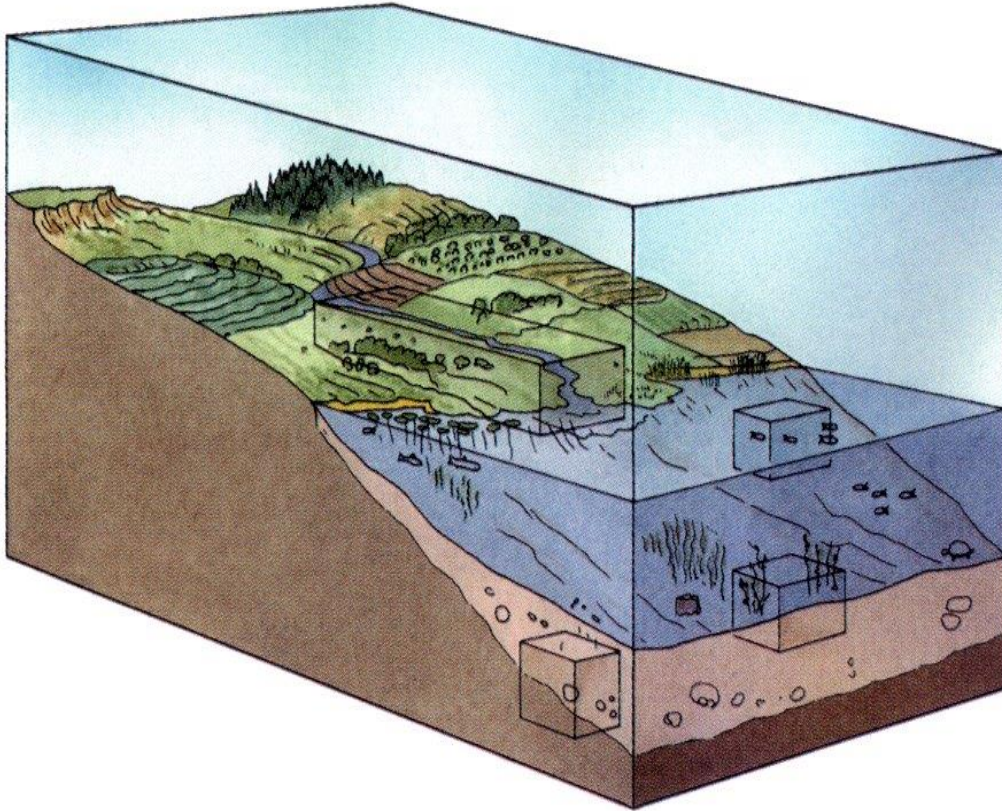


Zemské systémy a cykly

- dříve ve vědách o Zemi samostatné studium jednotlivých částí (geologických jednotek, oceánů, atmosféry)
- dnes studium jako celku, Země je nahlížena jako jednotný systém

Koncepce systémů

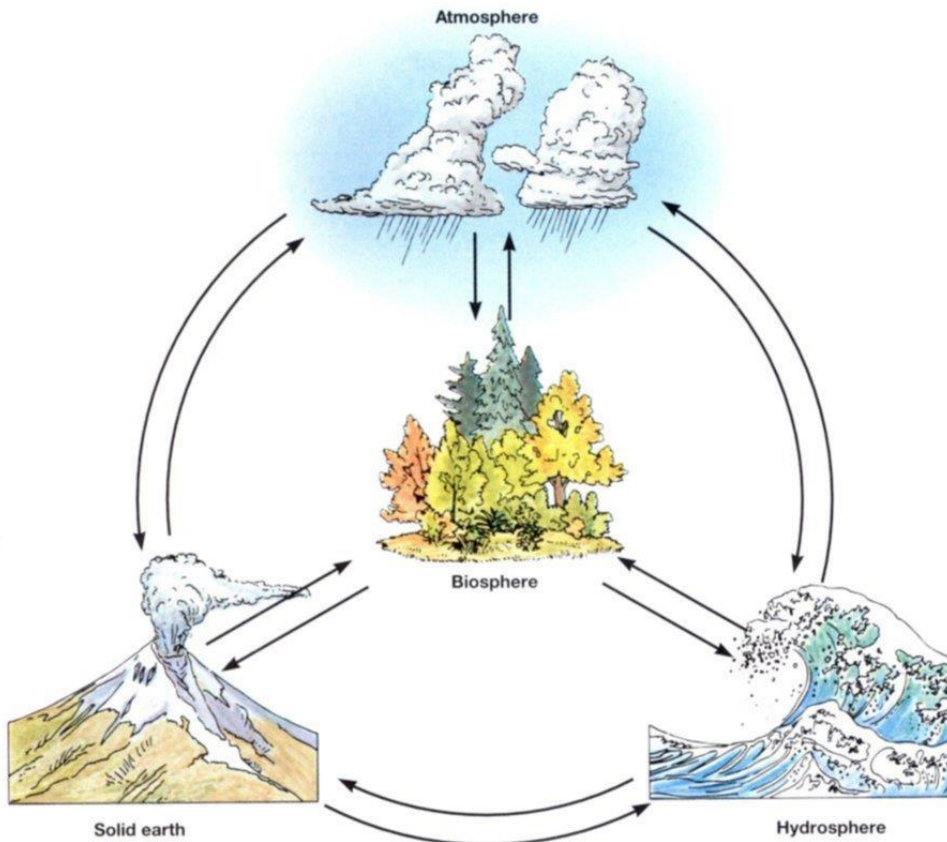


- Systém je jakákoliv část Vesmíru („Všehomíru“), kterou pozorovatel vymezí (velký, malý, jednoduchý, složitý – od atomů po celý Vesmír): jezero, vzorek horniny, oceán, sopka, horský hřbet, kontinent, celá planeta; list je součástí stromu, strom je součástí lesa.
- Začínáme od malých podsystémů, pochopení jejich funkce je však možné jen v kontextu celého systému.

Zemský systém

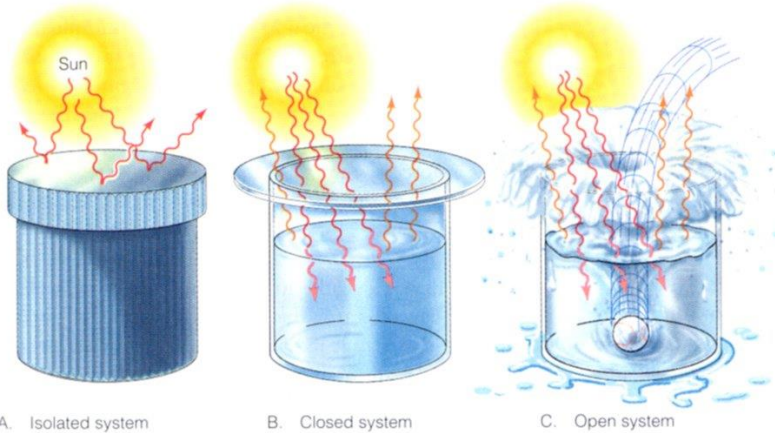
Zemský systém se skládá z menších podsystémů, které spolu intenzivně „komunikují“

- atmosféra
- hydrosféra
- biosféra
- litosféra

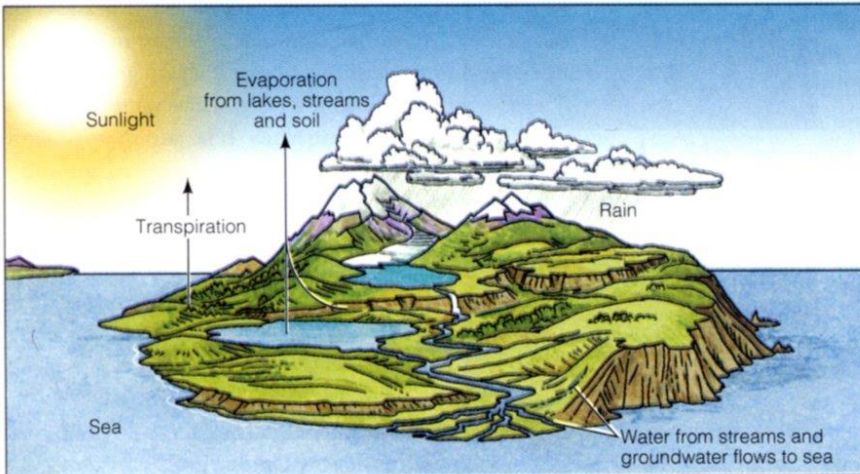


Ty mohou být rozděleny na další podsystémy – hydrosféra = oceány, ledovce, vodní toky, podzemní voda.

Systemy



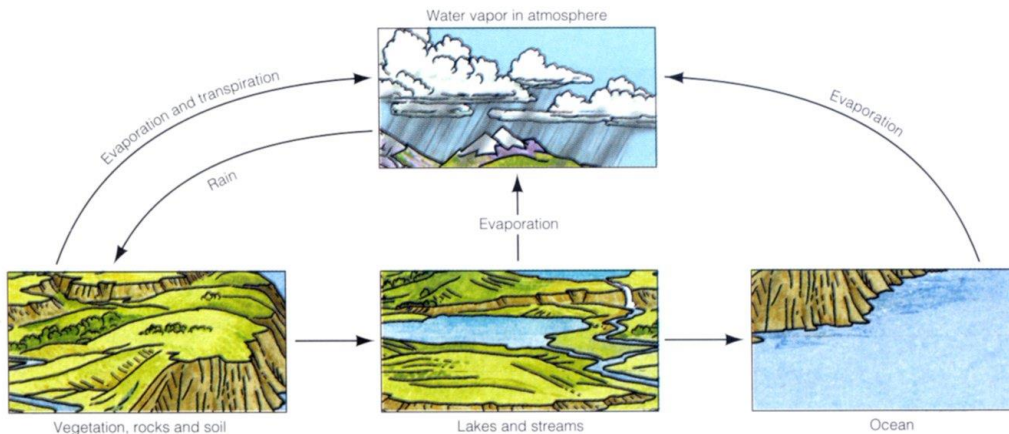
- Izolovaný
- Uzavřený
- Otevřený



Otevřený

„Box“ modely

Systémy se obvykle zobrazují jako „box“ modely (snad „krabičkové“). Výhodou je jednoduchost a pohodlí. Ukazují:



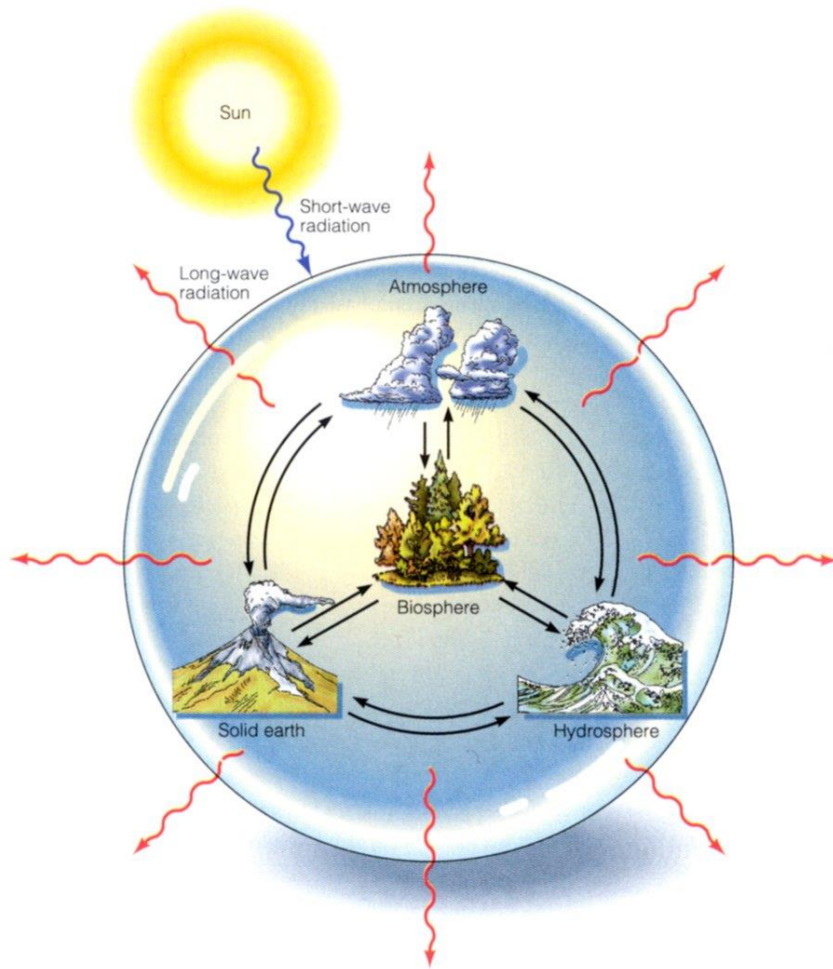
- rychlost toků hmoty a energie z a do systémů
- celkové množství hmoty a energie v systému

Rezervoáry, doba zdržení, vstupy, výstupy, stacionární stav. Velikost rezervoáru je dána celkovou bilancí (vstupy – výstupy)

$$r = k \times m$$

Čím provázanější jsou podsystemy a čím jich je víc, tím vyšší stabilita (mnoho cest, jak reagovat na vnější vychylování). Mnoho cyklů a cest se vzájemně překrývá.

Život v uzavřeném systému



- množství hmoty je stálé a konečné (omezené zdroje, omezené možnosti zbavit se nepohodlných látek)
- změny v jedné části systému se projeví v ostatních částech (podsystemy jsou otevřené) – stavy jemně vybalancovaných a provázaných stacionárních stavů (řetězové přizpůsobení: vulkanická erupce v Indonésii může uvolnit tolik popela do atmosféry, že může dojít ke změně klimatu a záplavám v Jižní Americe a suchům v Kalifornii a tím ovlivnit cenu obilí v západní Africe).

Dynamické interakce mezi systémy

Cyklování a recyklování

Neustálý tok hmoty mezi rezervoáry. Jak to, že...

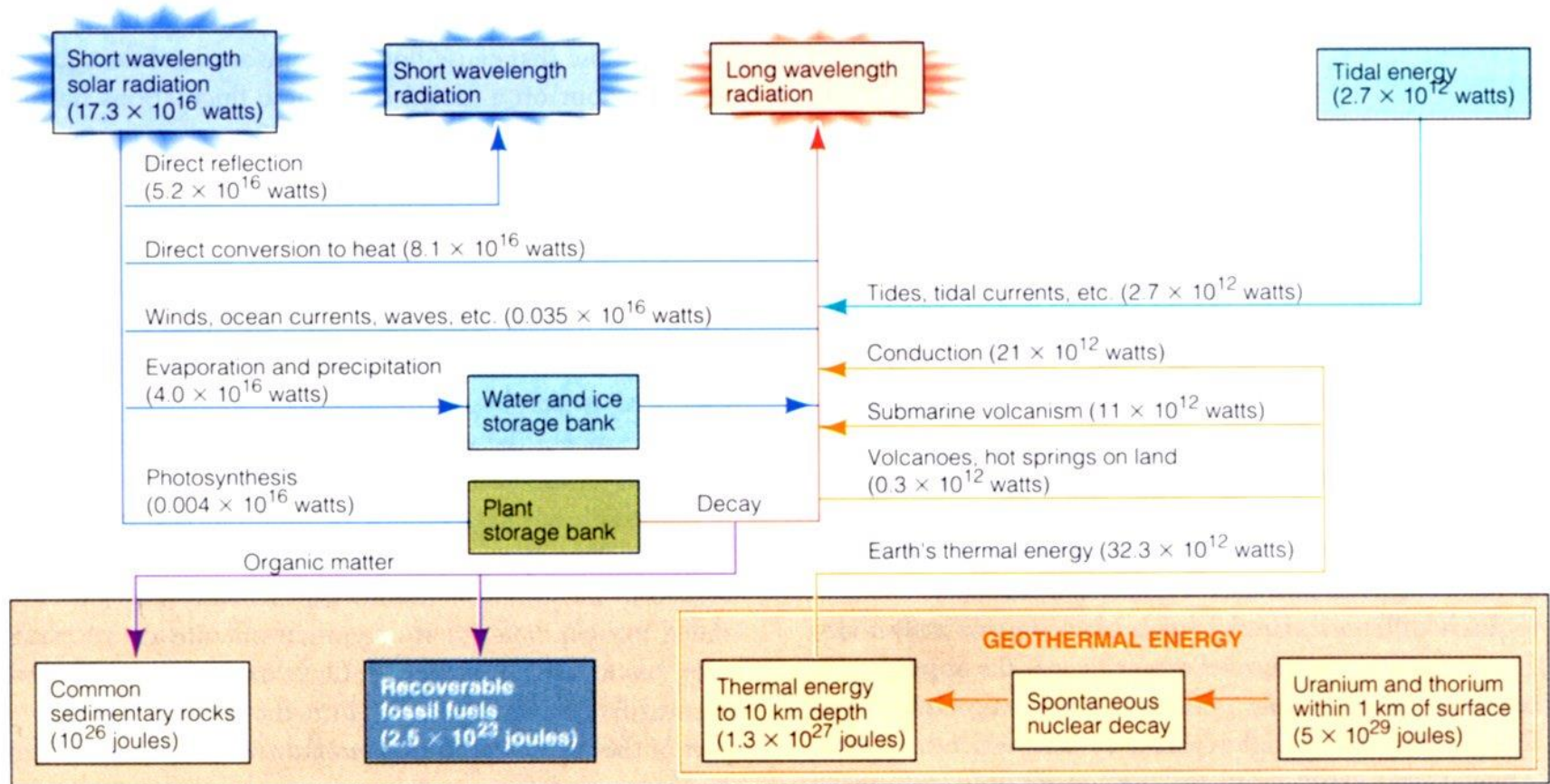
- je složení atmosféry konstantní?
- se nezvyšuje ani nesnižuje salinita oceánů?
- je složení hornin 2 miliardy a 2 miliony let starých stejné?

Přirozený tok hmoty na Zemi: cykly.

Hmota přechází mezi rezervoáry, různé části toků se vzájemně vyrovnávají (jsou obsaženy zpětné vazby): Množství hmoty, které „přiteče“ je rovno množství hmoty, které „odteče“.

Energetický cyklus

Zahrnuje externí a interní zdroje energie – pohání globální systém a všechny jeho podcykly. Celkový „rozpočet“ (příjmy a výdaje) energie je vyrovnaný. Pokud by nebyl, Země by se buď přehřívala nebo chladla až do dosažení rovnováhy.



Energetické vstupy

Celkový příjem 174 000 teraW ($174\,000 \times 10^{12}$ J/s) (člověk užívá 10 teraW za rok)

Sluneční záření 99,986 % z celkového množství – pohání vítr, déšť, oceánské proudy, vlny; fotosyntézu.

Geotermální energie 23 teraW (0,013 % z celkového příjmu) – vulkanická činnost, horninový cyklus

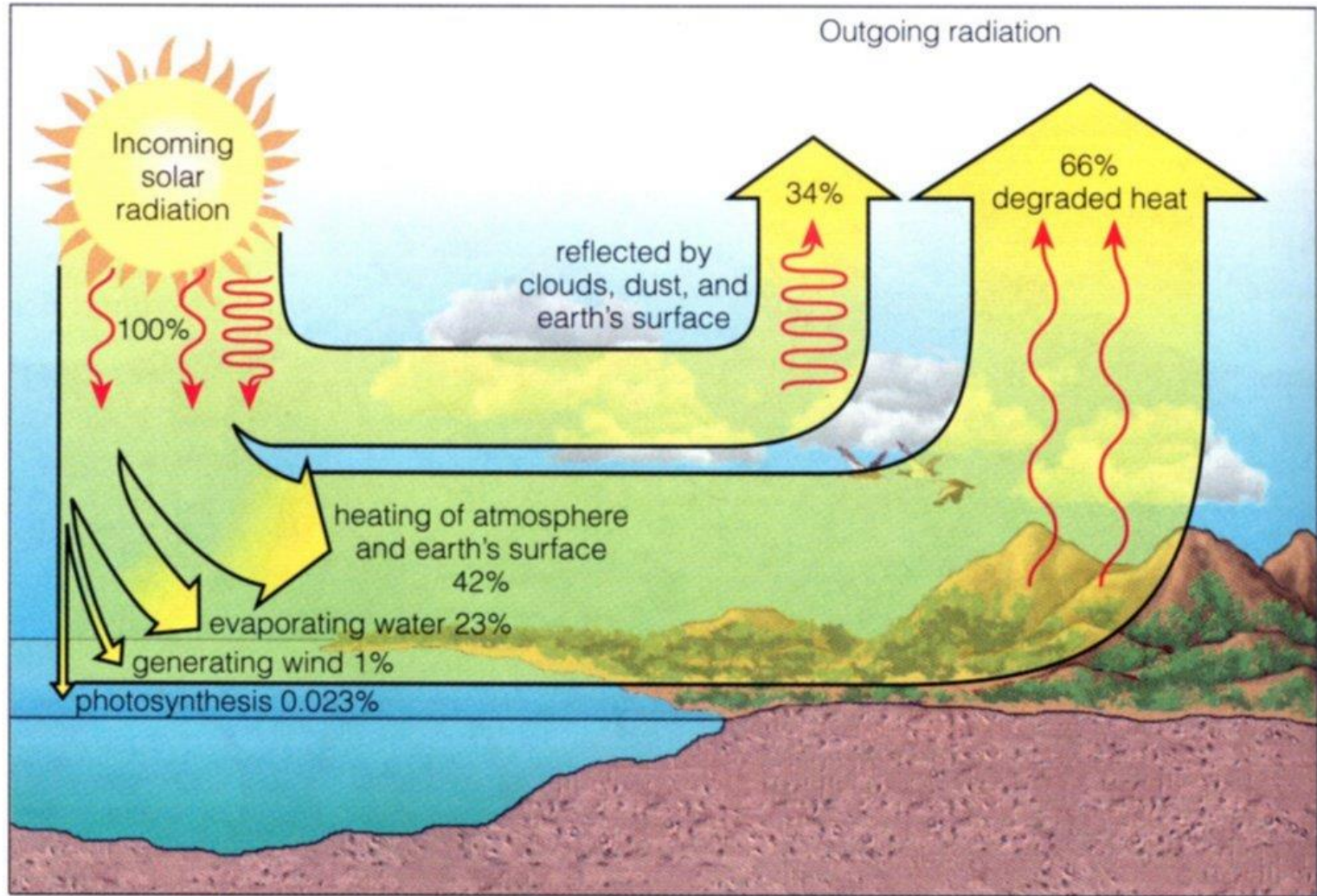
Energie přílivu 3 teraW (0,002 % z celkového příjmu) – rotace Země a gravitační přitažlivost Měsíce; pohyb vodní hmoty vůči horninám působí jako „brzda“ zemské rotace

Energetické výstupy

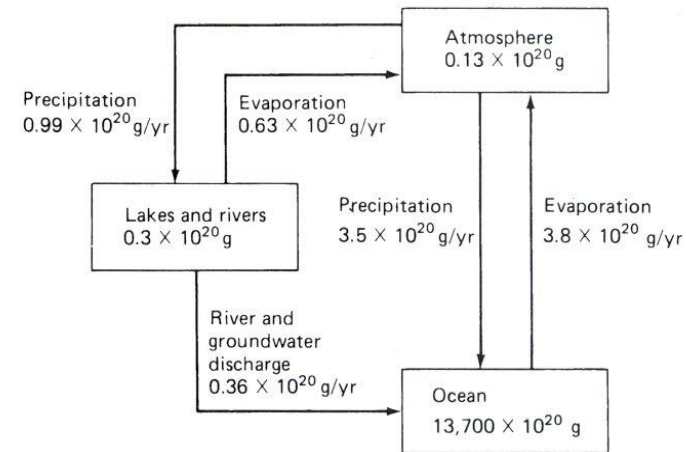
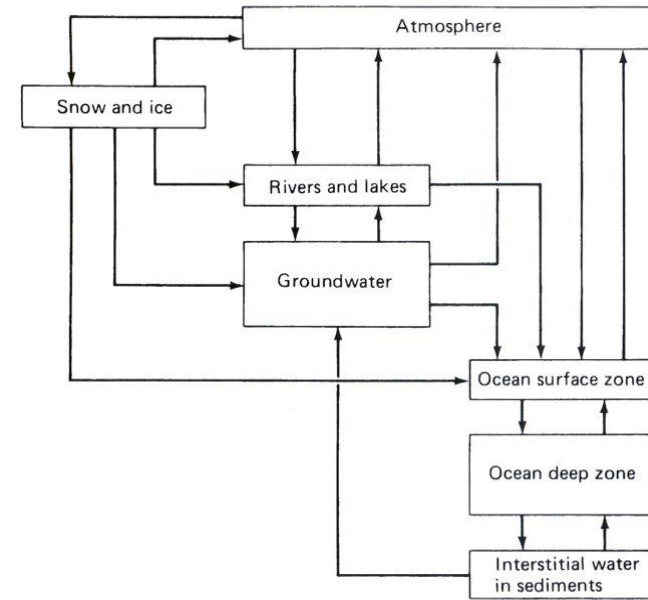
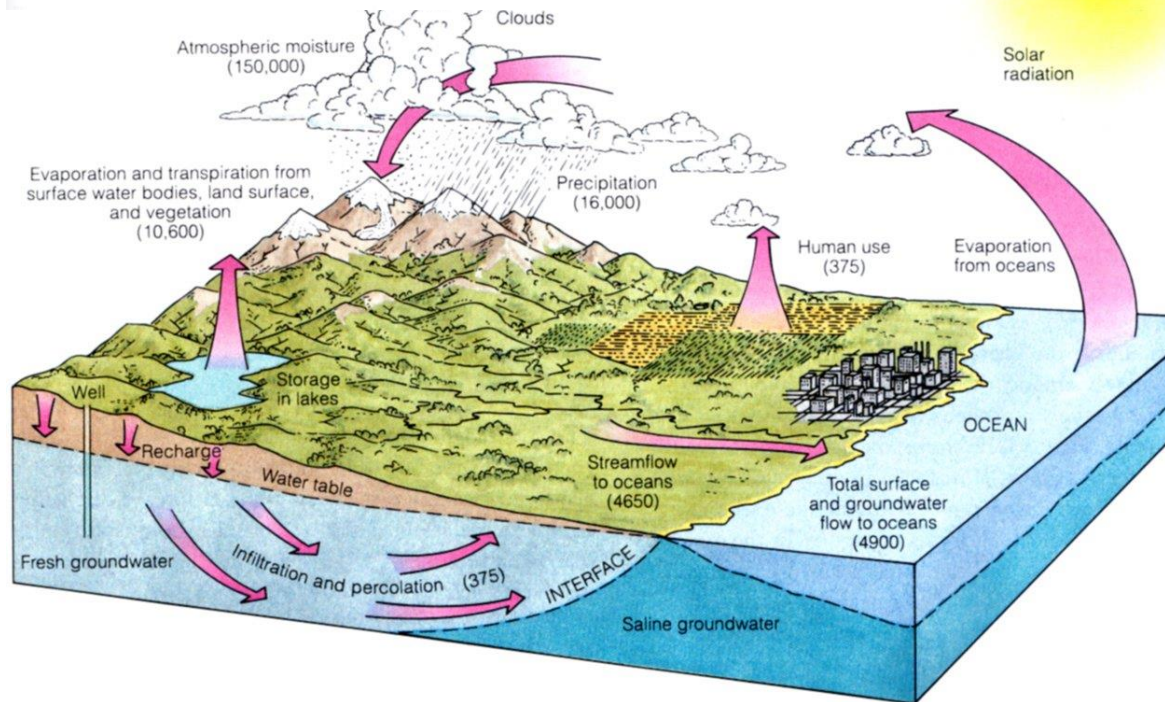
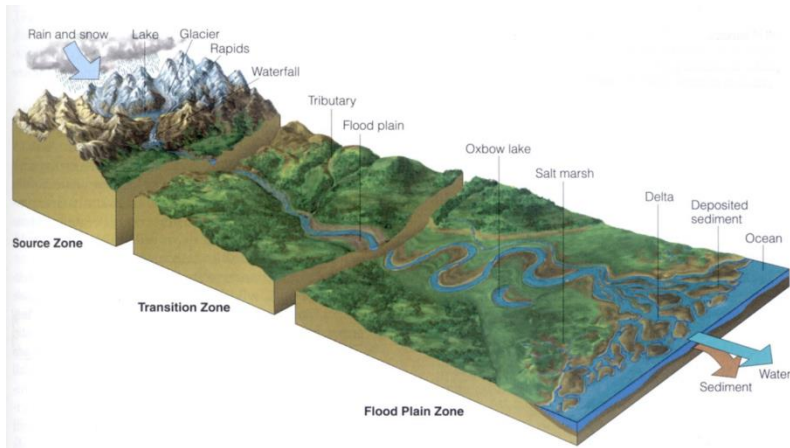
Odraz kolem 40 % slunečního záření je nezměněno odraženo zpět (albedo)

Degradace a znovuvyzáření 60 % slunečního záření absorbováno, přechází nevratně z jednoho rezervoáru do druhého až skončí jako teplo, které je opět vyzářeno v dlouhovlnné (infračervené) oblasti.

Energetický cyklus



Hydrologický cyklus



Hydrologický cyklus

Cesty

Odpaření (evaporace)

Srážky → přímé odpaření

→ zachycení rostlinami → odpaření („vypocení“)

→ povrchový odtok

→ vsakování (infiltrace) → mělký oběh

→ rezervoár podzemní vody

Rezervoáry

oceán 97,5 %

sladké vody 2,5 %

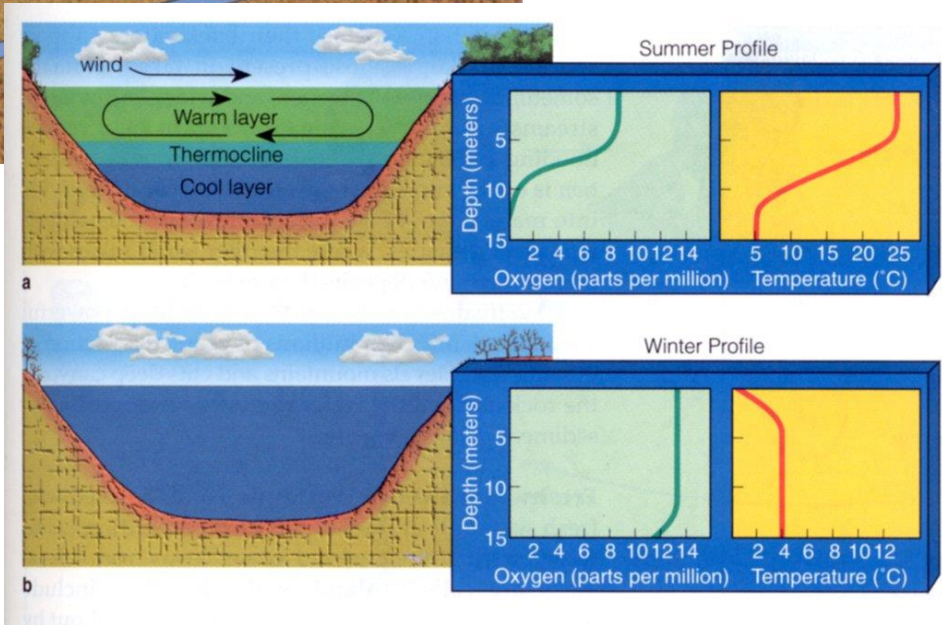
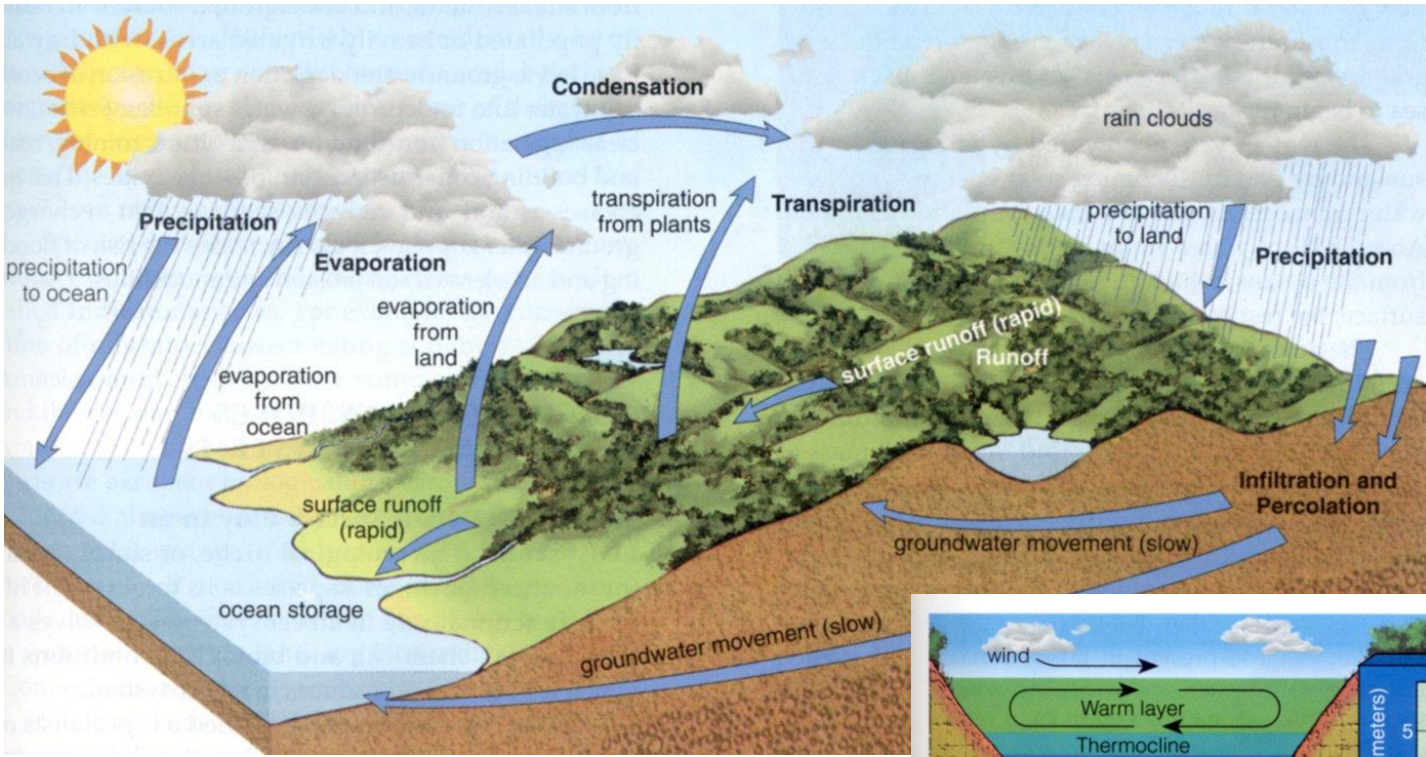
1,85 % (74 % sladkých vod) stále zmrzlé polární

pokryvy

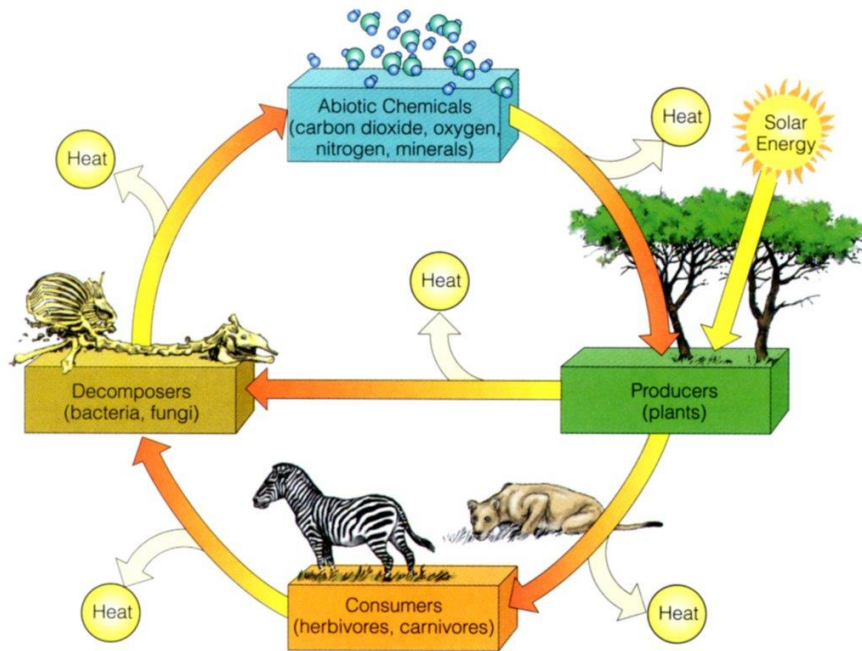
0,64 % (98,5 % zbytku) podzemní voda

0,01 % atmosféra, povrchová voda (toky, jezera)

Hydrologický cyklus



Biogeochemické cykly



Základní struktura ekosystému:

Biotické a abiotické složky

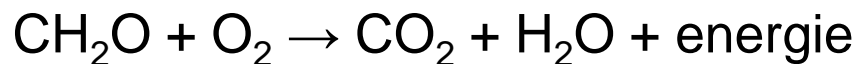
Anorganické látky →
producenti (autotrofové) →
konzumenti (heterotrofové) →
rozkladatelé

Základní reakce

Syntéza



Dýchání, rozklad



Biogeochemické cykly

biogeochemické cykly **popisují pohyb chemických prvků** a sloučenin mezi propojenými biologickými a geologickými systémy

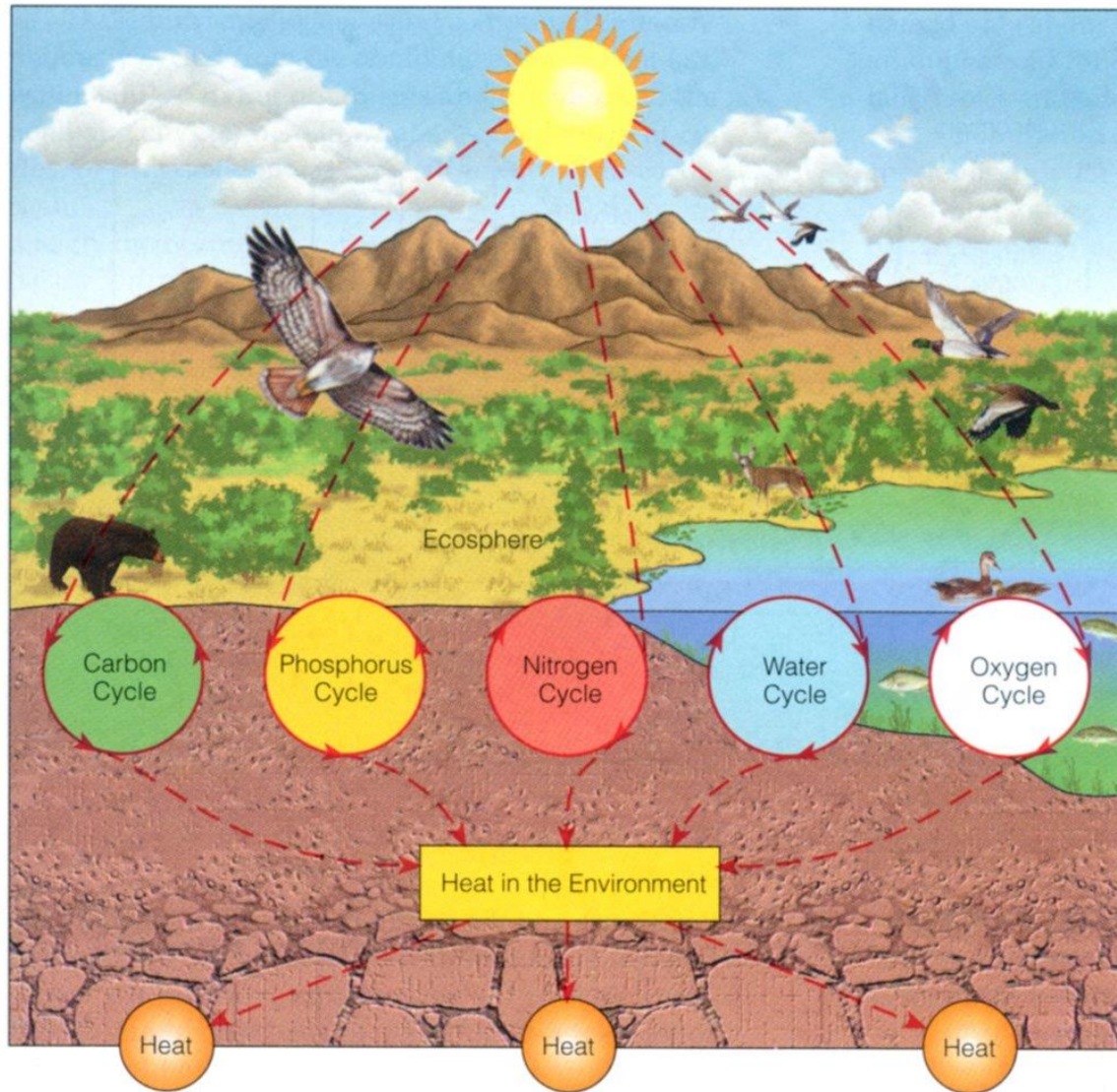
biologické procesy jako dýchání, fotosyntéza a tlení působí **v těsném spojení s nebiologickými** procesy jako jsou zvětrávání, vznik půdy, sedimentace

živé organismy mohou sloužit jako důležité **rezervoáry** pro určité prvky

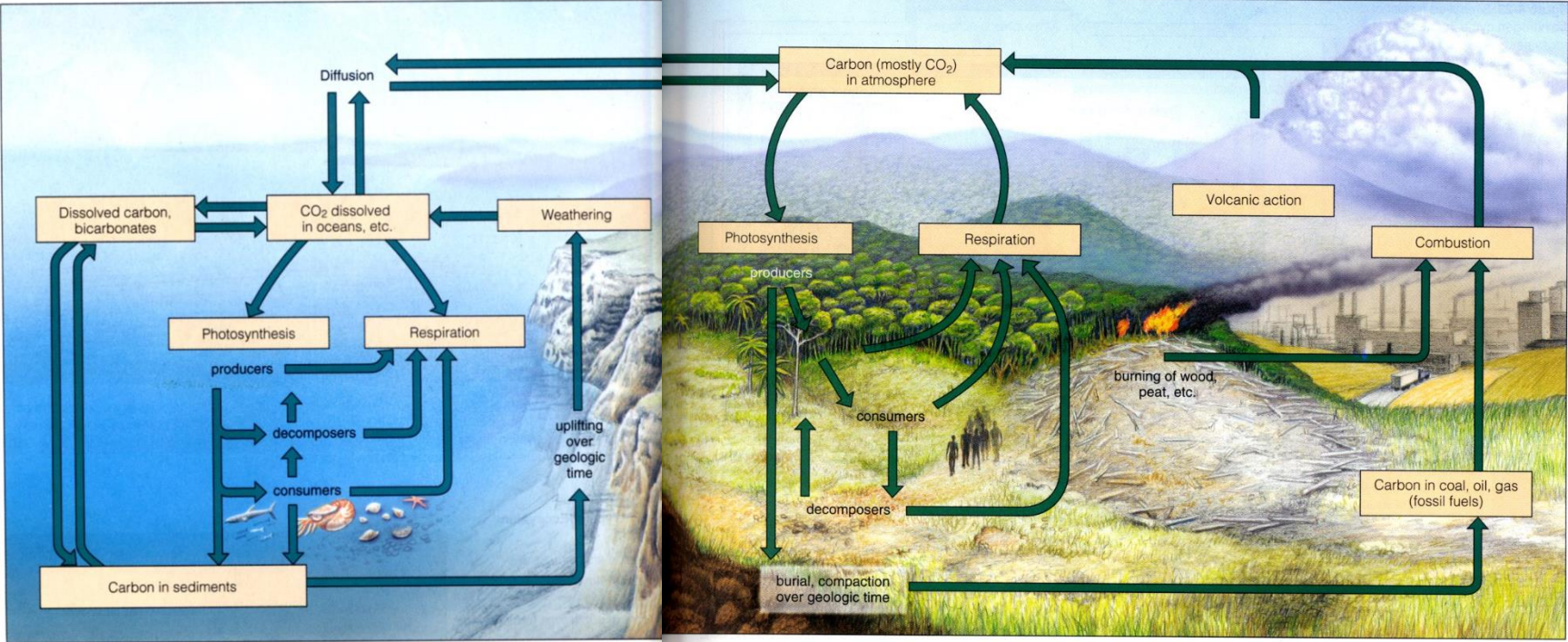
je velmi těžké vytvořit krabičkový model (i velmi zjednodušený), který bude správně popisovat biogeochemické chování prvku v celém zemském systému

nejdůležitější cykly (kritické pro udržení života): uhlík, dusík, síra, fosfor – který z důležitých cyklů chybí?

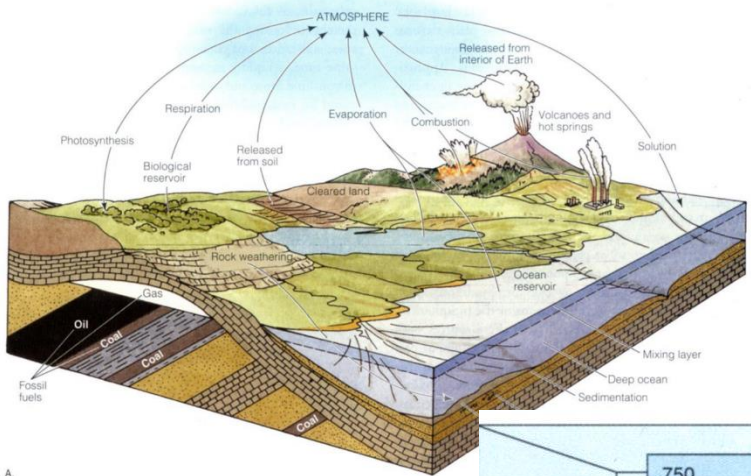
Biogeochemické cykly



Cyklus uhlíku



Cyklus uhlíku



Uhlík se nachází ve všech velkých systémech a rezervoárech

Biosféra: základní stavební částice živých organismů

Litosféra: vápencové horniny, fosilní paliva (uhlí, ropa, podzemní plyn), klatráty (komplexy CH₄ a vody v sedimentech)

Hydrosféra: rozpuštěný CO₂ a karbonátové látky

Atmosféra: CO₂, CH₄ ...; CO₂ 0,036 %

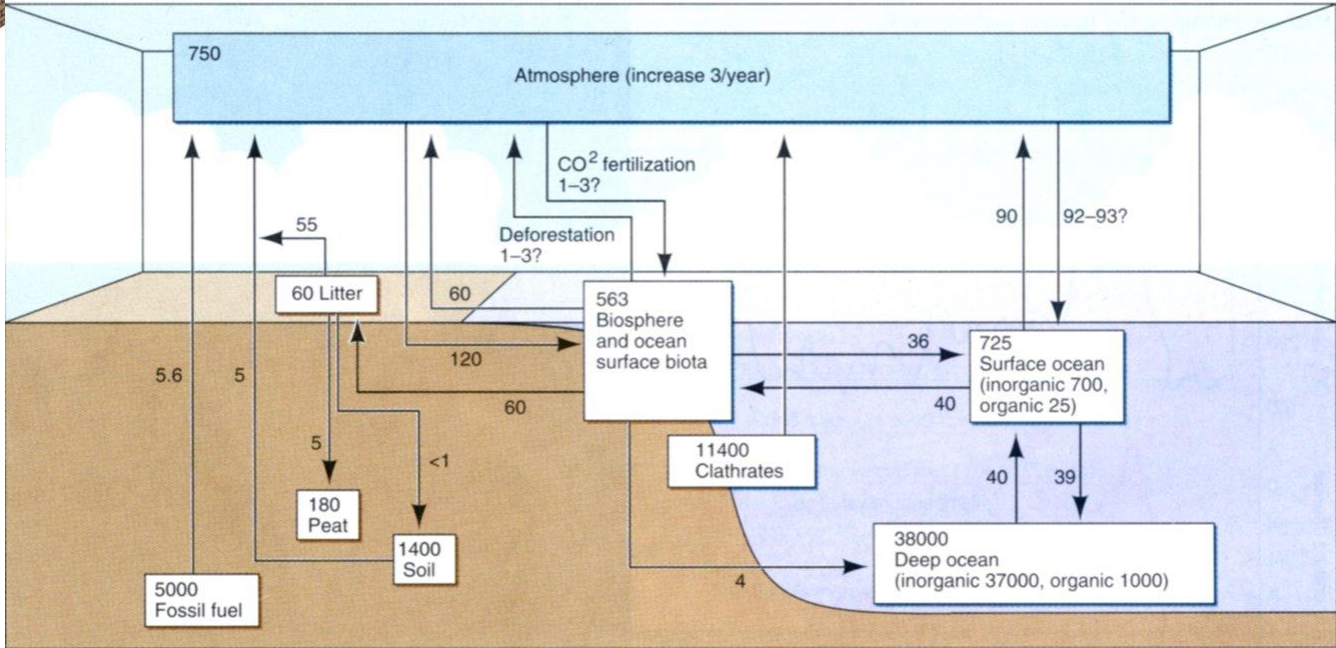
Největším rezervoárem uhlíku jsou oceánské a pevninské sedimenty.

Člověk

do atmosféry 6 miliard tun ročně spalováním fosilních paliv

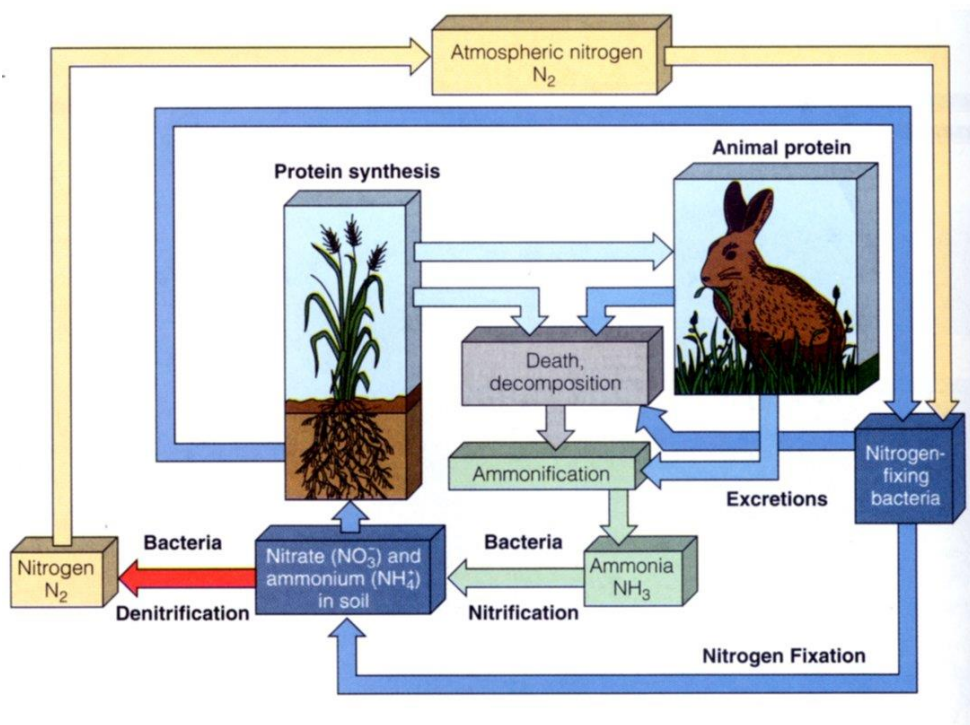
kolem 2 miliard tun ročně odlesňováním (dva

důsledky: místo přirozené spotřeby CO₂ z atmosféry produkce CO₂ do atmosféry)



Toto množství se zdá malé ve srovnání s ostatními toky. Dlouhodobá přirozená celková nevyrovnanost toků je pravděpodobně menší než 1 miliarda tun C ročně = zásah člověka obrovský.

Cyklus dusíku



Aminokyseliny jsou důležitými sloučeninami všech živých organismů ($-NH_2$ skupiny; bílkoviny).

Dusík ve třech formách

plynný jako prvek N_2

v redukované podobě jako amoniak NH_3

v oxidované podobě jako dusičnanový NO_3^- ion

Člověk

spalování paliv (vznik NO za vysokých teplot z N_2 a O_2), ten se dále oxiduje na NO_2 a s vodou tvoří HNO_3 (kyselý déšť)

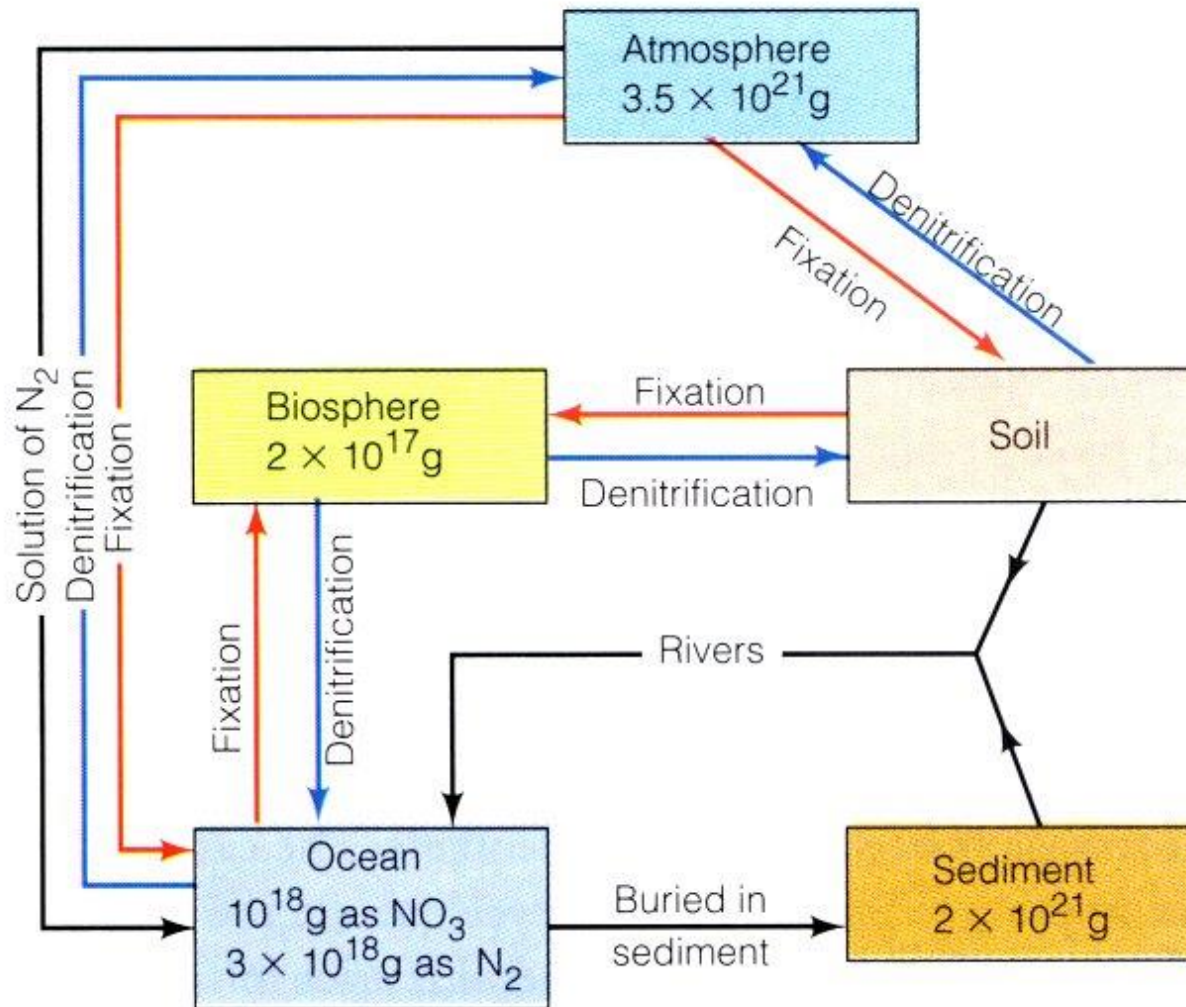
N_2O (skleníkový plyn) uvolňován bakteriemi ze zemědělských odpadů

uvolňování z půdy zavlažováním, vypalováním pralesů

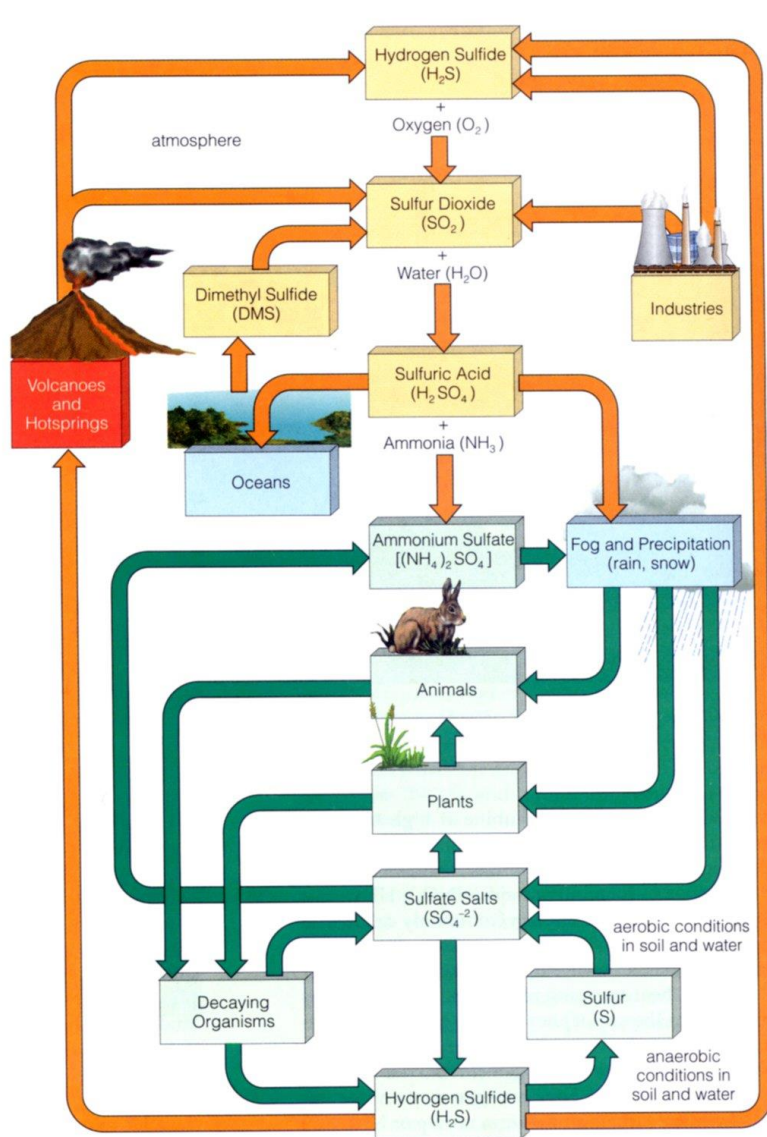
hnojení a komunální odpad (\rightarrow řasy)

Pouze jako redukováný se zúčastňuje biochemických reakcí. N_2 nemůže být přímo využíván organismy. Největším rezervoárem dusíku je atmosféra – 78 %

Cyklus dusíku



Cyklus síry



Většina síry vázána minerálně (pyrit, sádrovec).

H_2S a SO_2 uvolňován z aktivních vulkánů

rozkladem organické hmoty

SO_4^{2-} do atmosféry tříštěním slané vody

DMS (dimethylsulfoxid) uvolňován do atmosféry planktonem

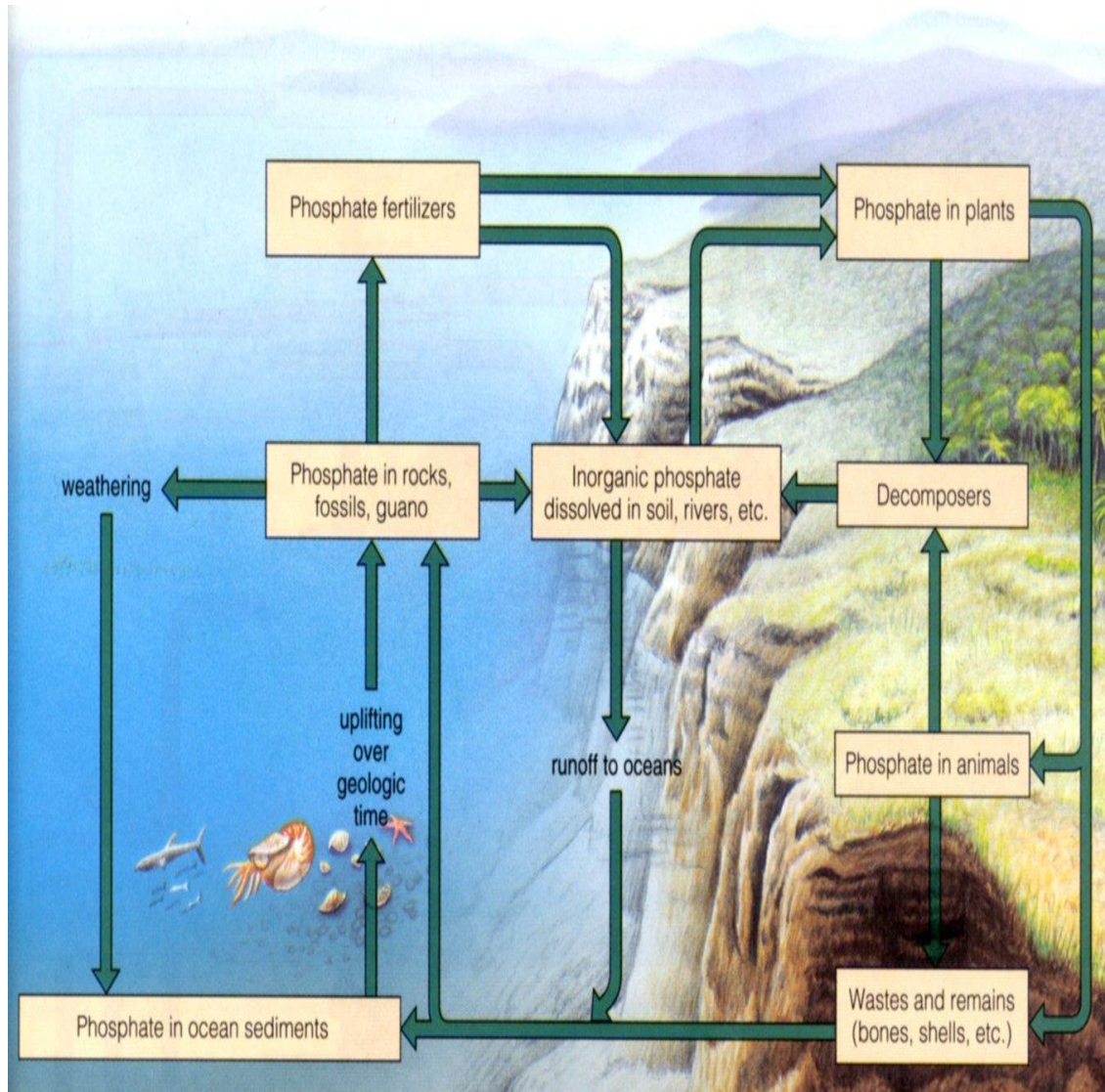
Člověk

kolem 1/3 z celkového množství síry do atmosféry (99 % SO_2)

spalování fosilních paliv (2/3)

zpracování ropy, minerálních zdrojů

Cyklus fosforu



Důležitá složka RNA, DNA a přenašečů energie (ADP, ATP)

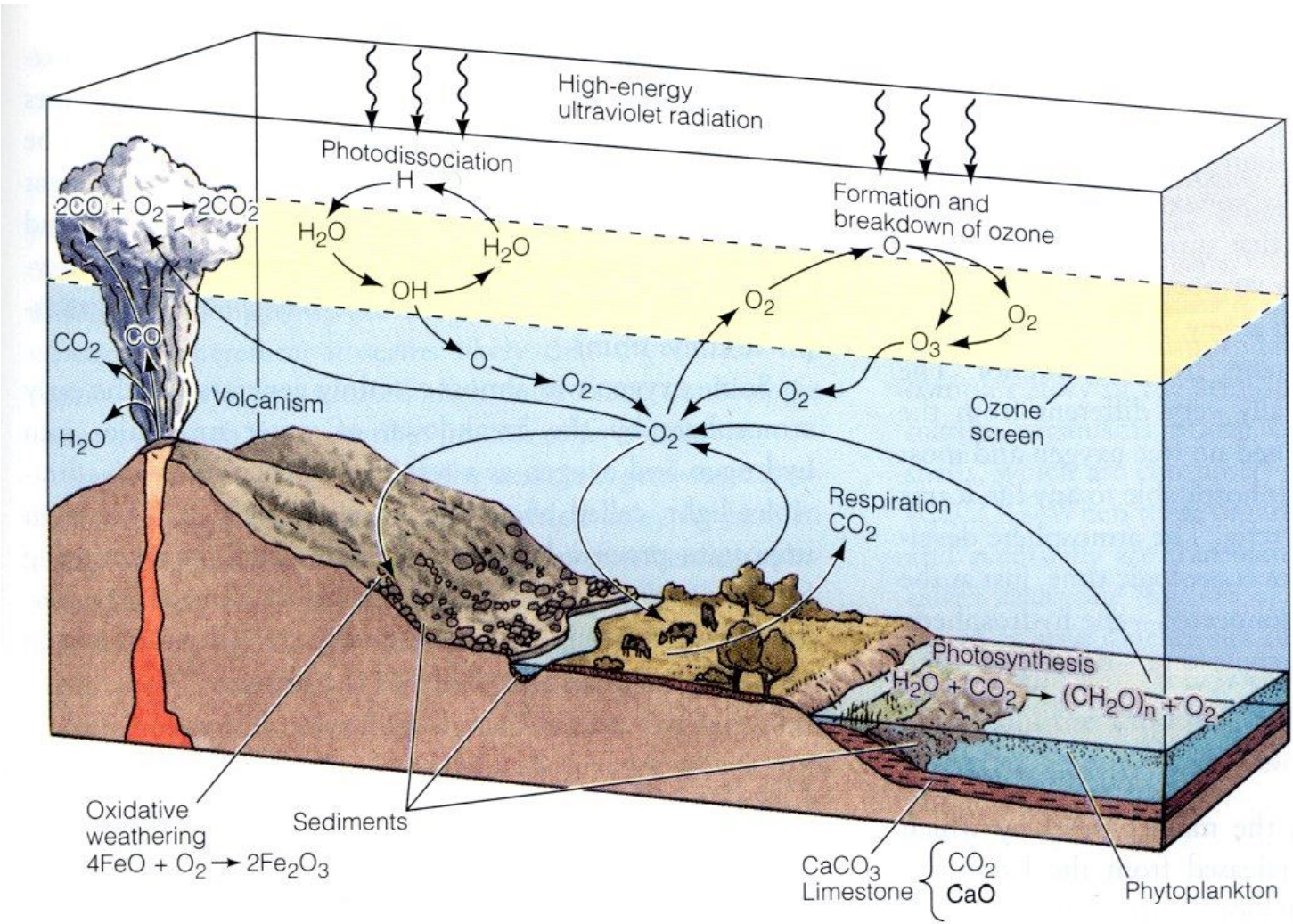
fosfor se jen pomalu uvolňuje z hornin (apatit ...)

nevstupuje do atmosféry
je většinou limitujícím faktorem růstu rostlin

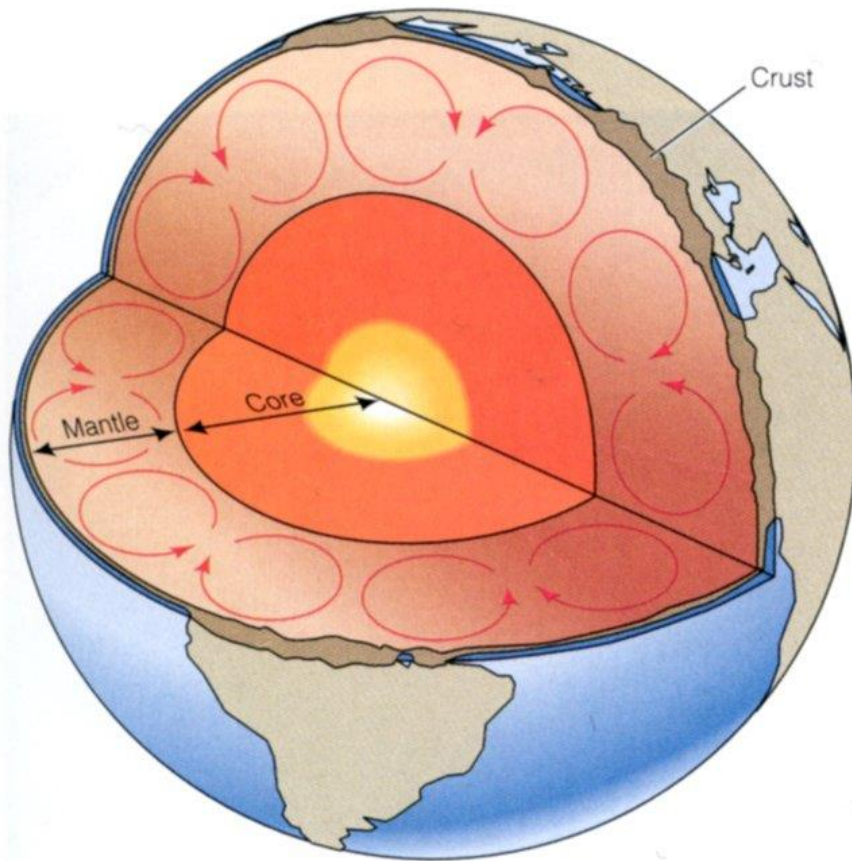
Člověk

hnojiva a prací prostředky
zemědělské a komunální odpady

Cyklus kyslíku



Horninový cyklus



Poháněný geotermální energií (?): teplo je vedeno kondukcí a konvekcí (konvektivní buňky). Povrch planety je tvořen tenoučkou křehkou vrstvou – kůrou. Ta je v důsledku tepelného proudění (?) rozlomena na velký počet zubatých částí označovaných jako litosférické desky, které se pohybují na plastické, snadno deformovatelné vrstvě – astenosféře.

Dnes máme 6 velkých desek a velký počet menších – pohybují se kolem 1 až 10 cm za rok.

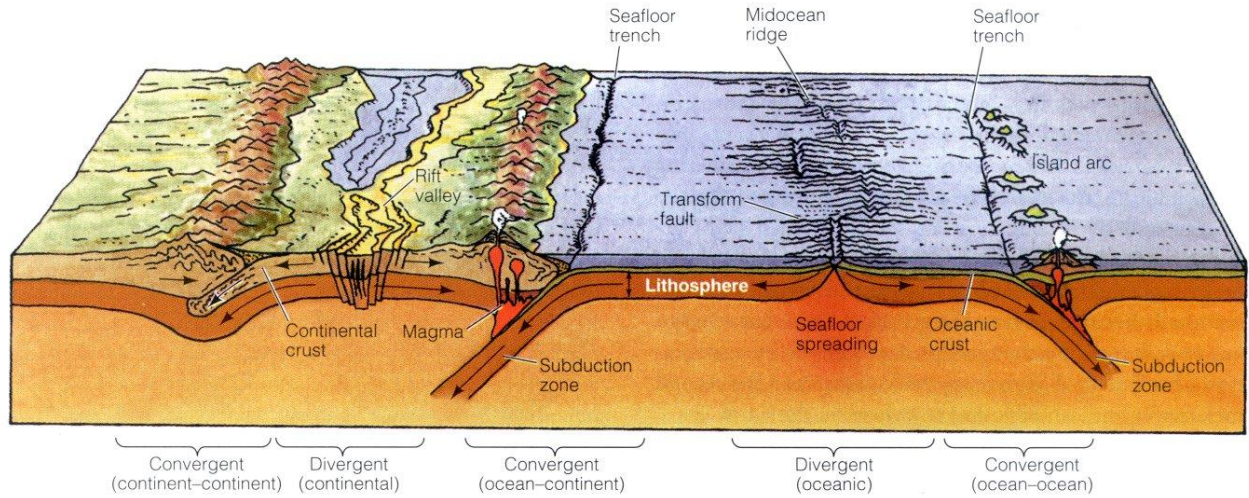
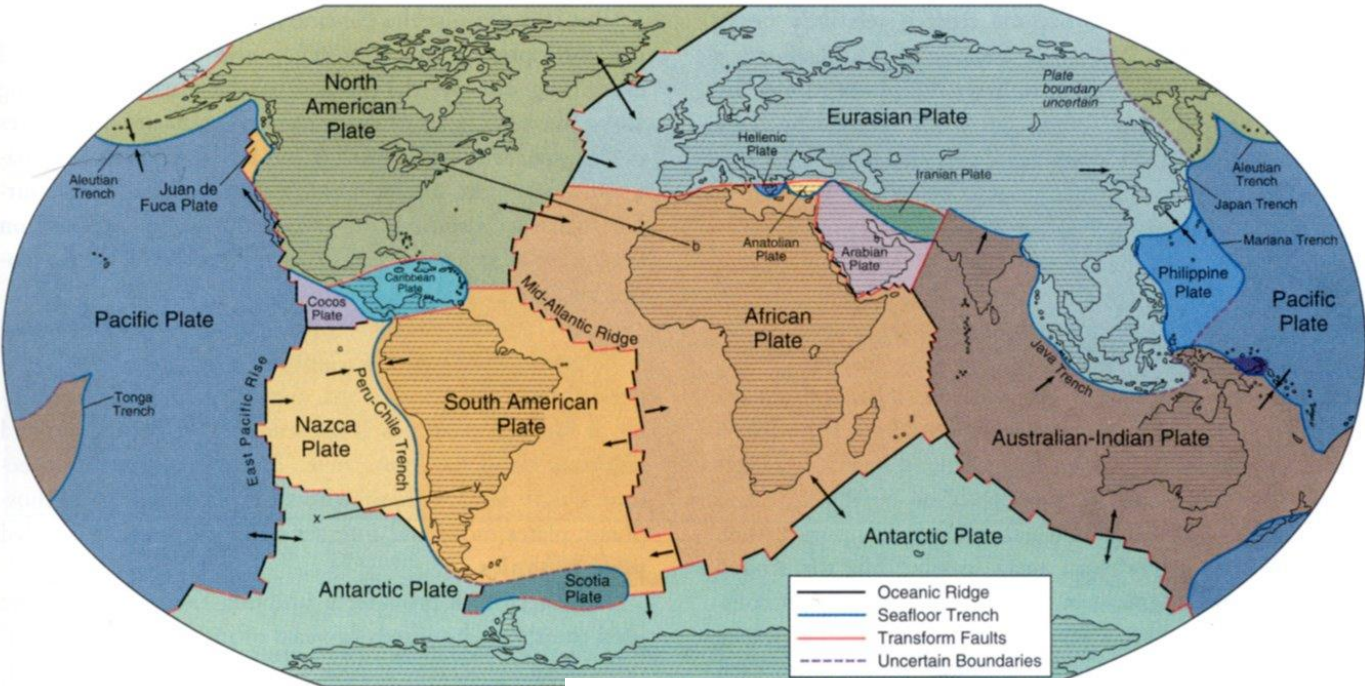
Okraje desek

divergentní – riftová, rozestupující se centra – častá ale slabá zemětřesení

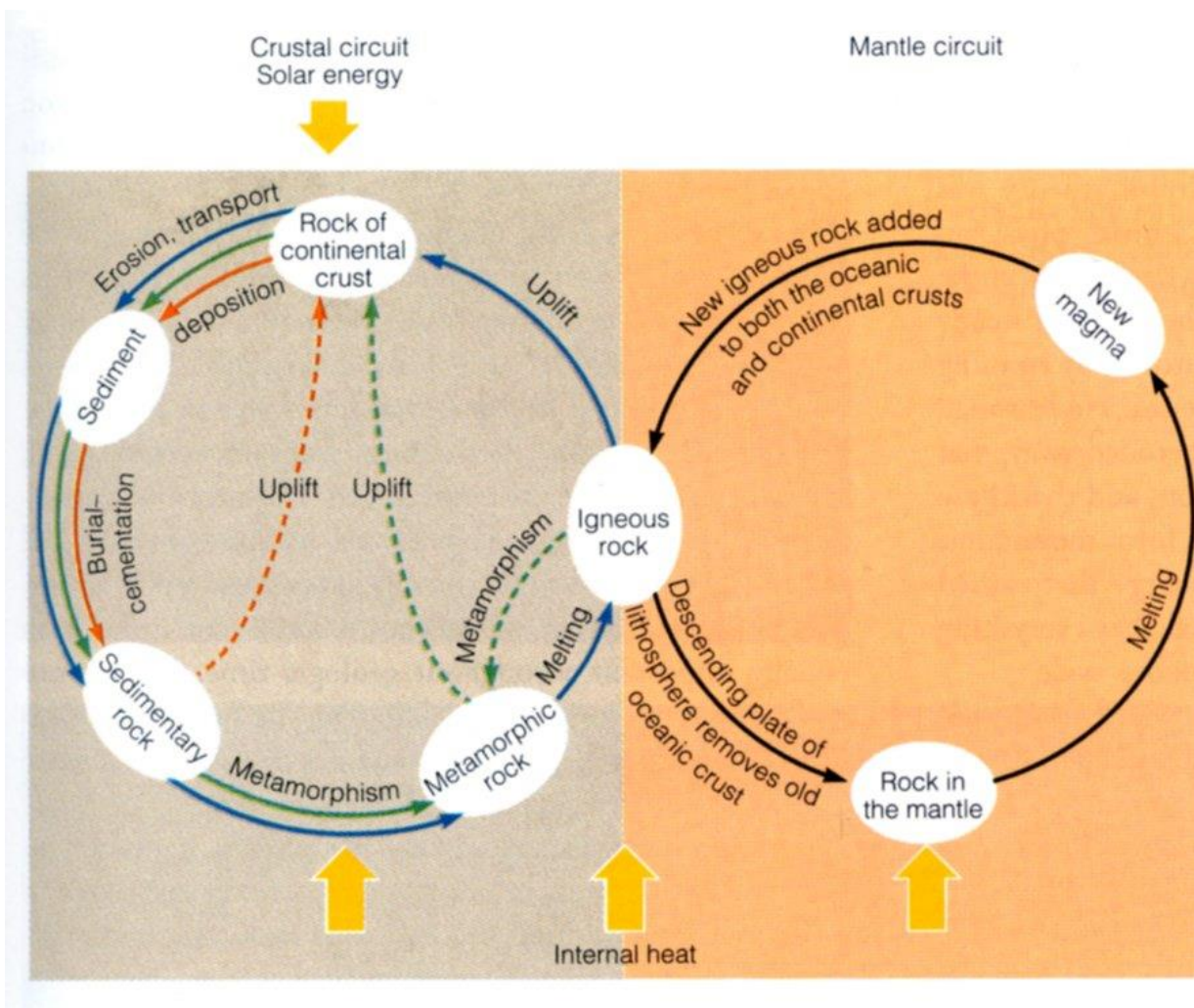
konvergentní – desky se pohybují k sobě; jedna se zasouvá pod druhou (subdukční zóna) nebo se střetávají (kolizní zóna). Místa explosivního vulkanismu a silných zemětřesení.

transformní – desky se pohybují podél sebe, olamují se a obrušují. Silná zemětřesení bez vulkanismu.

Horninový cyklus



Horninový cyklus



V kůře

5 % sedimentárních

95 % vyvřelých

Na povrchu

75 % sedimentárních

25 % vyvřelých

Odhadovaná délka celého horninového cyklu 650 milionů let – oceánský cyklus kratší (nejstarší horniny oceánské kůry kolem 180 milionů let, průměrné stáří kolem 60 milionů let).