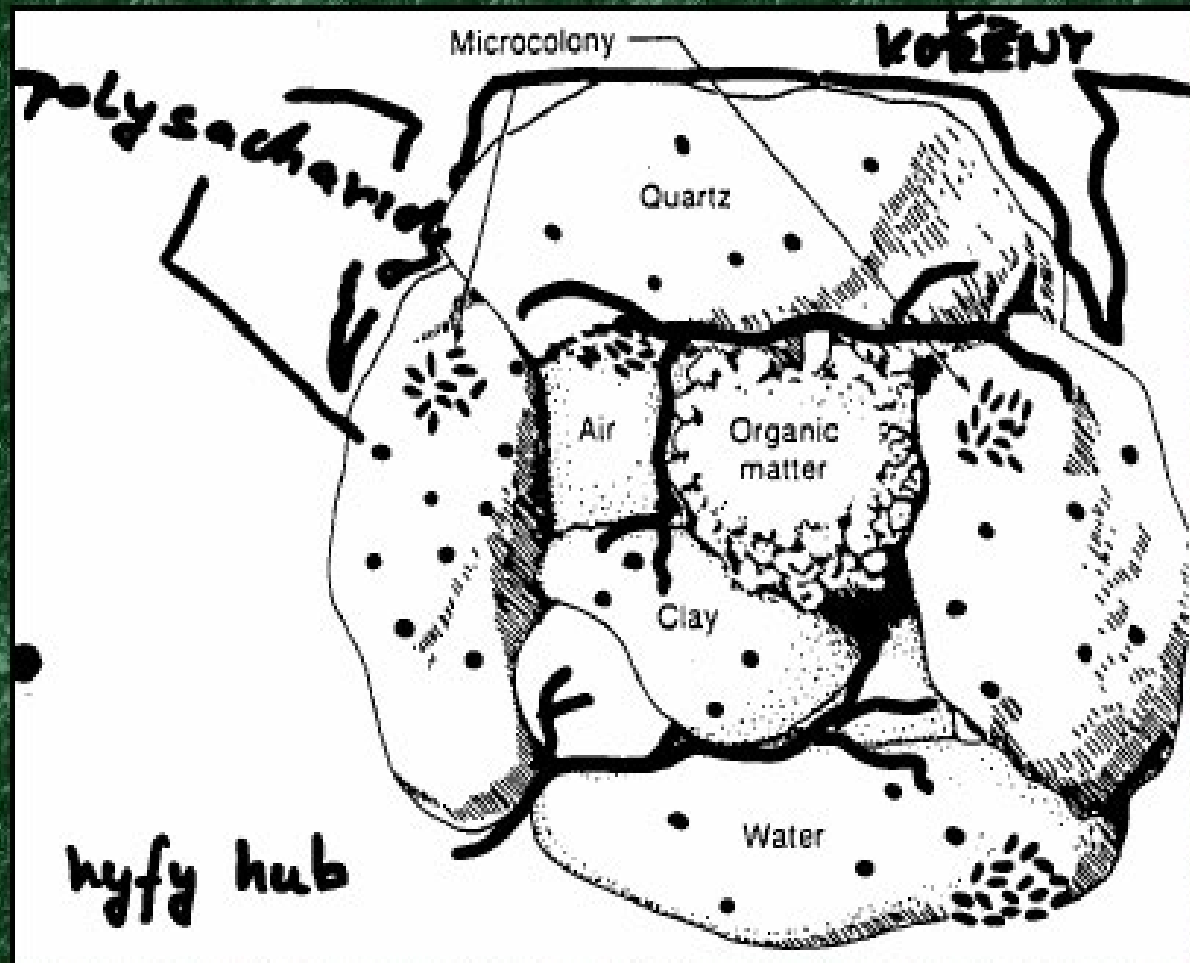
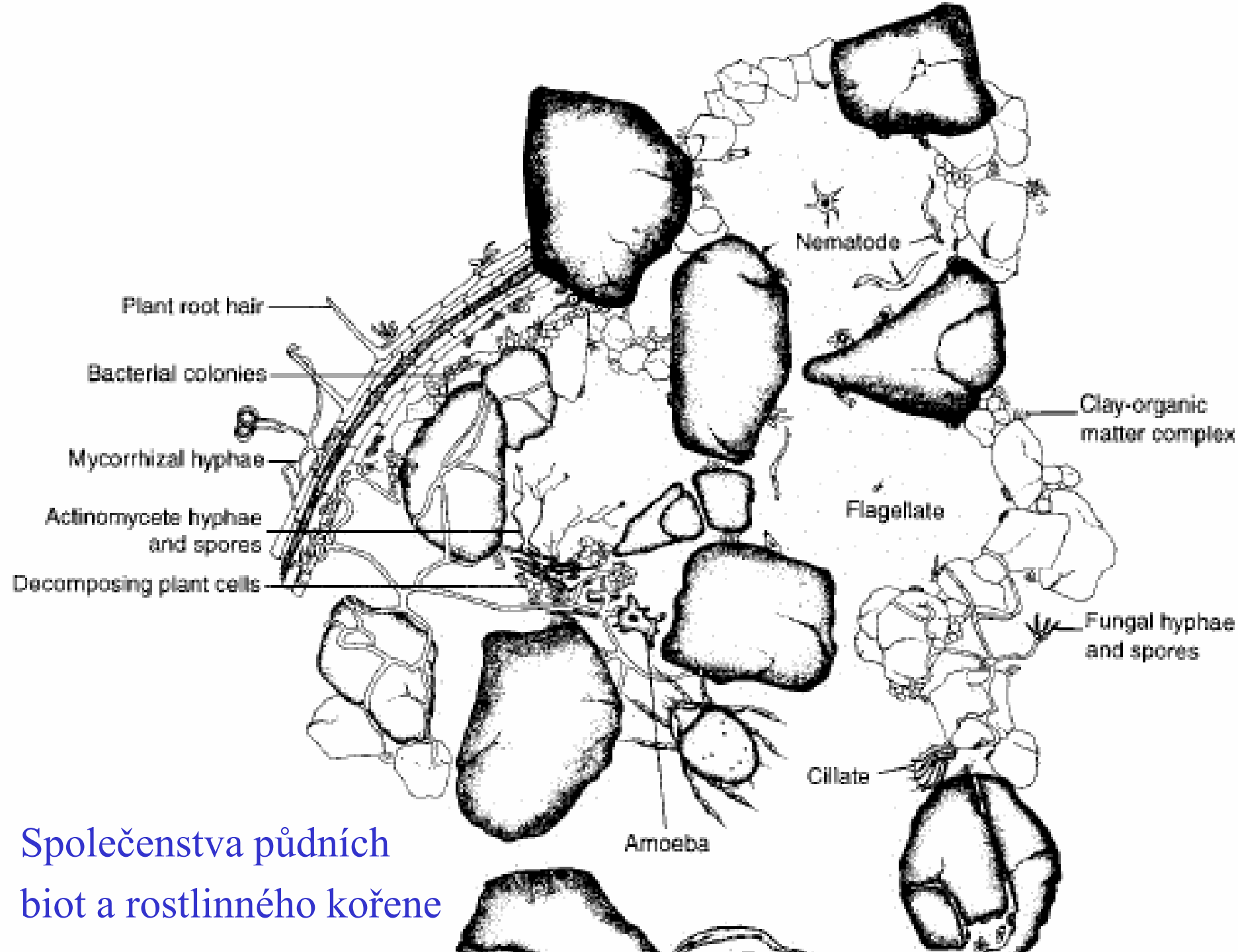


Mikrobiální společenstvo půdy =

- bakterie (řetízky či kolonie)
- aktinomycéty (pseudomycelia)
- houby (hyfy)
- řasy
- prvoci
- kvasinky
- viry





Společenstva půdních biot a rostlinného kořene

Význam mikroorganismů v půdě

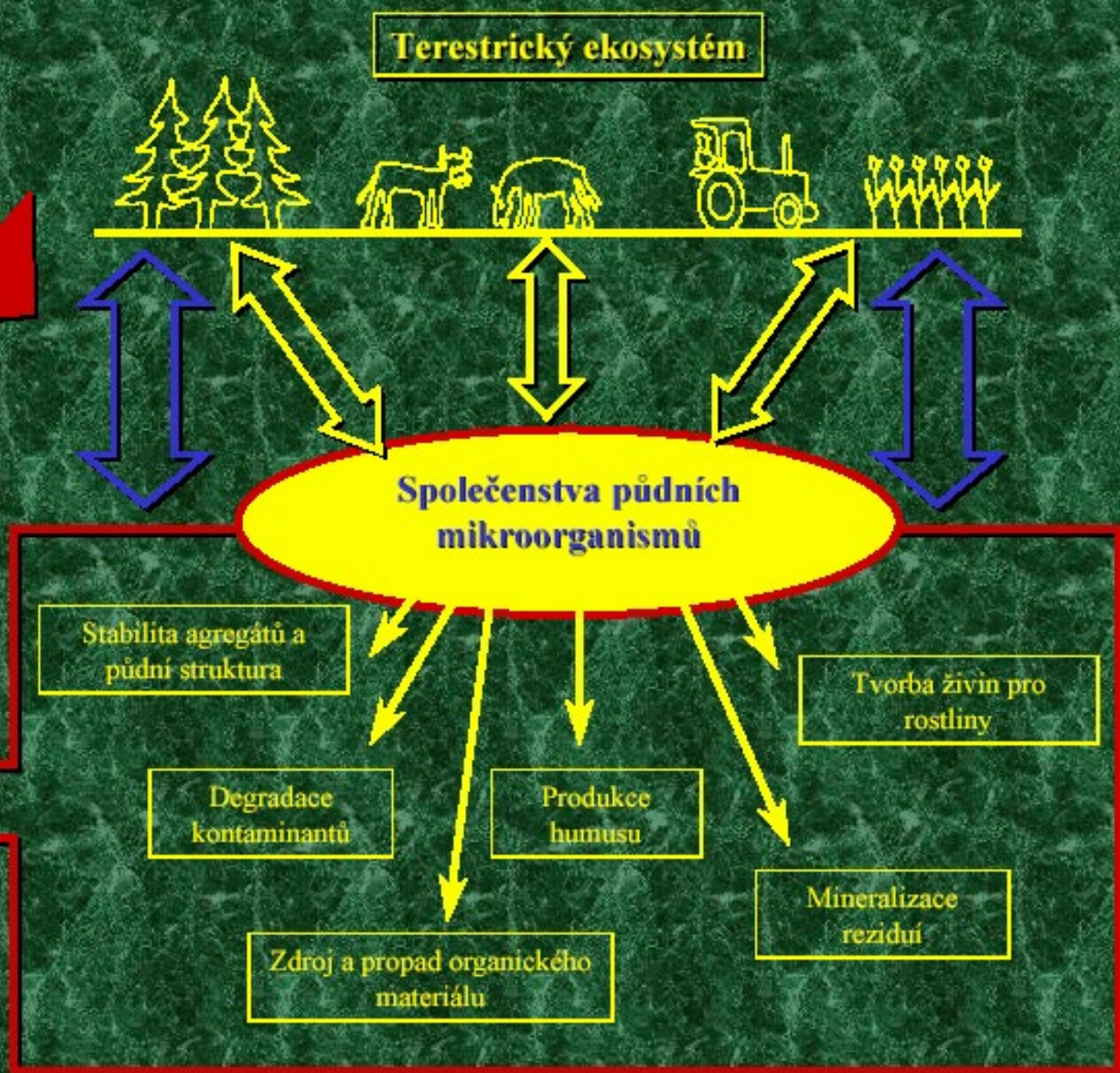
- stěžejní v cyklech živin a energií
- stojí na počátku potravních řetězců
- rozklad organické hmoty (mineralizace)
- syntéza nových sloučenin (immobilizace)
- tvorba humusu
- udržování půdní struktury
- prospěšný vliv na půdní úrodnost a pro růst rostlin
- vliv na vodní a vzdušný režim půdy



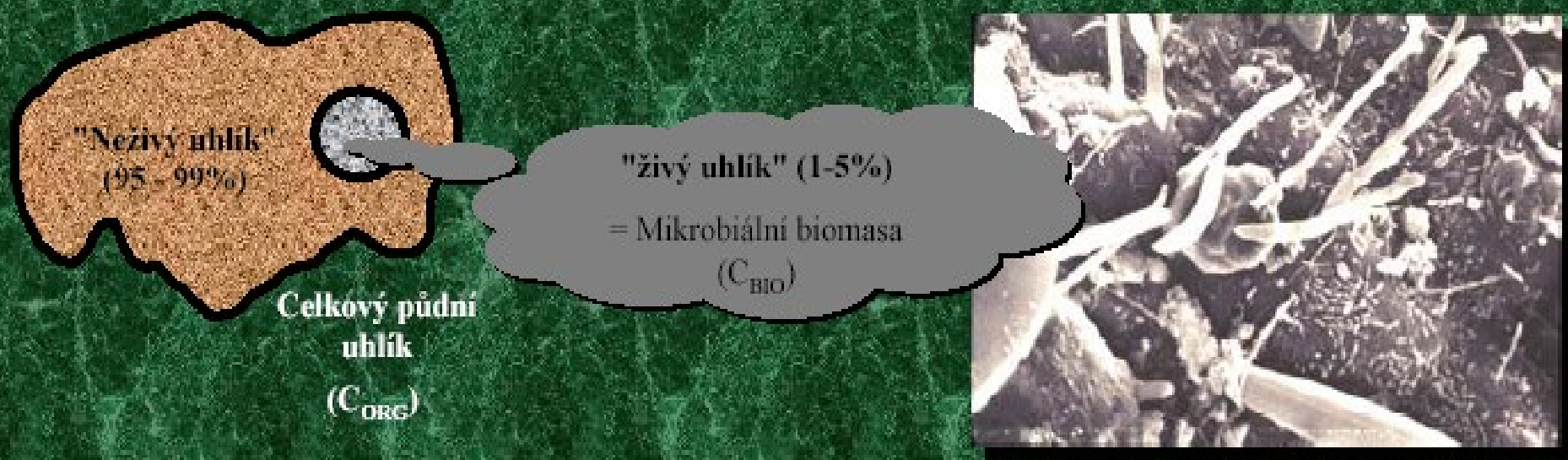
Indikátory půdní kvality:

- Fyzikální
- Chemické
- Biologické

- ✓ Kvalita půdy
- ✓ Zdraví půdy
- ✓ Fungování půdy
- ✓ Úrodnost půdy



- 0,05 - 0,5% hmoty půdy jsou mikroorganismy
- 10^5 až 10^9 jedinců v 1 g suché půdy
- toto množství stačí na zabezpečení veškerých procesů mineralizace a immobilizace a dalších procesů
- v půdě se vyskytují volně, či ve složité a dynamické vazbě na površích a uvnitř agregátů a částic organominerálního komplexu

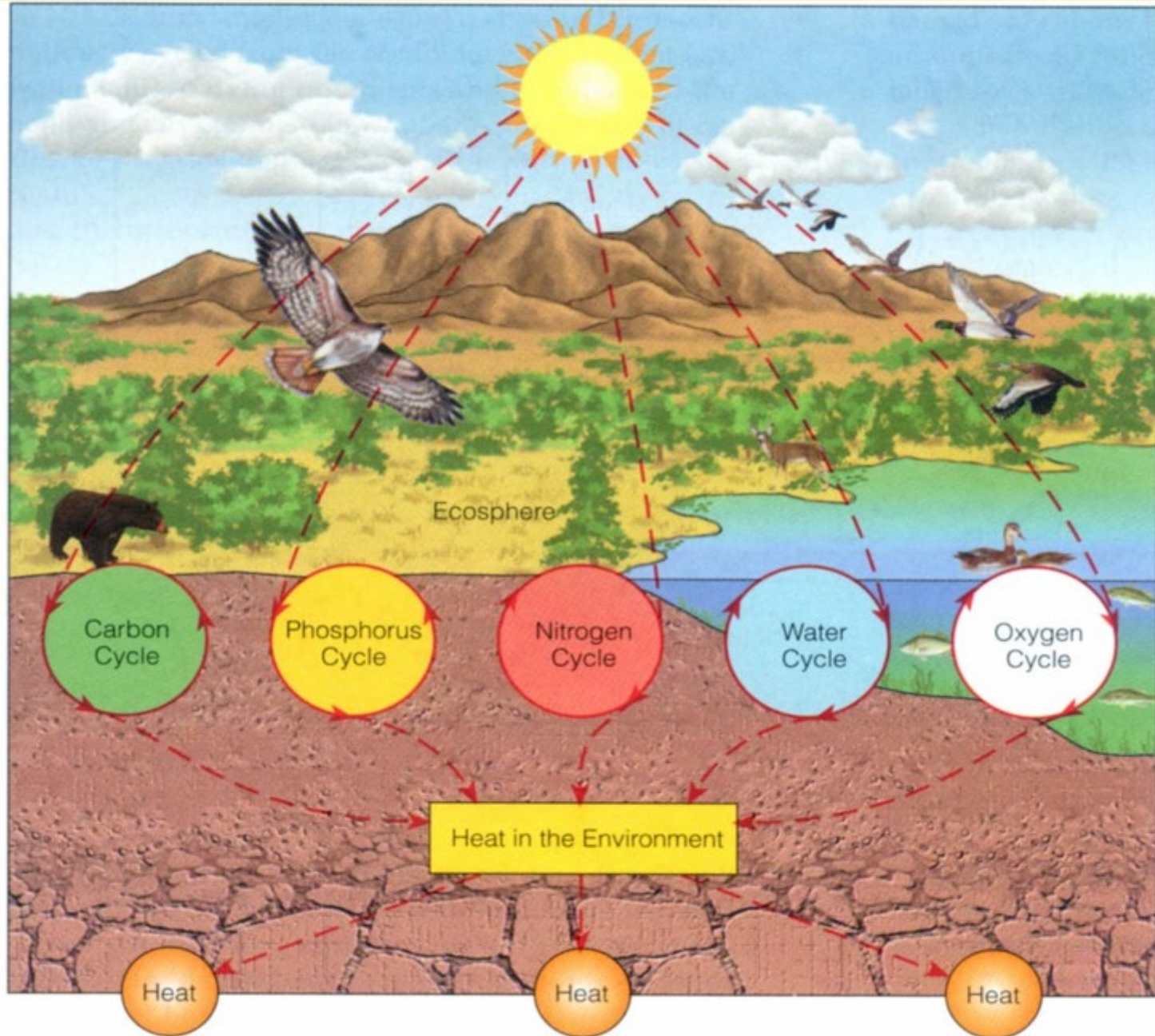




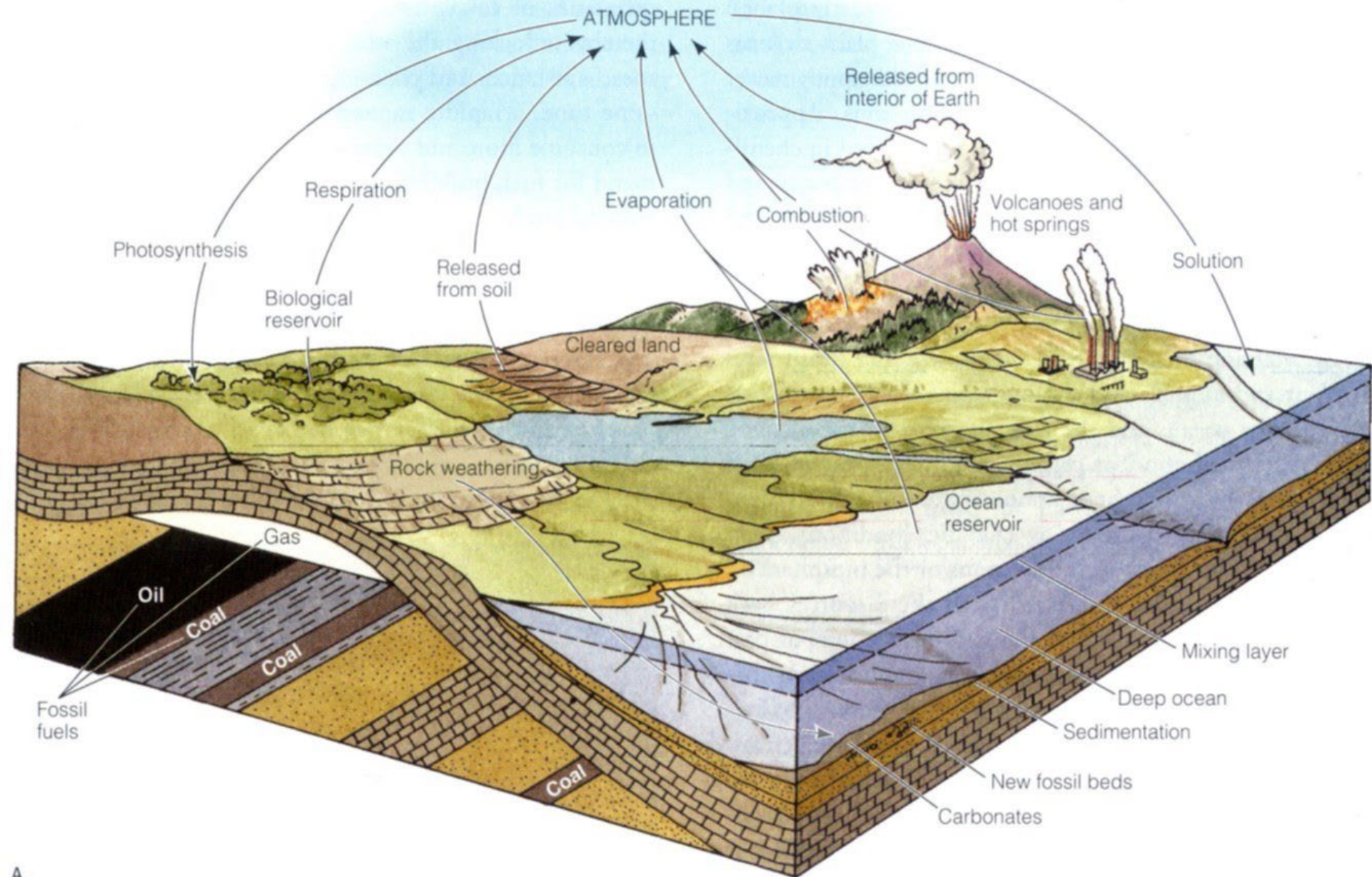
Imobilizace versus mineralizace

- **Imobilizace** ... proces, kdy je část minerálních živin včleněna do organické hmoty, např. při růstu zelených rostlin, ale stejně tak i při příjmu živin mikroorganismy.
- **Mineralizace** ... proces postupného rozkladu organických látek až na minerální látky výchozí.

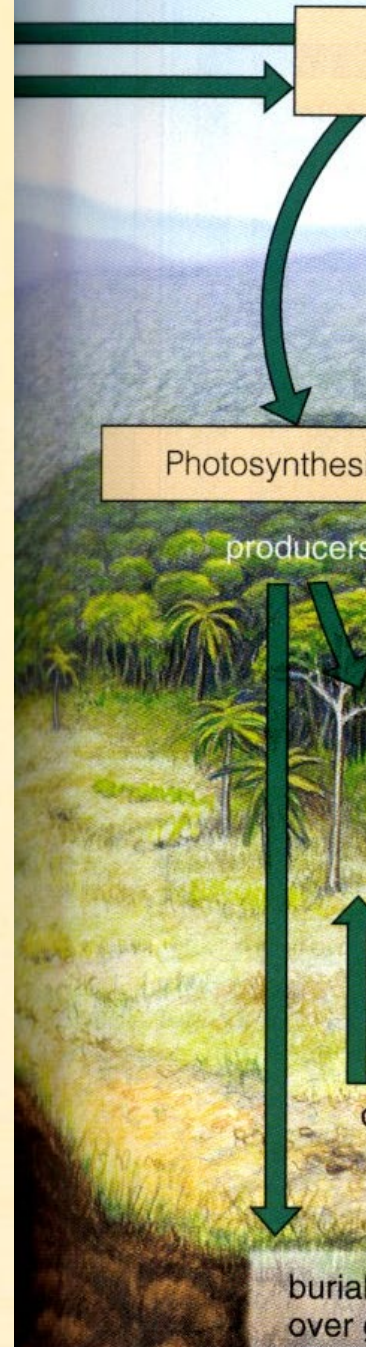
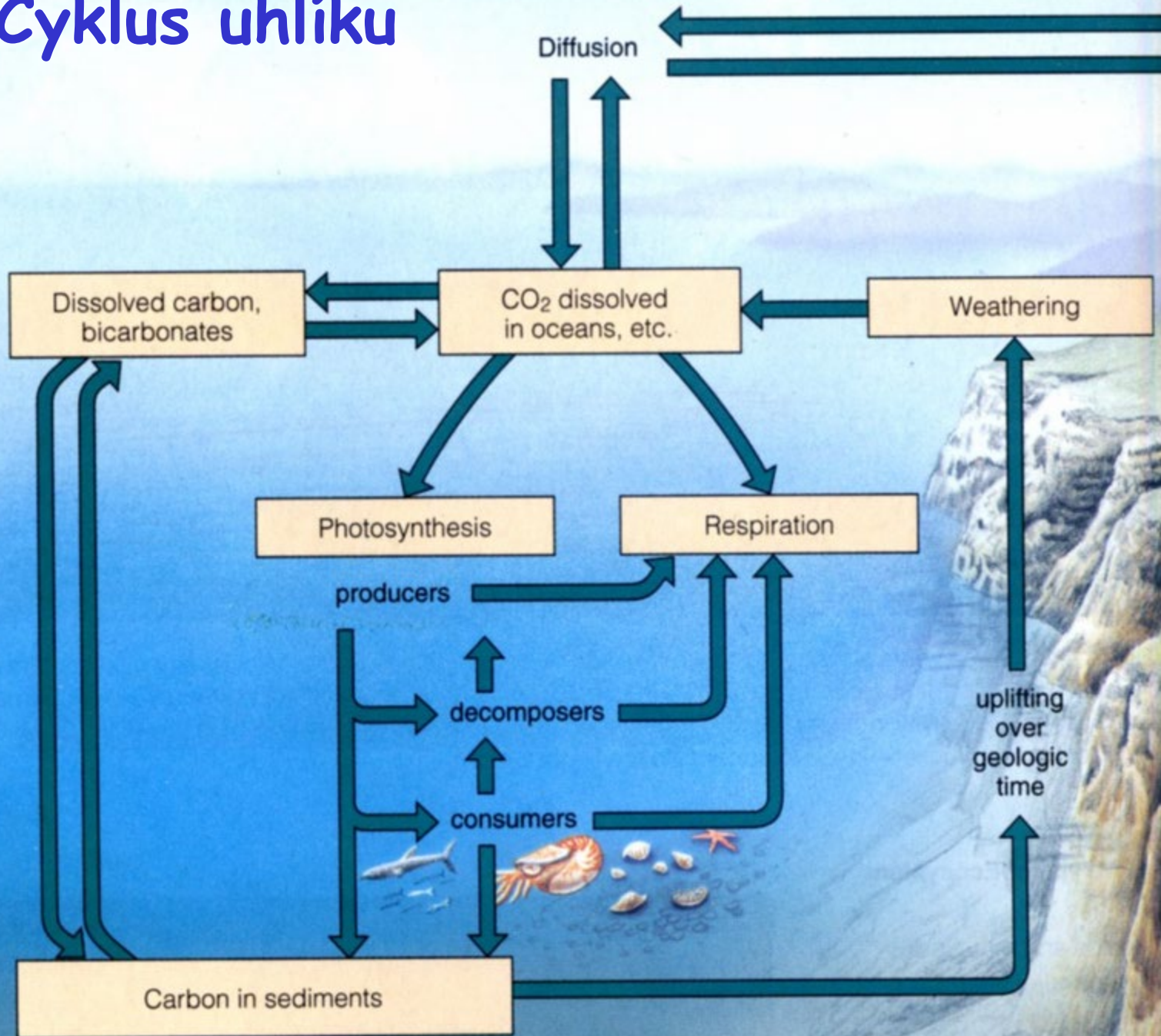
Biogeochemické cykly

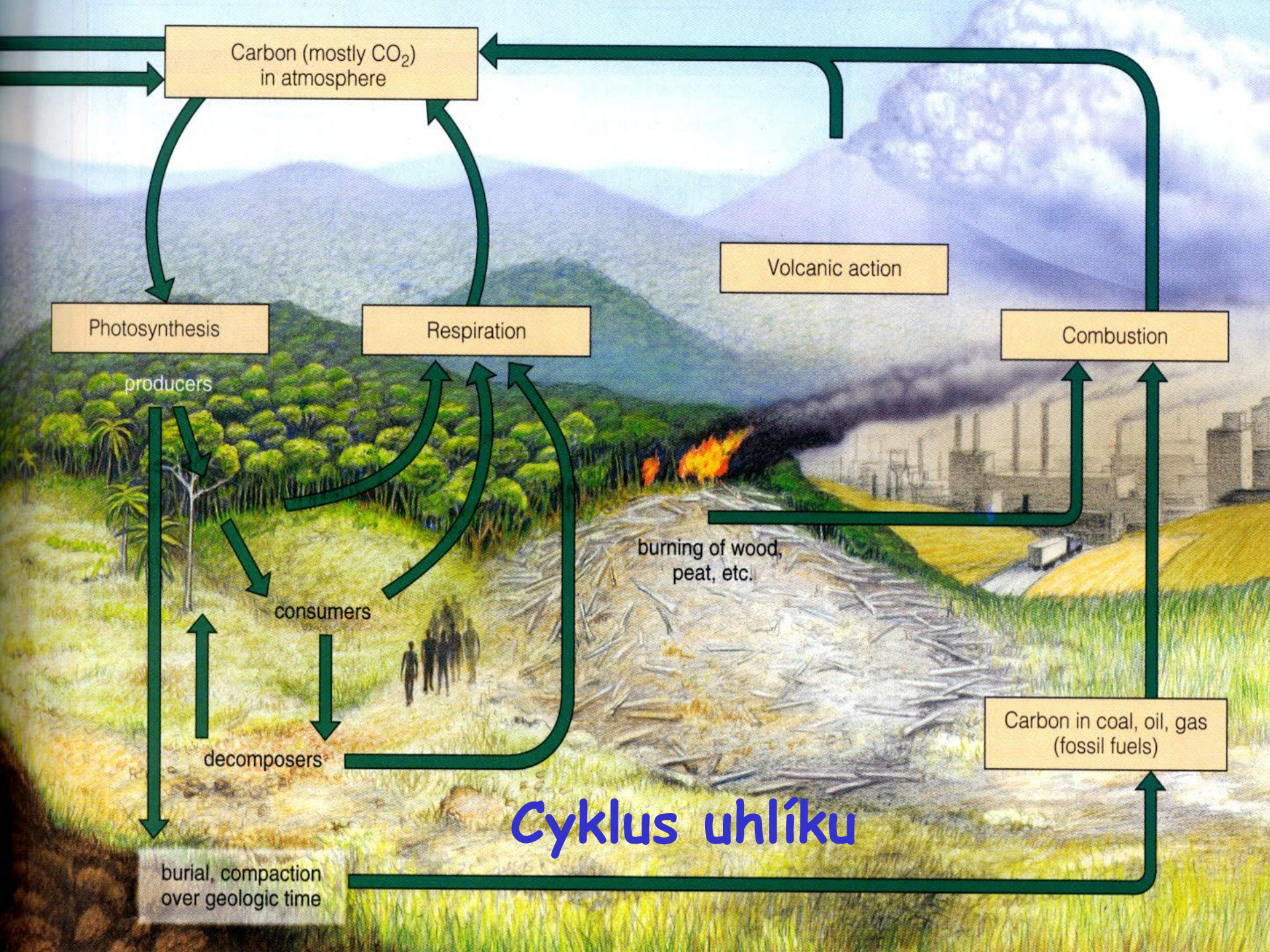


Cyklus uhlíku



Cyklus uhlíku





Carbon (mostly CO₂)
in atmosphere

Photosynthesis

producers

Respiration

consumers

decomposers

Volcanic action

Combustion

burning of wood,
peat, etc.

Carbon in coal, oil, gas
(fossil fuels)

burial, compaction
over geologic time

Cyklus uhlíku



Cyklus uhlíku

Tři části:

- **Biochemický – výměna látek v organismech (cca – 20 let)**
- **Biogeochemický – část biomasy z biochemického cyklu přechází do sedimentů, ze kterých se postupně uvolňuje (cca – 20 000 let)**
- **Geochemický – vznik uhličitánů a jejich ukládání v mořích a oceánech (cca – 200 000 000 let)**

Antropogenní ovlivnění



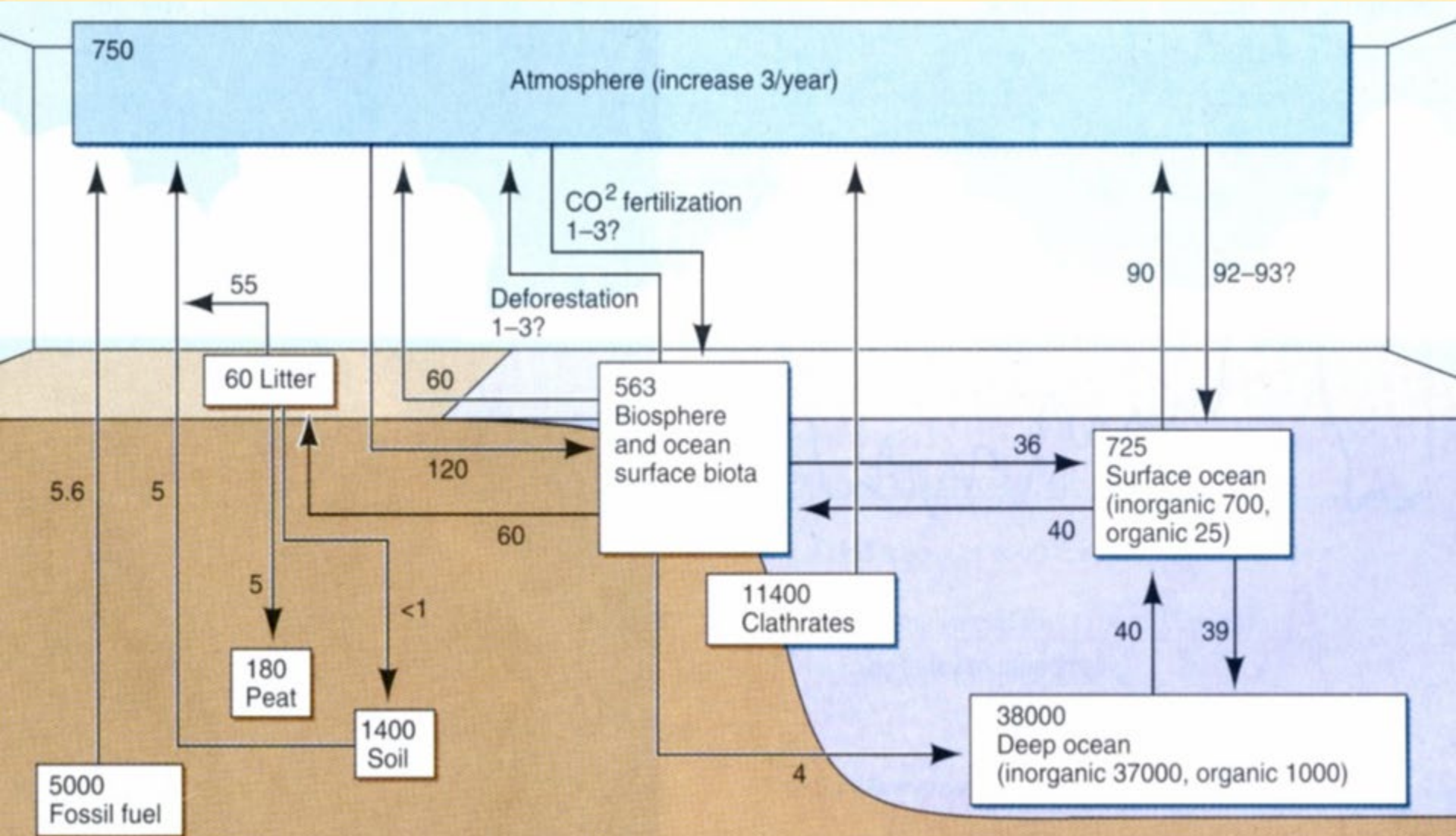
Cyklus uhlíku

Uhlík se nachází se ve všech velkých systémech a rezervoárech

- **Biosféra:** základní stavební částice živých organismů
- **Litosféra:** vápencové horniny, fosilní paliva
- **Hydrosféra:** (rozpuštěný CO_2 a karbonátové látky)
- **Atmosféra:** (CO_2 , CH_4 ...): 0,036 %

Největším rezervoárem uhlíku jsou oceánské a pevninské sedimenty.

Cyklus uhlíku a člověk





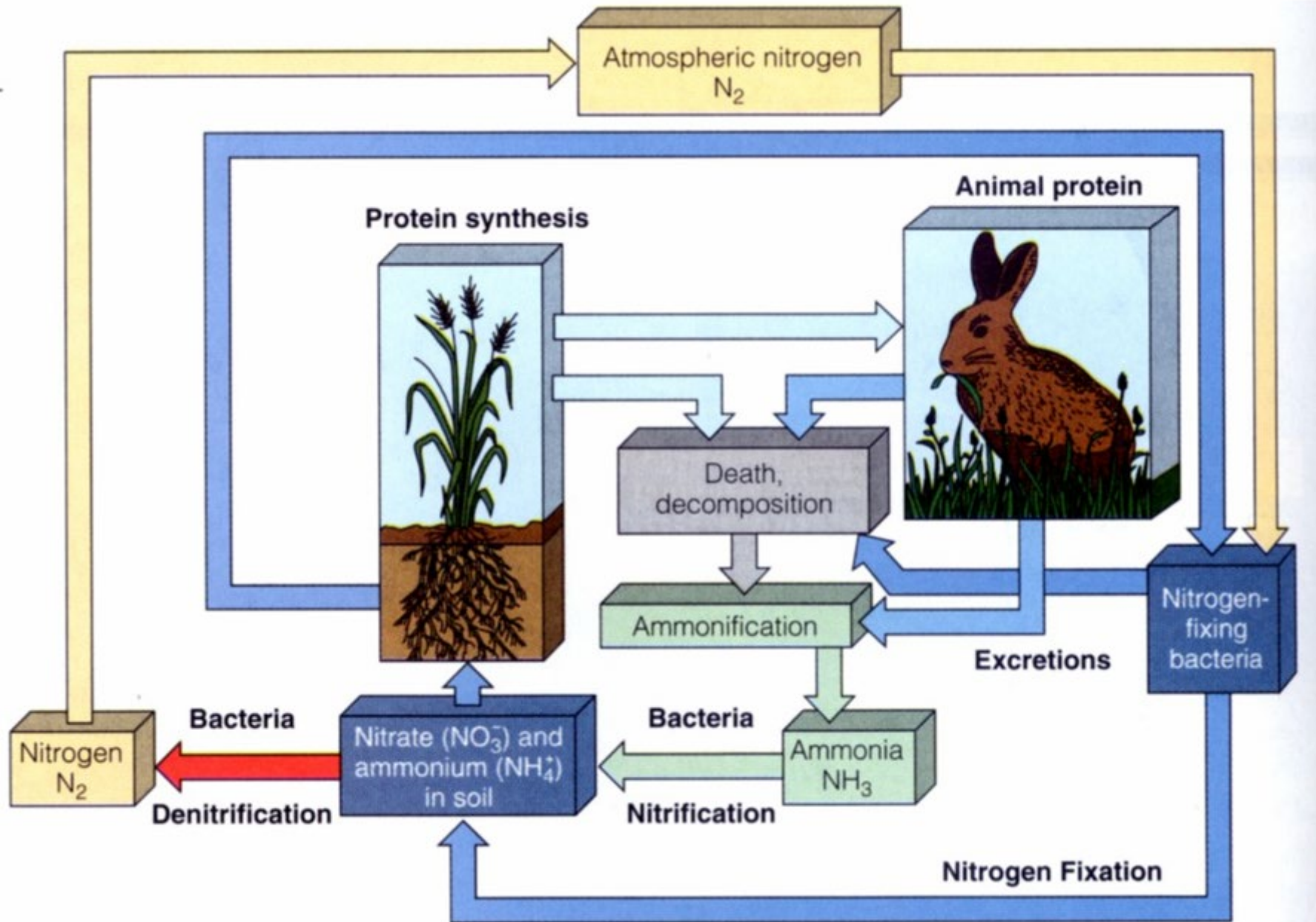
Cyklus uhlíku

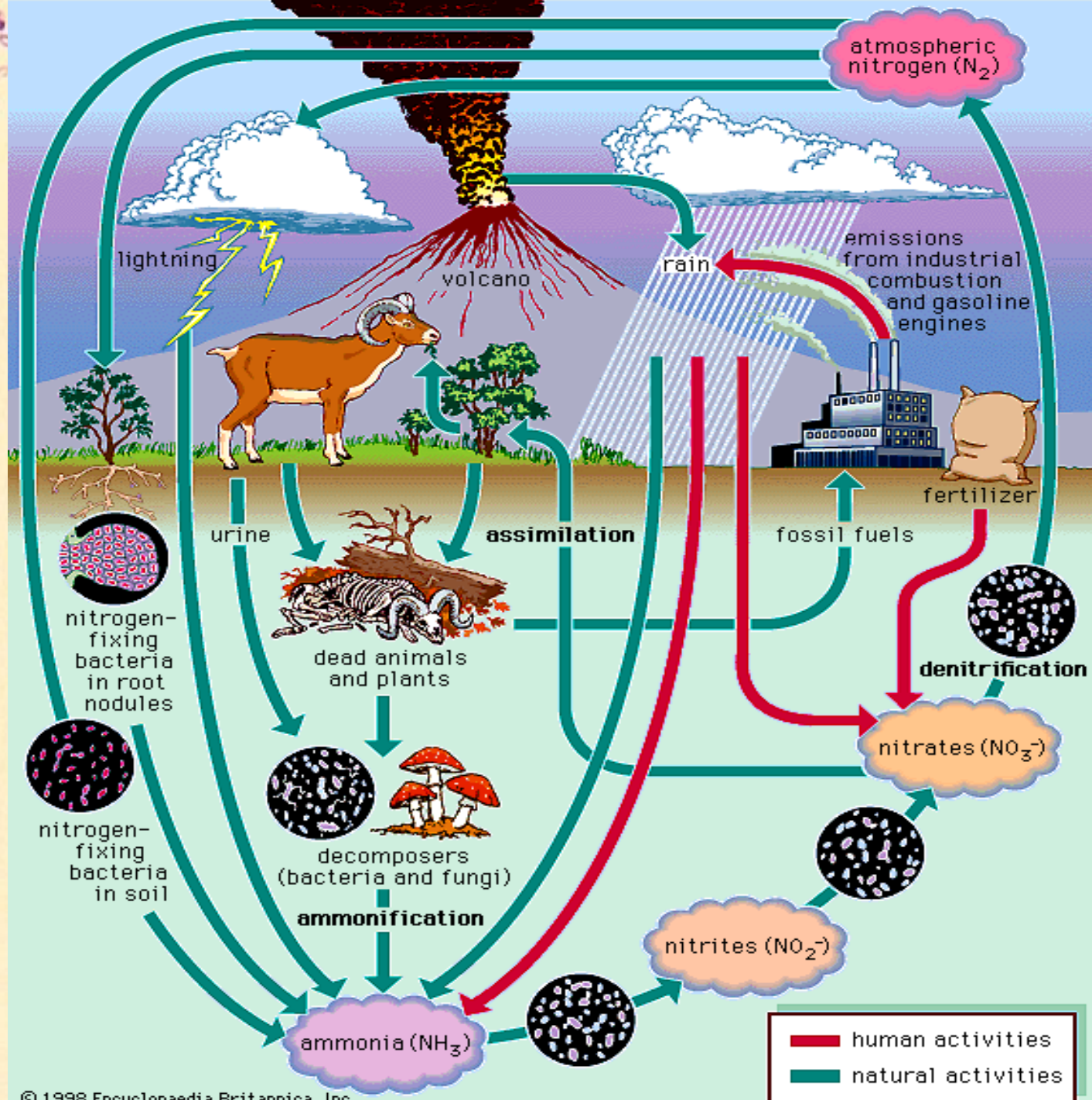
a člověk

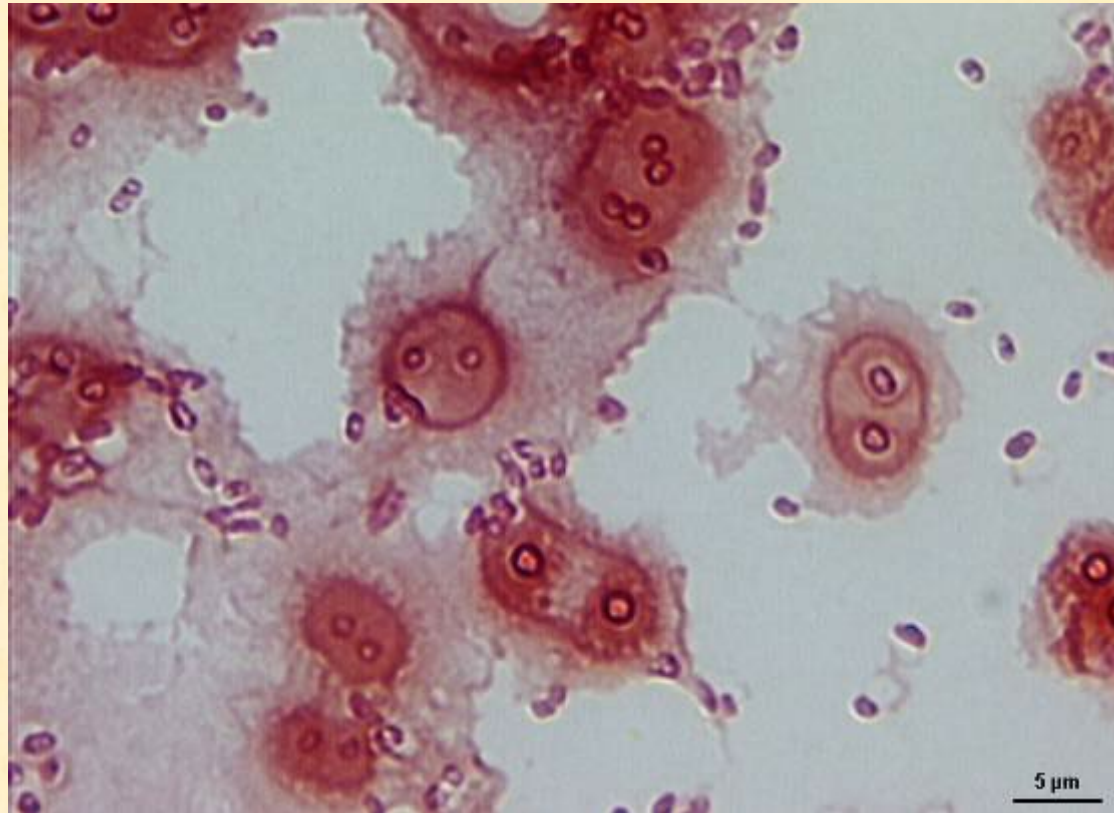
- do atmosféry 6 miliard t/rok spalováním fosilních paliv
- kolem 2 miliard t/rok odlesňováním
- důsledek: místo přirozené spotřeby z atmosféry produkce CO₂

Dlouhodobá přirozená celková nevyrovnanost toků je pravděpodobně menší než 1 miliarda C t/rok. Toto množství se zdá malé ve srovnání s ostatními toky. Přesto je zásah člověka obrovský.

Cyklus dusíku







Fixace vzdušného dusíku volně žijícími bakteriemi

Azotobacter

nesymbiotická fixace vzdušného dusíku

žije obvykle v symbioze s pseudomonádami,



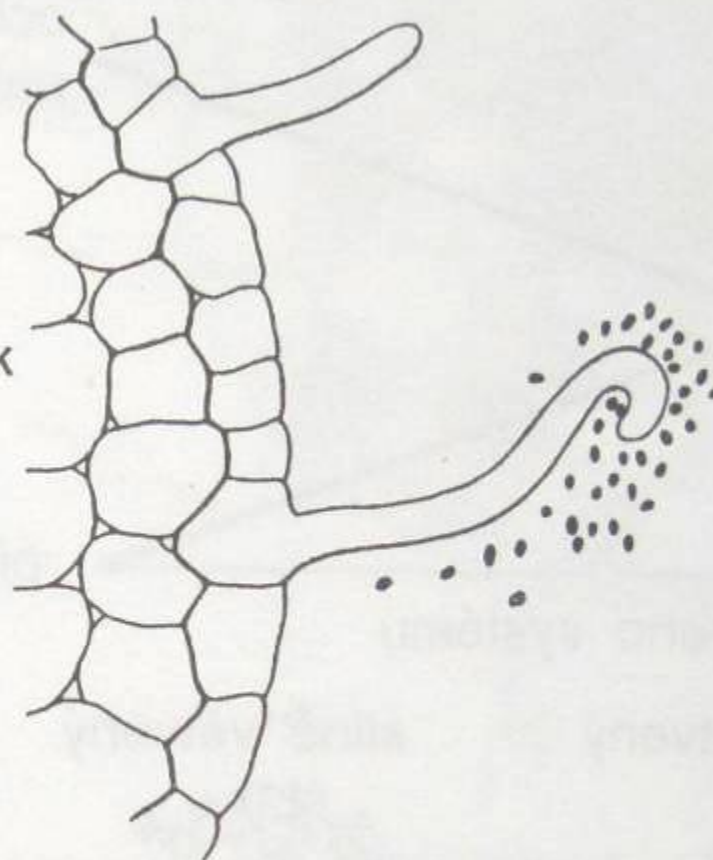
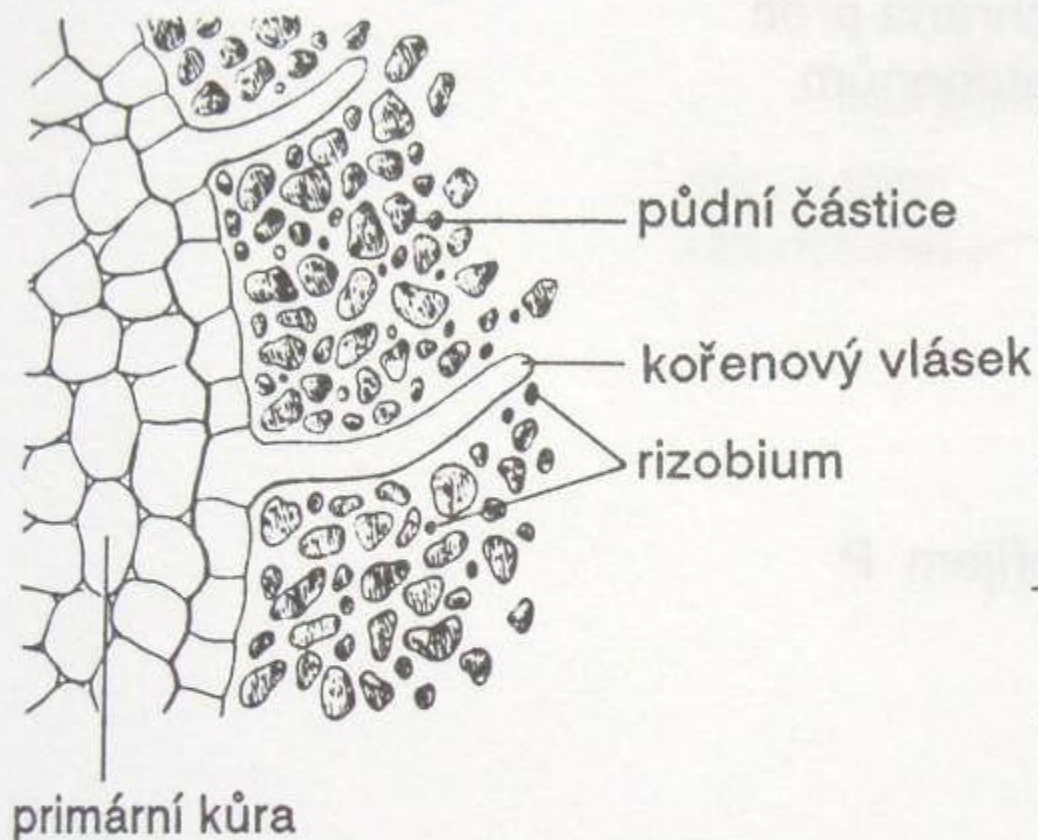
Symbiózu mezi bakteriemi fixujícími molekulární dusík a rostlinami lze rozdělit na následující typy:

- a) **nodulující symbiózu,**
- b) **nenodulující symbiózu a**
- c) **asociativní symbiózu.**

Fixace vzdušného dusíku - symbiotická

Leghemoglobin- v hlízkách bakterií rodu *Rhizobium* má pyrolovou povahu a obsahuje Fe

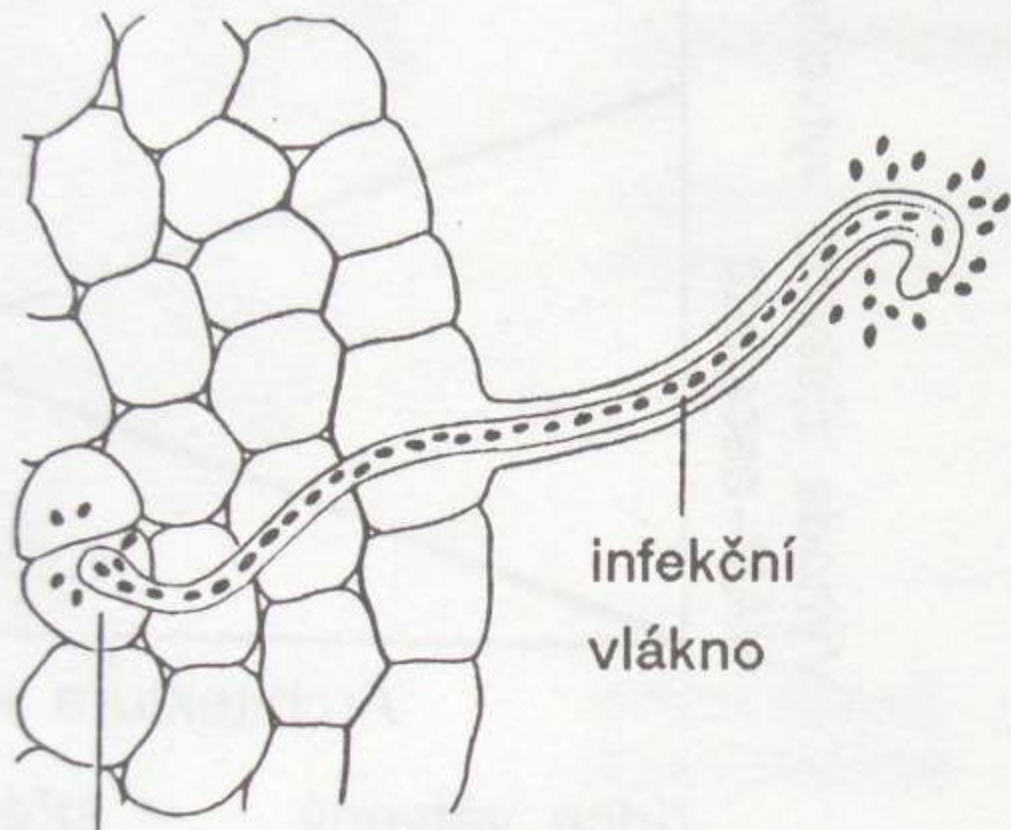




a

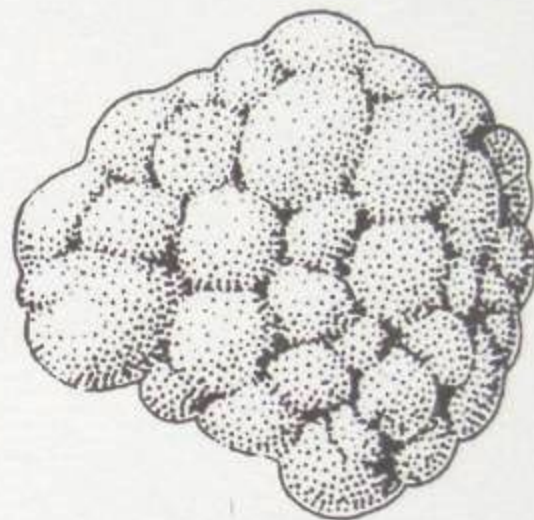
b

Obr. 7.3 Tvorba hlízky u sóji. (a), (b) Bakterie rodu *Rhizobium* se shromažďují u kořene, které vyvolávají dělení buněk kořene a vznik hlízky. (d) Hlízka. (Převzat



dělicí se buňky
primární kůry

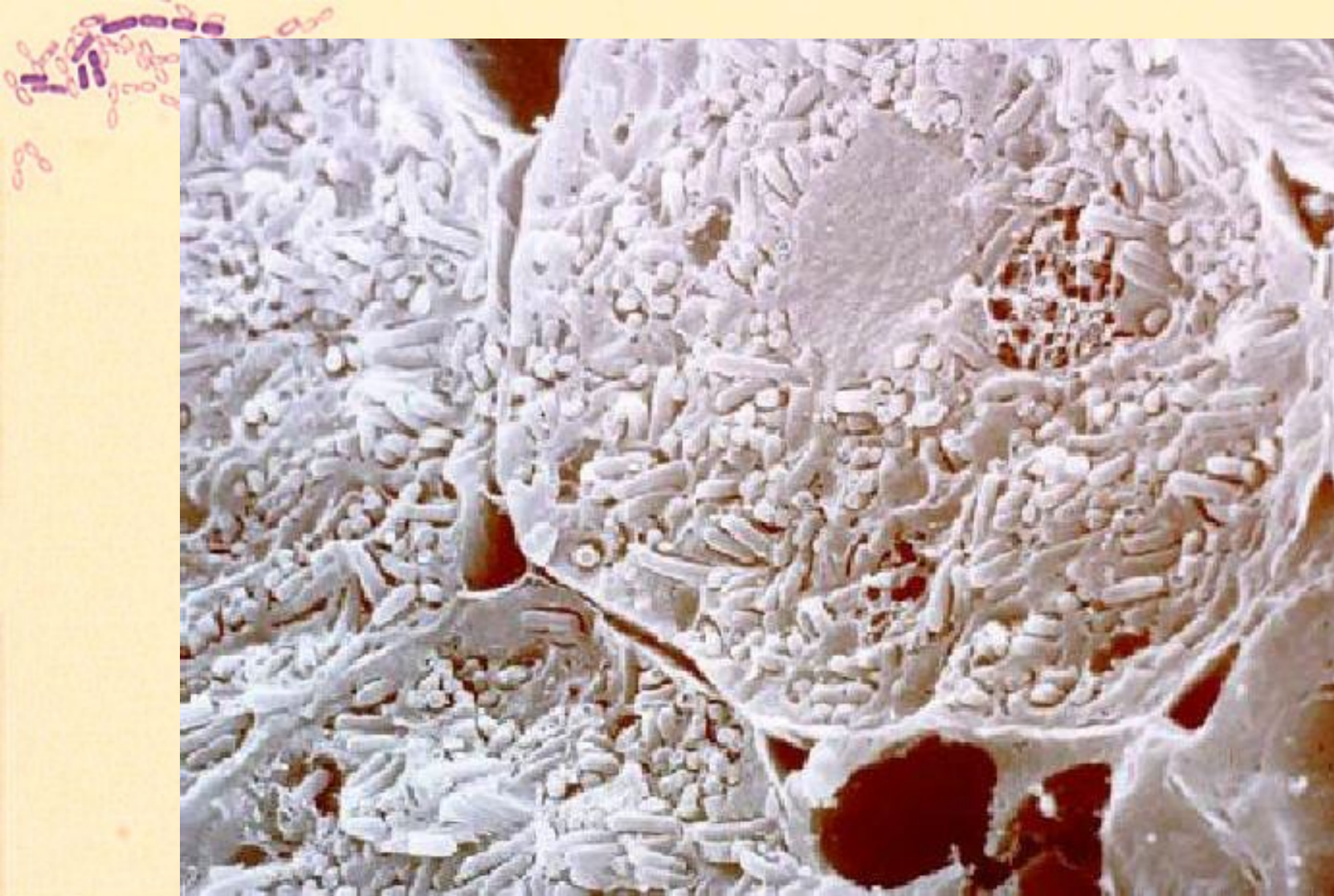
c



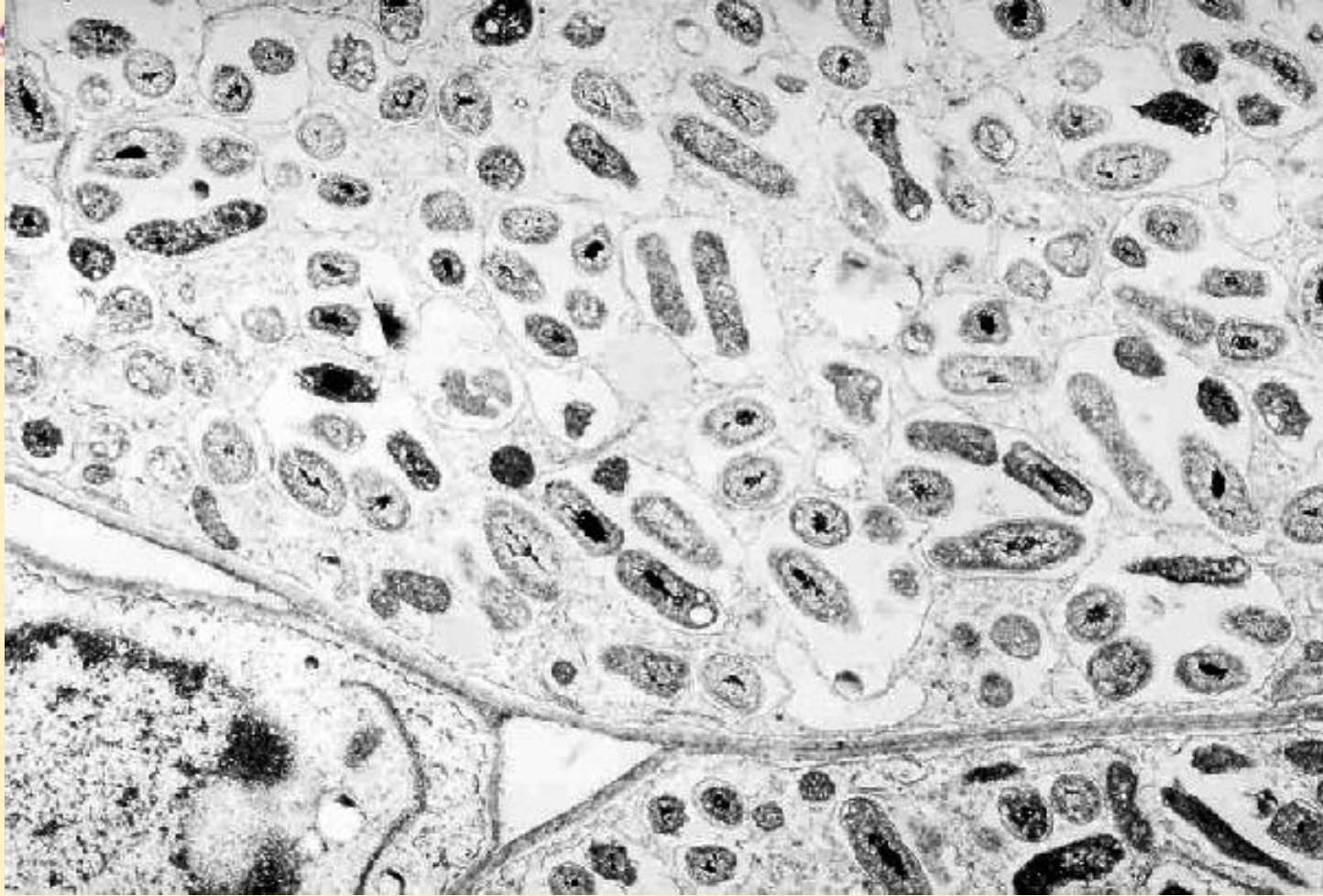
hlízka

d

ždají v okolí kořenového vlásku. (c) Infekční vlákno s bakteriemi,
ato ze Salisburyho a Rosse 1991.)



Scanning electron micrograph of an infected cell. The rod-like structures are the micro-symbiont, *Bradyrhizobium japonicum*. There may be up to 20,000 individual bacteroids in an infected cell!



Transmission electron micrograph of an infected cell. Bacteroids appear as either dark circles or as rods depending on whether they were sectioned transversely or longitudinally, respectively. **Bacteroids are grouped in units of three or four, which comprise a symbiosome.** The symbiosome is separated from the host-cell cytosol by the symbiosome membrane that was derived from the infection thread. An uninfected cell is in the lower left hand corner of the micrograph



Cyklus dusíku

Aminokyseliny jsou důležitými sloučeninami všech živých organismů ($-\text{NH}_2$ 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

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



Cyklus dusíku

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 (sinice)

Cyklus dusíku

Mikroorganismy jsou naprosto stěžejní:

- 1) kromě sinic a symbiotických bakterií nedovedou organismy poutat N_2
- 2) zpětné uvolňování dusíku do atmosféry
- 3) transformace forem dusíkatých sloučenin

AKTÉRIE A PROCESY ZÚČASTNĚNÉ NA KOLOBĚHU DUSÍKU.

Fixace dusíku		Oxidace sloučenin dusíku (tvorba dusitanů a dusičnanů)		Redukce dusičnanů (tvorba amoniaku a denitrifikace)		
Nesymbiotické bakterie (volně žijící bakterie)		Symbiotické bakterie (žijící symbioticky s vřikvovitými rostlinami)	<i>Nitrobacteraceae</i>	Jiné bakterie oxidující NO_2^- na NO_3^-	Bakterie způsobující amonifikaci bílkovin a denitrifikaci, využívající NO_2^- a NO_3^- jako akceptory vodíku	
<i>Azotobacteraceae</i>	Jiné bakterie		Oxidace			
			NH_3 na NO_2^-	NO_2^- na NO_3^-		
<i>Azotobacter</i> <i>Azomonas</i> <i>Beijerinckia</i> <i>Derxia</i>	<i>Enterobacter</i> <i>Nocardia</i> <i>Clostridium</i> <i>Rhodospirillales</i>	<i>Rhizobium</i>	<i>Nitrosomonas</i> <i>Nitrosococcus</i> <i>Nitrosolobus</i>	<i>Nitrobacter</i> <i>Nitrospina</i> <i>Nitrococcus</i>	<i>Nocardia</i> <i>Streptomyces</i>	<i>Thiobacillus denitrificans</i> <i>Pseudomonas stutzeri</i> Některé druhy rodu <i>Bacillus</i> aj.



Cyklus dusíku

Mineralizace dusíkatých látek

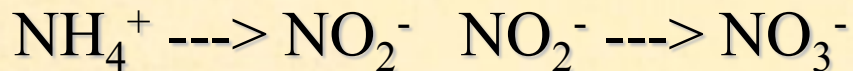
Má dva kroky:

amonifikace

množství mikroorganismů; organický N je mineralizován na NH_4^+
hlavní zdroj dusíku pro rostliny a mikroorganismy

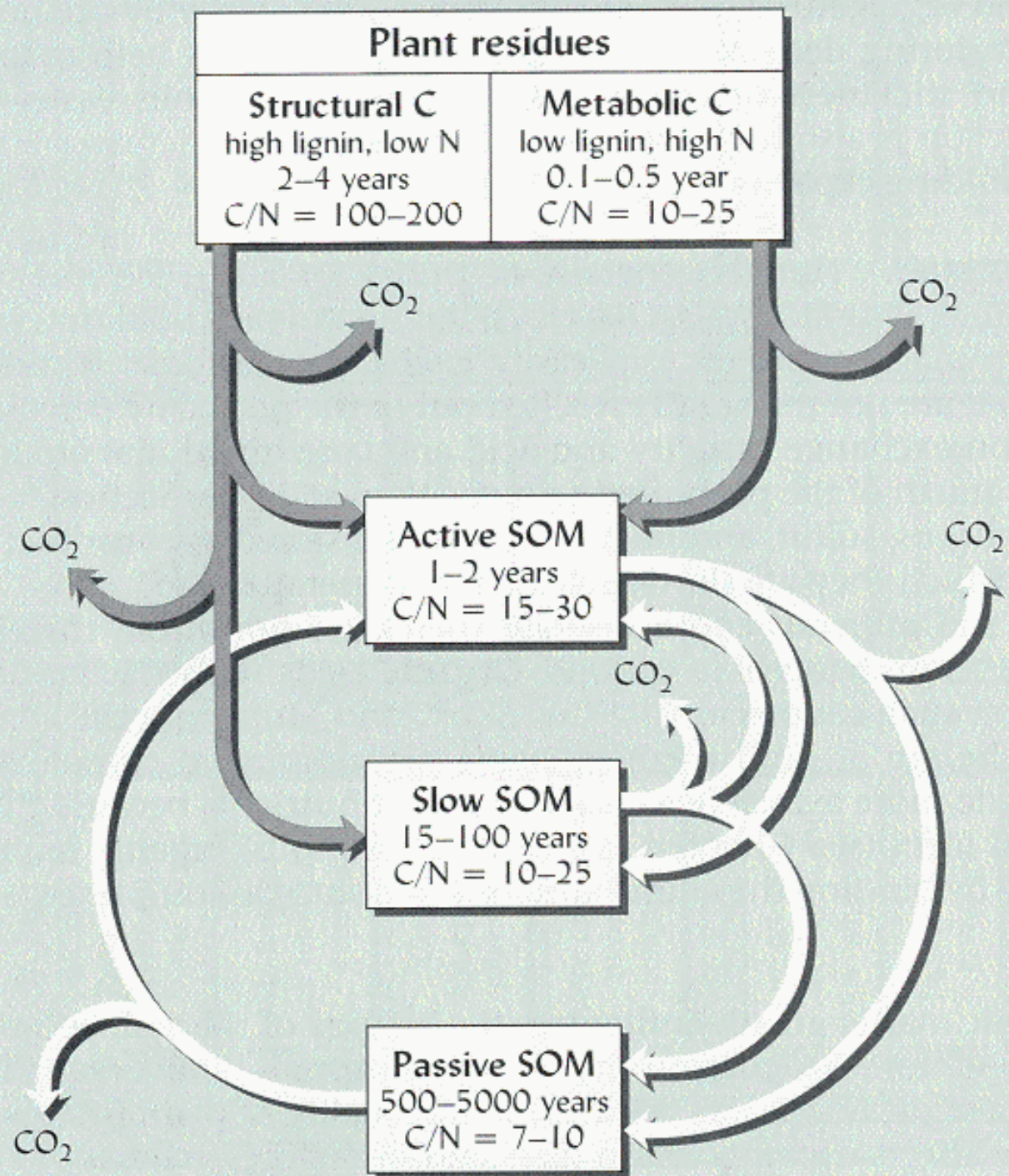
nitrifikace

menší množství autotrofních bakterií;

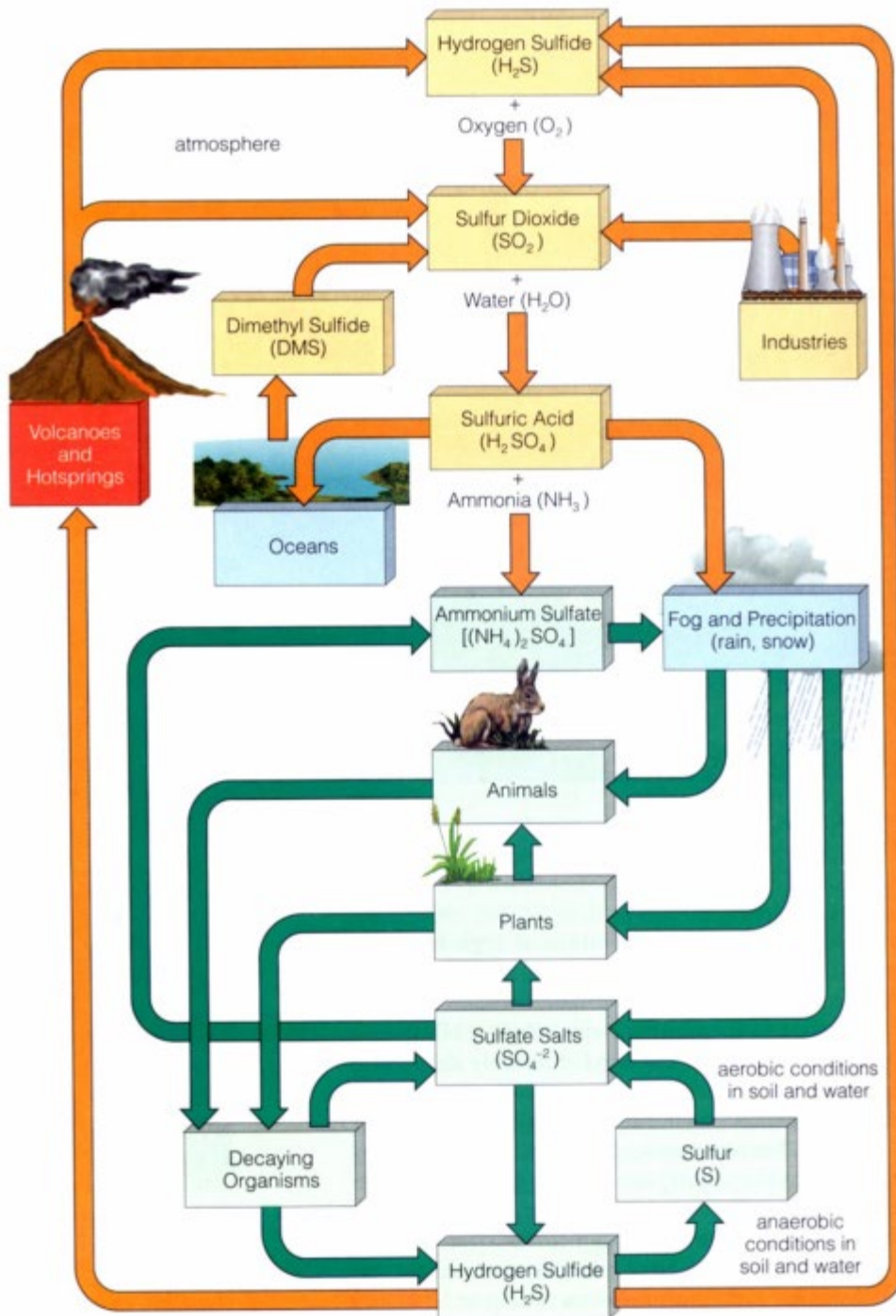


mineralizace N je funkcí teploty, vlhkosti, provzdušnění, typu dusíkatých organických látek v prostředí a také pH

NH_4^+ se v půdě váže na částice × NO_3^- se z půdy vymývá



Cyklus síry



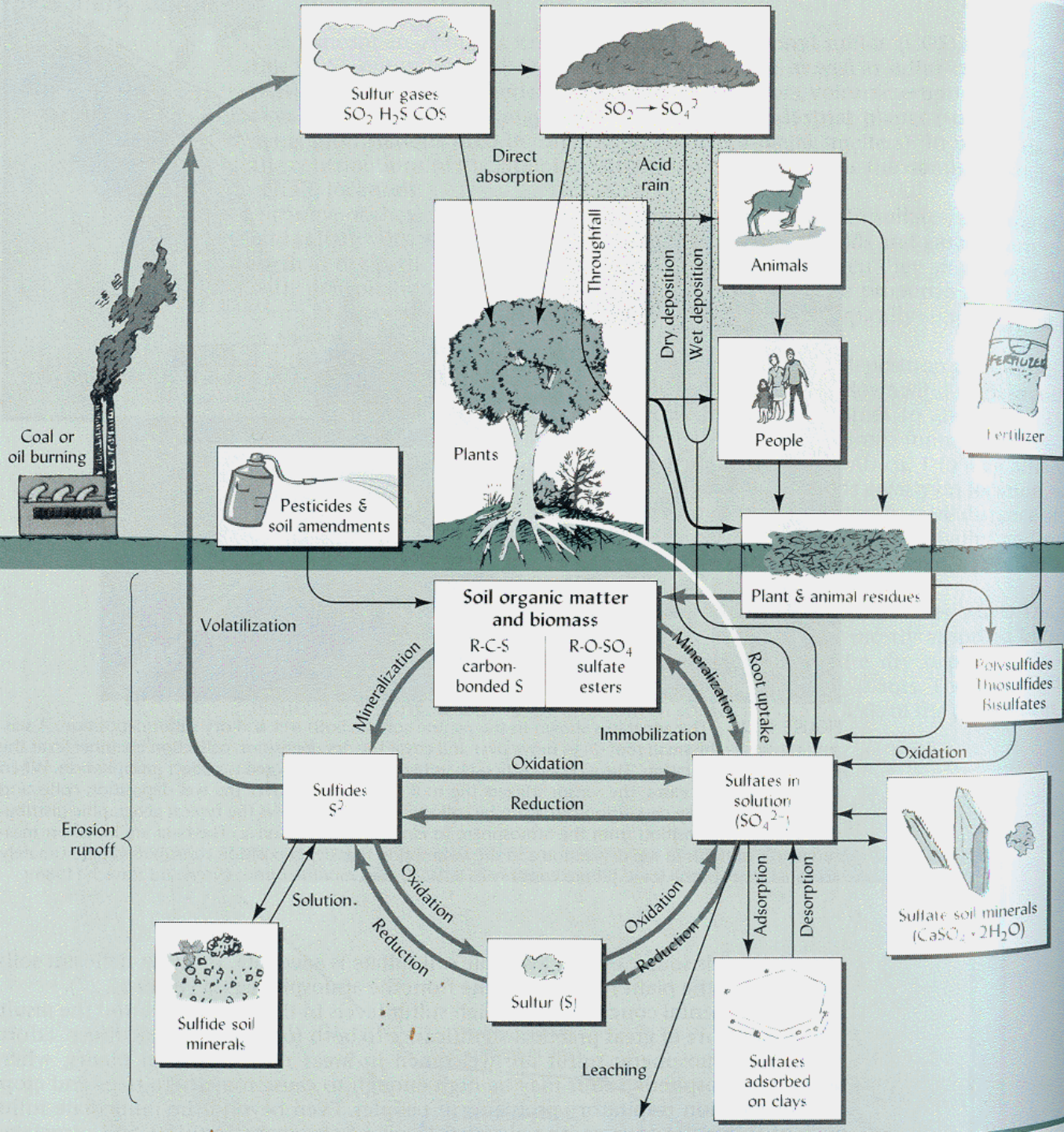
Většina síry vázána minerálně (pyrit, sádrovec).

- 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

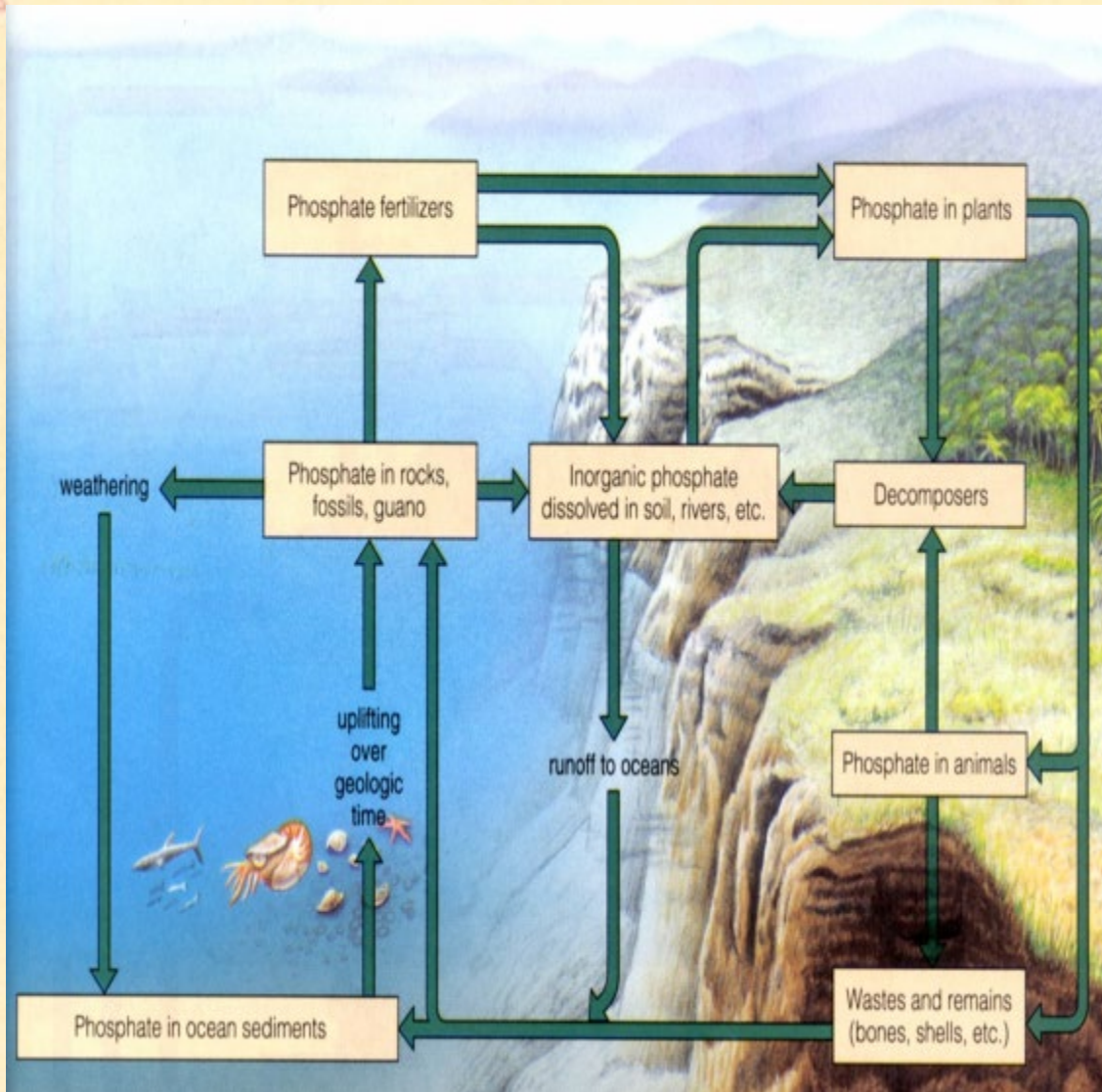
Člověk: kolem 1/3 z celkového množství síry do atmosféry (99 % SO_2)

- spalování fosilních paliv (2/3)
- zpracování ropy, minerálních zdrojů

Cyklus síry



Cyklus fosforu



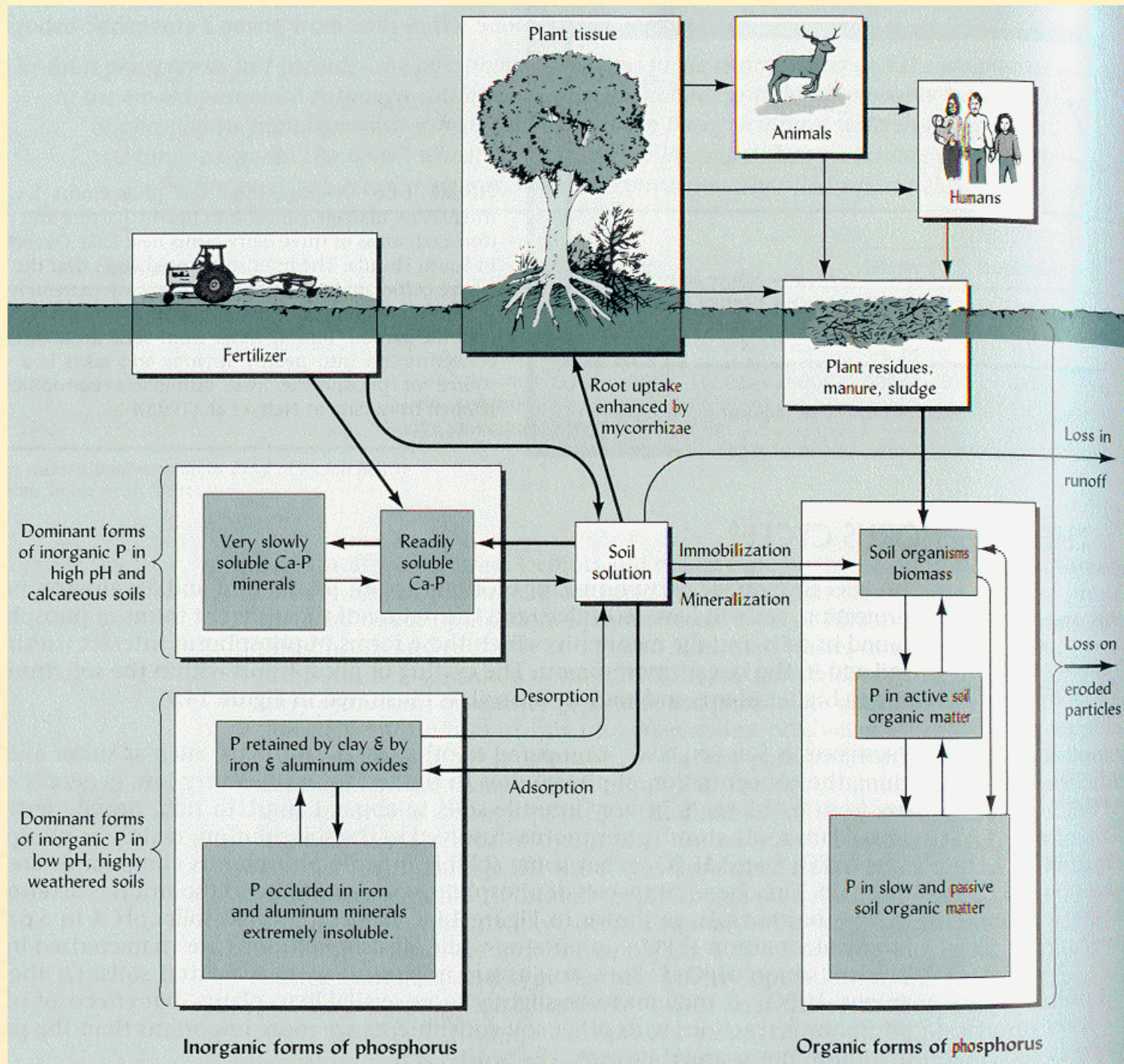
Důležitá složka RNA, DNA a přenašečů energie (ADP, ATP)

- **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 fosforu





Cyklus kyslíku

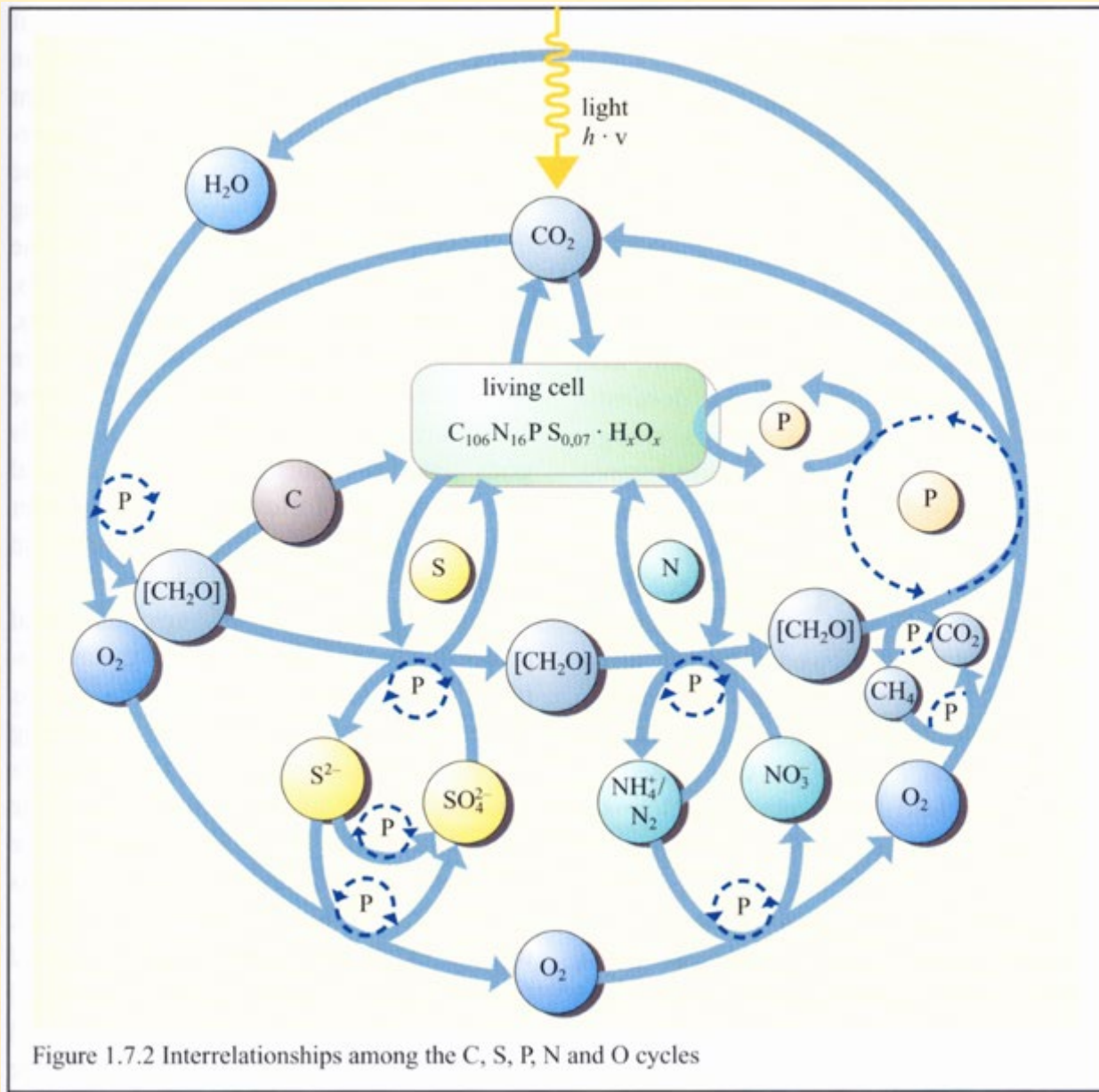
Stabilita atmosféry:

Obsah O_2 v atmosféře v porovnání s obsahem CO_2 je stabilnější.

Biologický zpětně vazebný mechanismus (kontrola tlaku O_2 v atmosféře):

- **nárůst koncentrace kyslíku** – nárůst parciálního tlaku kyslíku – inhibice fotosyntézy
- **nárůst koncentrace oxidu uhličitého** – nárůst parciálního tlaku CO_2 – vyšší rychlost fotosyntézy, zvětšuje se rostlinná složka biosféry, větší fytohmota více respiruje – roste koncentrace O_2 , klesá produkce O_2 , roste koncentrace CO_2 , zvyšuje se rychlost fotosyntézy

Vztahy mezi cykly C, S, P, N a O



Aeromicrobiology (Maier)

The air is a hostile environment, yet it is the medium through which many pathogens are dispersed!

Die-off of air born microbes:

$$X_t = X_0^{-kt}$$

k – inactivation coefficient. Depends on the type of microbe and environmental conditions.

Factors contributing to k:

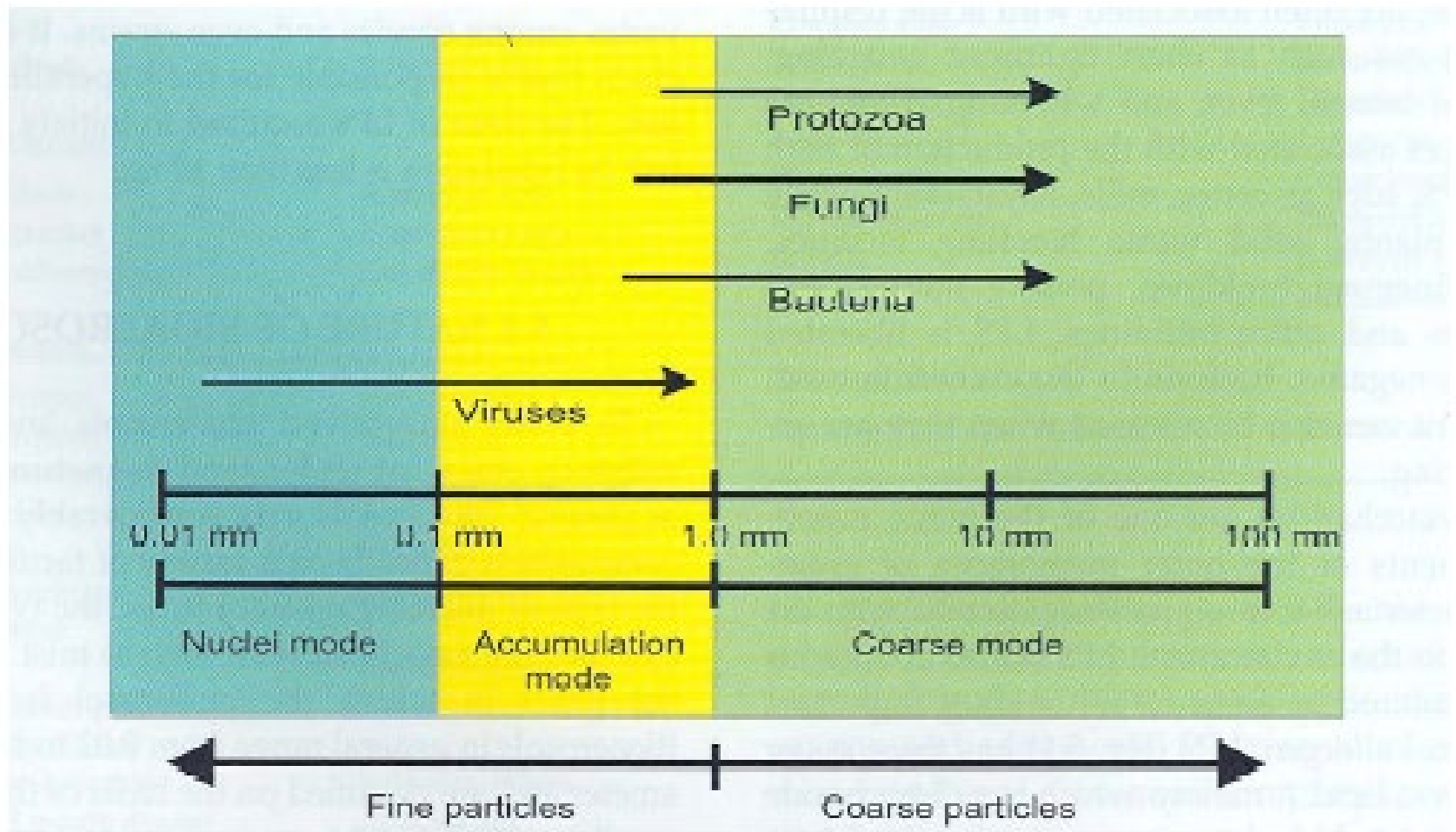
- Relative humidity
- Temperature
- Radiation

Protection by association with particles, pigmentation, cloud cover, DNA repair

- O₂ radicals
- Open air factors
- Ions

Microbes reach the air by **aerosolization**

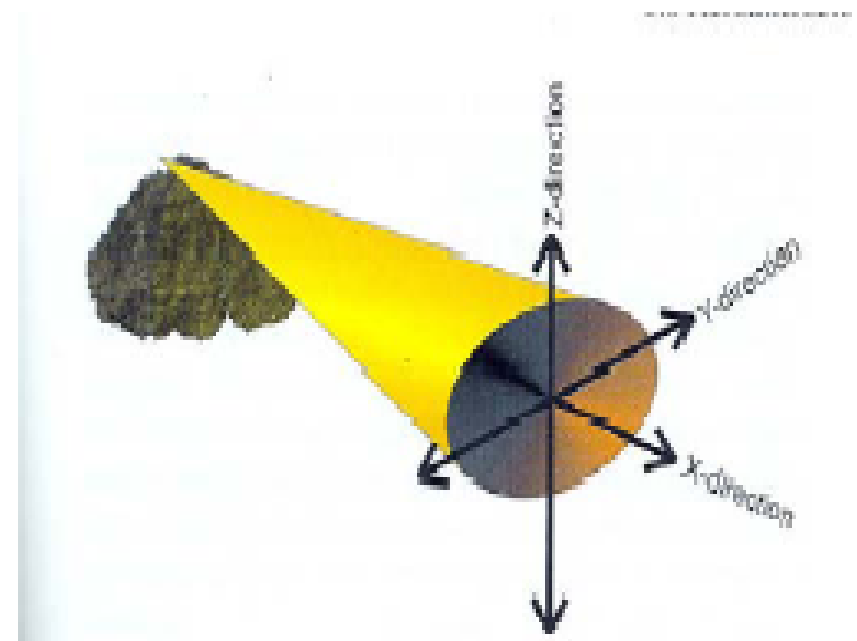
Depends on type of organisms, particles and gaseous phase



Transport	Time	Distance
Submicroscale	<10 min	<100 m
Microscale	10 – 60 min	100 m – 1 km
Mesoscale	Days	1 – 100 km
Macroscale	<Days	>100 km

But ... global distribution of pathogens

Depend on diffusion and wind velocity



III. Deposition

Mostly, Gravitational: Stokes law: Terminal velocity of a particle depends on its size, density, gravity, and the air viscosity.

Air sampling – Simulation of breathing (particle size [0.8 – 15 μm], air flow and velocity)

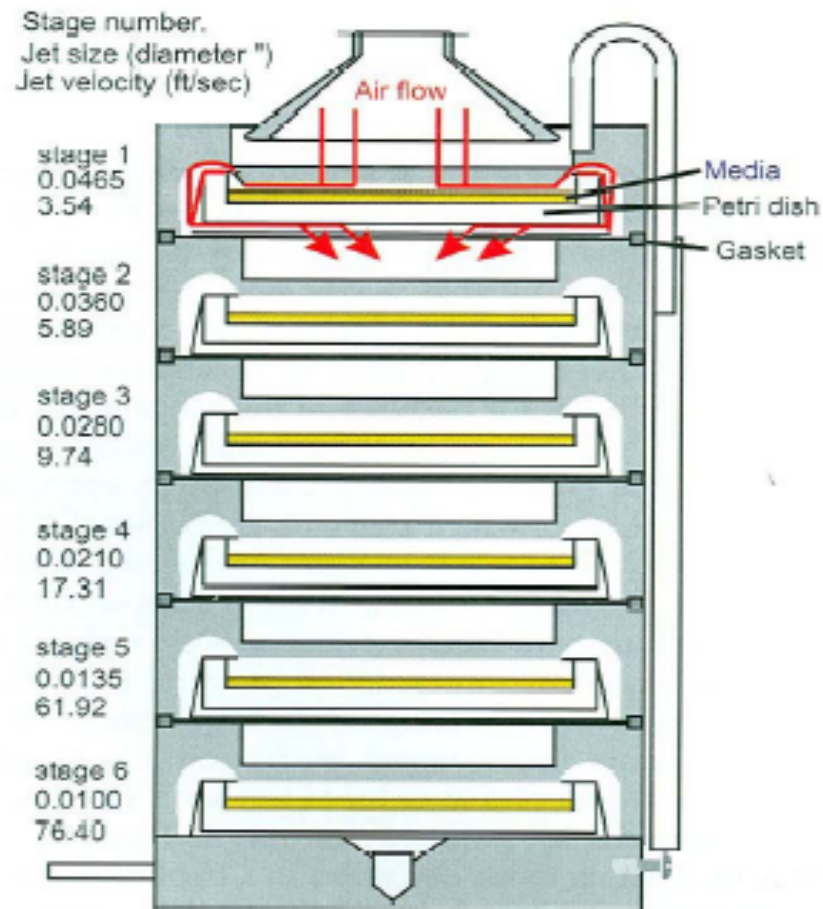
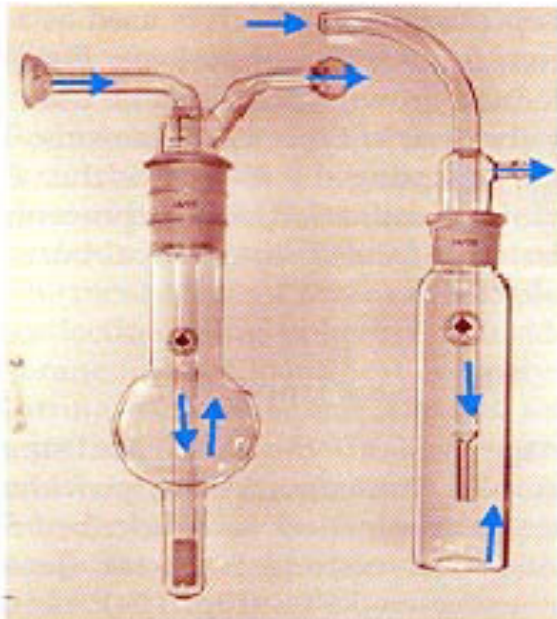
Impingement – trapping in liquid, e.g., AG-30

Impaction – deposition on solid surface, e.g., Anderson six-stage sampler

Centrifugation

Filtration

Deposition – passive collection



Opět specifika daná akvatickým prostředím

- hlavní rozdíl je, že v akvatických ekosystémech zastávají mikroorganismy také roli producentů (i tzv. heterotrofní producenti - microbial loop)

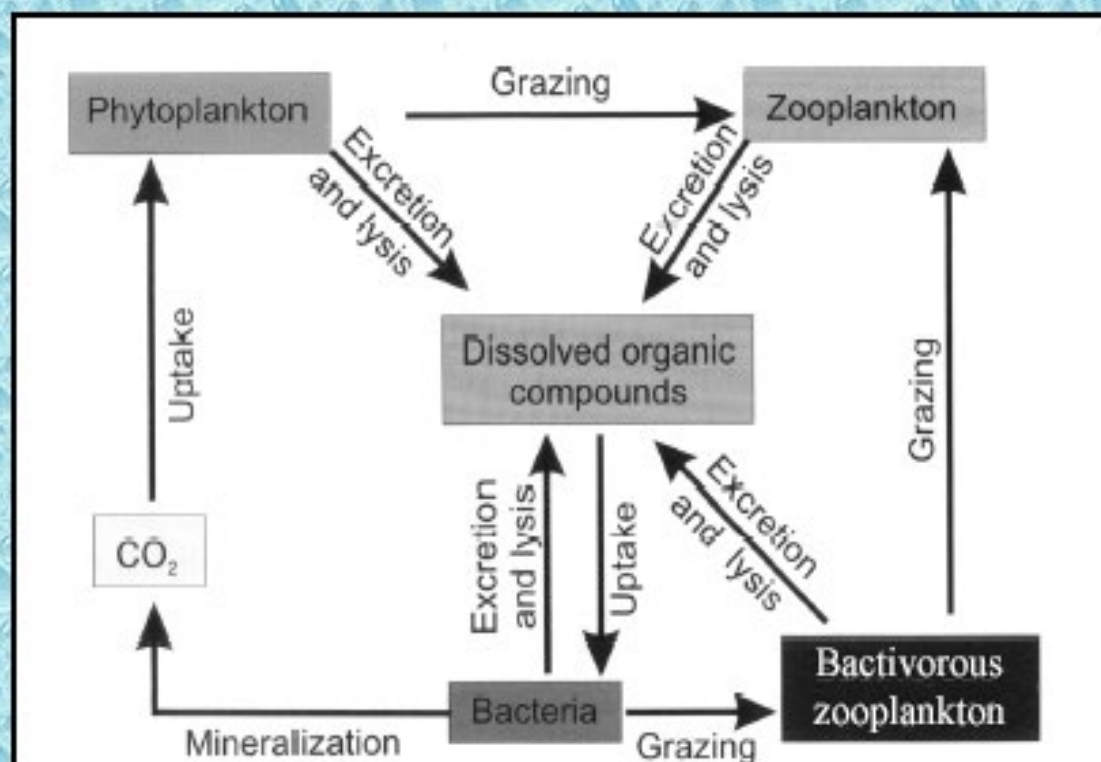
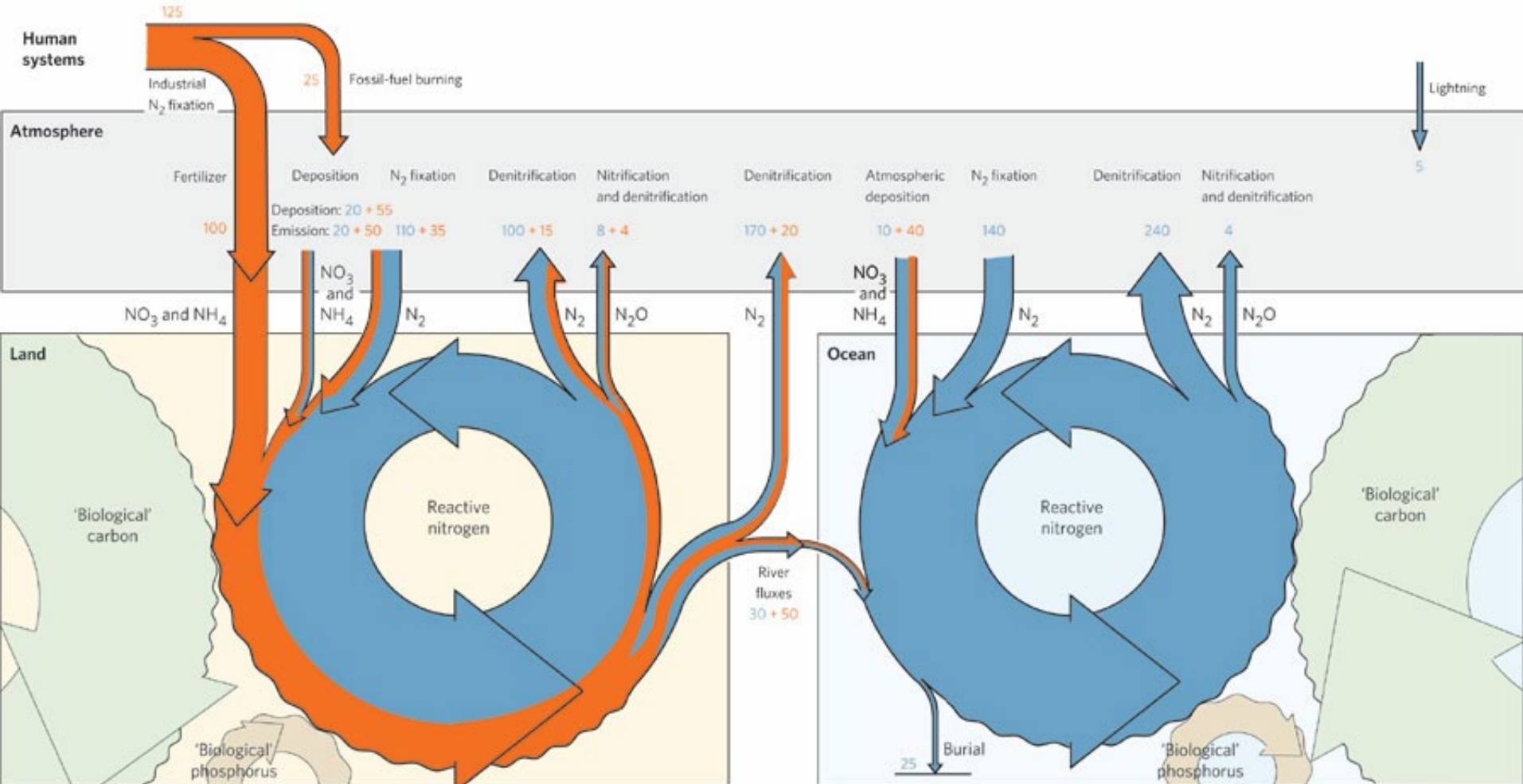
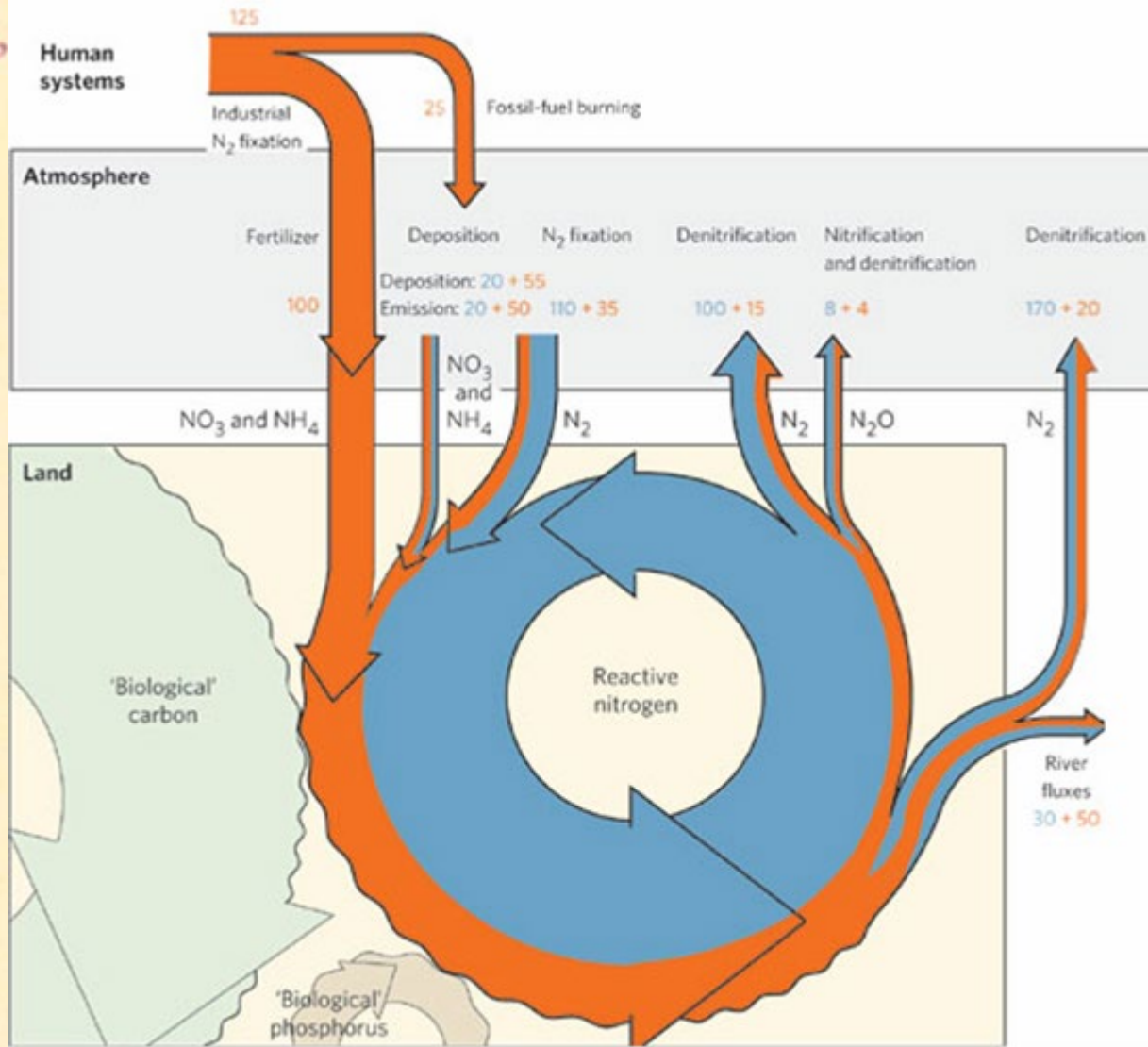


FIGURE 6.1 The microbial loop in the planktonic food web. The microbial loop represents a pathway in which the dissolved organic products are efficiently utilized. The role of bacterioplankton is to mineralize important nutrients contained within organic compounds and to convert a portion of the dissolved carbon into biomass. Grazing by bacterivorous protozoans provides a link to higher trophic levels. (Modified from Fuhrman, 1992.)

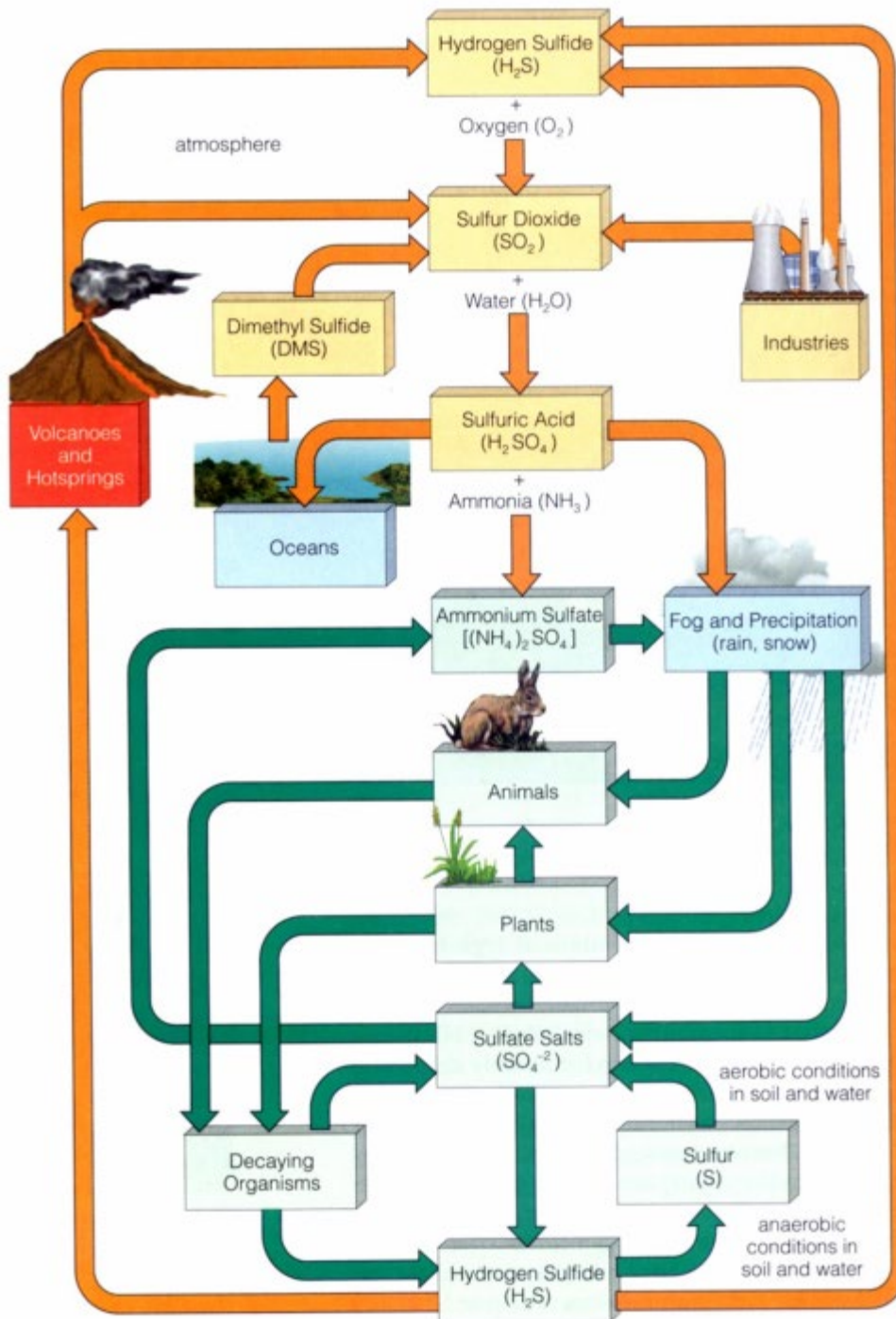


Dominantní procesy přeměn molekulárního dusíku na reaktivní dusík a zpět (Erismann et al., 2008). Zřetelné je těsné spojení mezi cykly uhlíku, dusíku a fosforu v půdě a na dně oceánu. Modře jsou označeny přírodní toky, oranžově antropogenní narušení nebo přesněji navýšení toků.



Detailnější pohled na terestrickou část procesů přeměn molekulárního dusíku na reaktivní dusík a zpět. Číselné hodnoty (v Tg N za rok) odpovídají roku 1990. Pouze několik málo z těchto toků je známo s pravděpodobností vyšší než 20%, mnohé mají hladinu nejistoty 50% a vyšší (Erisman et al., 2008).

Cyklus síry



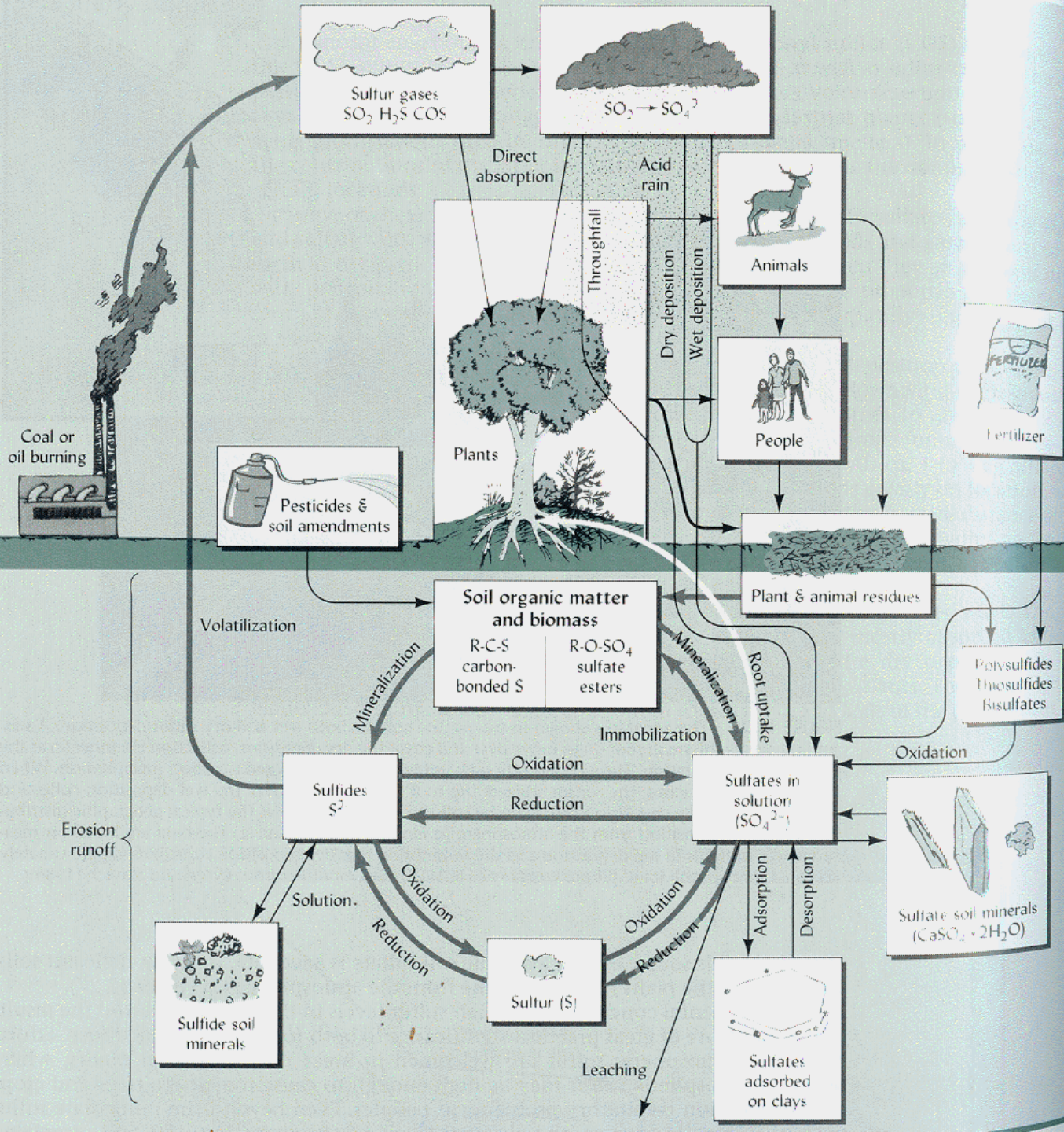
Většina síry vázána minerálně (pyrit, sádrovec).

- 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

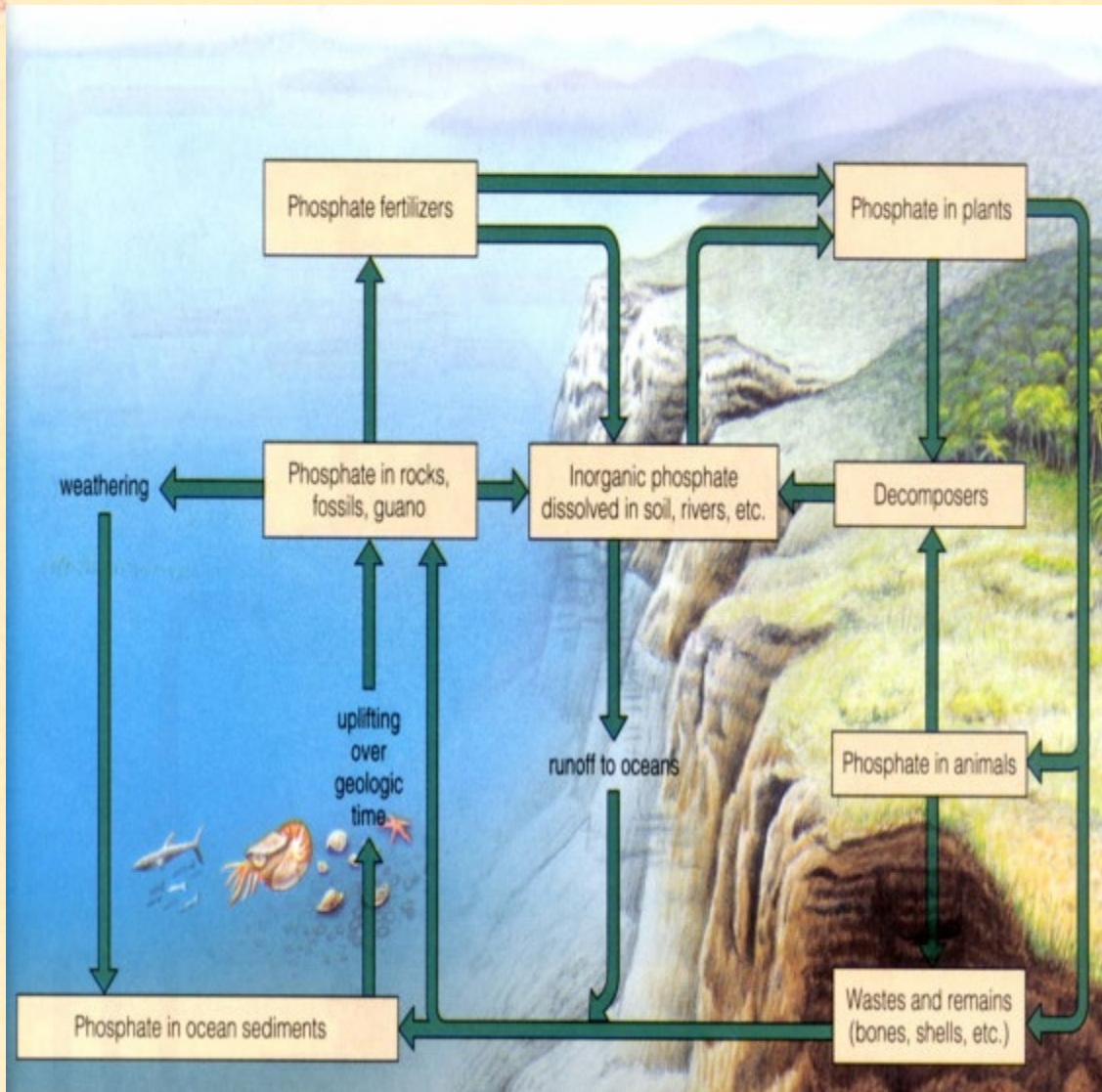
Člověk: kolem 1/3 z celkového množství síry do atmosféry (99 % SO_2)

- spalování fosilních paliv (2/3)
- zpracování ropy, minerálních zdrojů

Cyklus síry



Cyklus fosforu



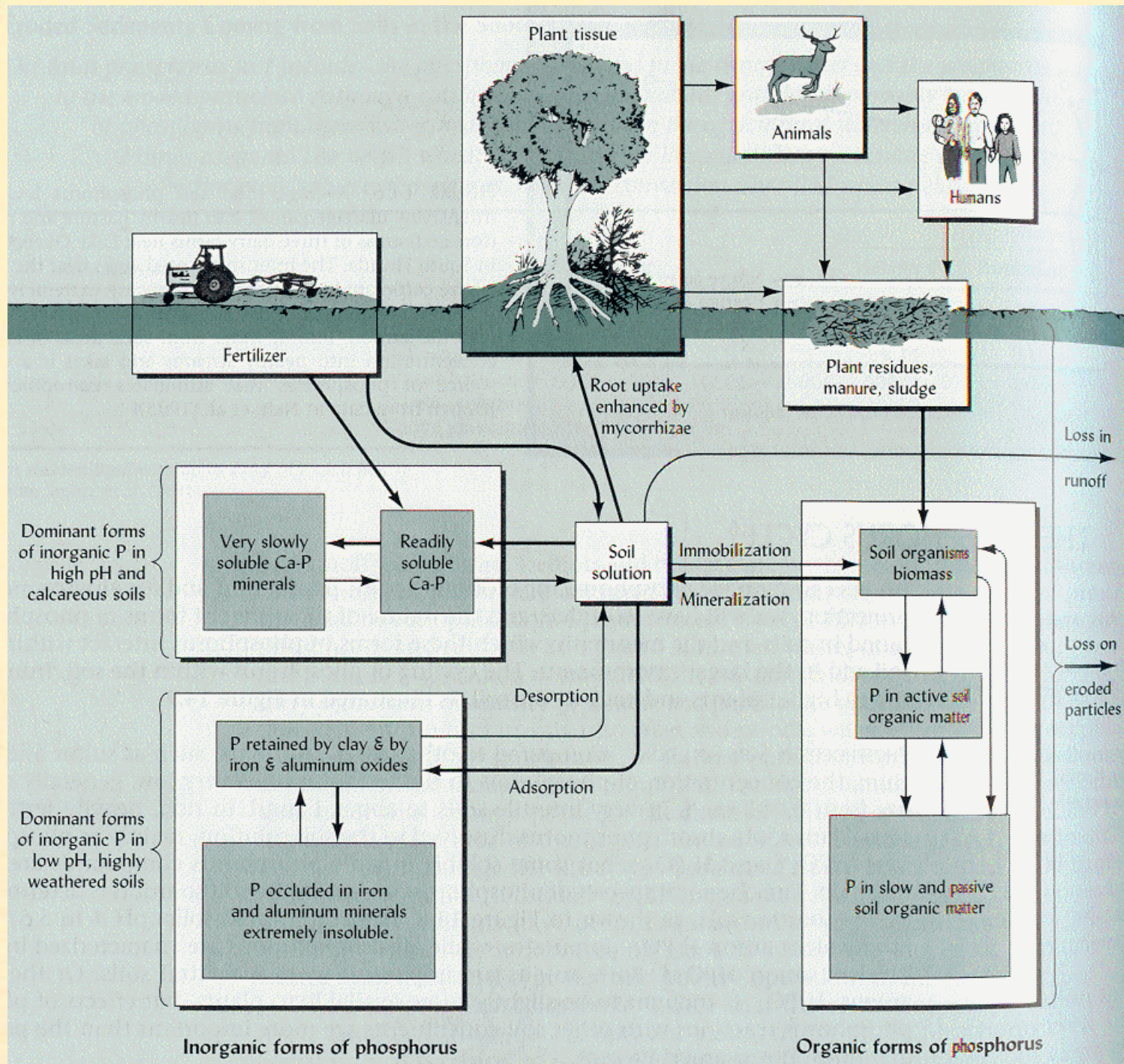
Důležitá složka RNA, DNA a přenašečů energie (ADP, ATP)

- **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 fosforu





Cyklus kyslíku

Stabilita atmosféry:

Obsah O_2 v atmosféře v porovnání s obsahem CO_2 je stabilnější.

Biologický zpětně vazebný mechanismus (kontrola tlaku O_2 v atmosféře):

- **nárůst koncentrace kyslíku** – nárůst parciálního tlaku kyslíku – inhibice fotosyntézy
- **nárůst koncentrace oxidu uhličitého** – nárůst parciálního tlaku CO_2 – vyšší rychlost fotosyntézy, zvětšuje se rostlinná složka biosféry, větší fytohmota více respiruje – roste koncentrace O_2 , klesá produkce O_2 , roste koncentrace CO_2 , zvyšuje se rychlost fotosyntézy

Vztahy mezi cykly C, S, P, N a O

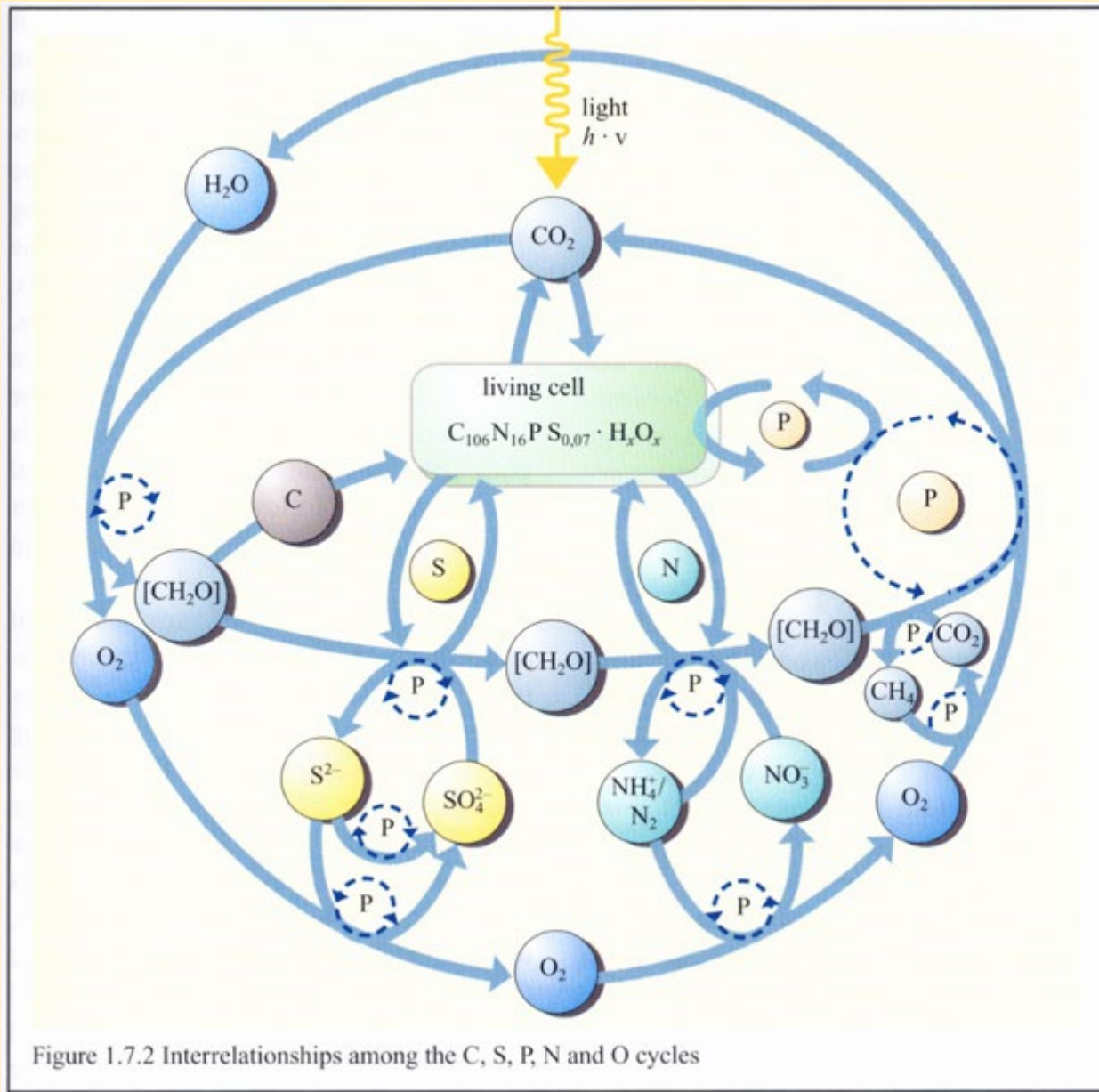


Figure 1.7.2 Interrelationships among the C, S, P, N and O cycles

Aeromicrobiology (Maier)

The air is a hostile environment, yet it is the medium through which many pathogens are dispersed!

Die-off of air born microbes:

$$X_t = X_0^{-kt}$$

k – inactivation coefficient. Depends on the type of microbe and environmental conditions.

Factors contributing to k:

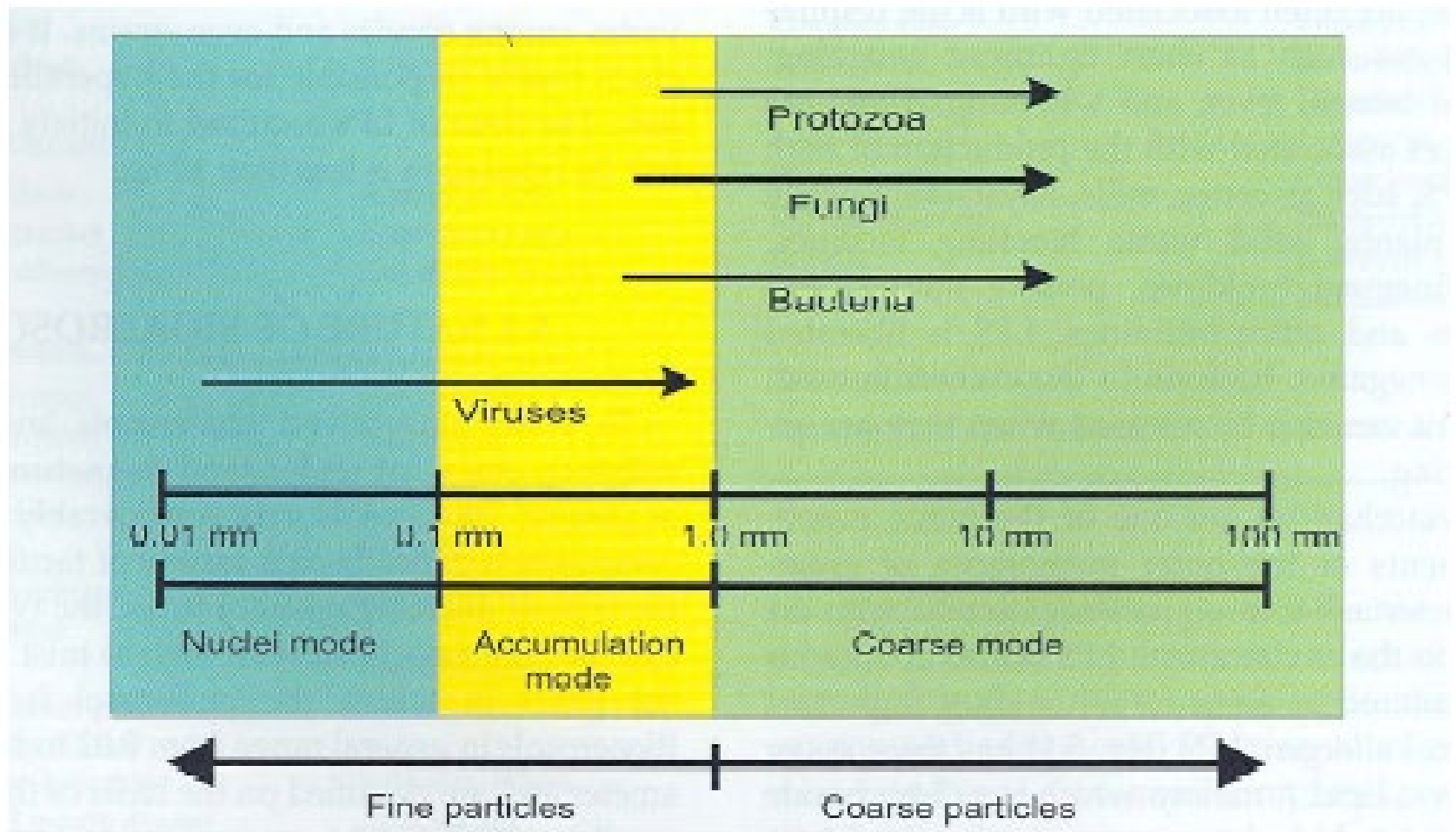
- Relative humidity
- Temperature
- Radiation

Protection by association with particles, pigmentation, cloud cover, DNA repair

- O₂ radicals
- Open air factors
- Ions

Microbes reach the air by **aerosolization**

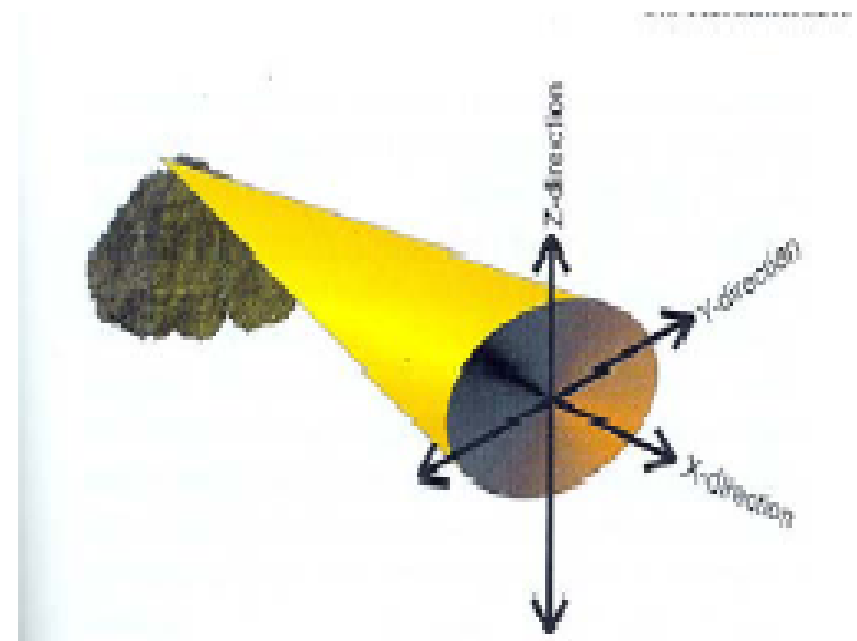
Depends on type of organisms, particles and gaseous phase



Transport	Time	Distance
Submicroscale	<10 min	<100 m
Microscale	10 – 60 min	100 m – 1 km
Mesoscale	Days	1 – 100 km
Macroscale	<Days	>100 km

But ... global distribution of pathogens

Depend on diffusion and wind velocity



III. Deposition

Mostly, Gravitational: Stokes law: Terminal velocity of a particle depends on its size, density, gravity, and the air viscosity.

Air sampling – Simulation of breathing (particle size [0.8 – 15 μm], air flow and velocity)

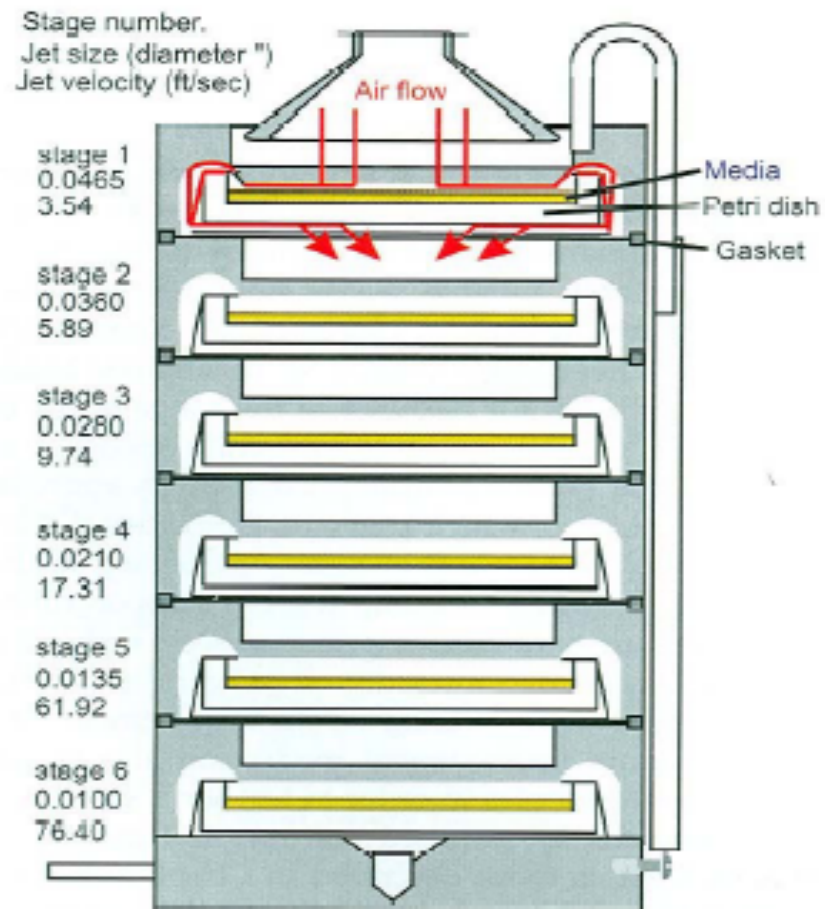
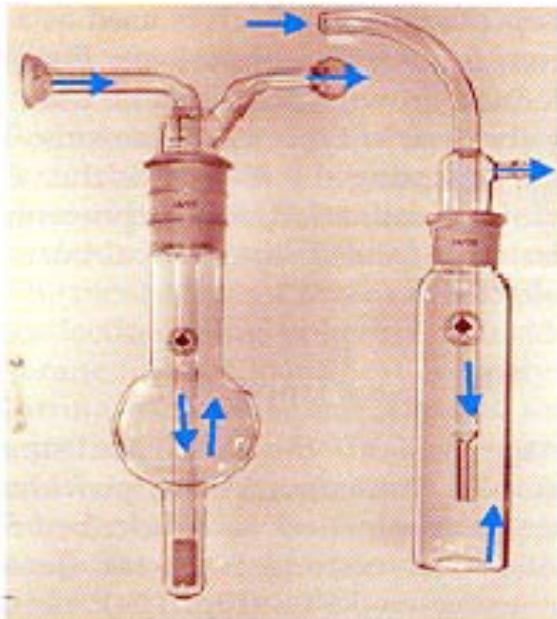
Impingement – trapping in liquid, e.g., AG-30

Impaction – deposition on solid surface, e.g., Anderson six-stage sampler

Centrifugation

Filtration

Deposition – passive collection



Opět specifika daná akvatickým prostředím

- hlavní rozdíl je, že v akvatických ekosystémech zastávají mikroorganismy také roli producentů (i tzv. heterotrofní producenti - microbial loop)

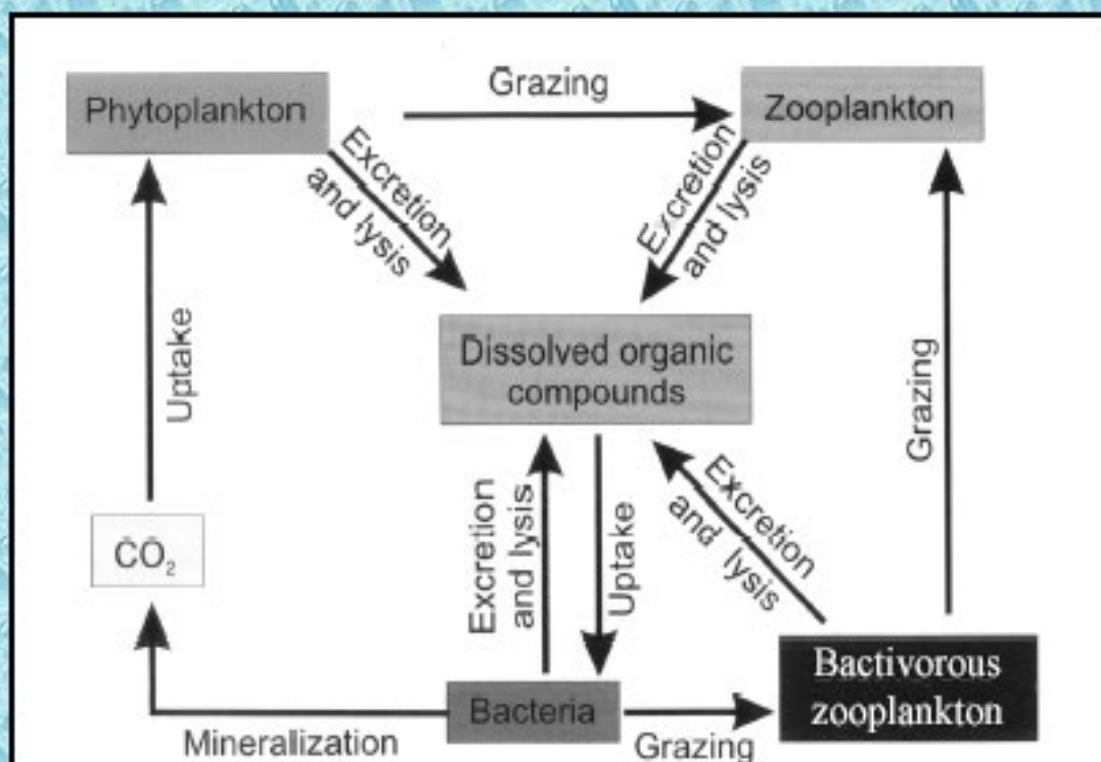


FIGURE 6.1 The microbial loop in the planktonic food web. The microbial loop represents a pathway in which the dissolved organic products are efficiently utilized. The role of bacterioplankton is to mineralize important nutrients contained within organic compounds and to convert a portion of the dissolved carbon into biomass. Grazing by bacterivorous protozoans provides a link to higher trophic levels. (Modified from Fuhrman, 1992.)



Kontrolní otázky

1. Mikrobiální společenstvo půdy
2. **Imobilizace x mineralizace**
3. **Vliv MO na koloběh uhlíku**
4. Vliv člověka na koloběh uhlíku
5. **Vliv MO na koloběh dusíku**
6. **Vliv MO na koloběh fosforu**
7. Vliv MO na koloběh síry