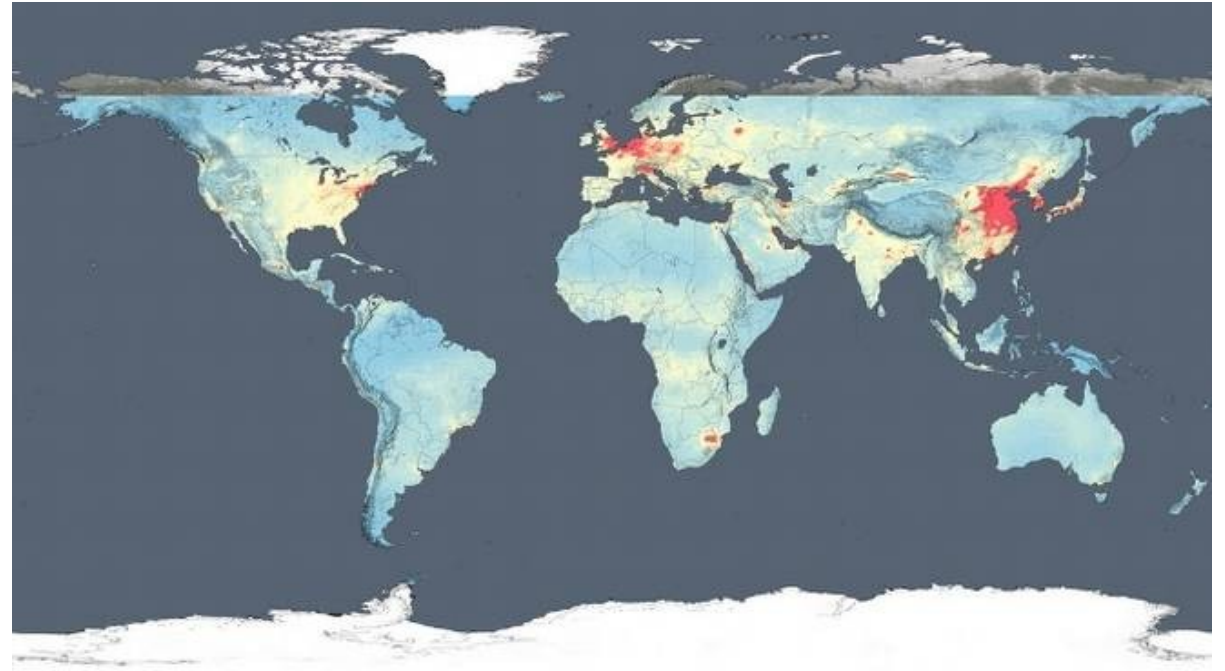




## Ovlivnění cyklu dusíku činností člověka:

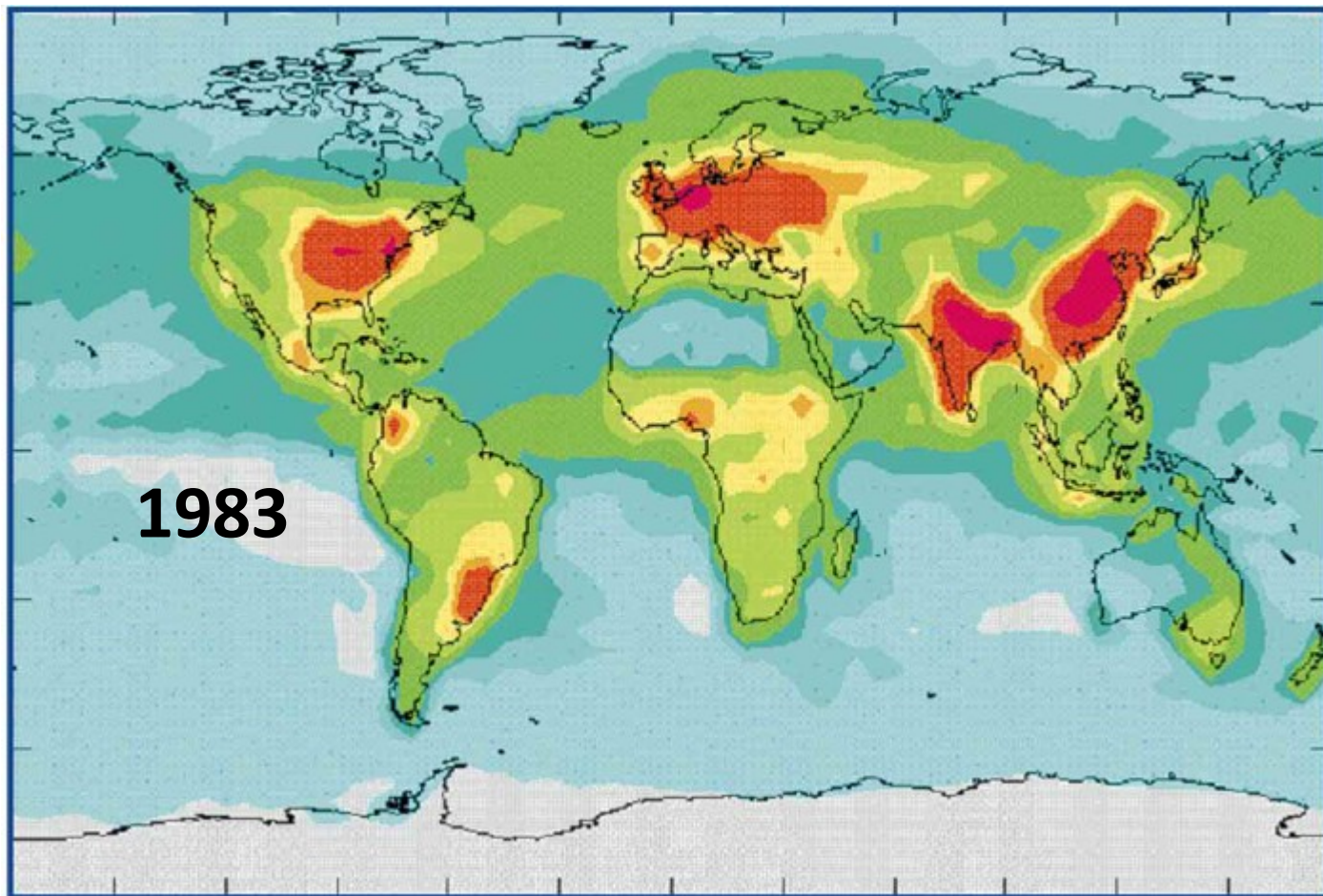
- těžba a spalování fosilních paliv: zvýšení přísunu dusíku do atmosféry (automobilismus, průmysl)
- umělá hnojiva získaná těžbou (např. dusičnan sodný – ledek; síran amonný)
- **Haber-Boschův proces** přeměny atmosférického  $N_2$  na amoniak do hnojiv
- pěstování bobovitých rostlin (přírodní analogie 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).

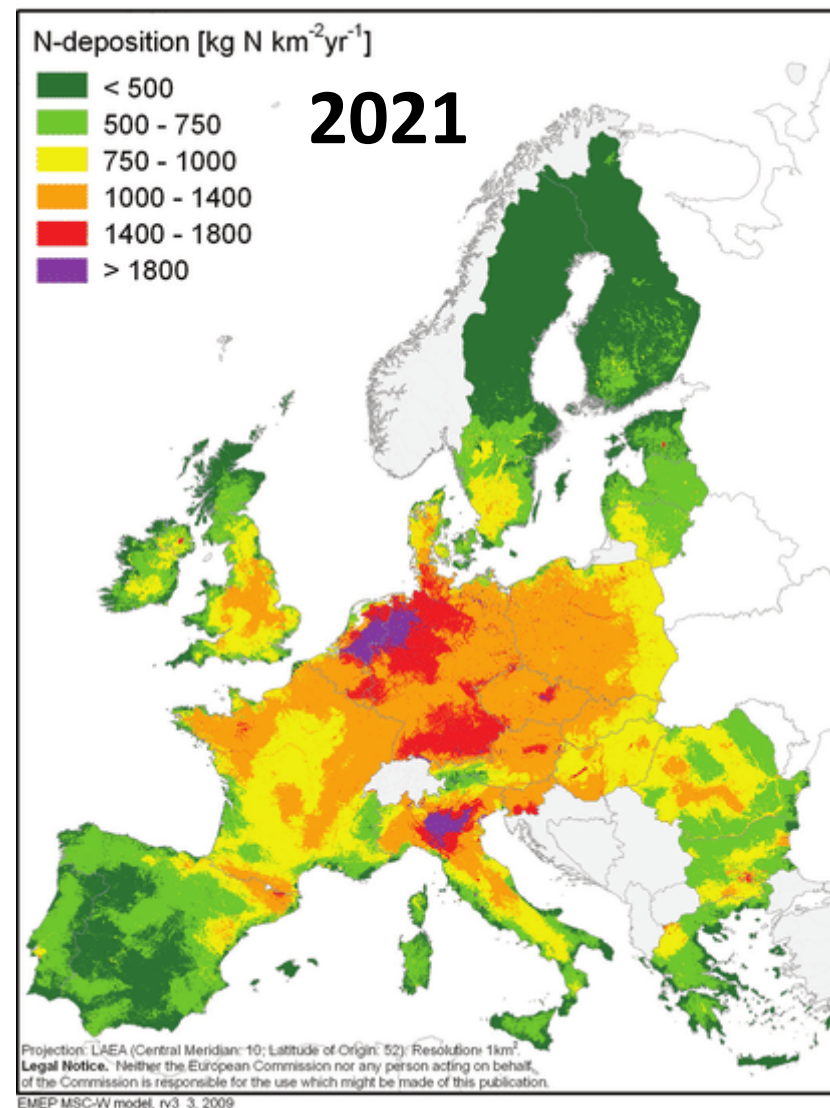


NASA: koncentrace  $NO_2$  v troposféře

Atmosferickou depozicí se dusík dostává na velké vzdálenosti, i do moří, i do „bezzásahových oblastí“ málo obydlených hor (Sudety, Alpy, Karpaty). Na globální škále je její vliv ale nerovnoměrný, na rozdíl od oxidu uhličitého.



Galloway et al. 2002

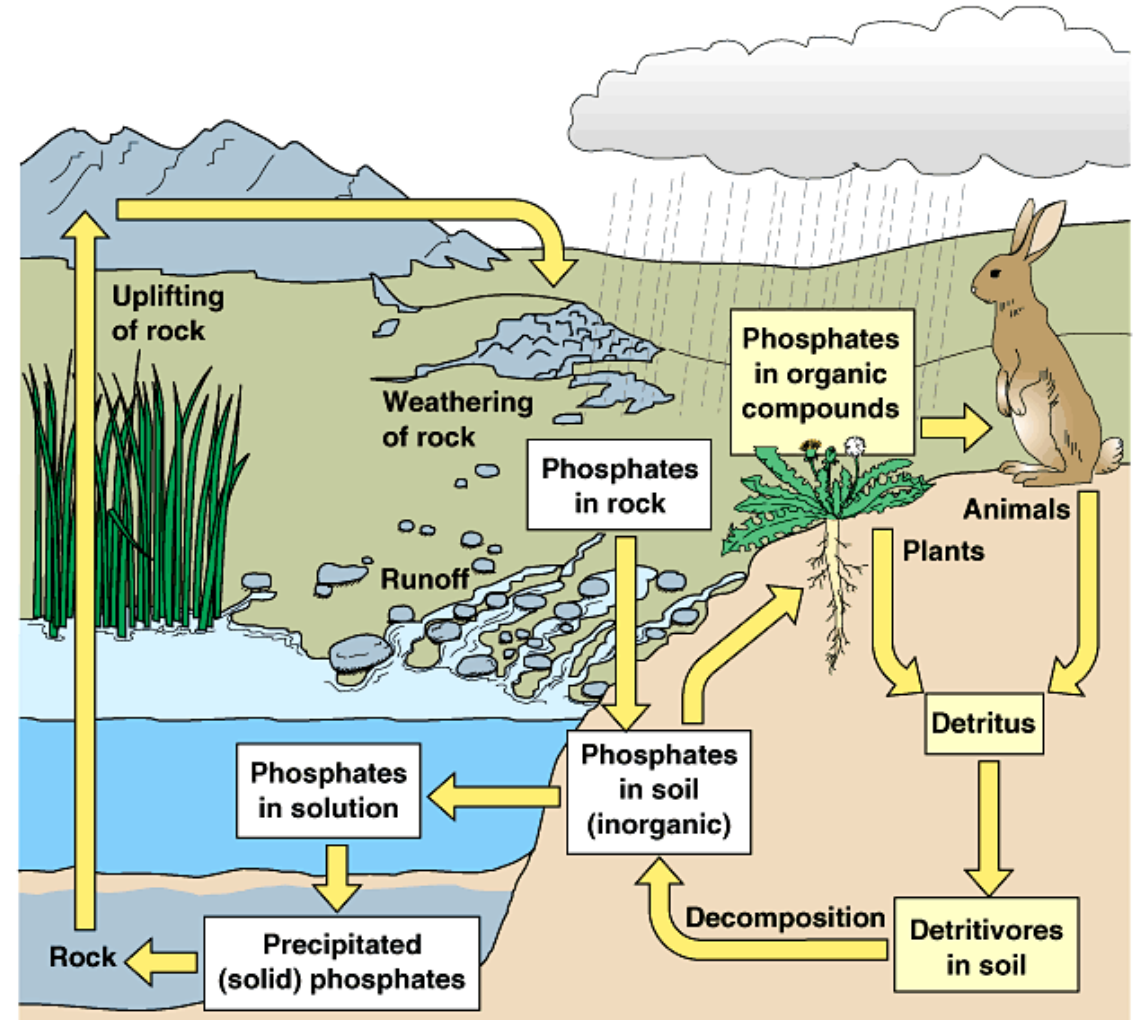
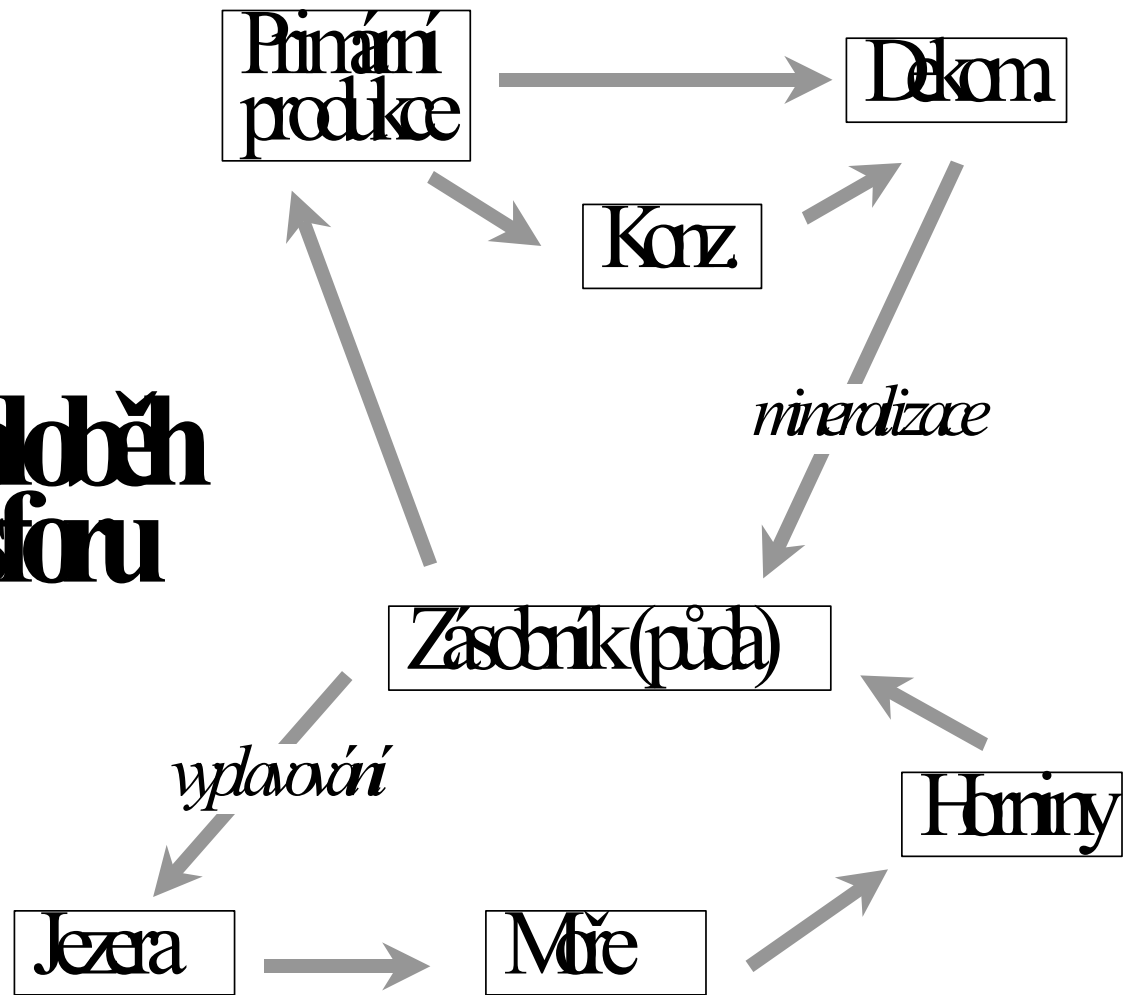


Leip et al. 2011



# Globální biogeochemické cykly: fosfor (P)

## Koloběh fosforu



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

## vulkanické horniny (zvětrávání)

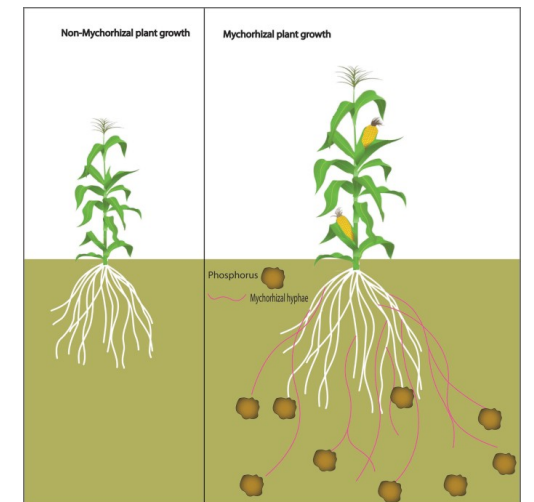
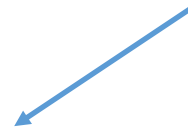


získávání apatitu: výroba hnojiv (reakce s  $H_2SO_4$  – vznik superfosfátu); v minulosti **recyklace** biogenních zbytků (kostí, popela, zbytků ryb), dnes hlavně **těžba** v rozsáhlých ložiscích (Maroko, Nauru, USA): řada z nich je ale kontaminována těžkými kovy: kontaminace půdy při používání levných „průmyslových“ hnojiv, v rozvojových zemích i otravy z rostlinné produkce při hnojení kontaminovanými fosfáty.

Fosfor je vyčerpateľný zdroj pro lidstvo! (vzhledem k velikosti lidské populace už recyklace nestačí). Ale má dlouhé přetrvávání v půdě: trvá stovky až tisíce let, než se odčerpá nadbytečný fosfor (problém při obnově eutrofizovaných ekosystémů)

V přírodě je většina ekosystémů limitována fosforem z důvodu jeho silných vazeb na železo, hliník (tropické půdy, kyselé půdy), případně na uhličitany (vápnité půdy pod velkým alespoň sezónním vlivem podzemní vody); navíc se pomalu uvolňuje z popela kvůli pomalé dekompozici spálených organických látek. Z těchto vazeb dokáží fosforečnany získat houby: rostliny jsou proto většinou odkázány na **mykorhizu**, silnější mykorhizní vztahy jsou pro ně kompetiční výhodou ve fosforem limitovaném prostředí.

## biogenní sedimenty (kosti, zuby, schránky, trus ptáků – guáno, popel): obsahují fosfority



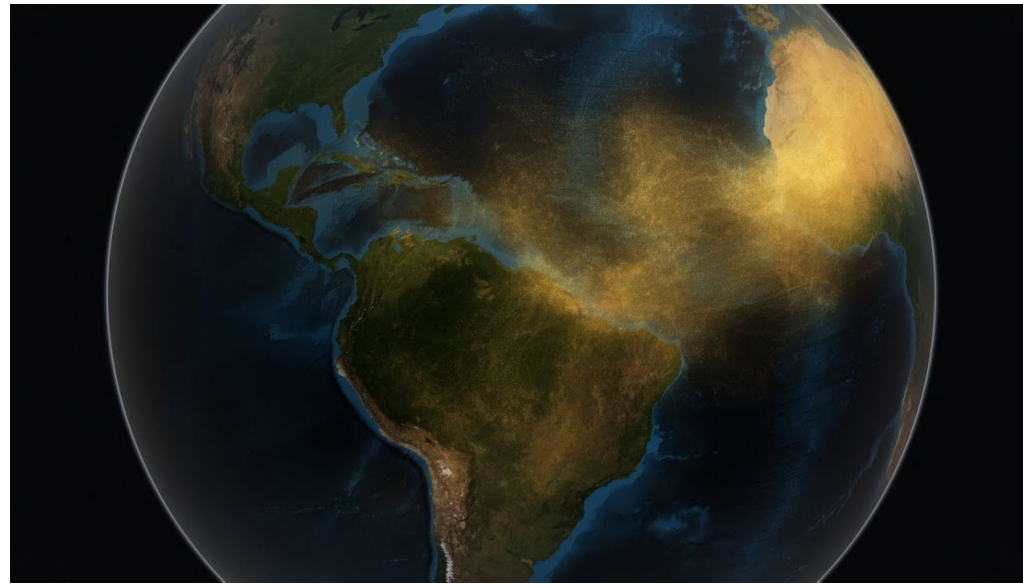
Obrázek: Riaz et al. 2022



## Eolický (větrem) transport fosforu a jeho redistribuce na velké vzdálenosti (suchá atmosférická depozice)

Eolický přísun fosforu ze Sahary (sedimenty vyschlých jezer) do Amazonie: z důvodu přirozené limitace fosforem jde o důležitý proces, který udržuje vysokou produkci ekosystému, obnovu lesa po vykácení apod.

Yu et al. 2015



ourenvironment.ac.nz

Doba ledová: odnášení fosforu ze suchých (až pouštních) stepí a otevřené stepotundry a jejich ukládání do mocných sprašových vrstev v nížinách, spolu s uhličitanem vápenatým: na spraši pak vznikají úrodné půdy; osídlení v době prvních zemědělců (neolit; střední holocén) u nás kopíruje rozšíření spraší.





## Ovlivnění cyklu fosforu činností člověka:

**eutrofizace:** Zvýšení vstupu fosforu do terestrických a sladkovodních ekosystémů; nadbytečný fosfor z „pomalého geologického cyklu“ (těžba fosforitů a apatitu): nejen **výroba hnojiv**, ale i **čisticích prostředků (fosfáty, fosfonáty)**.

Fosforem hnojíme ve velkých dávkách, protože se ho část naváže na kovy a stane nepřístupným: polní plodiny jsou bez mykorhiz, houby v intenzívně chemizované a obdělávané půdě nejsou, proto se aplikují velké dávky; z nich velká část kontaminuje přirozené ekosystémy, buď splachem (vodou) nebo eolickým odnosem (větrem: prach, tekutá hnojiva): čím větší lány, tím spíš.

Fosforem bohatými hnojivy hnojíme i vodní kultury: rybníky; do vod se P dostává z pracích a čisticích prostředků.

Důsledkem je eutrofizace jak vodních, tak terestrických ekosystémů (zvýšení produktivity, snížení druhové bohatosti).



## České rybníky zažívají podle přírodovědců ekologickou katastrofu

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



Místo přírodních koupališť nevábné 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 rybníkům 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





Ve vodách vzniká tzv. **vodní květ**

Ve vodách vzniká tzv. vodní květ: zvýšená produkce, přemnožení sinic, které produkují toxiny (amensalismus: alelopatie): propad druhové bohatosti, úhyny ryb, toxické maso ryb), kontaminace pitné vody, znemožněná rekreace



**Experimentální důkaz vlivu fosforu na eutrofizaci vod a vznik vodního květu.**



- Schindler's (1974) study gave most compelling evidence for phosphorus being the cause of man-made eutrophication
- Legislation was later adopted limiting P in detergents and effluents

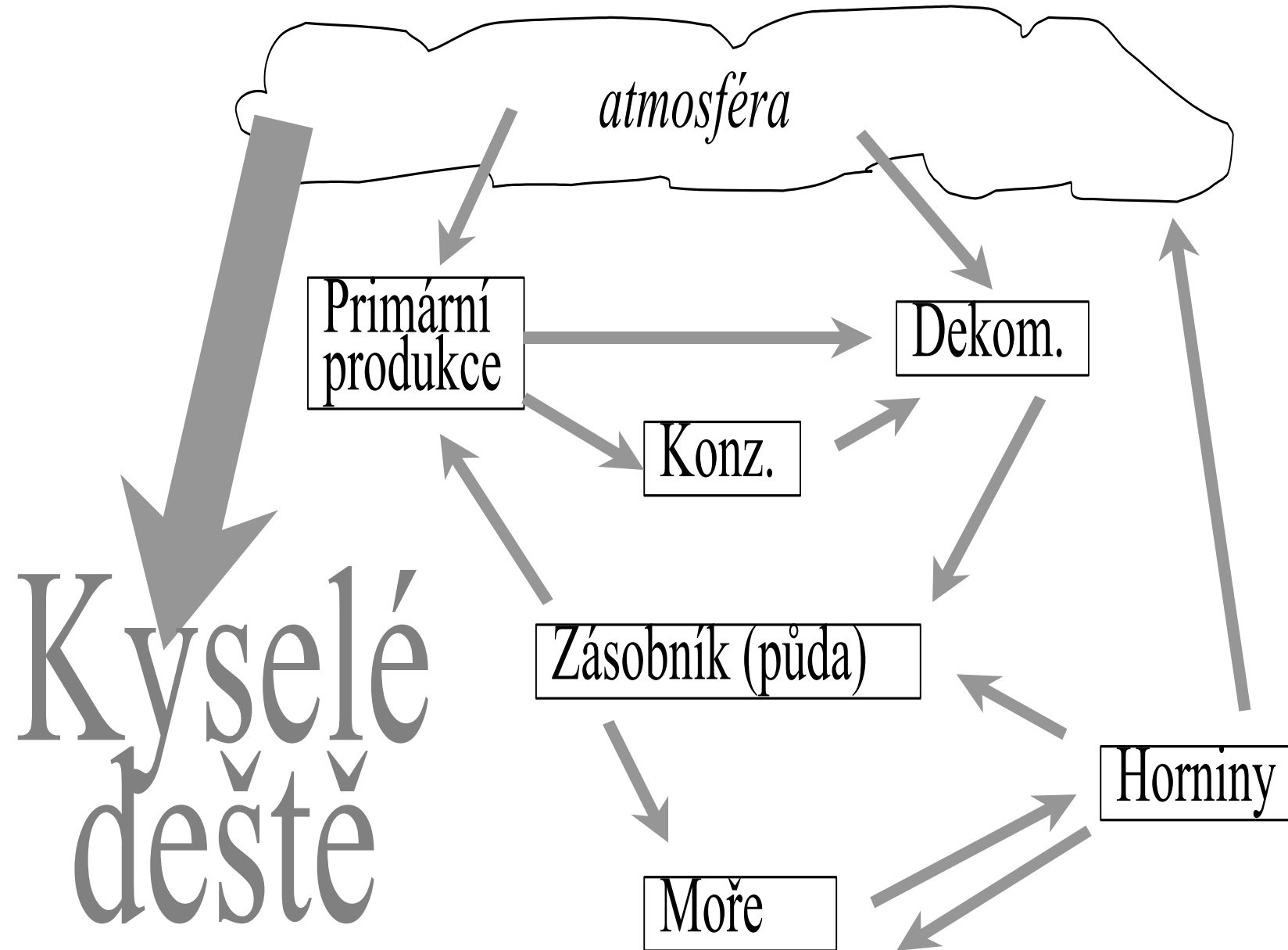
fertilized with P, N and C

Basin fertilized with only C and N





# Globální biogeochemické cykly: síra (S)

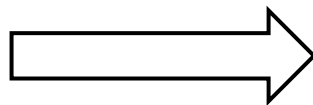


# Ovlivnění cyklu síry činností člověka

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 a  $\text{CO}_2$ .

## 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>

