

CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ I

Environmentální procesy

(05)

Složky prostředí – základní charakteristiky

Ivan Holoubek

RECETOX, Masaryk University, Brno, CR

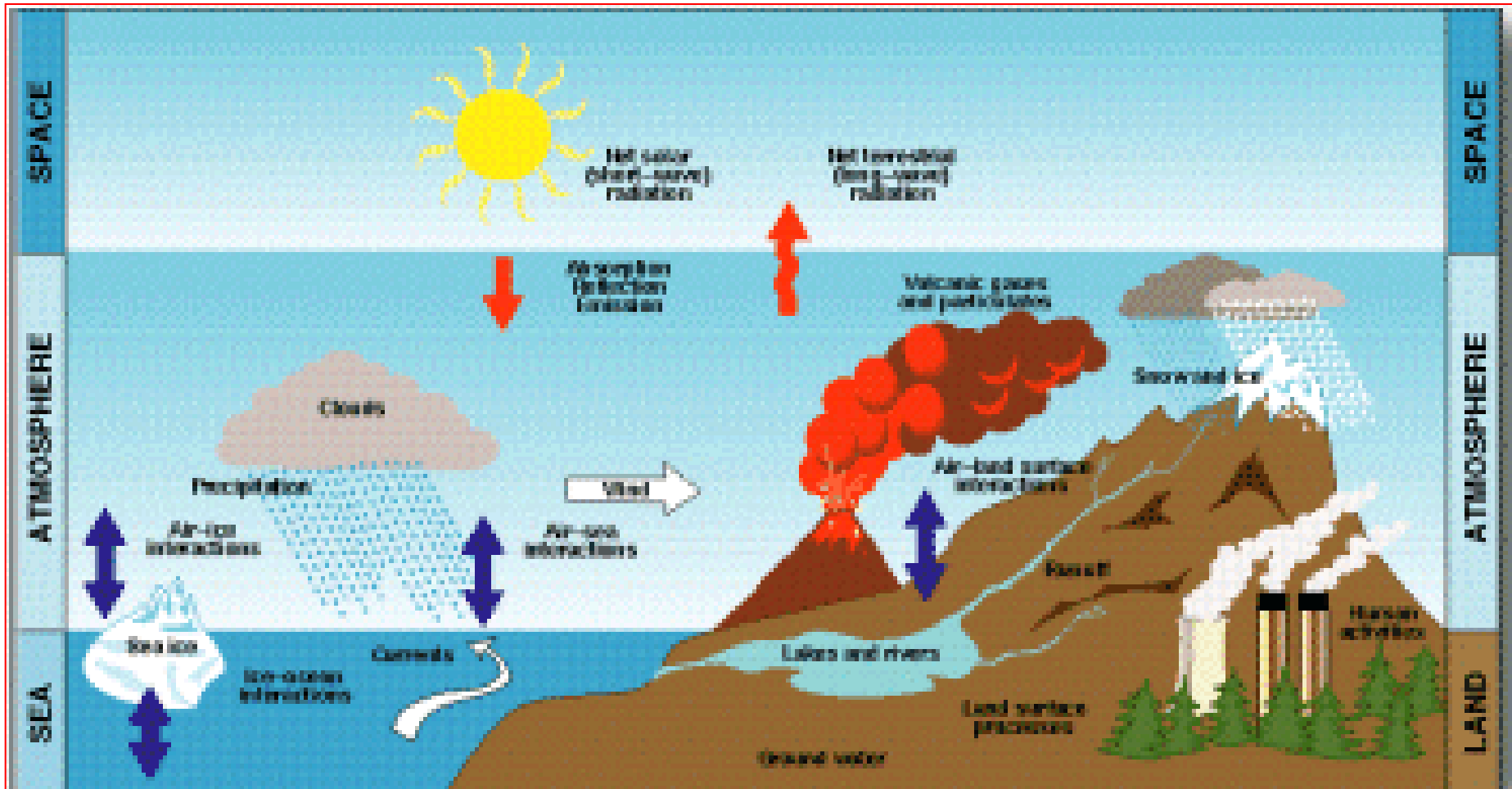
holoubek@recetox.muni.cz; <http://recetox.muni.cz>

(05) Složky prostředí – základní charakteristika

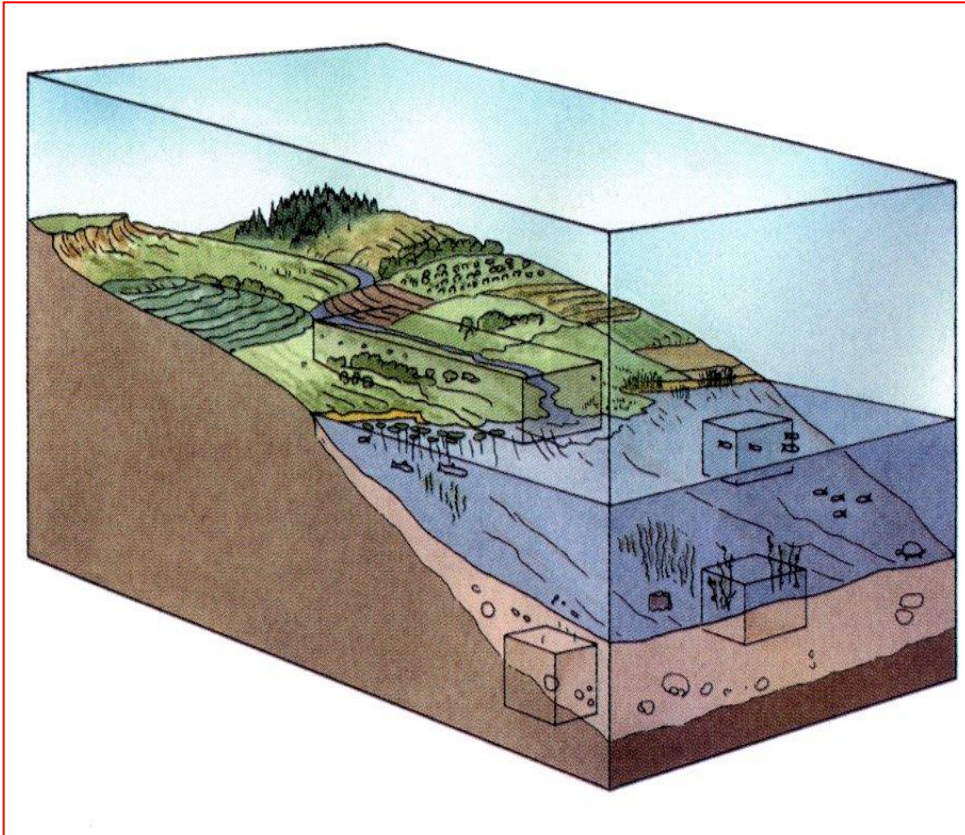
Složky prostředí, základní charakteristiky.

Ekosystémy – definice, vztahy.

Osud chemických látek v prostředí



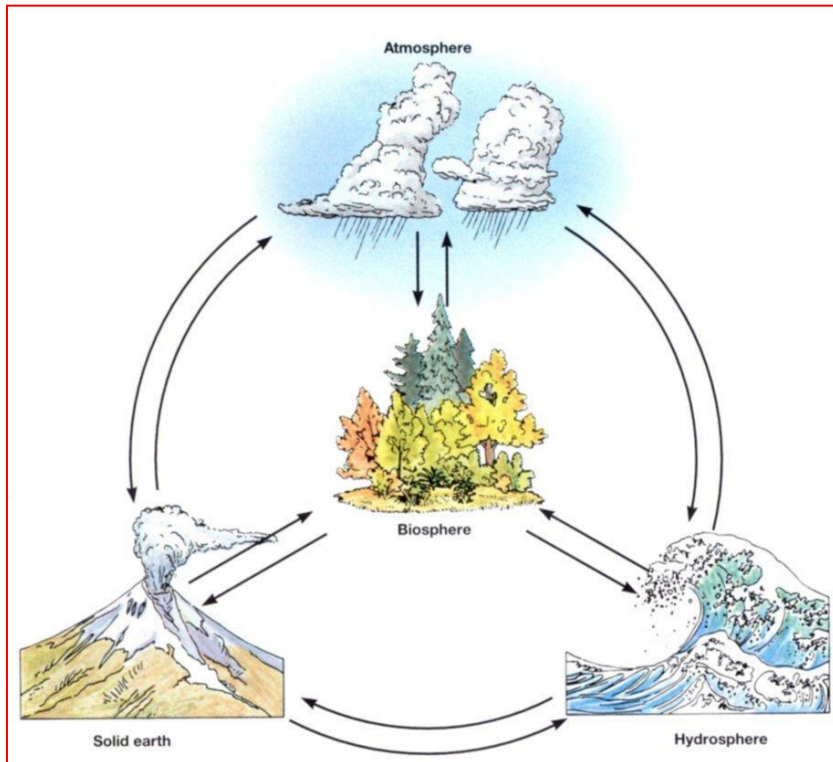
Koncepce systémů



- ↪ **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 podsystemů**, pochopení jejich funkce je však možné jen v kontextu celého systému.

Zemský systém

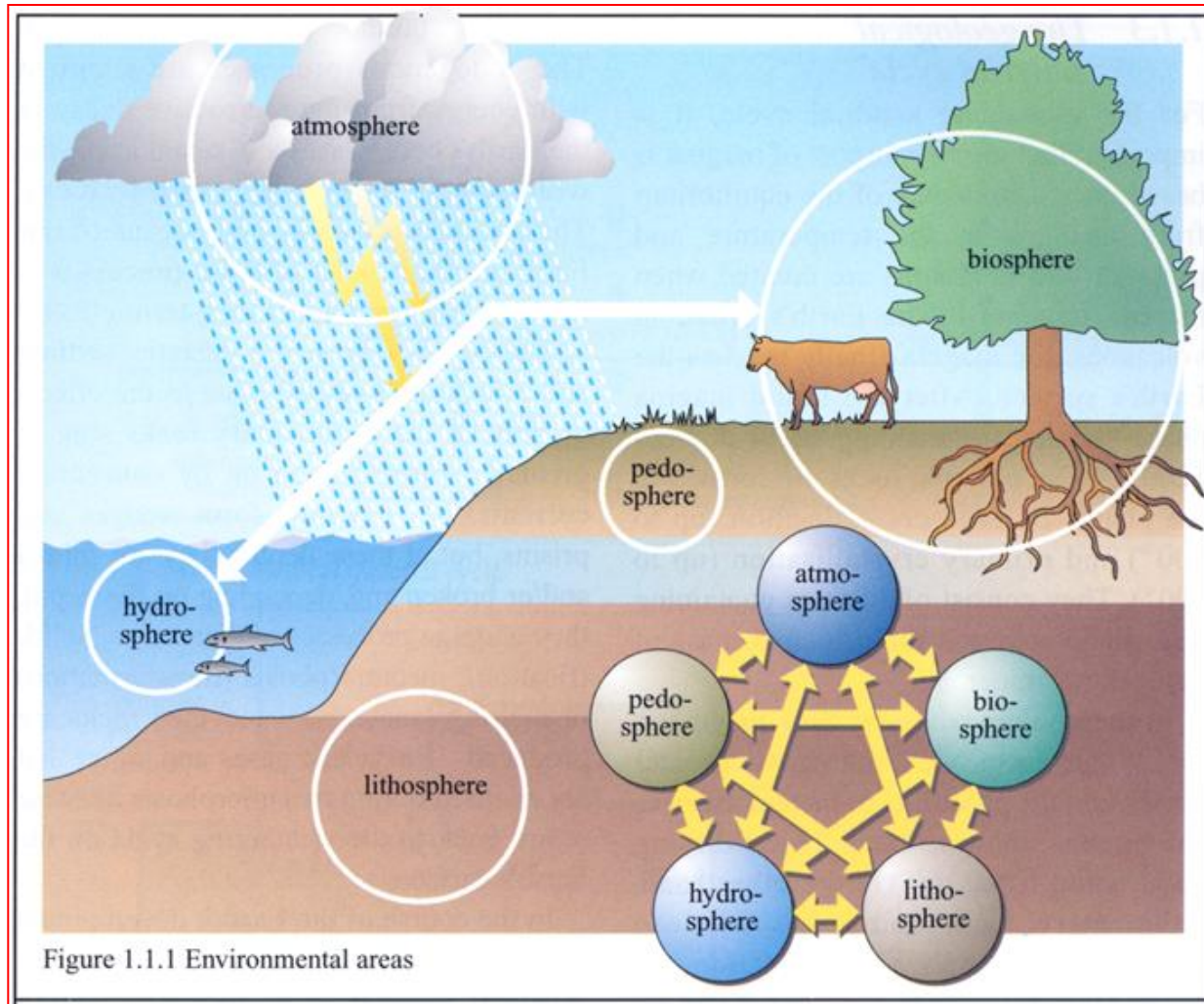
Zemský systém se skládá z menších podsystémů, které spolu intenzivně „komunikují“



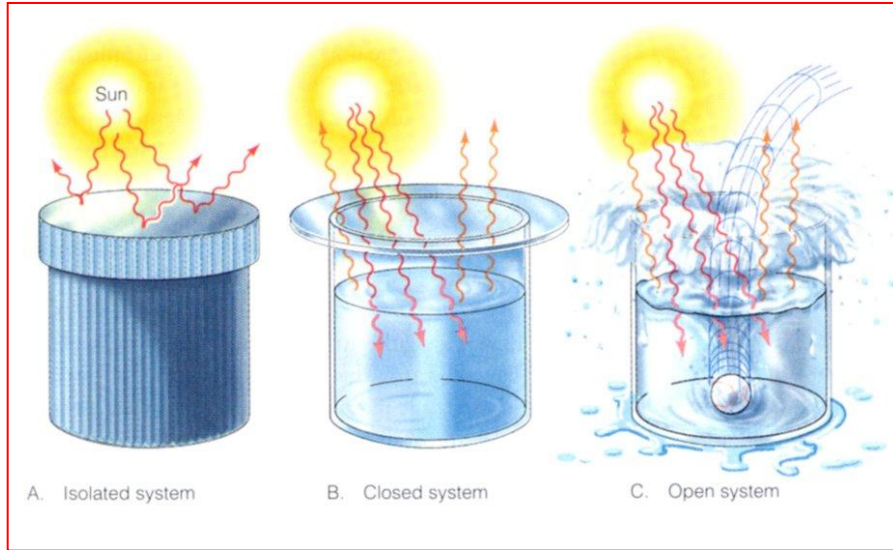
- ↪ atmosféra
- ↪ hydrosféra
- ↪ biosféra
- ↪ litosféra

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

Složky prostředí



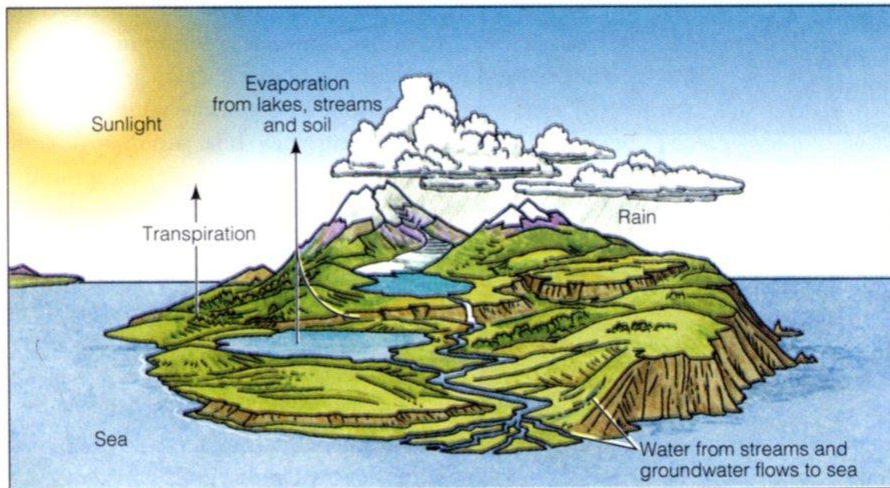
Systemy



↪ Izolovaný

↪ Uzavřený

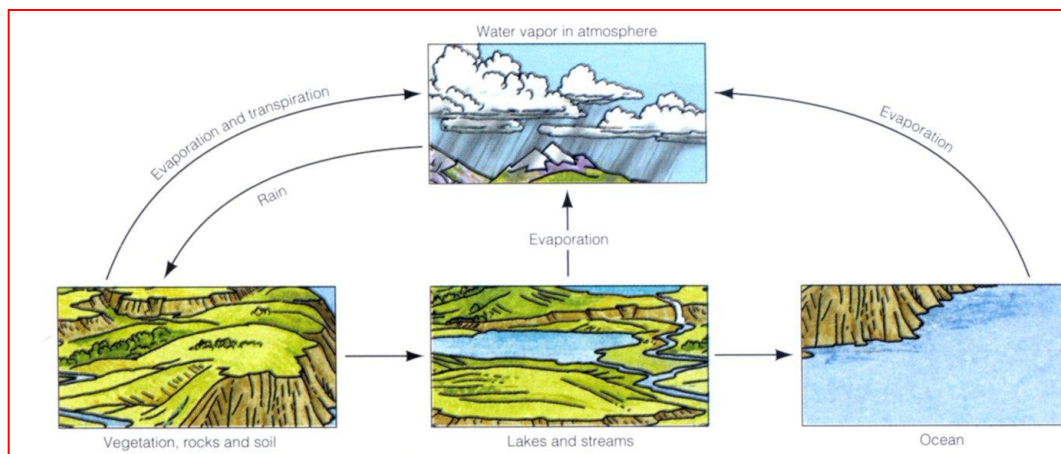
↪ Otevřený



↪ Otevřený

„Box“ modely

Systemy 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

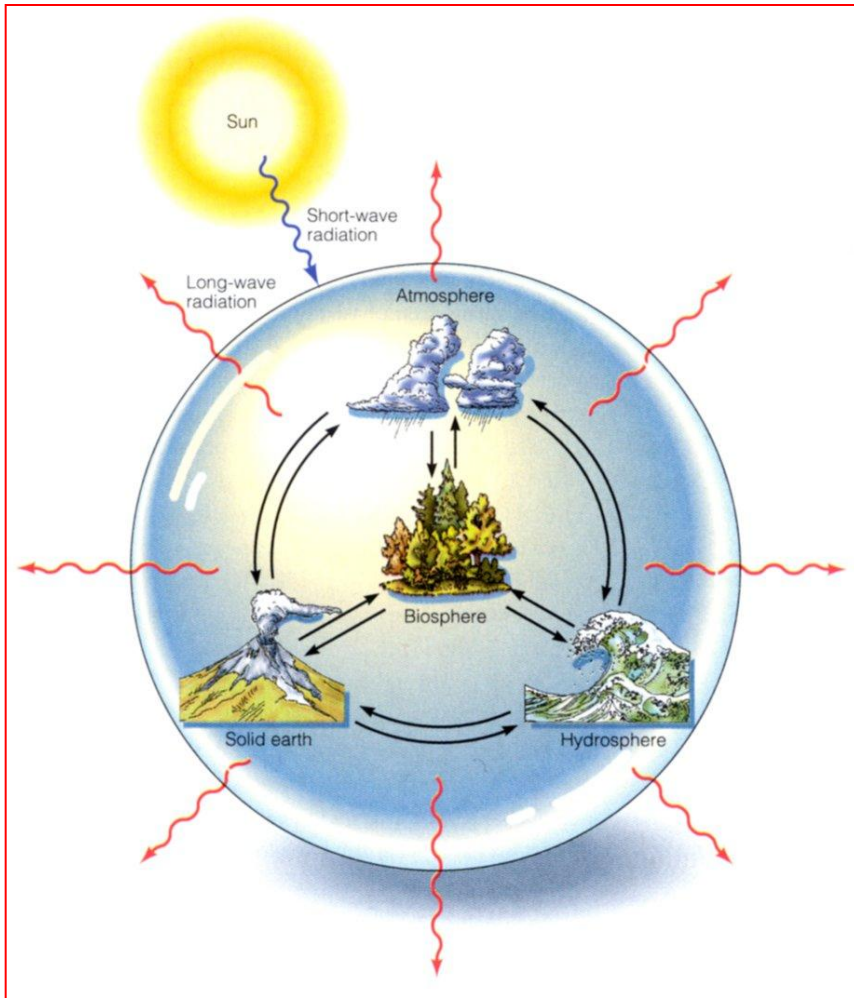
Rezervoáry, doba zdržení, vstupy, výstupy, stacionární stav. Velikost rezervoáru je dána celkovou bilancí (vstupy – výstupy)

$$r = k \times m$$

Čím provázanější jsou podsystémy 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 starých stejné ??

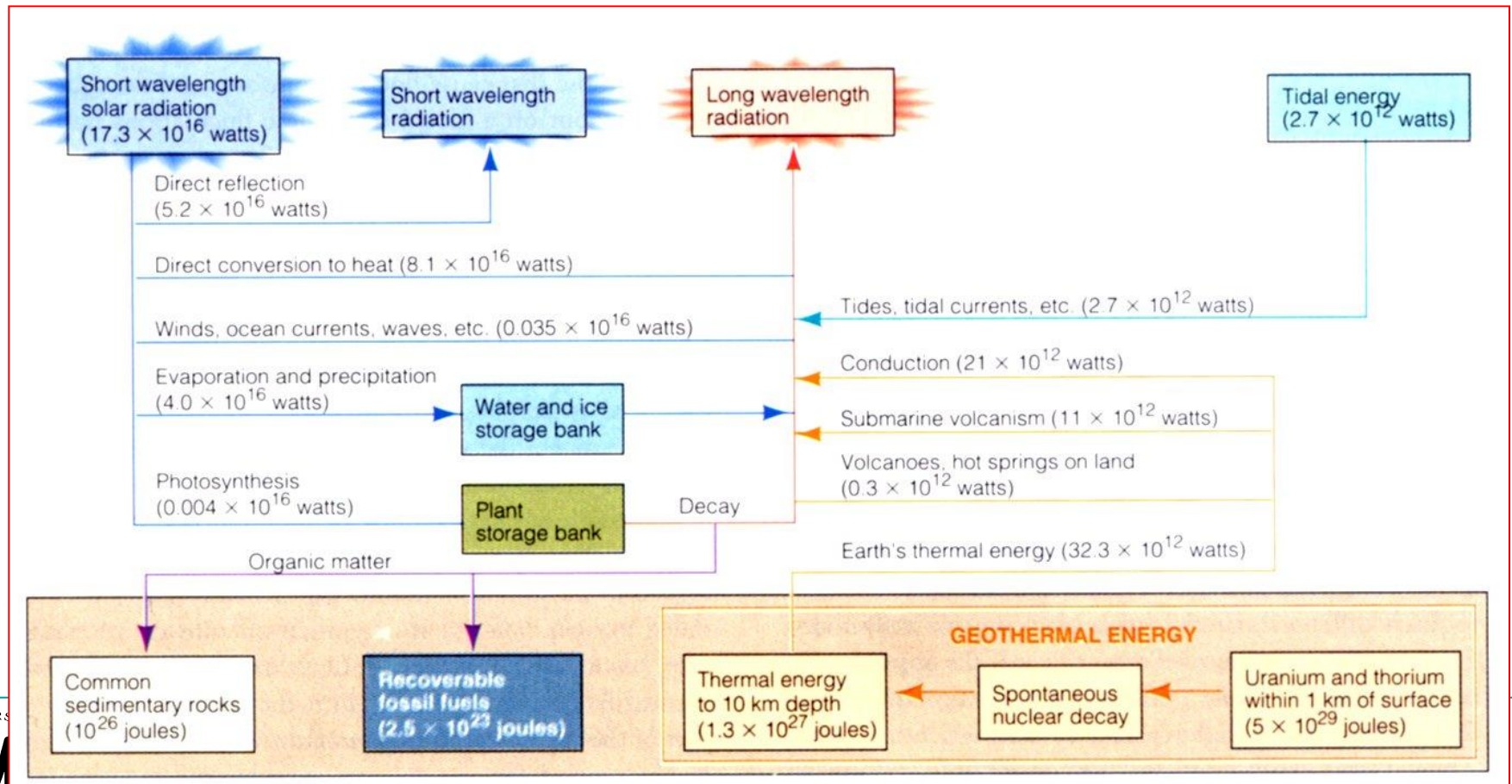
Přirozený tok hmoty na Zemi – cykly.

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

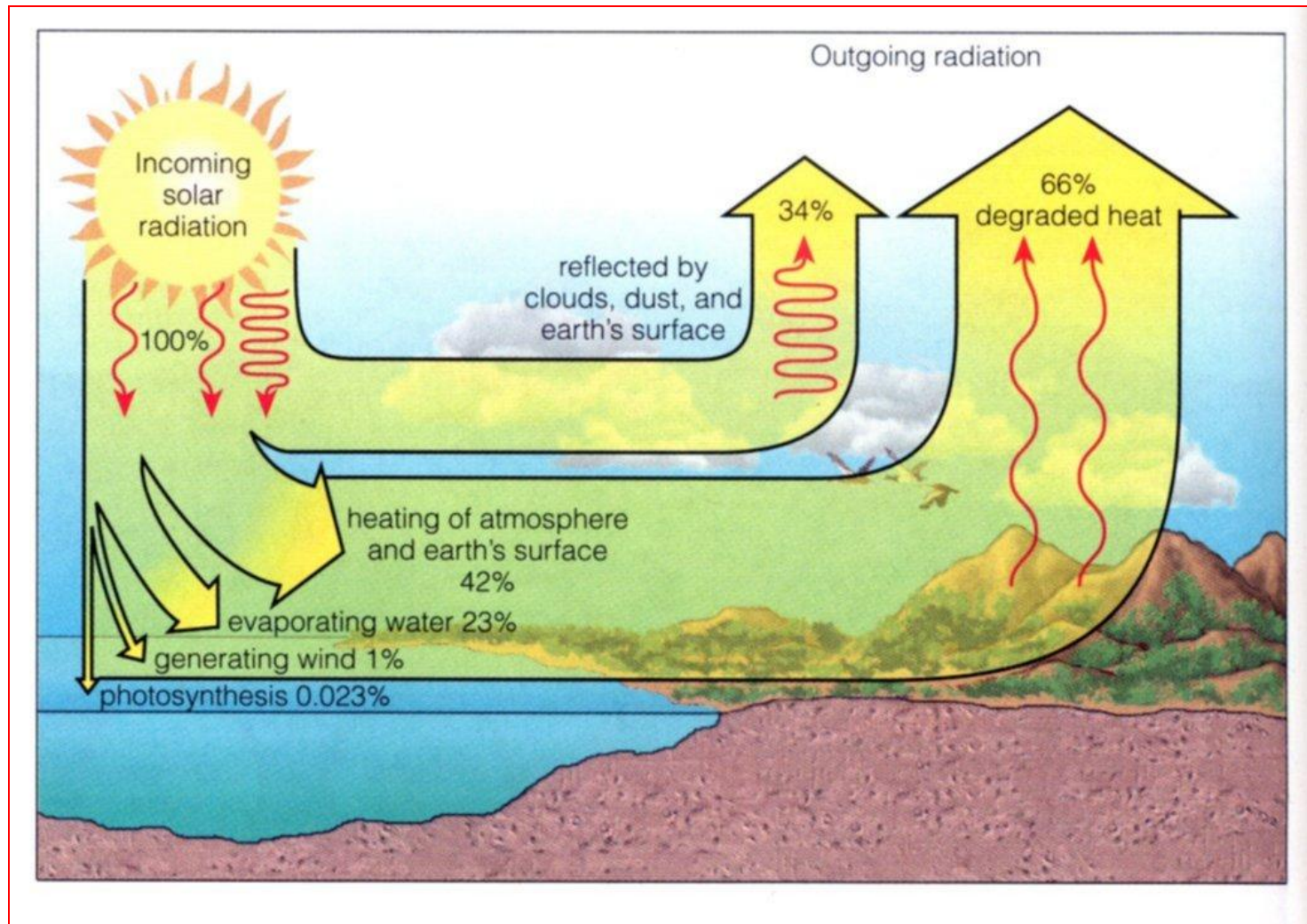
Energie přílivu: 3 teraW (0,002 % z celkového příjmu) – rotace Země a gravitační přitažlivost Měsíce; pohyb vodní hmoty vůči horninám působí jako „brzda“ zemské rotace

Energetické výstupy

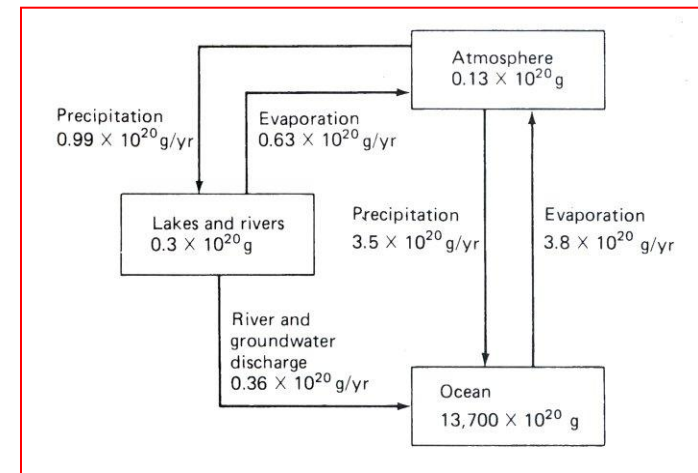
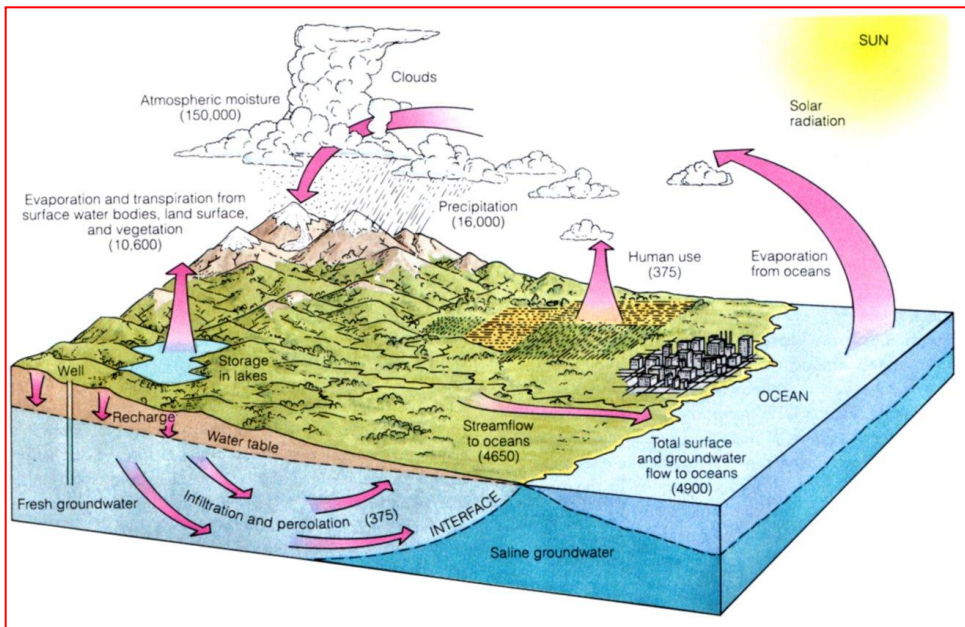
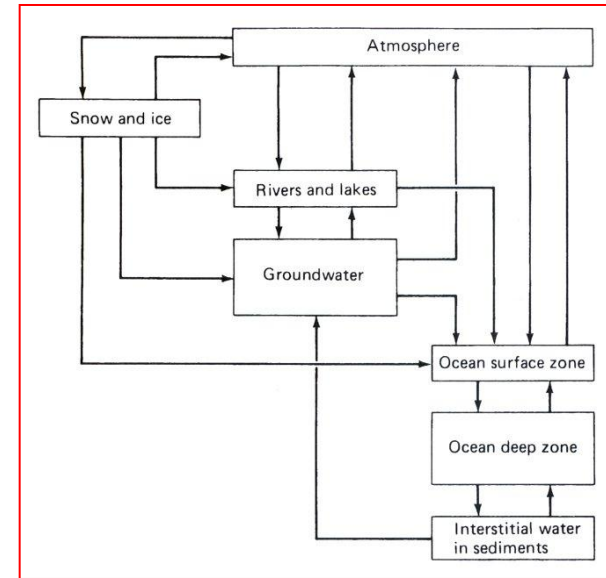
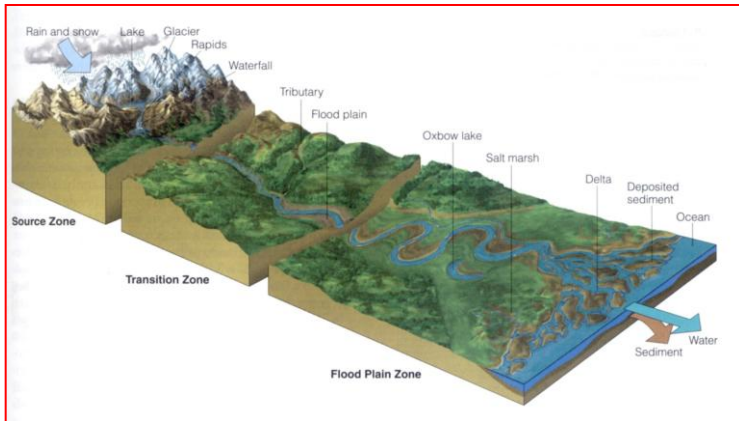
Odraz kolem 40 % slunečního záření je nezměněno odraženo zpět (albedo)

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.

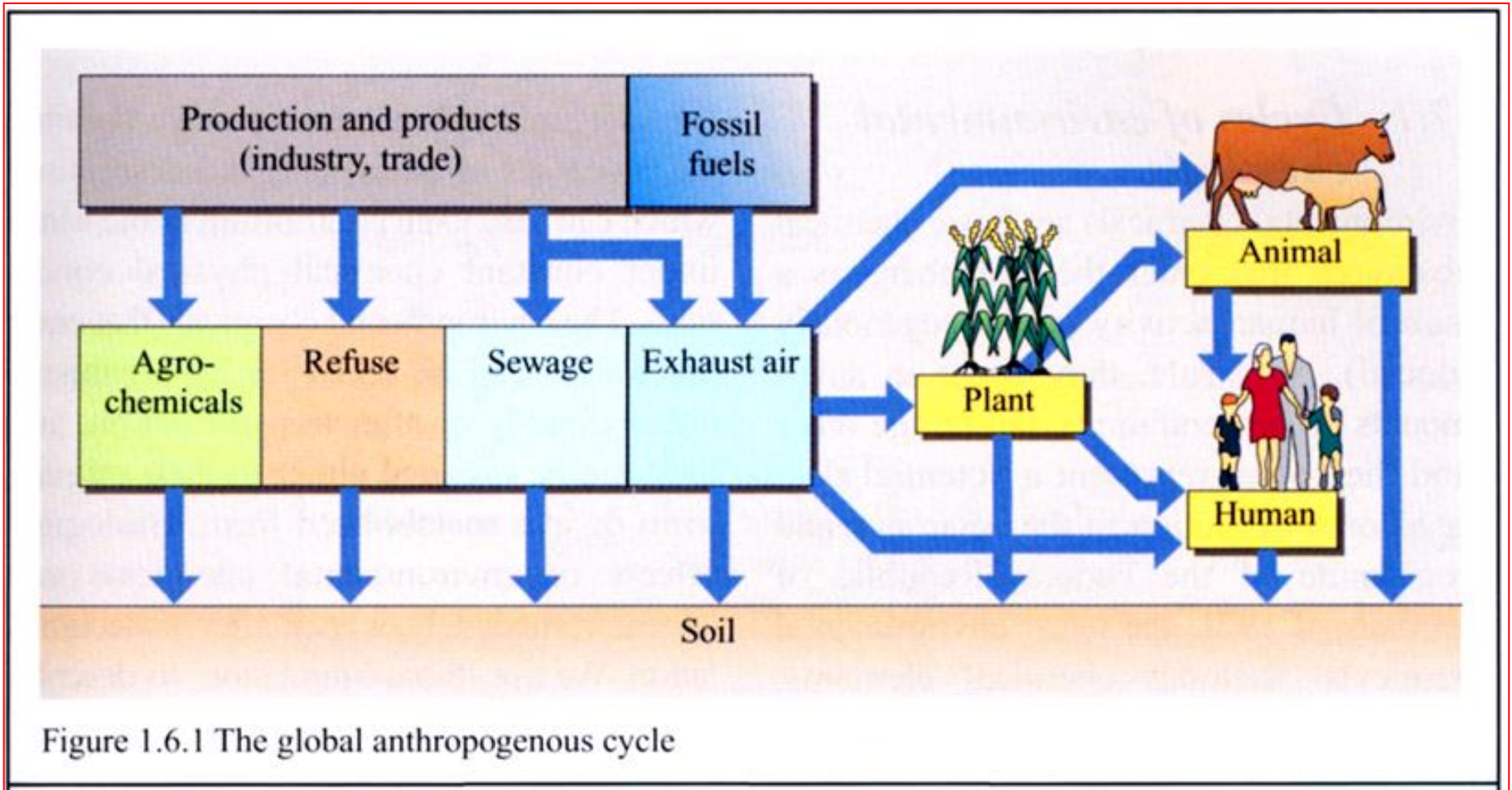
Energetický cyklus



Hydrologický cyklus



Globální antropogenní cyklus



Geochemický cyklus

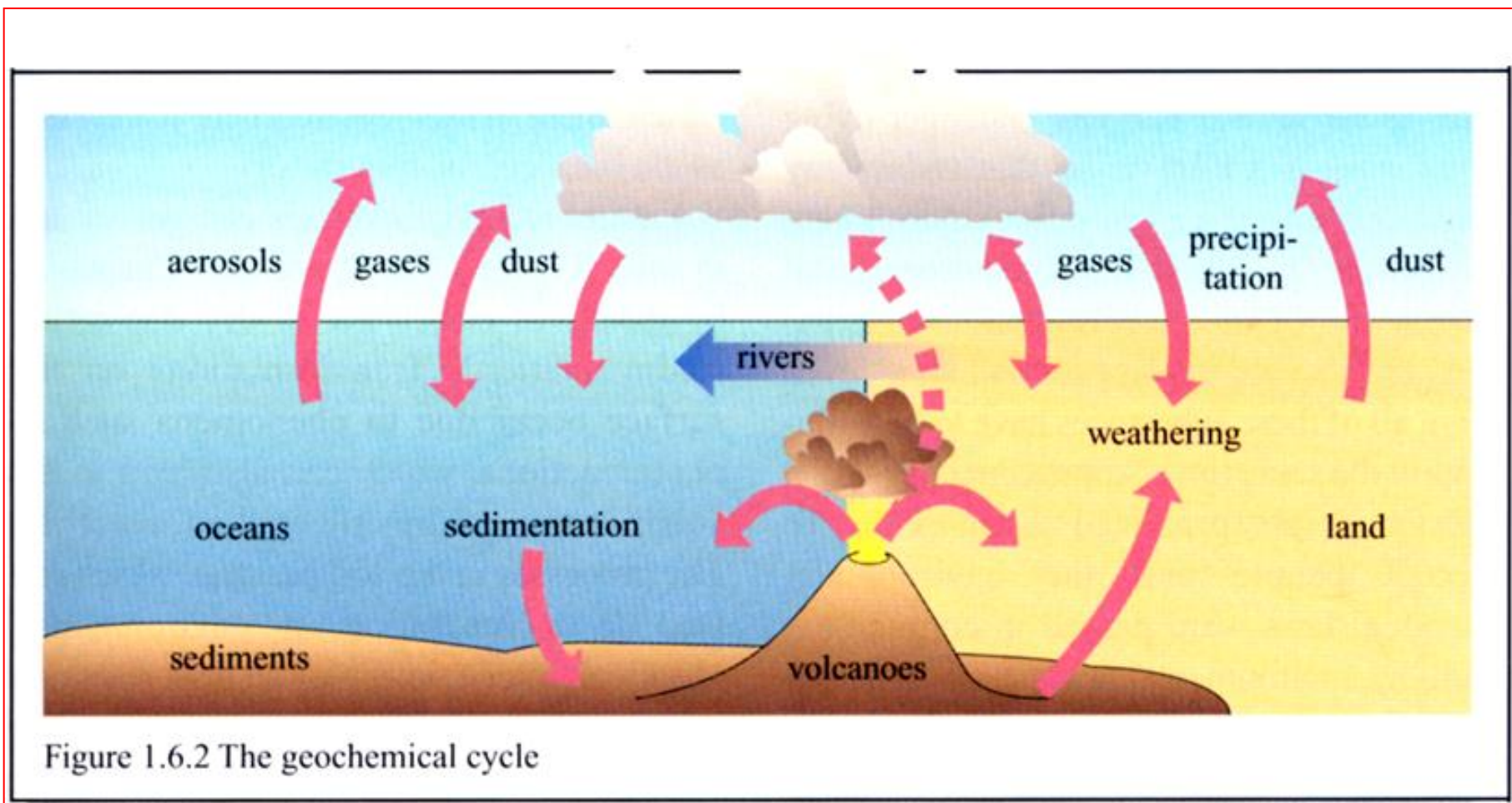
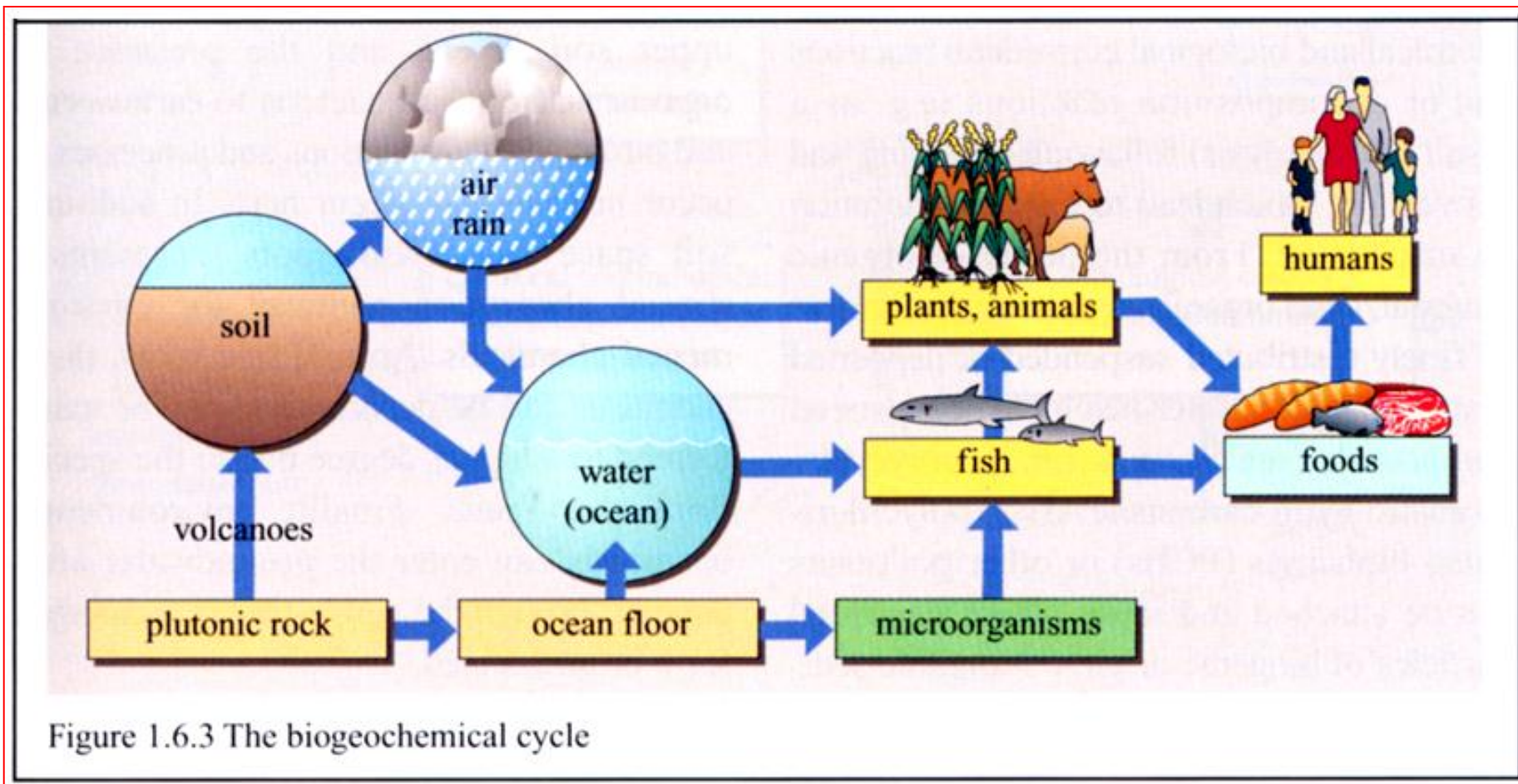


Figure 1.6.2 The geochemical cycle

Biochemický cyklus



Důležité fyzikální vlastnosti současné planety

Table 1.1 Some important physical properties of the present-day Earth^a.

Mass / kg	5.98×10^{24}		
Radius / m	6.38×10^6		
Density / kg m^{-3}	5520		
Distance from sun / km	1.5×10^8		
Surface temperature / K	290		
	Atmosphere	Oceans	Land
Mass / kg	5.27×10^{18}	1.37×10^{21}	
Surface area / m^2		3.61×10^{14}	1.48×10^{14}
Approximate density / kg m^{-3}	1.3 (at Earth's surface, 0 °C)	1030	2700 (surface rocks)
Major components	N_2 , O_2 , H_2O , Ar	H_2O , dissolved species Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+}	Si, O, Al, Fe, Ca (as silicates, oxides, carbonates etc.)

^a Additional data regarding the nature of the Earth are provided in Appendices A.1–A.3.

Cyklus látek v prostředí

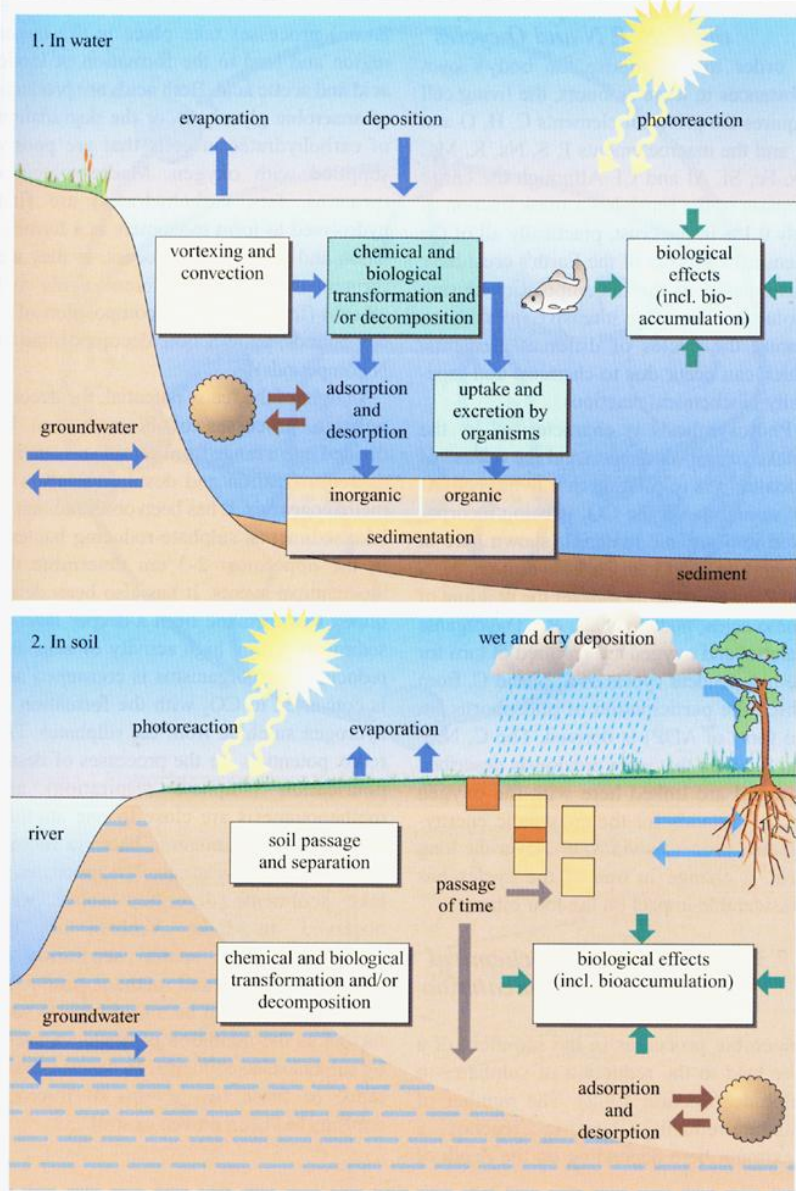


Figure 1.7.1 Cycles of environmental chemicals

Ovzduší

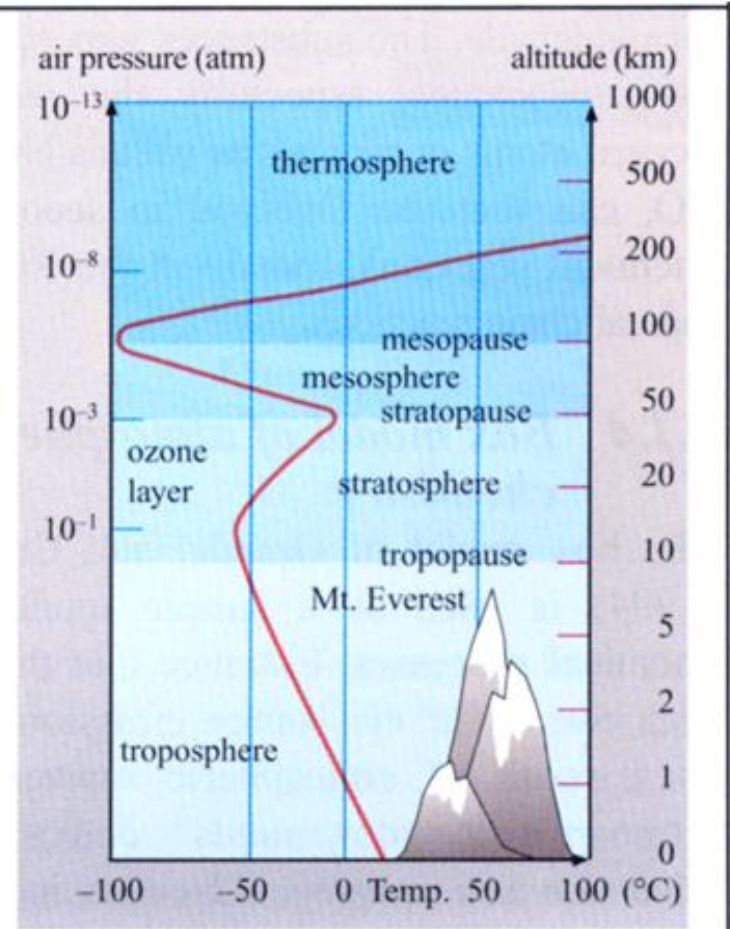
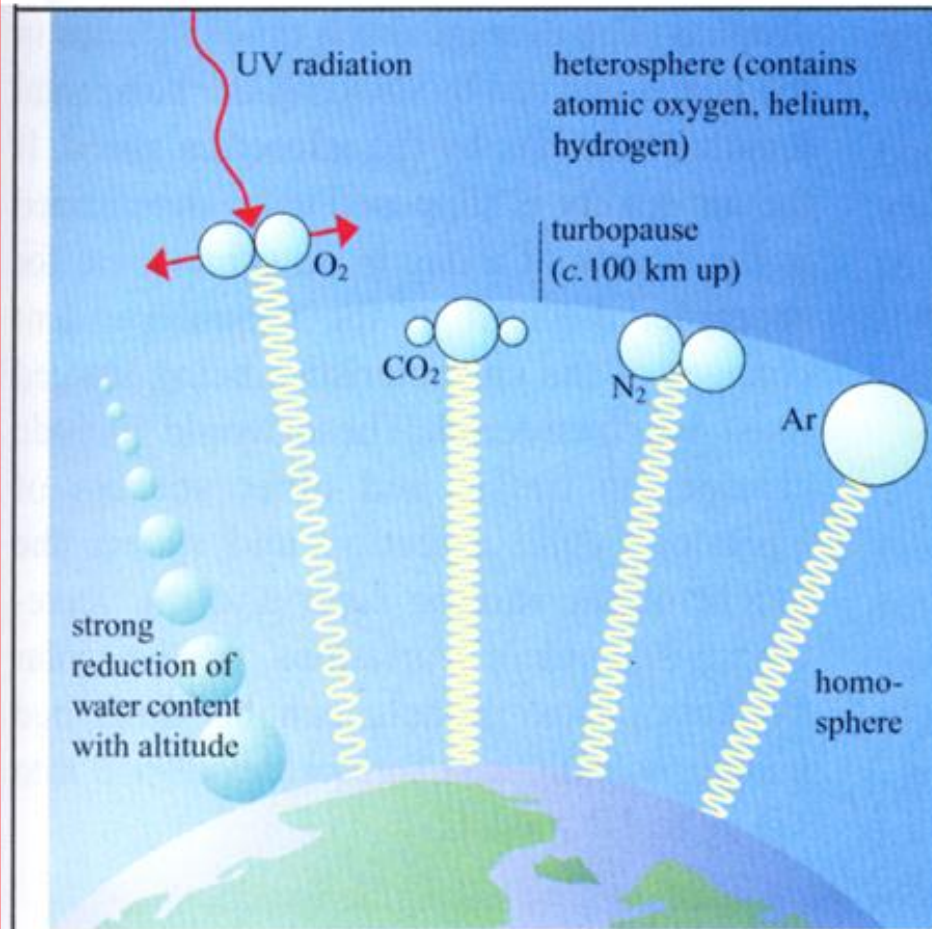
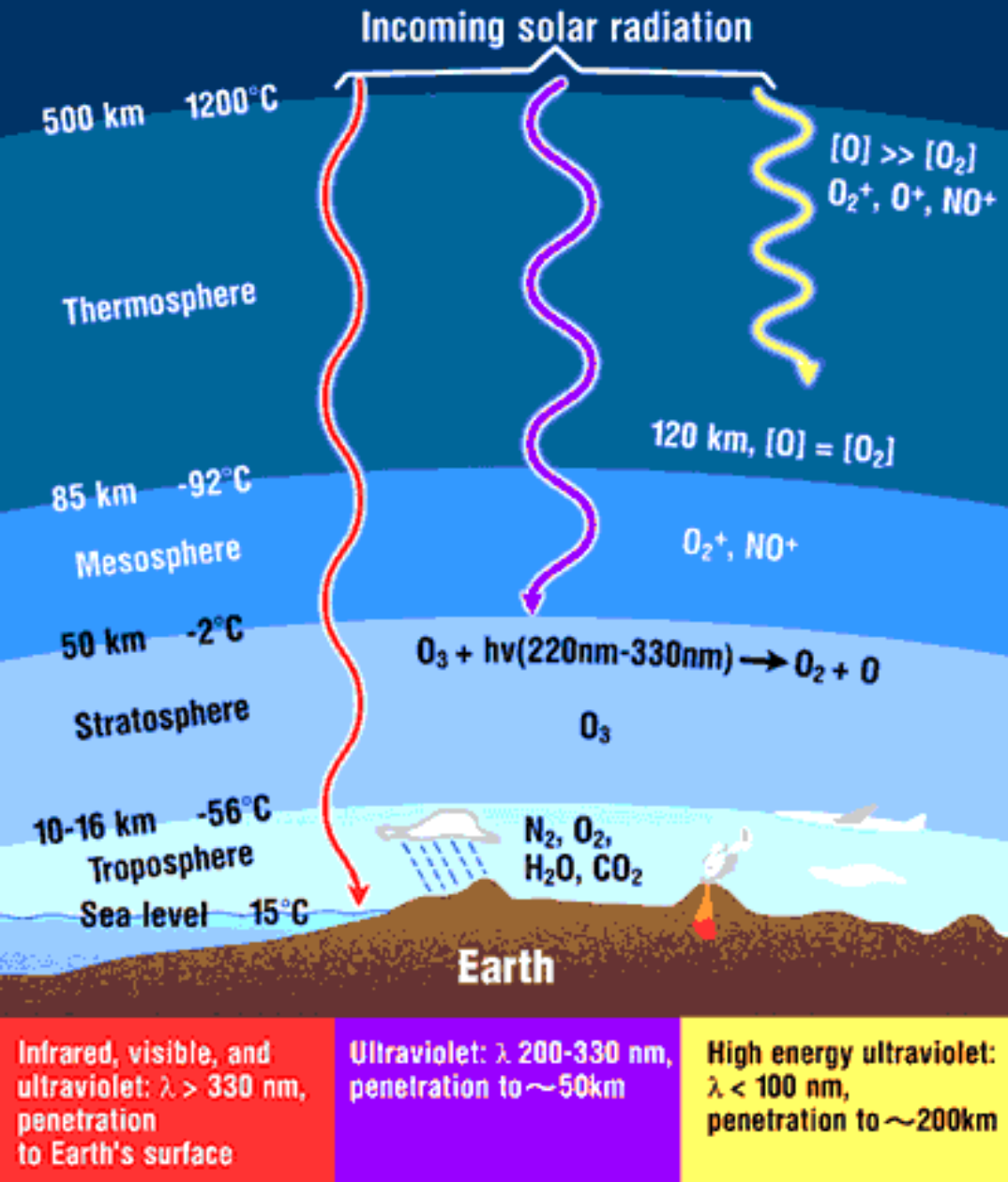
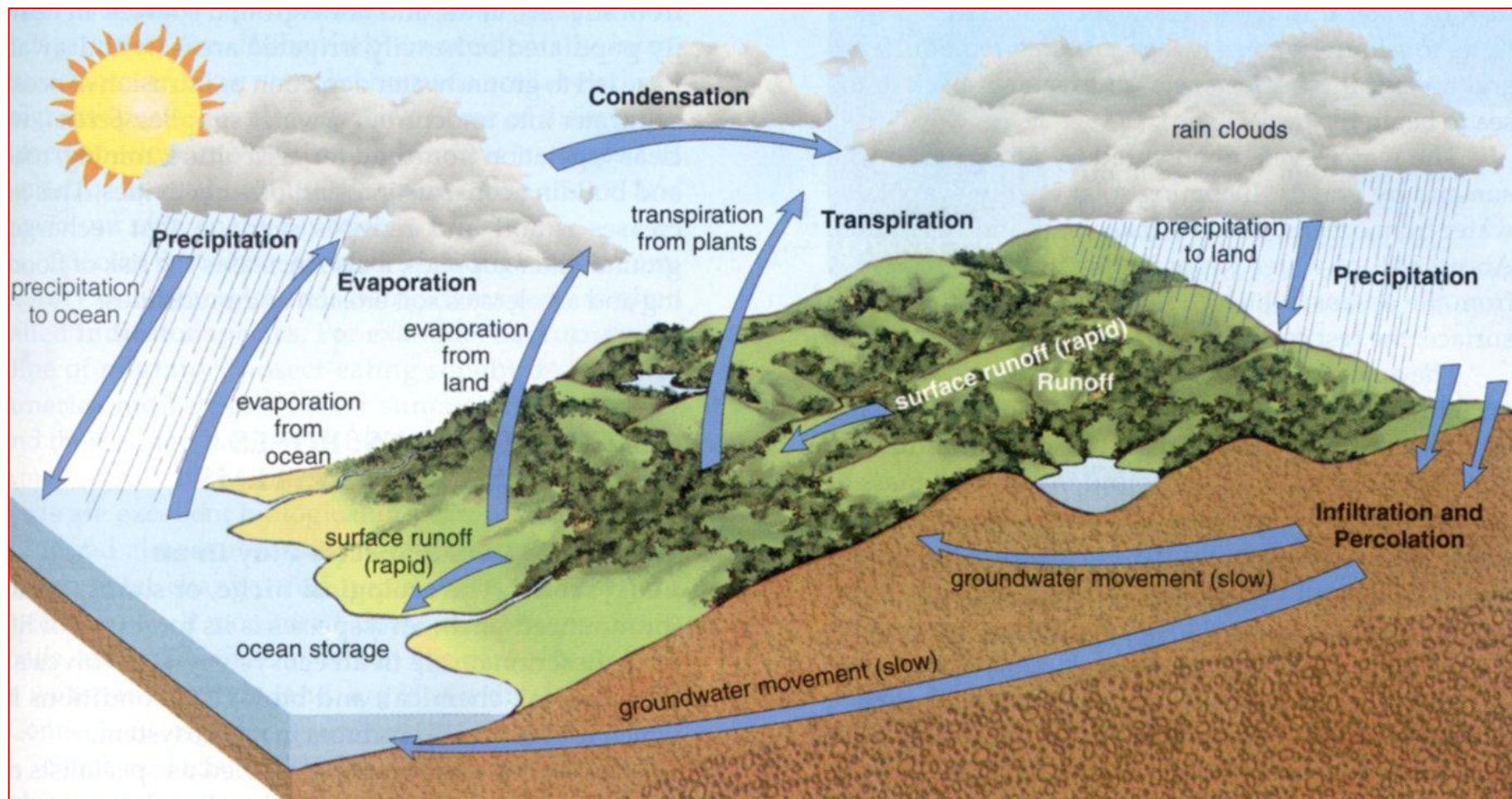


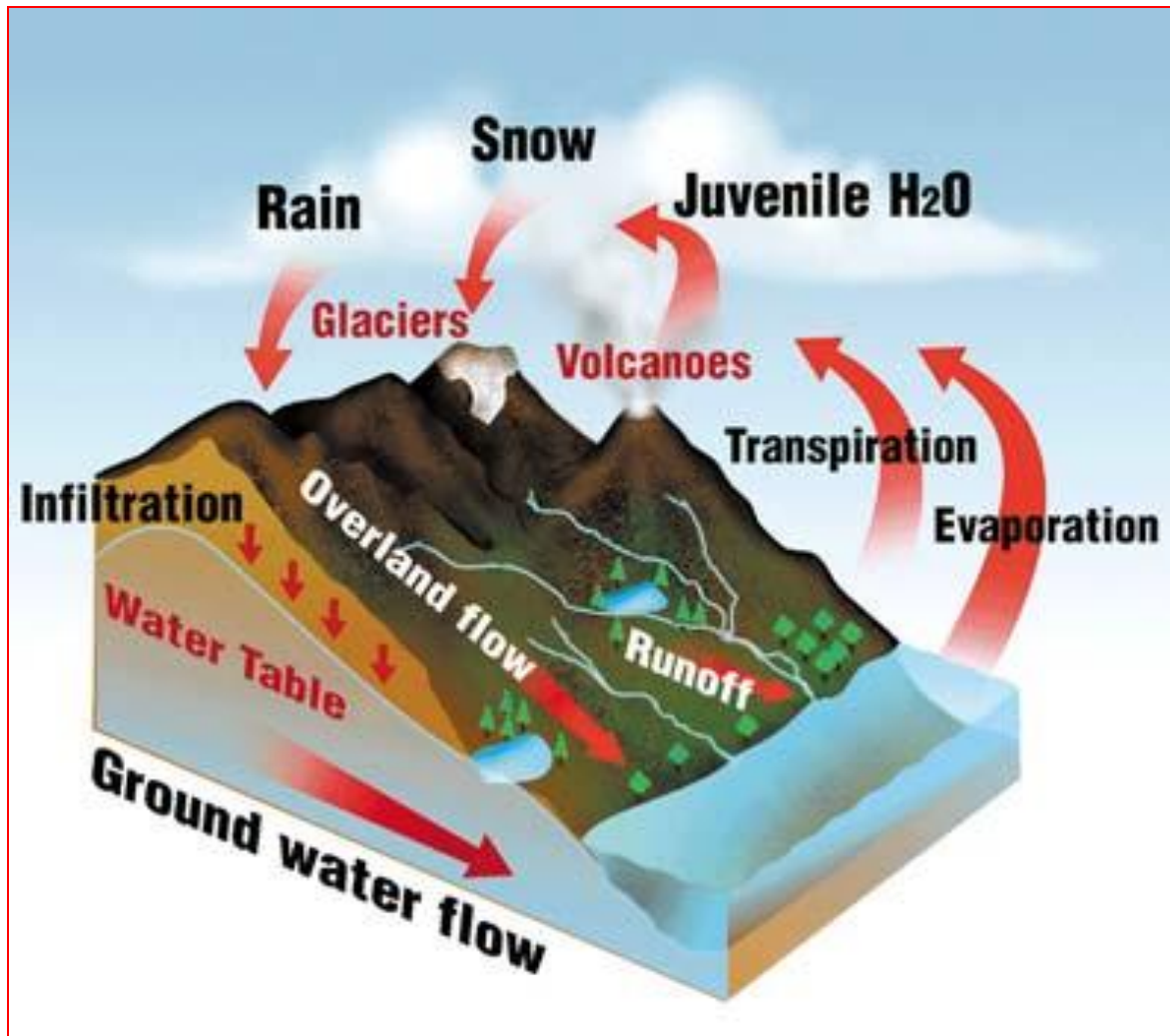
Figure 2.1.2 Composition of the atmosphere



Hydrologický cyklus



Hydrologický cyklus



Hydrologický cyklus

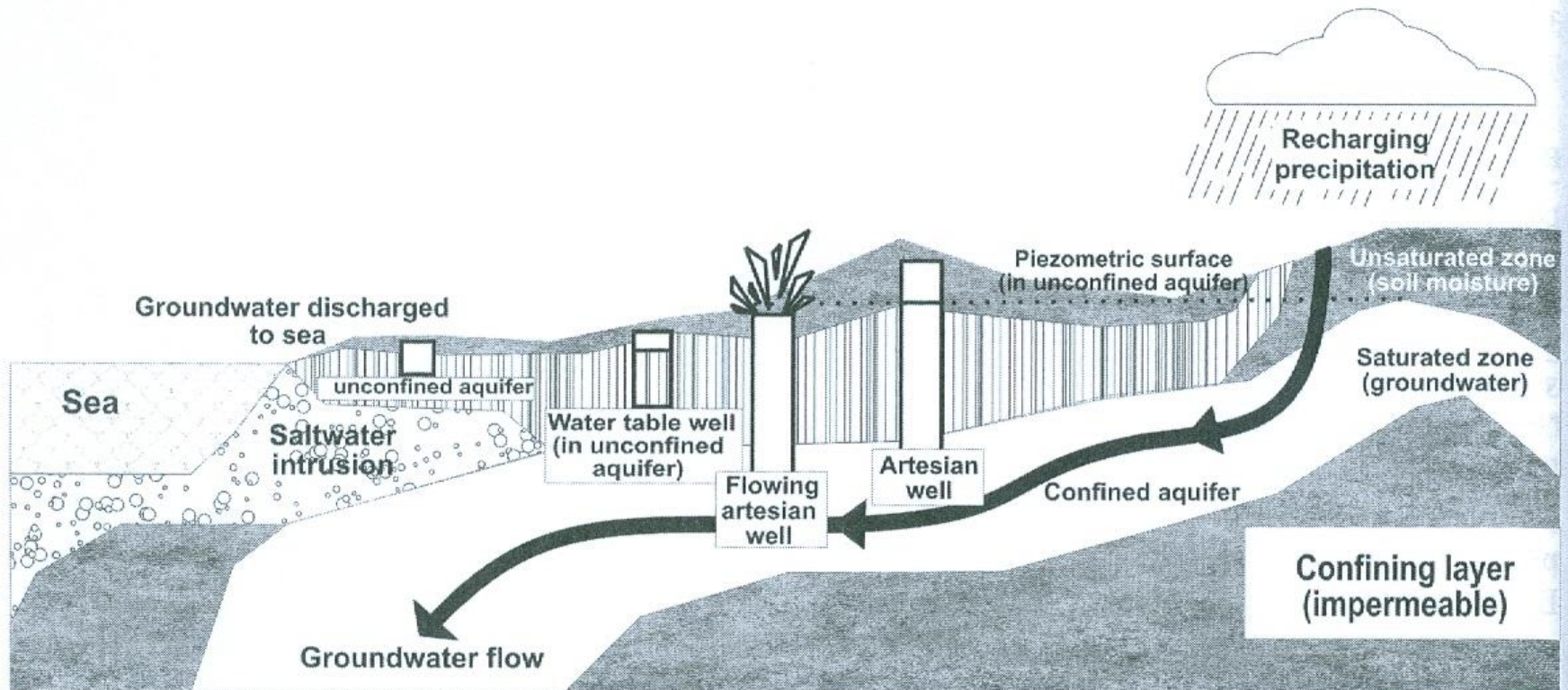
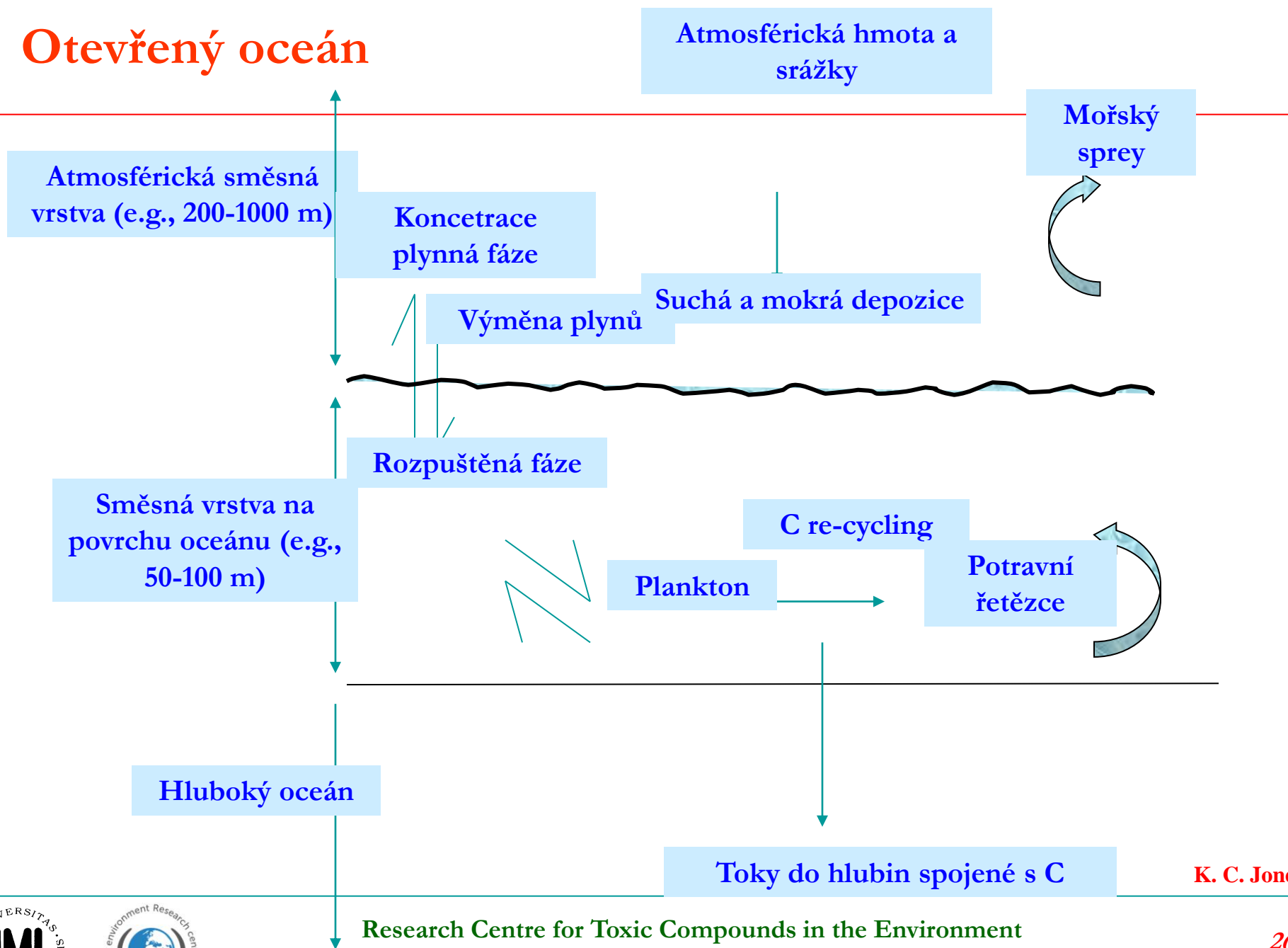


FIGURE 6.4. Types of aquifers, wells, and groundwater flow. (Adapted from: Environment Canada).

Otevřený oceán



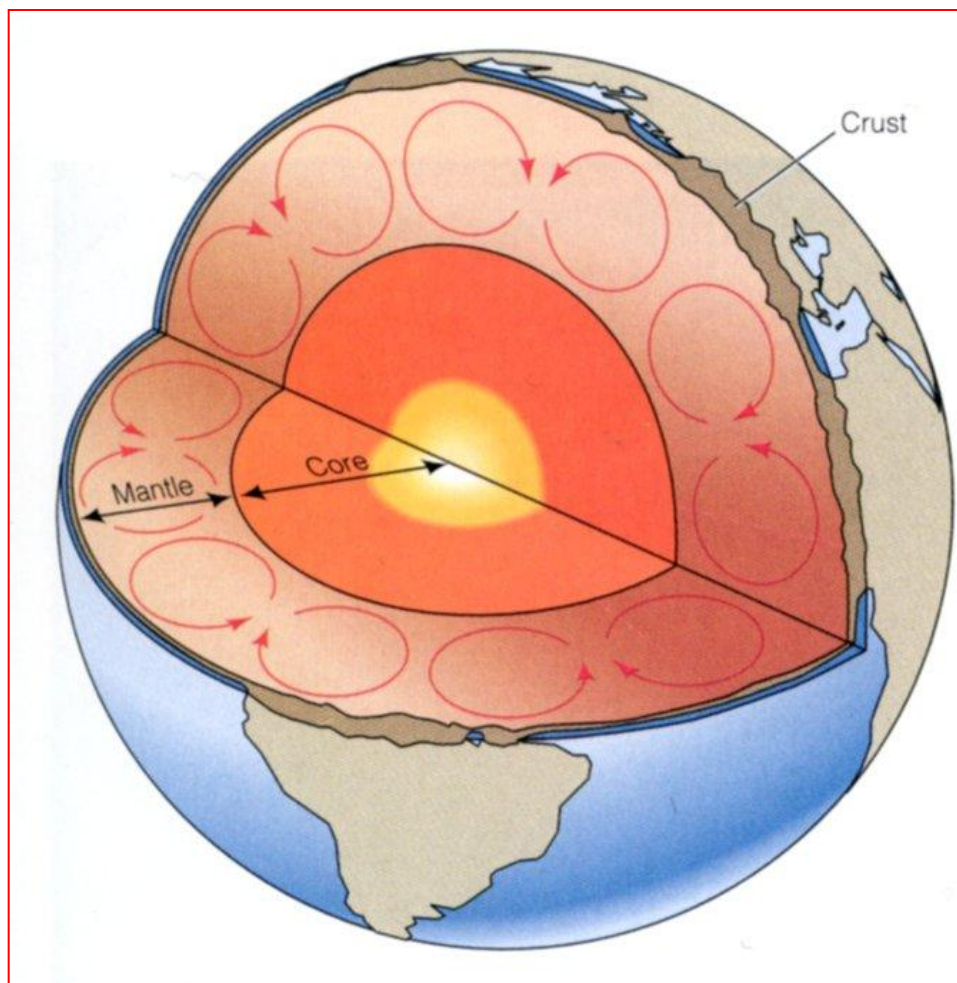
K. C. Jones

Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

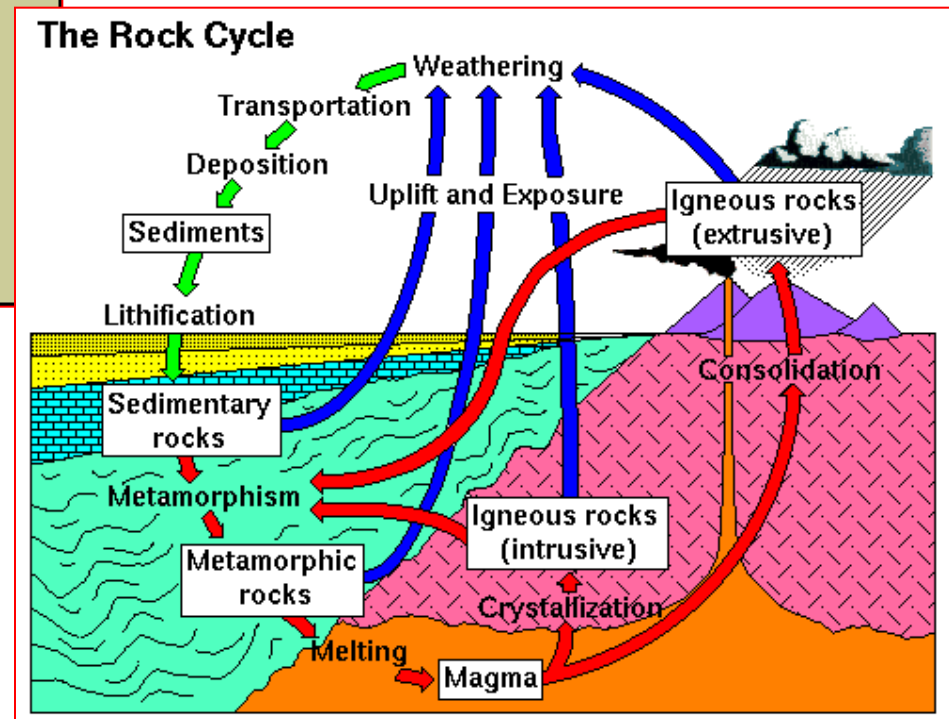
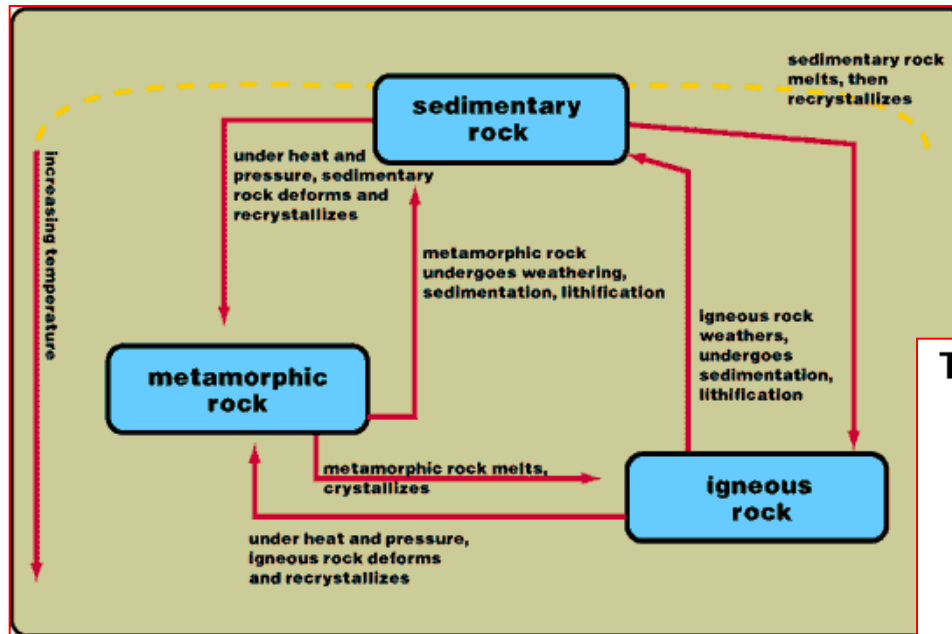


Geosféry a horninový cyklus

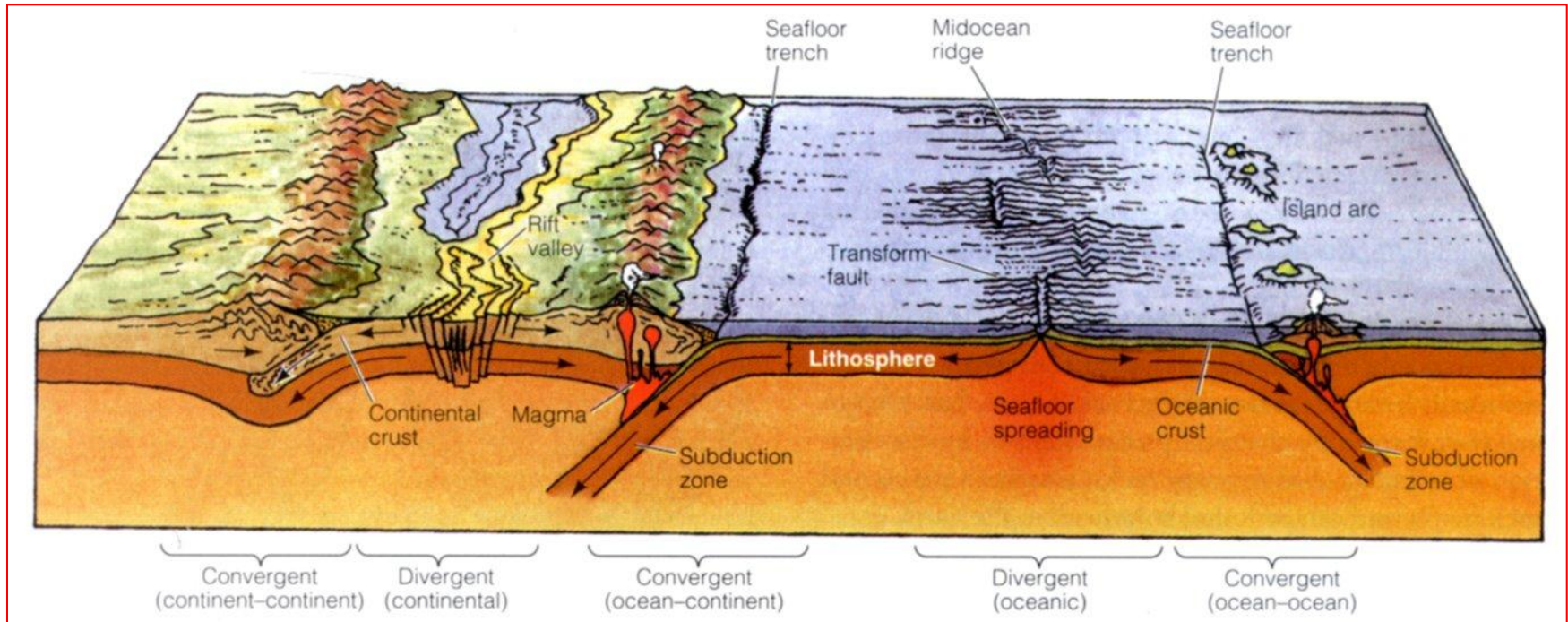


- ↪ Geosféry
- ↪ Zvětrávání a půdy
- ↪ Ztráta půdy

Geosféry a horninový cyklus



Geosféry a horninový cyklus



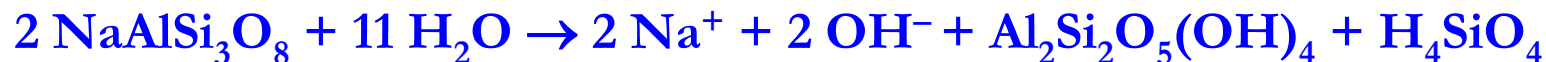
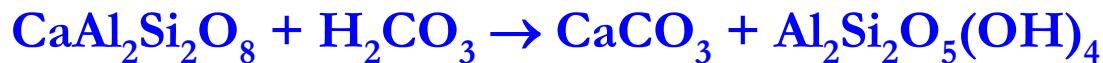
Zvětrávání

Chemická a fyzikální degradace hornin na relativně jemné částice (půdy a sedimenty) a rozpuštěné látky, klíčový prvek exogenního geochemického cyklu



- ↗ salinita oceánů
- ↗ výživa pro biotu
- ↗ rudy
- ↗ transformace povrchu
- ↗ spotřeba H^+
- ↗ spotřeba CO_2

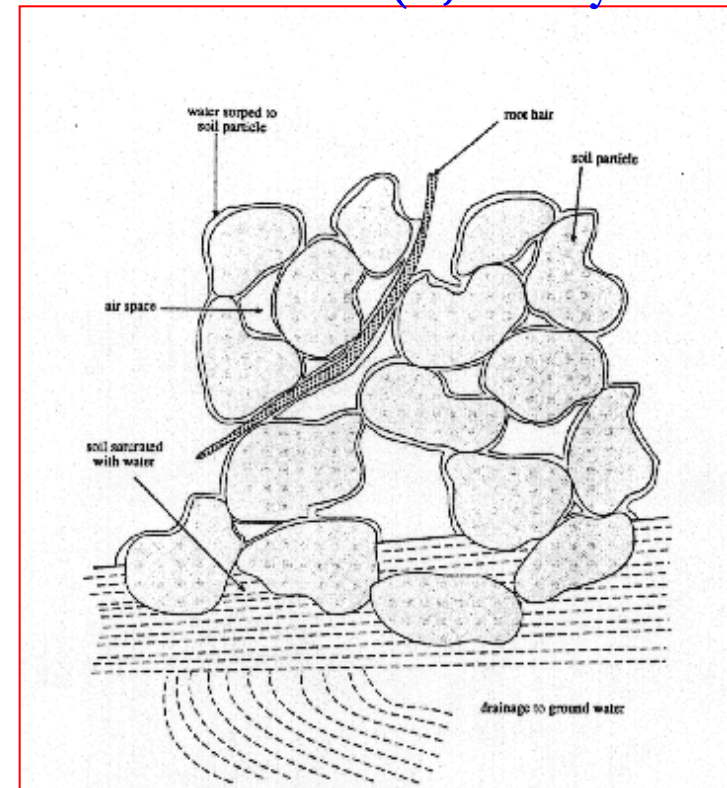
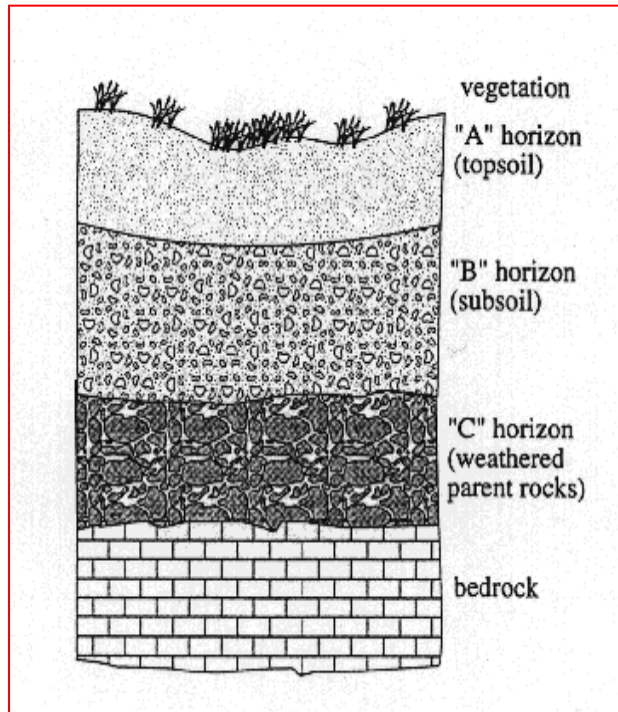
Zvětrávání



mnohotvárnost reakcí proti vysokoteplotním procesům

Půda

- ↪ směs produktů zvětrávání, organických látek a zbytků původních hornin a vody
- ↪ typická půda 5 % organických látek, 95 % anorganických
- ↪ posloupnost vrstev (půdní profil); složení je závislé na klimatu (T, srážky atd.), vegetaci, času, podložní hornině



Půdní povrchová vrstva

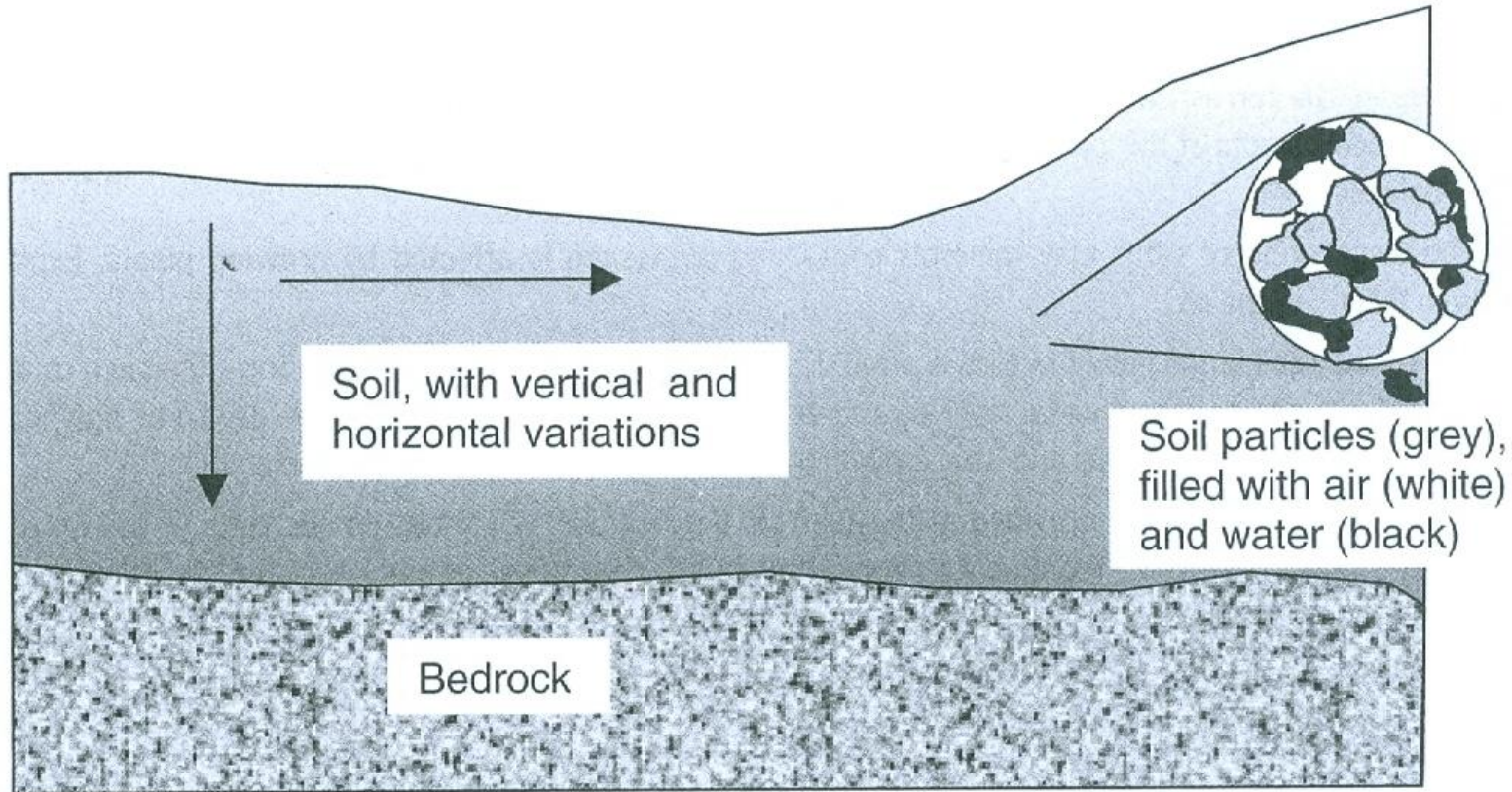
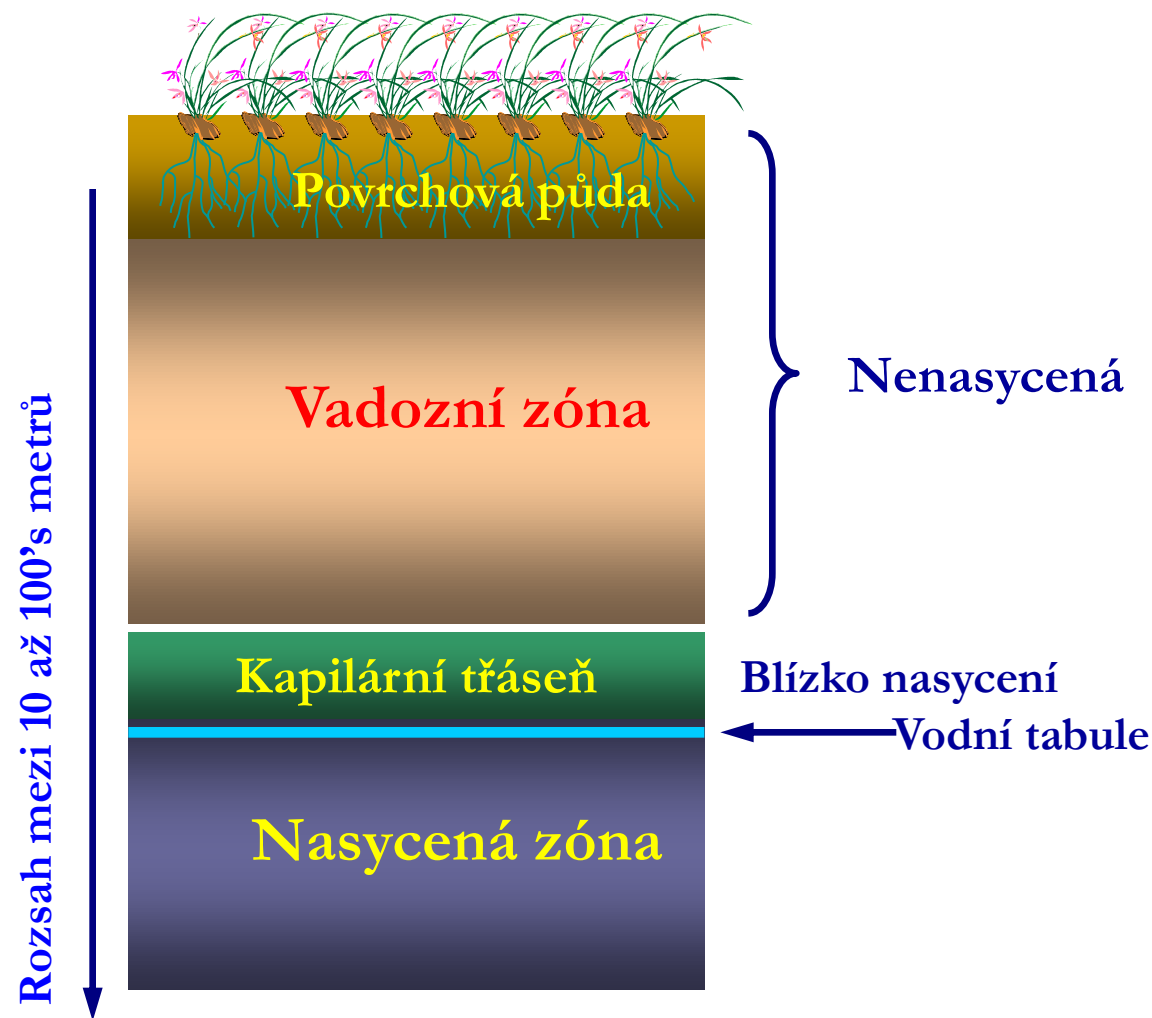


Fig. 17.2 Soil, the surface layer of much of the terrestrial environment. A three-phase mixture, it consists of finely divided organic and inorganic particles and pore spaces filled with water and / or air. The soil is highly heterogeneous in both the vertical and horizontal dimensions.

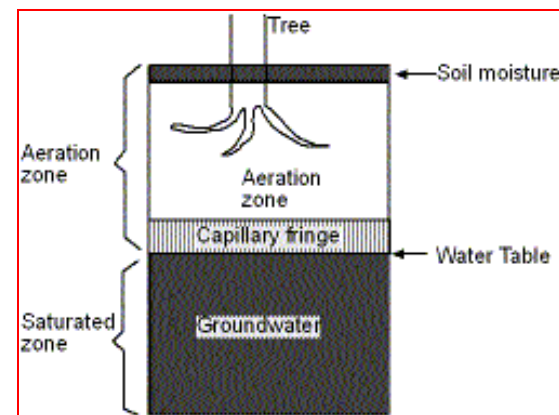
Lito-ekosféra

Každá zóna obsahuje:

1. Minerální frakce
2. Organická frakce
3. Kapalná fáze
4. Plynná fáze



Interakce



Geochemie půdy

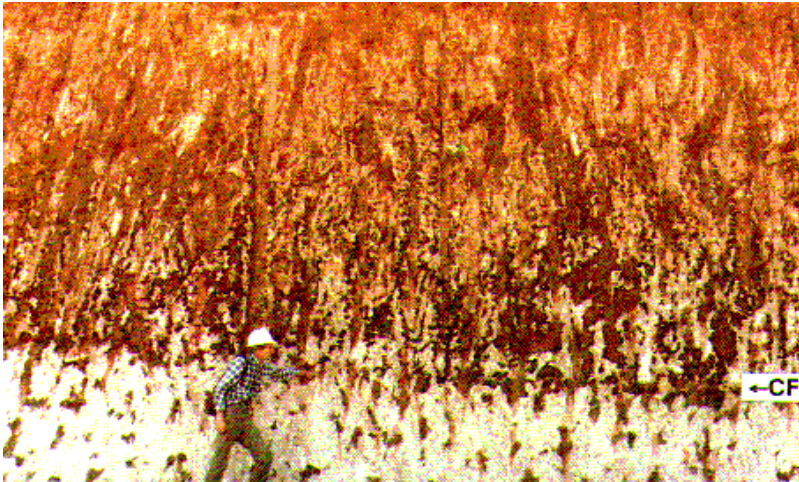


- ↪ Acidobazické a výměnné reakce v půdách
- ↪ Makroživiny
- ↪ Mikroživiny
- ↪ Pesticidy a chemické odpady v půdách
- ↪ Ztráta půdy - dezertifikace

Ztráty půdy

↪ eroze

↪ dezertifikace

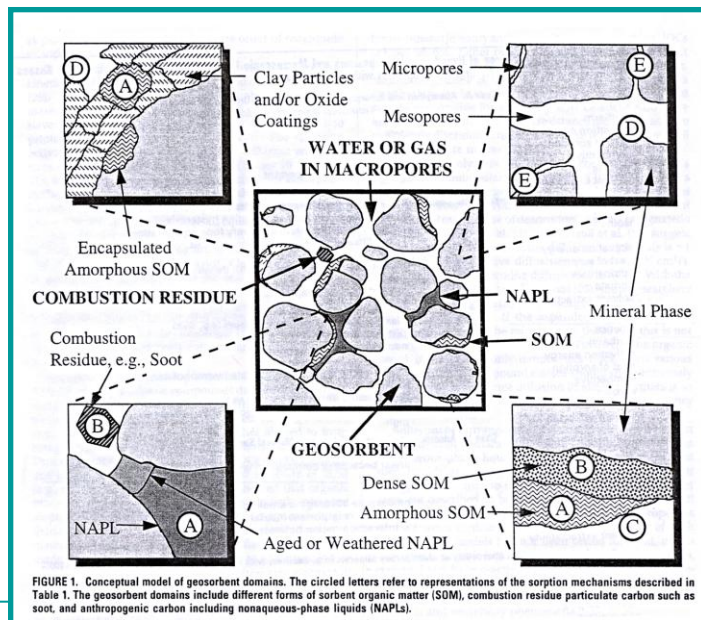


Kumulace chemických látek v půdách a jejich osud

Výměna
vzduch - povrch

Přímé
aplikace

‘Occlusion’



Fyzikální mísení –
‘zředění’ s hloubkou

Biodegradace

K. C. Jones

Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

Ekosystém

Terestrický (suchozemský)

- louky, lesy, pole



Akvatický (vodní)

- mořský

- sladkovodní

- řeky, rybníky, podzemní vody, močály



Ekosystém

Neživé složky ekosystémů

- Podloží
- Půda
- Voda
- Sedimenty
- Ovzduší
- Klima, krajina

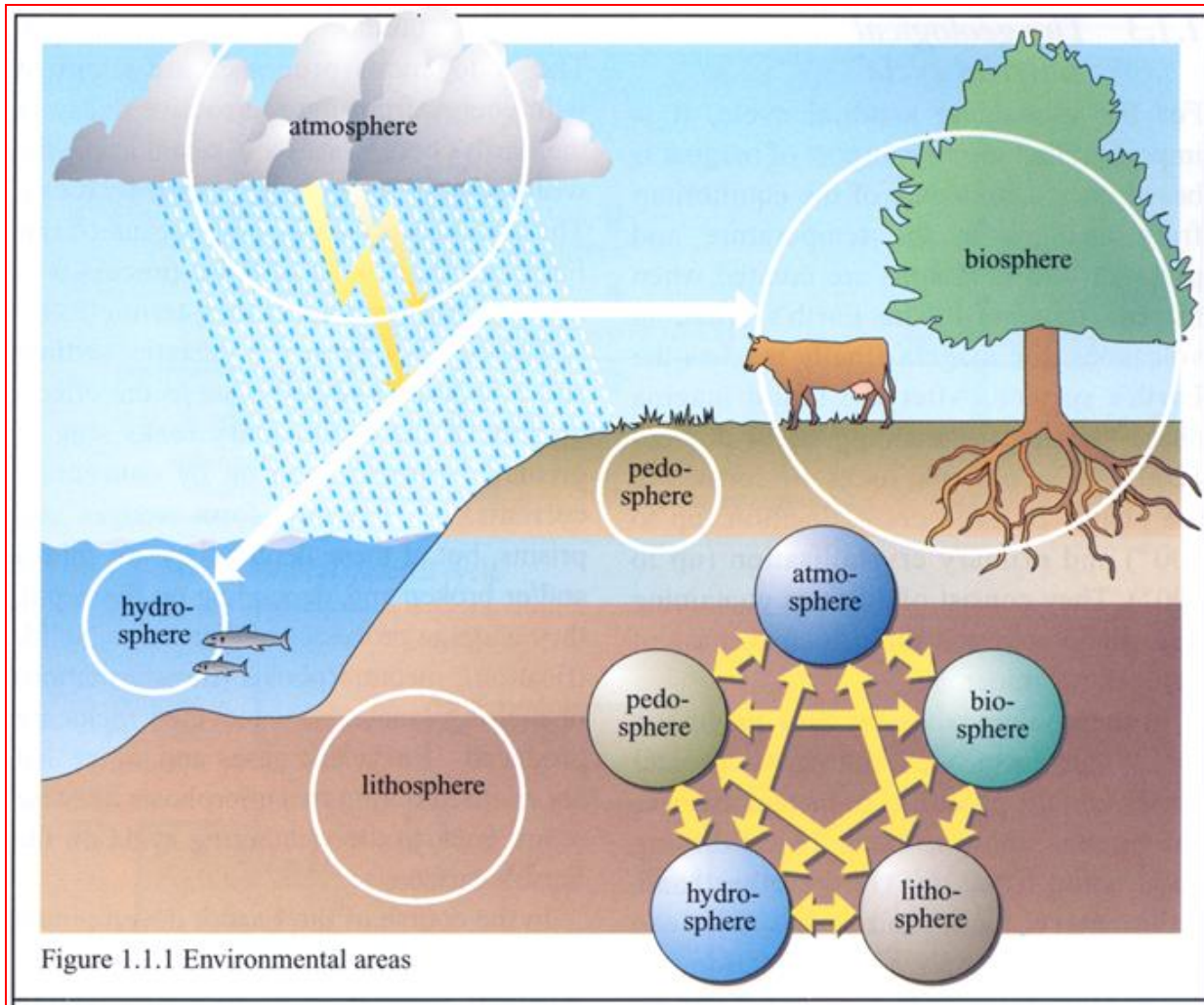


Organismy

- Viry
- Bakterie
- Houby
- Rostliny
- Živočichové
- + Člověk



Složky prostředí

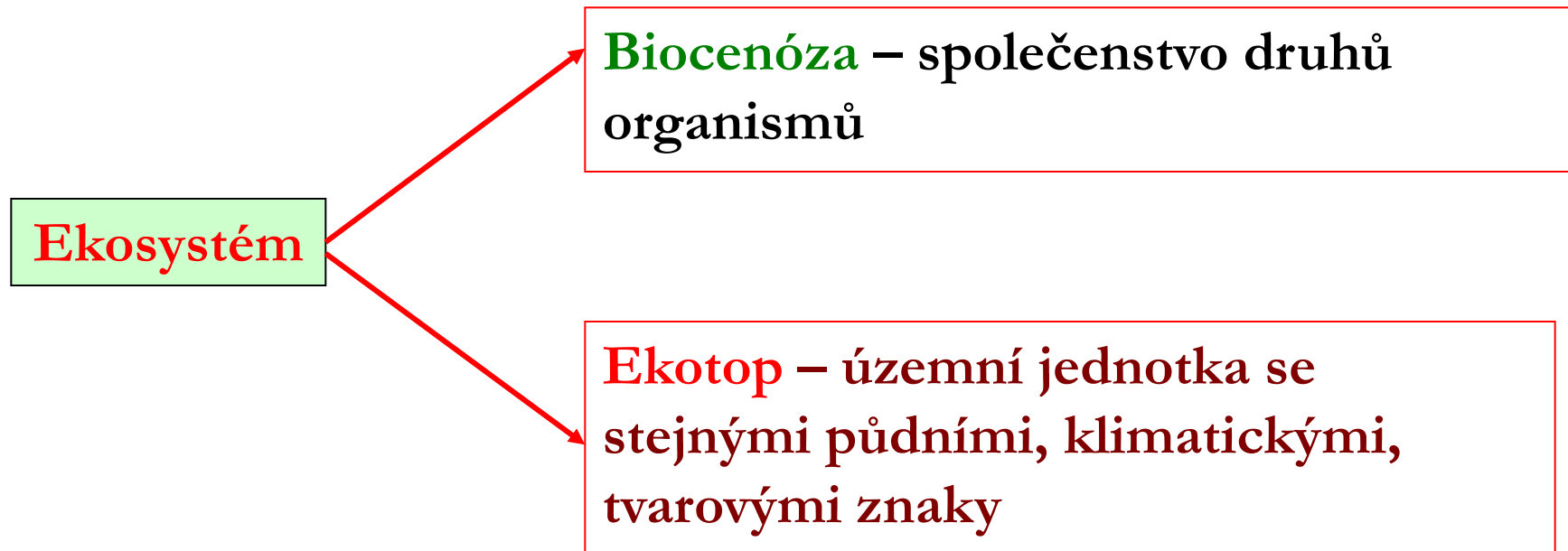


Ekosystém

Ucelený soubor organismů a jejich prostředí – prostředí je zpravidla primární a určující.

Fyzikální parametry – sluneční záření (zdroj E), T a její kolísání, vlastnosti okolního prostředí (A, W, S).

Chemické parametry – složení prostředí.



Ekosystém

Biom



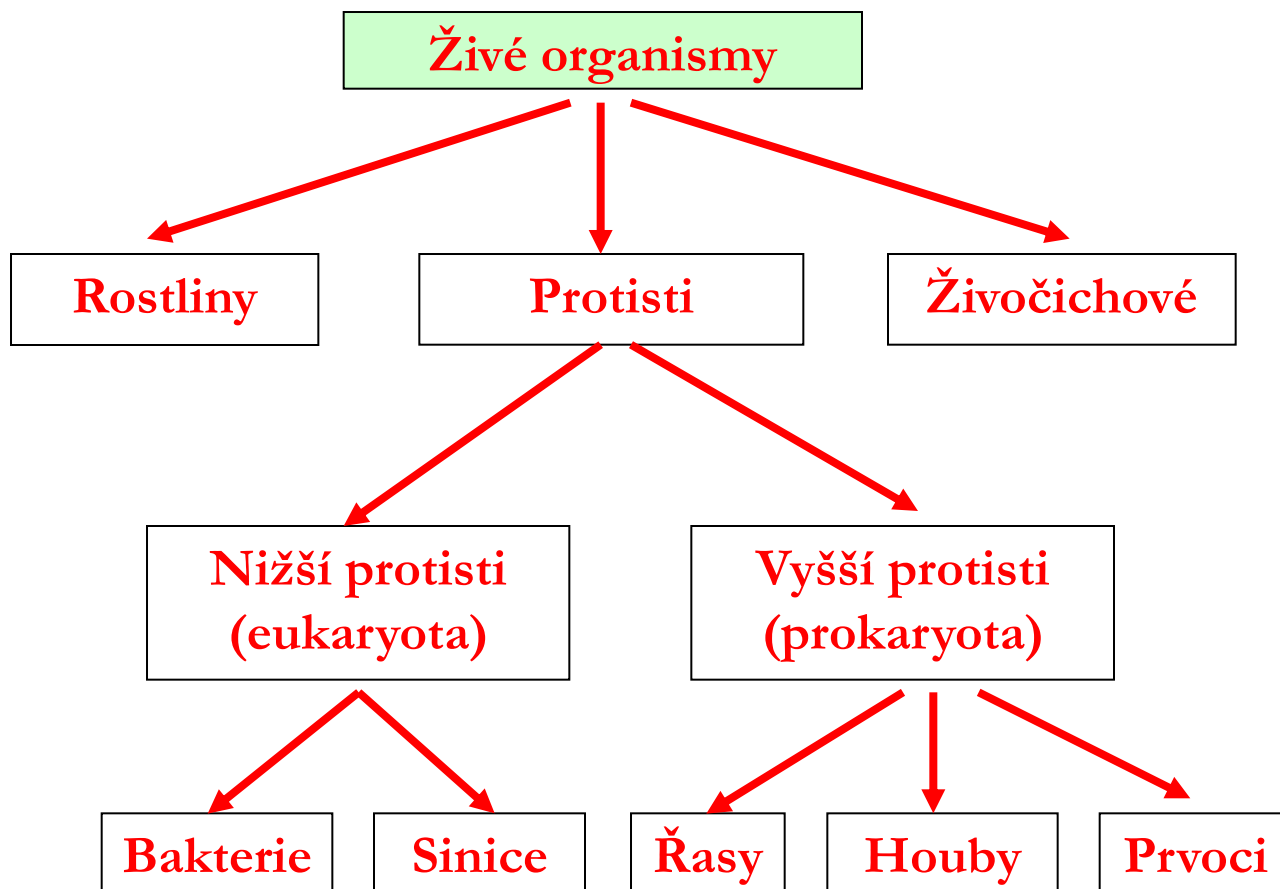
Soubor ekosystémů podobných typů

Ekosystém – společenstva rostlin, živočichů a protistů – tvořená populacemi příslušníků jednotlivých druhů

Ekologická nika – určitá funkce, kterou má ten či onen druh v daném ekosystému

Úrovně biologické organizace: molekula – část buňky – buňka – tkáň – orgán – organismus – populace – společenstva organismů – ekosystém - biom

Základní rysy metabolismu jednotlivých živých organismů



Základní rysy metabolismu jednotlivých živých organismů

TABLE 7.1. General organism classification

Type of cell	Other general characteristics	Type of organism	Kingdom
Akaryotic	No cellular organization	virus	
Prokaryotic	Unicellular, filamentous, colonial or mycelial Little or no differentiation Anaerobic, aerobic, facultatively-anaerobic, microaerophilic or aerotolerant Asexual reproduction Cell walls (with some exceptions)	bacteria and archaea	<i>Monera</i>
Eukaryotic	Unicellular More than a single chromosome per cell Heterotrophic or photoautotrophic nutrition Asexual or sexual reproduction	protists	<i>Protoctist</i>
	Multicellular, filamentous (mycelial) composed of hyphae, or unicellular (yeasts) Propagation by spores Chitinous walls Absorptive nutrition	fungi	<i>Fungi</i>
	Multicellular Extensive differentiation Photoautotrophic nutrition	higher plants	<i>Plantae</i>
	Multicellular Extensive differentiation Sexual reproduction Heterotrophic nutrition (ingestive or absorptive)	animals	<i>Animalia</i>

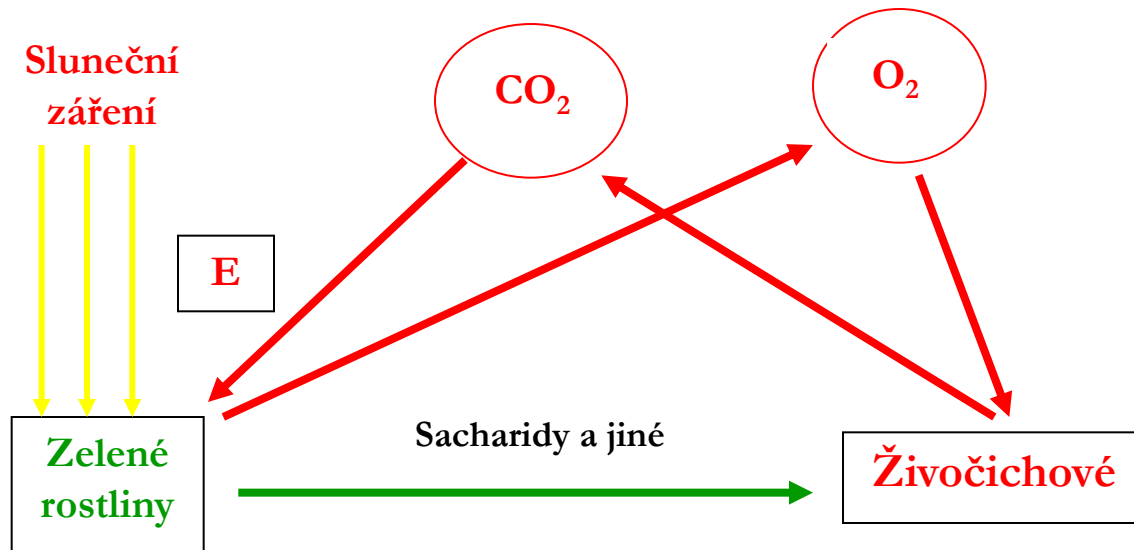
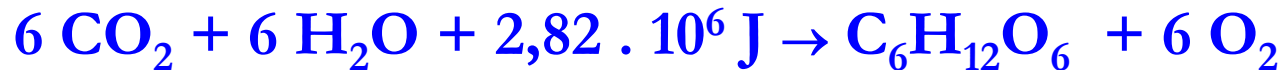
Základní typy metabolismu

	Organismy			
	Foto-litotrofní	Fotoorga-notrofní	Chemo-litotrofní	Chemoor-ganotrofní
Zdroj E	Světlo	Světlo	Oxidace	Oxidace
Zdroj H ⁺ , e	H ₂ O (H ₂ S)	Organické látky	H ₂ O (H ₂ S)	Organické látky
Zdroj C	CO ₂	CO ₂	CO ₂	Organické látky

Základní metabolismus

První skupina: typicky autotrofní organismy (pouze světlo a anorganické živiny)

Základní proces látkové výměny: fotosyntéza (asimilace CO₂)



Základní metabolismus

Druhá skupina – fotoorganotrofní – pouze bakterie jedné čeledi

Třetí skupina – chemolitotrofní – opět jen některé bakterie:

- ↪ nitrifikační – oxidace $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$
- ↪ sírné – oxidace S^0 a jejich sloučenin
- ↪ železité – oxidace Fe^{2+} na Fe^{3+}

Čtvrtá skupina – organismy heterotrofní – všichni živočichové a většina protistů

Většina organismů potřebuje vzdušný kyslík.

Mezi bakteriemi existují i další metabolické typy (konečným akceptorem e – oxidace jiné látky:

- ↪ SO_4^{2-} - redukce na H_2S
- ↪ NO_3^- - denitrifikace na N_2 , N_2O
- ↪ CO_2 – redukce na CH_4

Základní metabolismus

Společný znak metabolismu heterotrofů – látkovým i energetickým zdrojem jsou organické látky z vnějšího prostředí

Konzumenti – konzumují živou biomasu (býložravci, masožravci)

Reducenti (destruenti, rozkladači) – konzumují biomasu mrtvou – heterotrofové z říše protistů – bakterie a houby

Zvláštní metabolické typy:

Bakterie a sinice vážící N: pomocí enzymu nitrogenázy dokáží rozbít neobyčejně pevnou vazbu molekulárního dusíku a vázat jej do organických nebo anorganických molekul

Bakterie schopné rozložit pevné, stabilní organické látky: CH₄, nasycené uhlovodíky, benzen..

Organismy žijící v extrémních podmínkách: horké prameny, Sahara, nasycený roztok NaCl, nízké pH..

Ekosystém = producenti + konzumenti + destruenti

Zdroj E – sluneční záření

1-5 % dopadajícího slunečního záření využívají k asimilaci

Polovina asimilované energie se ztrácí při dýchání a polovina (0,5 – 3 % dopadající E) je využito ke tvorbě biomasy

Zbytek sluneční E

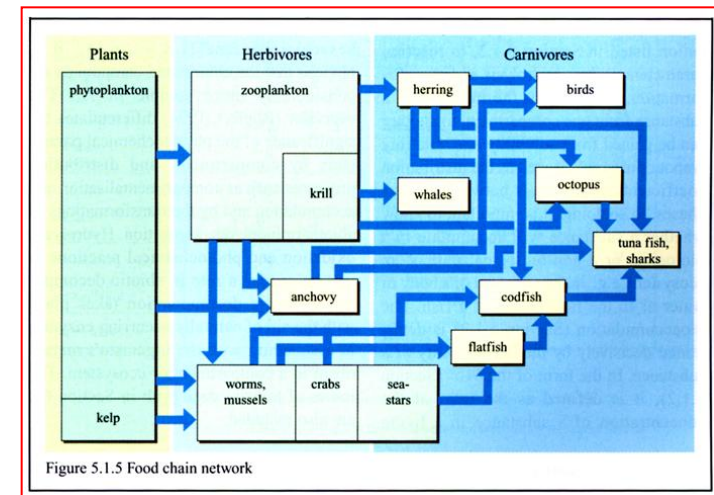
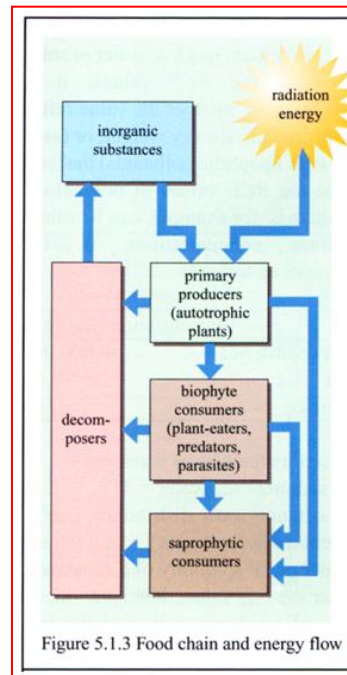
- odraz (10-25 %)
- absorpce rostlinami – přeměna na tepelnou E – spotřeba jako výparné teplo vody – přebytek (80 %) vyzářen ve formě tepelného záření

Živí se těly producentů:

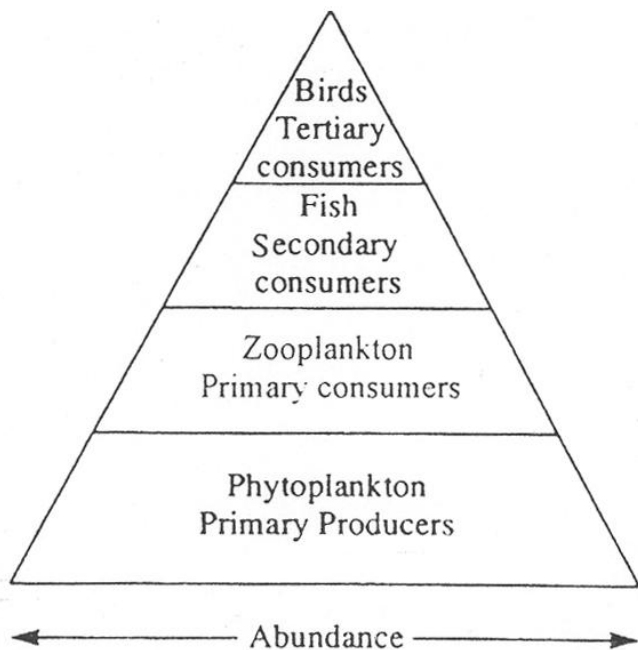
- primární (býložravci)
- sekundární
- terciární

Žijí z těl a odpadů jiných organismů (zbytky, odumřelé organismy)

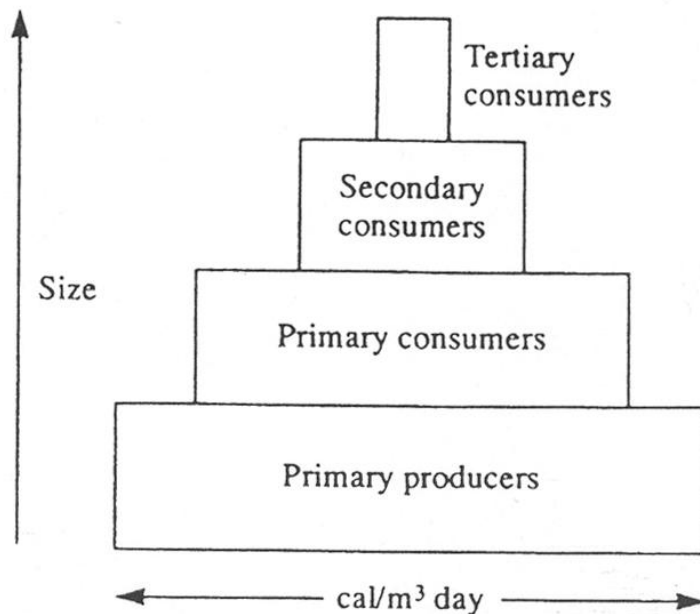
Výsledek činnosti destruentů – nic se neakumuluje, vše je znovu využito a znovu zapojeno do koloběhu látek



Pyramida (a) množství a trofických úrovní v ekosystému (b) energie a individuální velikosti potravního řetězce



(a)



(b)

Figure 2.4 Pyramid of (a) numbers and trophic levels for an ecosystem and (b) the concept of the energy pyramid and individual size of a food chain.

Průtok energie/potravní řetězec v ekosystému

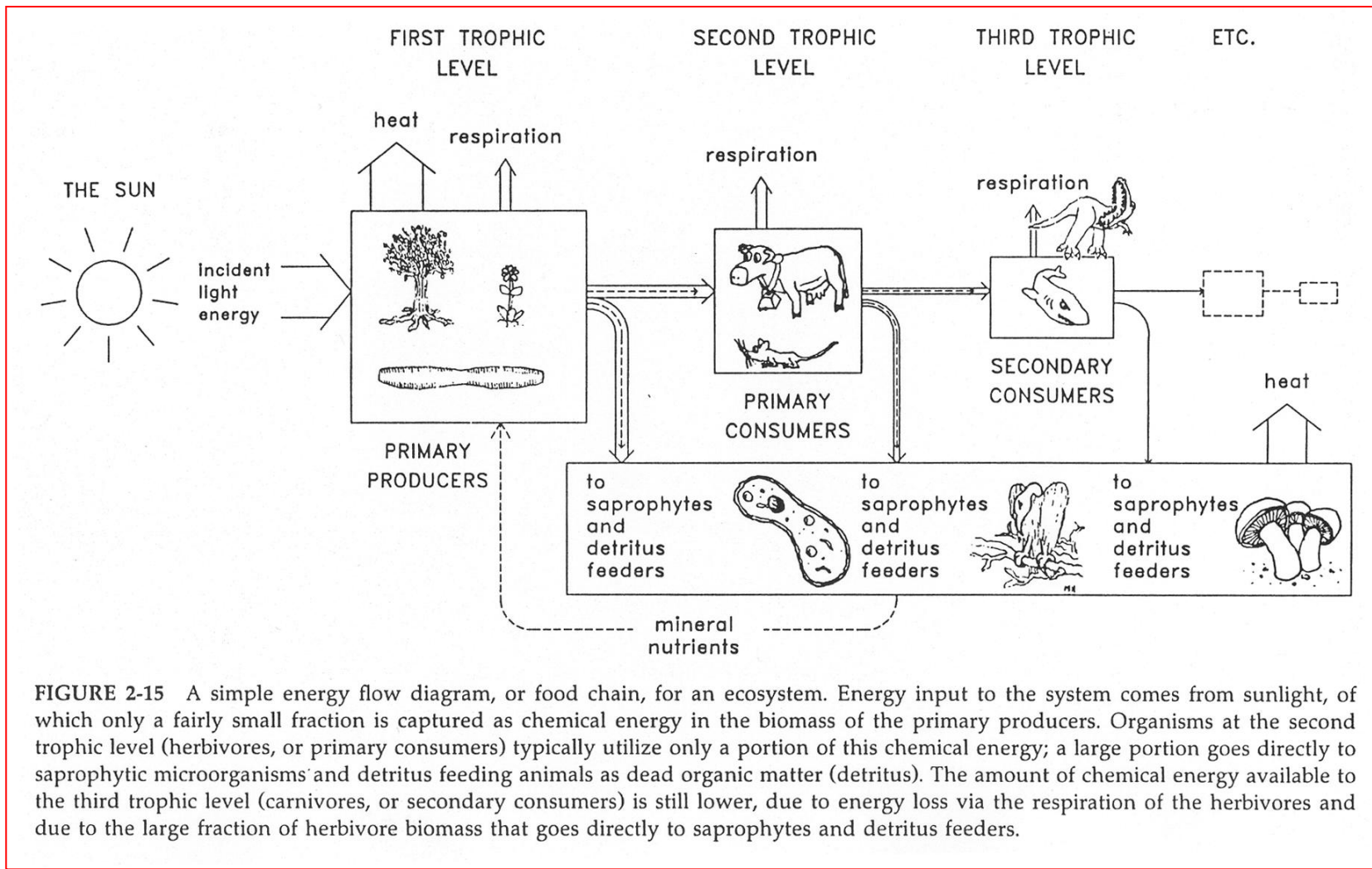


FIGURE 2-15 A simple energy flow diagram, or food chain, for an ecosystem. Energy input to the system comes from sunlight, of which only a fairly small fraction is captured as chemical energy in the biomass of the primary producers. Organisms at the second trophic level (herbivores, or primary consumers) typically utilize only a portion of this chemical energy; a large portion goes directly to saprophytic microorganisms and detritus feeding animals as dead organic matter (detritus). The amount of chemical energy available to the third trophic level (carnivores, or secondary consumers) is still lower, due to energy loss via the respiration of the herbivores and due to the large fraction of herbivore biomass that goes directly to saprophytes and detritus feeders.