



EKOLOGIE MIKROORGANISMŮ

3

Habitaty mikroorganismů



Stupně organizace živé hmoty

Organismus

- jedinec, zástupce daného druhu

Populace

- zástupci jednoho druhu žijící na určitém místě

Společenství

- druhy žijící na určitém místě

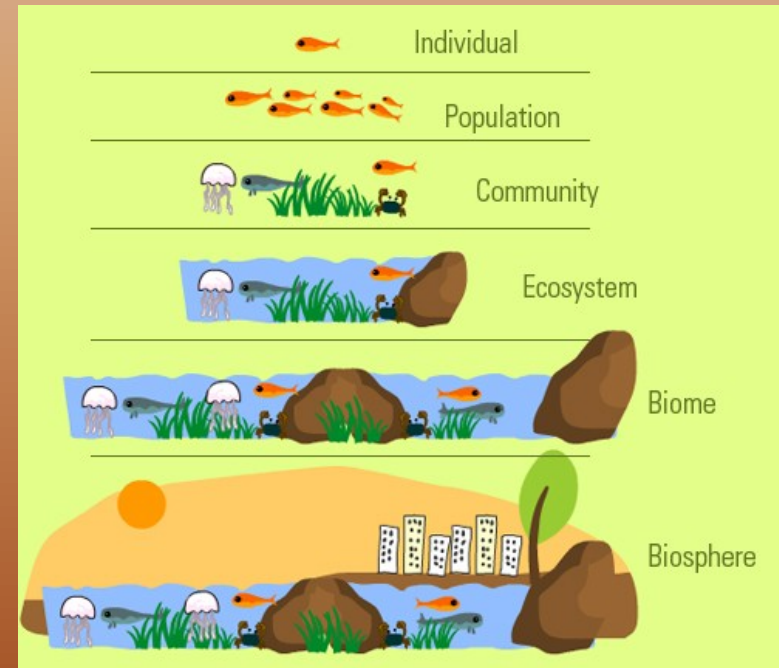
Ekosystém tvoří

Biocenóza

- soubor (společenstvo) populací všech druhů žijících na určitém prostoru se všemi vzájemnými vazbami
- živá část ekosystému schopná autoregulace
(př. mikrobiální společenstvo)

Biotop (bio- život, topos – místo)

- soubor všech vlivů, které vytvářejí životní prostředí všech zde žijících organismů
(např. biotop přehradní nádrže)



Gilda

- skupiny druhů organismů, které využívají stejné zdroje (zejména potravní)

Habitat nebo stanoviště

- abiotické prostředí, ovlivněné a pozmeněné živou složkou přírody, fyzické místo, kde se organismus nachází („adresa“)

Ekosystém

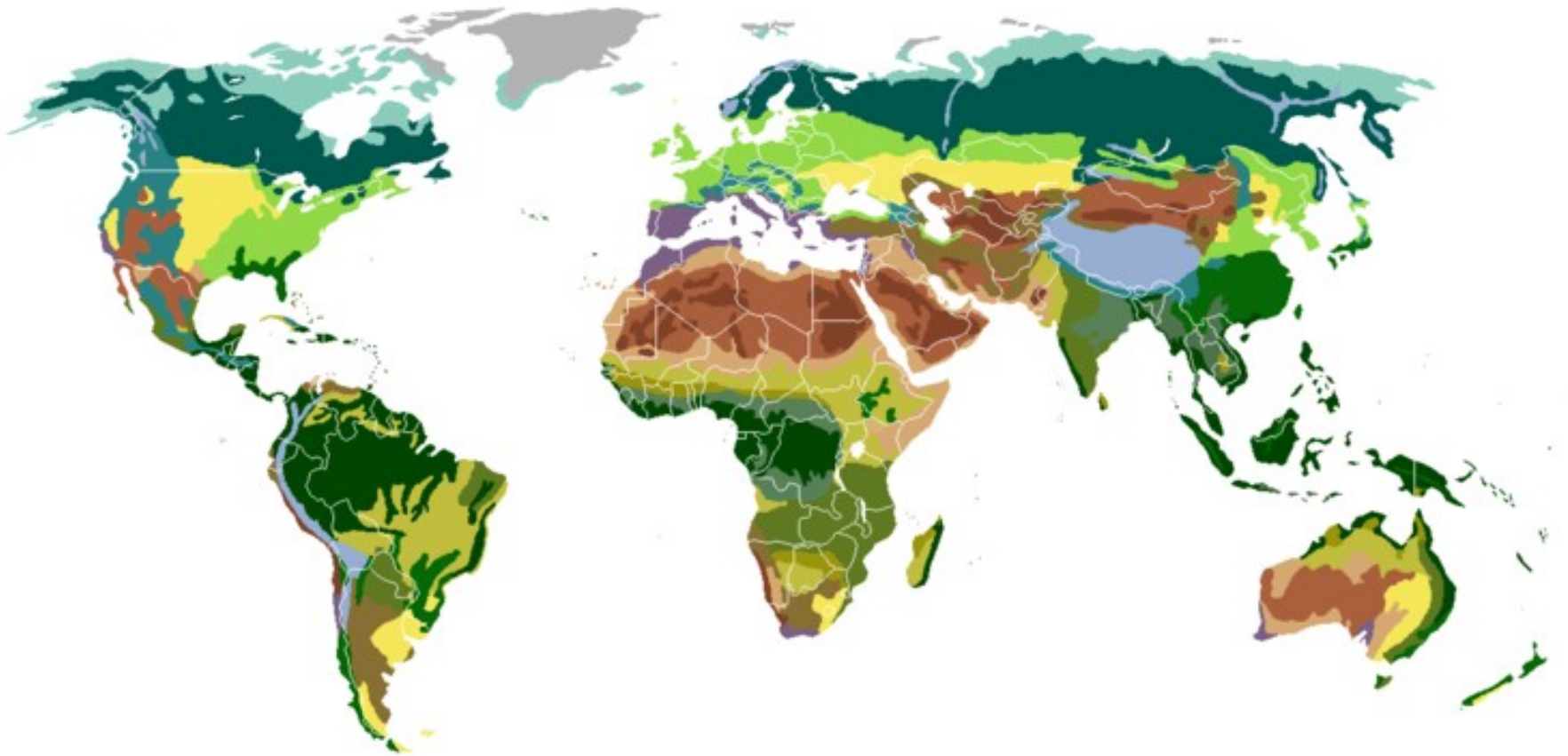
- tvořený biocenózou + biotopem - dynamický systém – neustálá výměna hmoty a energie

Biom

- společenstvo organismů osidlující velké celky a ovlivňované makroklimatem (step, poušť, savana...)
- charakterizovaný určitým typem biotických a abiotických podmínek

Biosféra

- největší heterogenní systém živých organismů na Zemi
- část Země, kde se vyskytují nějaké formy života



Toleranční rozsah – ekologická amplituda

- každý druh roste a množí se v definovaném spektru
- vnější podmínky
- abiotické faktory – teplota, obsah vody, intenzita světla, pH, osmotický tlak, salinita, redox potenciál, hydrostat. tlak, toxiny
- biotické podmínky
- extrémní prostředí = rychlejší evoluce mikroorganismů

Abiotic and Biotic factors that influence ecosystems

Abiotic

- Air (O₂, CO₂, N₂, etc)
- Water
- Light
- Wind
- Soil
- pH
- Temperature
- Salinity
- Humidity
- Inorganic nutrients (N, P)
- Etc.

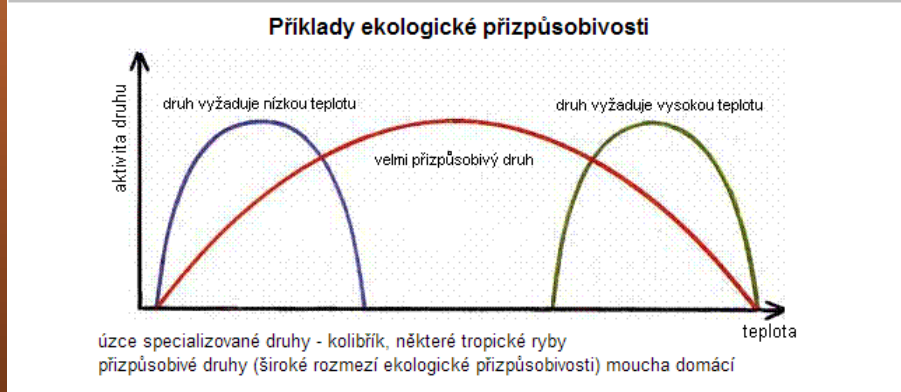
Biotic

- Other organisms, so:
- Competition
- Predation
- Symbiosis
 - Mutualism
 - Parasitism
- Disease agents

Ekologická amplituda

- míra tolerance organismu vůči vnějším podmínkám
- existuje optimum, pro které funguje organizmus nejlépe
- minimum, optimum a maximum – není fixní – je ovlivněno vnějšími podmínkami (kompenzace jinými faktory)
- **stenoekní** org = obligátní , striktní – mající úzký toleranční rozsah
- **eury-ekní/termní**) organismy = fakultativní – široký toleranční rozsah
- varianty druhu se mohou lišit ve své toleranci nebo optimu u většiny faktorů – přirozená selekce – vznikají tzv. ekotypy

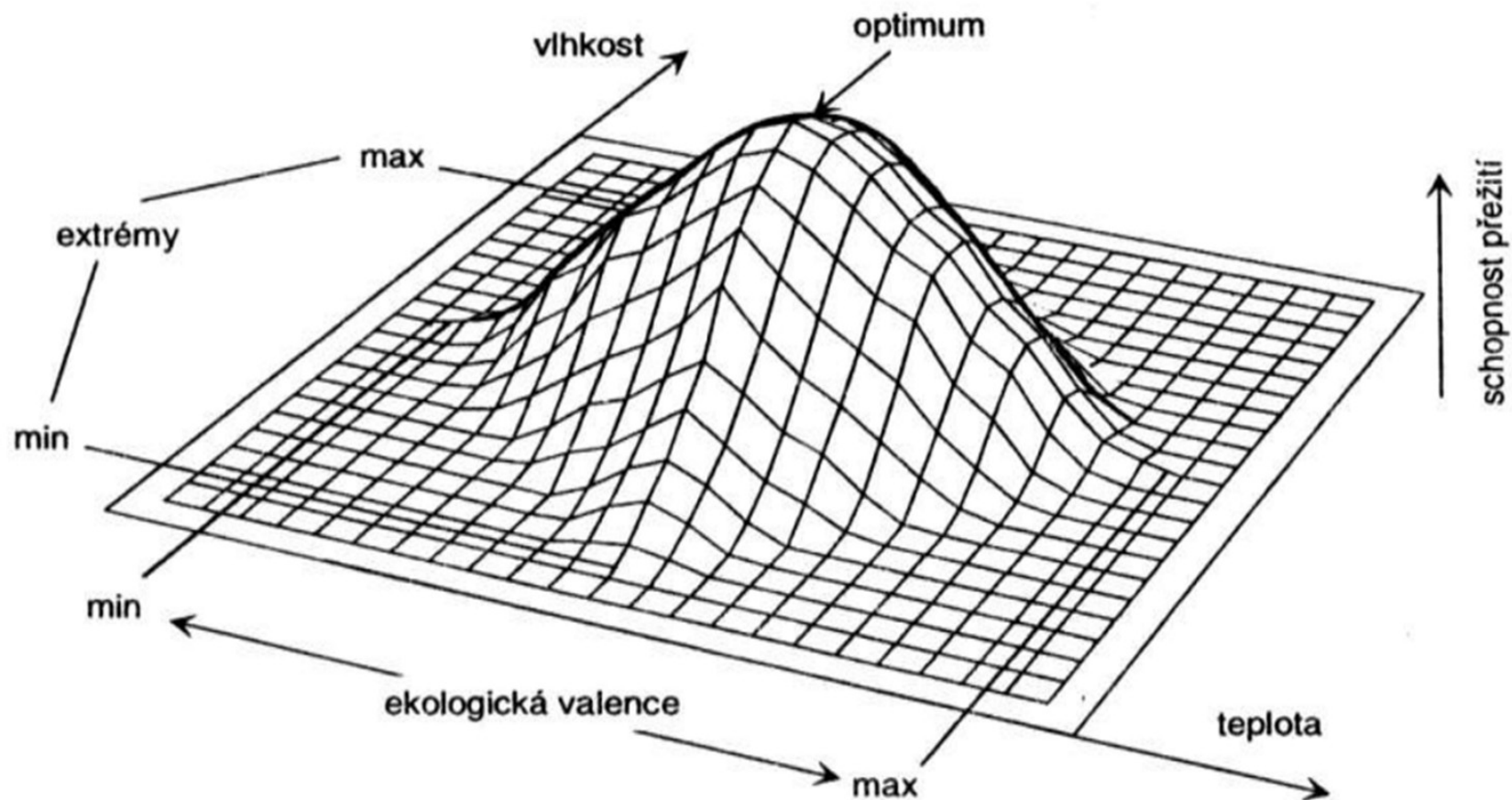
9) Přizpůsobivost organismů



ké z

Modifikovaný toleranční rozsah	Faktor měnící rozsah	Organismus
teplota	živiny CO ₂ hydrostatický tlak NaCl pH toxiny	Ochromonas Neurospora Desulfovibrio Brevibacterium Mastigocladus Bacillus
přístupná voda	teplota NaCl pyridoxin	Pseudomonas Brevibacterium Neurospora
O ₂	tiamin kyselina nikotinová	Mucor Mucor

Ekologická nika - schéma



Důležité ekologické zákony :

a) **zákon minima** (J. Liebig)

- pro růst rostlin je rozhodující ten prvek, který se v prostředí nachází v minimu (je ho nedostatek)
- organismus není silnější než nejslabší článek v řetězci jeho ekologických požadavků
- platí jen pro rovnovážný stav a druhé omezení se týká vzájemného působení abiotických činitelů

b) **zákon tolerance** (V. E. Shelford)

- každý organismus toleruje určité rozpětí libovolného ekologického faktoru (tedy horní i dolní mez)
- druhy, které jsou k většině faktorům prostředí tolerantní mívají i největší rozšíření

c) **zákon substituce faktorů**

- nedostatek limitujícího faktoru může být kompenzován intenzivnějším působením jiného faktoru
- např. při snížené světelné intenzitě může zůstat nezměněná fotosyntéza při zvýšené koncentraci CO₂

d) **zákon o relativní stálosti stanoviště**

- nahrazení makroklimatických podmínek
- místními podmínkami mikroklimatickými
- např. severské druhy žijí v horách jižnějších oblastí

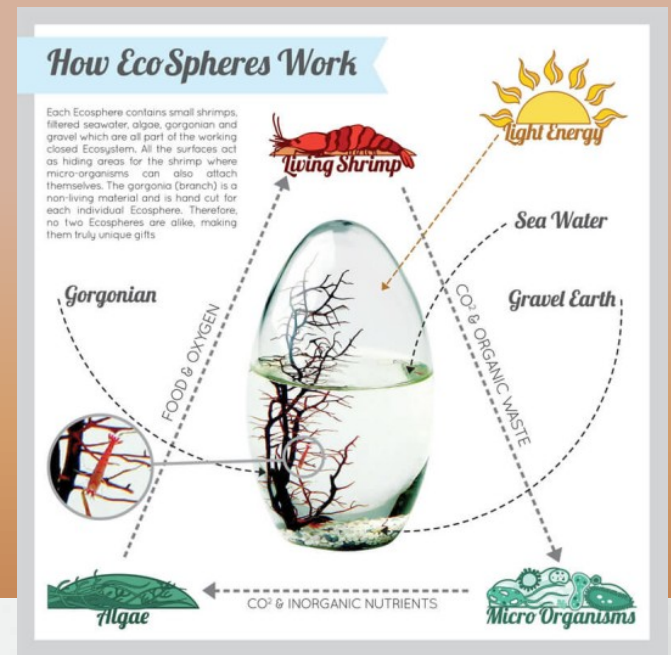
Limitující faktory

- kontrolují distribuci nebo hustotu populace
- pH, teplota, osmotický a hydrostatický tlak, vlhkost, světlo, salinita, hydrostatický tlak, koncentrace kyslíku a živin
- různé působení na jeden organismus v různém prostředí
- kritický faktor ovlivňuje složení společenstva
- kmeny *S. pneumoniae* neschopné růst při 41 °C – neškodné pro králíka
x termotolerantní kmeny patogenní
- intenzita abiotických faktorů není konstantní – vznik gradientů = distribuce organismů podél nich

Limitující faktor	Prostředí	Organismus
acidita	potraviny vagina půda půda	<i>Clostridium botulinum</i> <i>Mycoplasma</i> <i>Streptomyces scabies</i> <i>Azotobacter</i> sp.
vysoká teplota teplota >54°C <54°C >43°C >19°C	králík horké prameny horké prameny horké prameny řeky	<i>Streptococcus pneumoniae</i> <i>Oscillatoria terebriformis</i> <i>Synechococcus lividus</i> Protozoa některá diatoma
kyslík	odpadní vody	aerobní Protozoa
vysoká salinita	velká solná jezera	Diatoma
intenzita světla	atoly	<i>Tydemania expeditionis</i>

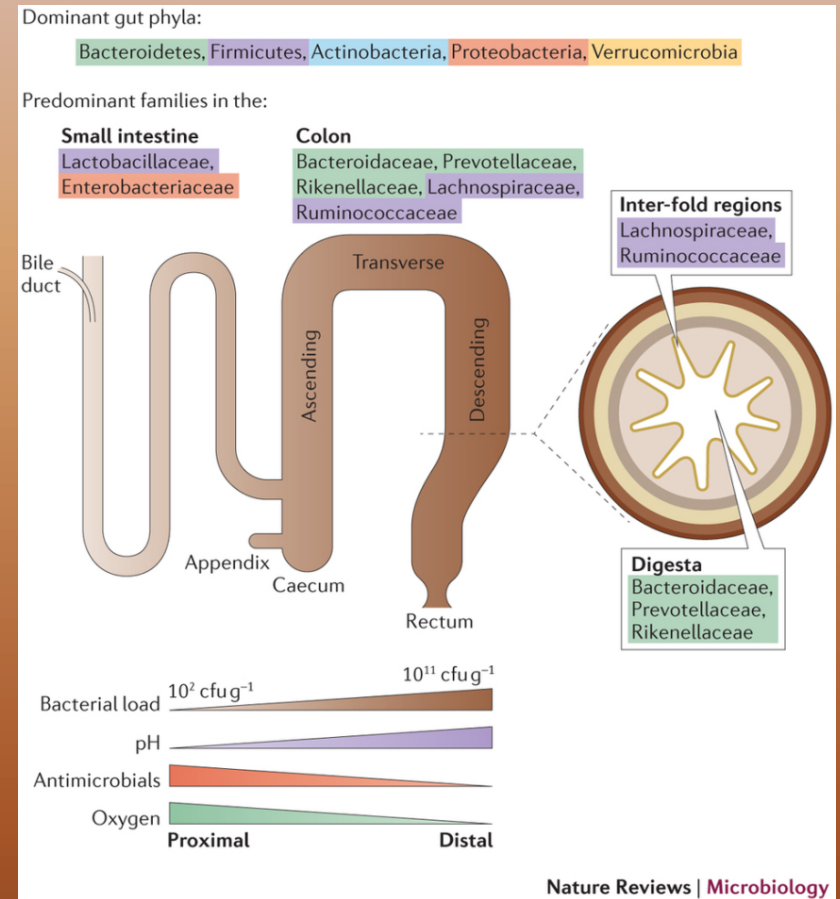
Ekosféra (biosféra)

- souhrn všech živých organismů na Zemi s jejich neživým prostředím, které obývají
- atmo-ekosféra
- hydro-ekosféra
- lito-ekosféra
- každé prostředí je charakterizováno souhrnem fyzikálních, chemických a biologických parametrů
- určují, která mikrobiální populaci, zde může prosperovat
- či zda je možná kompetice více skupin či nikoliv (extrémní habitaty = nutná adaptace)



Habitat

- jednotlivé ekosféry mají mnoho habitatů
- habitat – fyzické místo, kde se organismus nachází („adresa“)
- ekologická nika – ta označuje, kde organismus žije, i jeho funkce v ekosystému
- fyz-chemické charakteristiky habitatu ovlivňují růst, aktivitu, interakce a přežití mikroorganismů
- určují niku, kterou mikroorganismus okupuje
- u mikrobů jde často o mikroměřítko, které je nutno brát v úvahu



autochtonní mikroorganismy

- původní v daném habitatu – přežijí zde, rostou a jsou metabolicky aktivní
- fyziologicky se adaptovali na fyzikální a chemické podmínky prostředí
- zvýší to jeho šanci přežití, schopnost uniknout predaci a kompetitivnímu tlaku
- úspěšně soutěží s ostatními autochtonními mikroby
- (všichni vykazují určitou adaptaci, která jim umožňuje být fyziologicky kompatibilní s jejich fyzikálním i chemickým prostředím)

alochtonní - cizí mikrobi –přechodní členové habitatu

- nezabírají zde žádnou ekologickou niku
- vyrostli jinde a byli sem nějak přineseni a mohou přežít různě dlouho
- zpravidla tvorba spor nebo rychle zmizí – *E. coli* v mořském prostředí nepřežije 24 hodin

- někdy nejasné, kdo je autochtonní a kdo alochtonní
- ekosystémy dynamické a stále se mění, autochtonní organismy mohou být aktivní během určitého období, v jiném období pak mohou být dormantní
- třeba zvážit, zda prostředí vykazuje cyklické změny, které umožní růst mikroba v určitém období
- zda je mikrob schopný přežít nepříznivé období
- úspěch alochtonního mikroba – především v prostředí, kde dochází k nějaké změně, či kde působí nějaký stres nebo narušení

Rozdělení podle environmentálních adaptací

podmínky prostředí:

- teplota
- tlak
- salinita
- pH
- kyslík

Table 2.3 Nomenclature describing different environmental adaptations

Environmental circumstance	Different adaptations	Notes	
Temperature	Psychrophile	Max growth <15 °C	
	Mesophile	Max growth 15 to 45 °C	
	Thermophile	Max growth 45 to 80 °C	
	Hyperthermophile	Max growth >80 °C	
pH	Acidophile	Max growth pH < 5	
	Neutrophile	Max growth pH 6 to 8	
	Moderate alkaliphile	Max growth pH 8 to 9.5	
	Obligate alkaliphile	Max growth pH >9.5	
Salt	Mild halophile	Max growth 1 to 6% NaCl	
	Moderate halophile	Max growth 6 to 15% NaCl	
	Extreme halophile	Max growth >15% NaCl	
Oxygen	Aerobe	O ₂ required	
		O ₂ not required but preferred	
	Anaerobe	Cannot grow with O ₂ present	
		Can tolerate O ₂ , but grows best without	
		Obligate	
		Facultative	

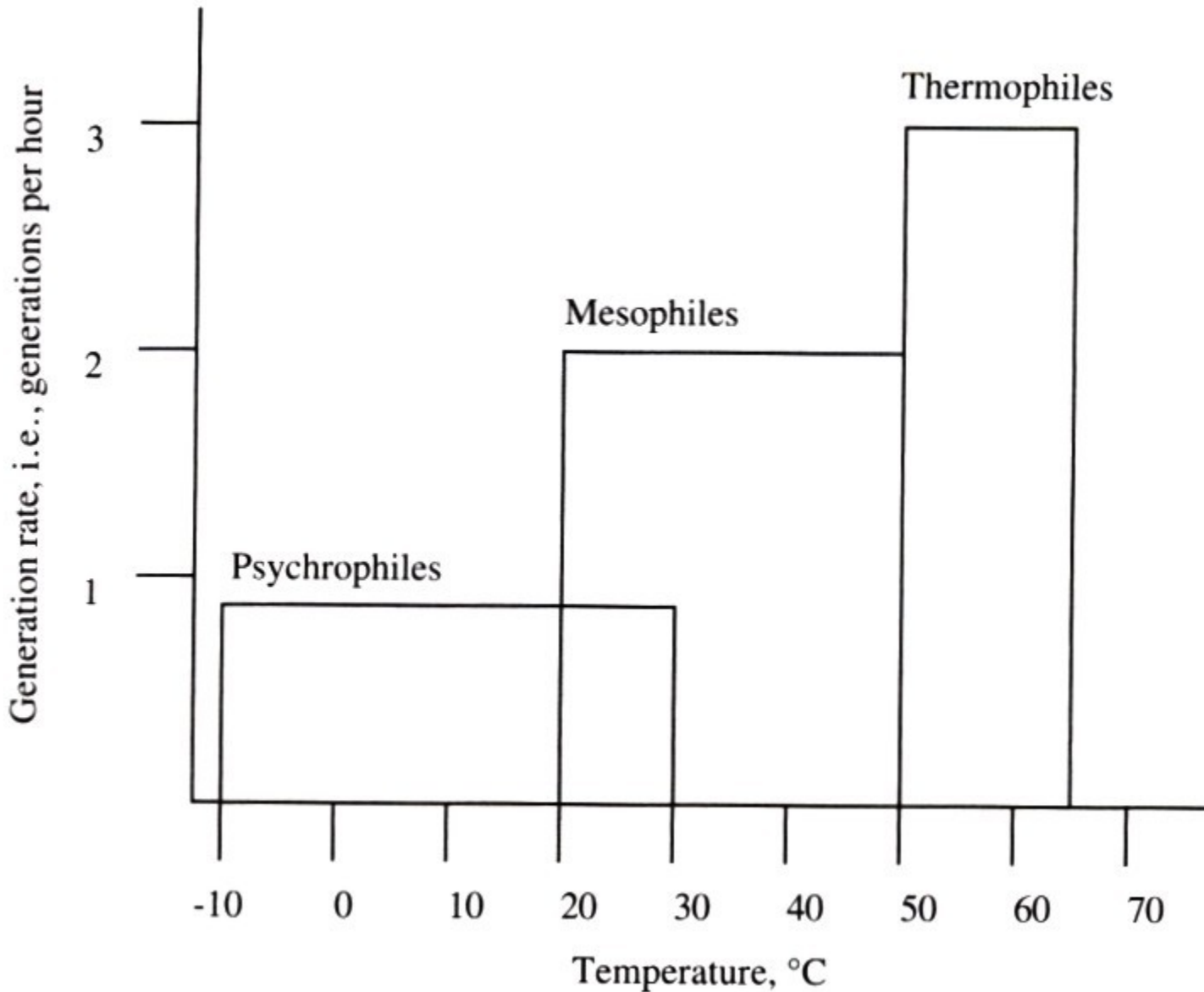
Toleranční rozsah - teplota

- velký vliv, dobře prostudovaná
- optimum: 12 °C (houby, bakterie) -104 °C (bakterie –redukce síranů, archaea)
- v půdě se mění více než ve vodném prostředí (den/noc, léto/zima)
- mikroorganismy nemají autoregulaci, ale populace s velkou hustotou mohou ovlivnit teplotu prostředí (kompost....)

- většina mikrobů schopna růst při nízké teplotě 10 °C – optimum jinde
- 35-40 °C – teplokrevní živočichové – mikrobi s touto optimální teplotou většinou nerostou při nižších/vyšších teplotách – bakterie se lépe adaptují na jinou teplotu, houby se téměř neadaptují
- prostředí s vysokými teplotami téměř sterilní

- nejvyšší teplota, při které mikroorganismy zachovají své životní funkce je ovlivňováno pH a dalšími faktory vnějšího prostředí (zvl. u vyšších teplot) :
 - termofilní bakterie – 85-88 °C
 - řasy -73-75 °C
 - houby 56-60 °C
 - protozoa – 51 °C
 - vyšší teploty – změny enzymat. pochodů, požadavků na živiny

Rozpětí teplot a rychlost množení (počet generací/h) u psychrofilních, mesofilních a termofilních bakterií



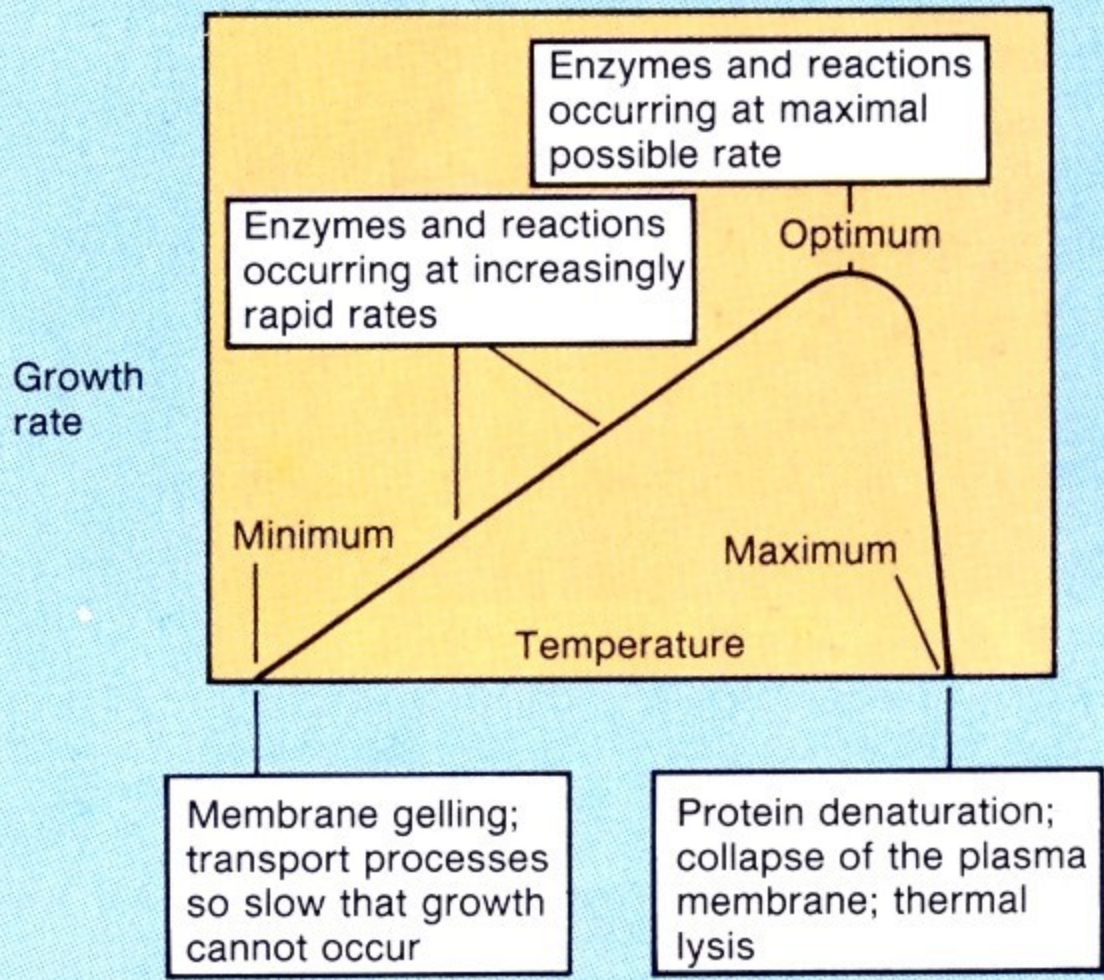


Figure 9.15 Effect of temperature on growth rate and the molecular consequences.

Table 8.3

Minimal and maximal growth temperatures of representative bacterial and archaeal species

Microorganism	Minimal growth temperature (°C)	Maximum growth temperature (°C)
Bacteria		
<i>Micrococcus cryophilus</i>	-8	25
<i>Vibrio marinus</i>	-14	25
<i>Xanthomonas pharmicola</i>	0	40
<i>Pseudomonas avenae</i>	0	40
<i>Xanthomonas rinicola</i>	-8	38
<i>Escherichia coli</i>	7	41
<i>Vibrio cholerae</i>	11	41
<i>Staphylococcus aureus</i>	15	45
<i>Streptococcus pyogenes</i>	20	45
<i>Haemophilus influenzae</i>	22	40
<i>Lactobacillus lactis</i>	15	46
<i>Bacillus subtilis</i>	15	50
<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	20	50
<i>Bacillus coagulans</i>	25	65
<i>Synechococcus lividus</i>	30	67
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	30	70
<i>Thermus aquaticus</i>	65	102
Archaea		
<i>Halobacterium salinarium</i>	20	55
<i>Methanococcus voltae</i>	25	50
<i>Methanococcus thermolithotrophicus</i>	30	75
<i>Thermoplasma acidophilum</i>	40	62
<i>Methanococcus igneus</i>	40	95
<i>Methanococcus jannaschii</i>	50	95
<i>Pyrodictium occultum</i>	60	110
<i>Pyrococcus furiosus</i>	70	100
<i>Pyrococcus woesei</i>	70	105

Termofilové

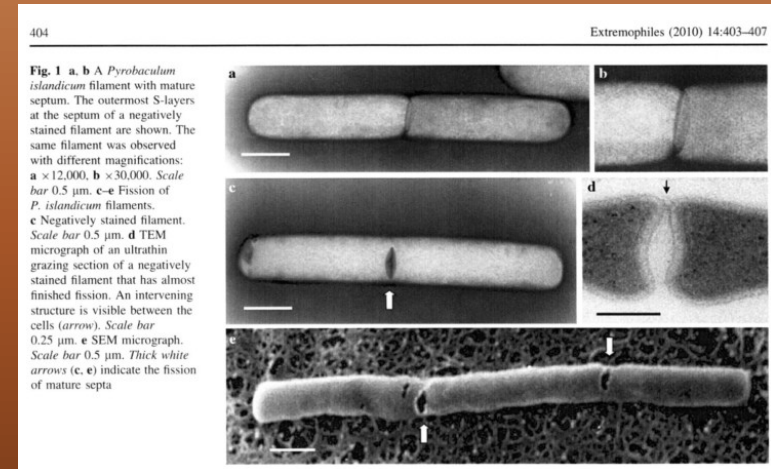
- snáší rel. vys. teploty - cca 45 °C (50 - 70 °C)
- převážně *Archaea*
- geotermálně aktivní místa na Zemi
- obsahují spec. enzymy, které fungují za vys. teploty
- některé enzymy se používají v molekulární biologii nebo jako součást mycích přípravků



Methanosarcina thermophila

Extremní termofilové

- 80 °C to 105 °C pro růst
- membrány a proteiny neobvykle stabilní vůči vys. teplotě
- často *Archaea*, vyžadující k růstu elementární síru
- některé anaerobní – využívají S jako elektrický akceptor při dýchání místo kyslíku
- některé litotrofní – oxidují S na kyseliny jako zdroj energie (stejně jako acidofilní b.)
- obývají horké, na S bohaté prostředí – horké prameny, gejzíry, fumaroly
- často jsou barevné – obsahují barevné fotosyntetické pigmenty



Pyrobaculum islandicum

Table 8.4

Optimal growth temperatures of representative archaeal species

Optimal temperature	Species
50°C	<i>Methanosarcina thermophila</i>
55°C	<i>Methanogenium thermophilicum</i>
57°C	<i>Methanogenium frittonii</i>
60°C	<i>Methanobacterium wolfei</i>
65°C	<i>Methanobacterium thermoaggregans</i> , <i>Methanococcus thermolithotrophicus</i>
70°C	<i>Methanobacterium thermoautotrophicum</i>
75°C	<i>Thermococcus stetteri</i>
82°C	<i>Archaeoglobus profundus</i>
83°C	<i>Methanothermus fervidus</i> , <i>Archaeoglobus fulgidus</i>
85°C	<i>Desulfurococcus mobilis</i> , <i>Desulfurococcus mucosus</i> , <i>Desulfurococcus saccharovorans</i> , <i>Methanococcus jannaschii</i>
88°C	<i>Thermofilum pendens</i> , <i>Methanothermus sociabilis</i> , <i>Thermococcus celer</i> , <i>Thermococcus littoralis</i> , <i>Thermodiscus maritimus</i> , <i>Thermoproteus neutrophilus</i> , <i>Thermoproteus tenax</i> , <i>Desulfurococcus amylolyticus</i> , <i>Methanococcus igneus</i>
90°C	<i>Thermoproteus uzoniensis</i>
91°C	<i>Caldococcus litoralis</i>
92°C	<i>Staphylothermus marinus</i>
97°C	<i>Pyrodictium abyssi</i>
100°C	<i>Hyperthermus butylicus</i> , <i>Pyrobaculum islandicum</i> , <i>Pyrobaculum organotrophum</i> , <i>Pyrococcus furiosus</i>
102°C	<i>Pyrococcus woesei</i>
105°C	<i>Pyrodictium brockii</i> , <i>Pyrodictium occultum</i>

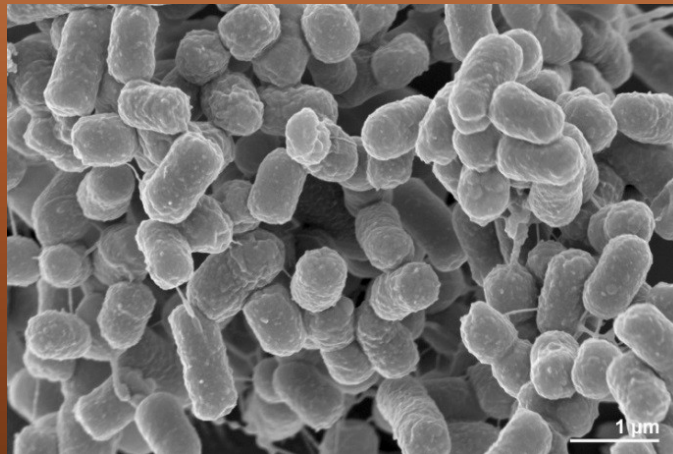
Toleranční rozsah – atmosférický tlak

- hlubokomořské prostředí – vysoký tlak + nízké/ (extr.vysoké) teploty
- spec. struktury, umožňující život a růst při extrem. tlaku
- výzkumy fyziologie a molekul. biologie hlubokomořských barofilních bakterií ukazují na speciální struktury - tlak-regulující operony
- že růst je závislý vztahu mezi tlakem a teplotou prostředí

- **barotolerantní MO.** – schopnost růstu při vyšším tlaku než atmosférickém

- **barofilní MO.**- opt. růst při vysokém tlaku, ale menším než 40 MPa
- jsou schopny růst i při atmosférickém tlaku

- **extrémně barofilní MO.** – optimální tlak pro růst více než 40 MPa

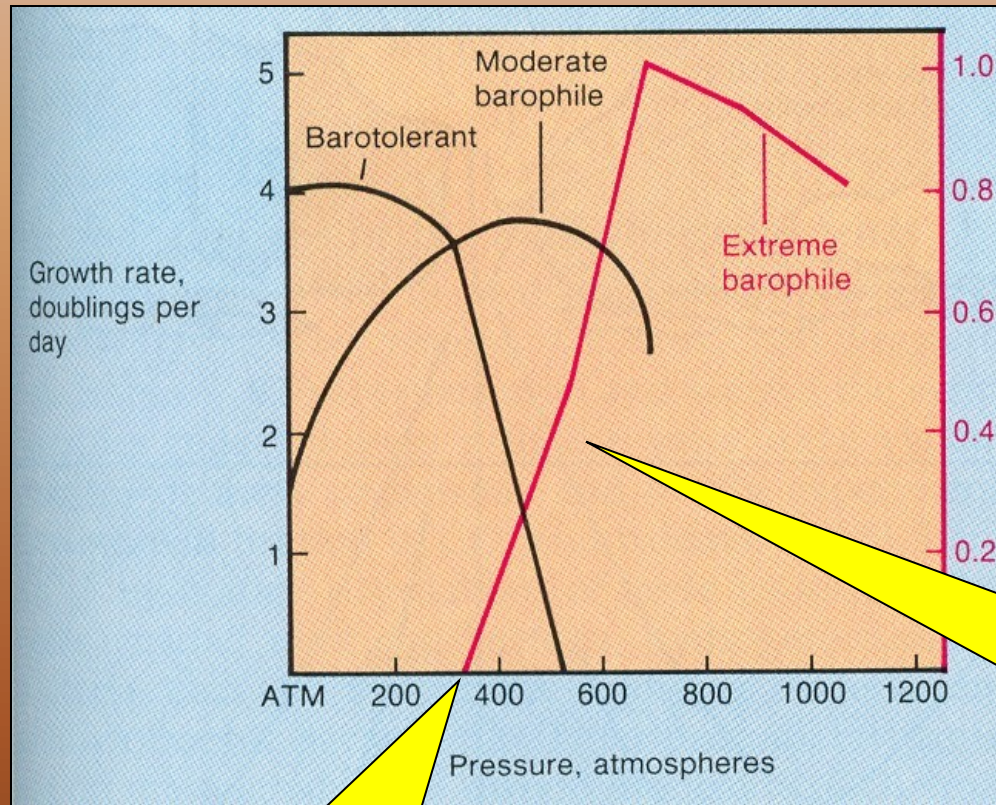


Halomonas salaria vyžaduje tlak 1000 atm

- vysoké tlaky - normální membrána buněk se stane voskovitou a rel. nepropustnou pro živiny
- vysoký tlak snižuje funkčnost proteinů
- **piezofilní** (barofiní) bakterie mají ve své cytoplazmatické membráně vysoký podíl mastných kyselin, což umožňuje, aby membrány zůstaly funkční a udržovaly se od gelování při vysokých tlacích
- většina piezofilů roste v tmě a obvykle je velmi citlivá na UV záření
- postrádají mnoho mechanismů reparace DNA
- Př. xenophyophore, byl nalezen v nejhlubším oceánském výkopu 10,5 km pod povrchem
- Poslední hodnoty (nejvyššího) hydrostatického tlaku, kde byl pozorován růst, je 130 MPa (= 1 283 atm = 18 855 psi), u archaea *Thermococcus piezophilus* .



Růst barotolerantních, středně barofilních a extrémně barofilních bakterií



Neschopnost
extremobarofilních
bakterií růst při
nízkém tlaku

Mnohem pomalejší
růst
extremobarofilních
bakterií

Ekologická amplituda-osmotický tlak, salinita

- ovlivňována více faktory
- dominantní vliv má koncentrace jednotlivých iontů v prostředí
- u vod se mění salinita jen příležitostně nebo sezónně
- u půdy – srážky, sucho, ale i výměna iontů – stálé podmínky
- mořské organismy -3,5% NaCl
- Na^{2+} ionty – stabilizace nebo aktivace enzymů, udržení kulovitého tvaru buňky
- nehalofilní organismy se mohou přizpůsobit – fyziologická adaptace

- prostředí s vysokou koncentrací solí (0,2 až 5,5 M – moře 0,3 M)
- slániska, moře, slaná jezera, Mrtvé moře...
- vysoká salinita – extrémní prostředí, jen málo organismů schopno akceptovat
- organismy schopné udržet iontové složení a osmotický tlak proti vysokému spádu
- převážně *Archaea*
- některé druhy (bakterie) mají červenou barvu díky obsahu karoteinodů – fotosyntet. pigment **bakteriorhodopsin**

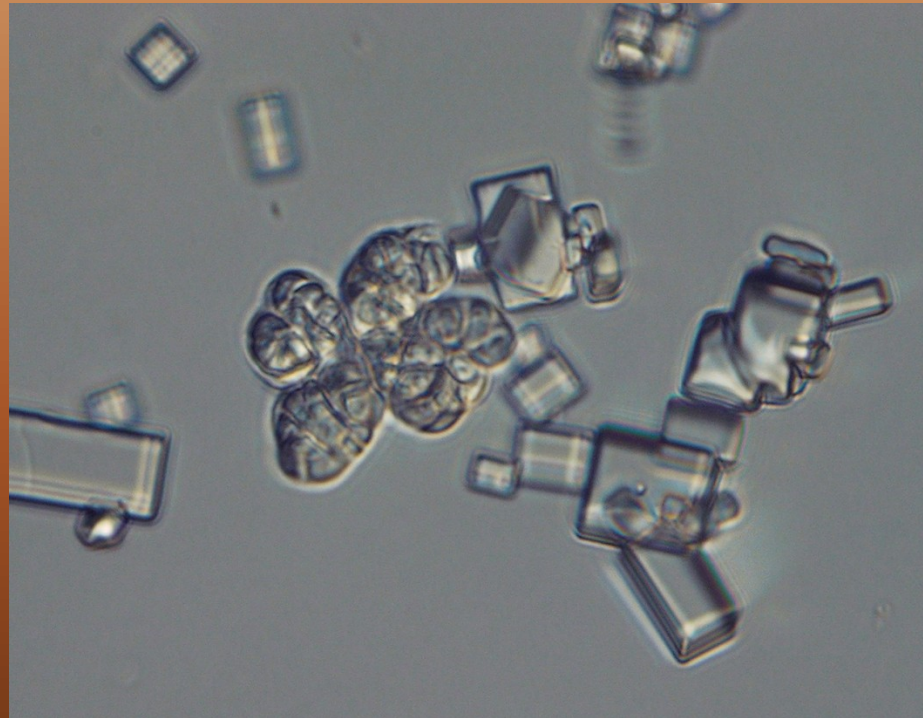


Halobacteria

strategie :

- 1) většina halofilních a halotolerantních organismů vynakládá E na vyloučení solí z cytoplazmy pomocí proteinových agregátů ('salting out')
- 2) akumulace anorganických solí v cytoplazmě
- 3) udržování cytoplazmy s nízkou koncentrací solí + vys. konc. jiných roztoků (glycerol aj.) – intracel. konc. regulována podle externí konc. solí – chrání proteiny

- fakultativně halofilní b.
- obligátně halofilní b.
- extrémně halofilní b.



Houba *Wallemia ichthyophaga* – roste in vitro v 1.5 M NaCl

Vliv koncentrace sodného iontu na růst mikroorganismů rozdílné tolerance soli

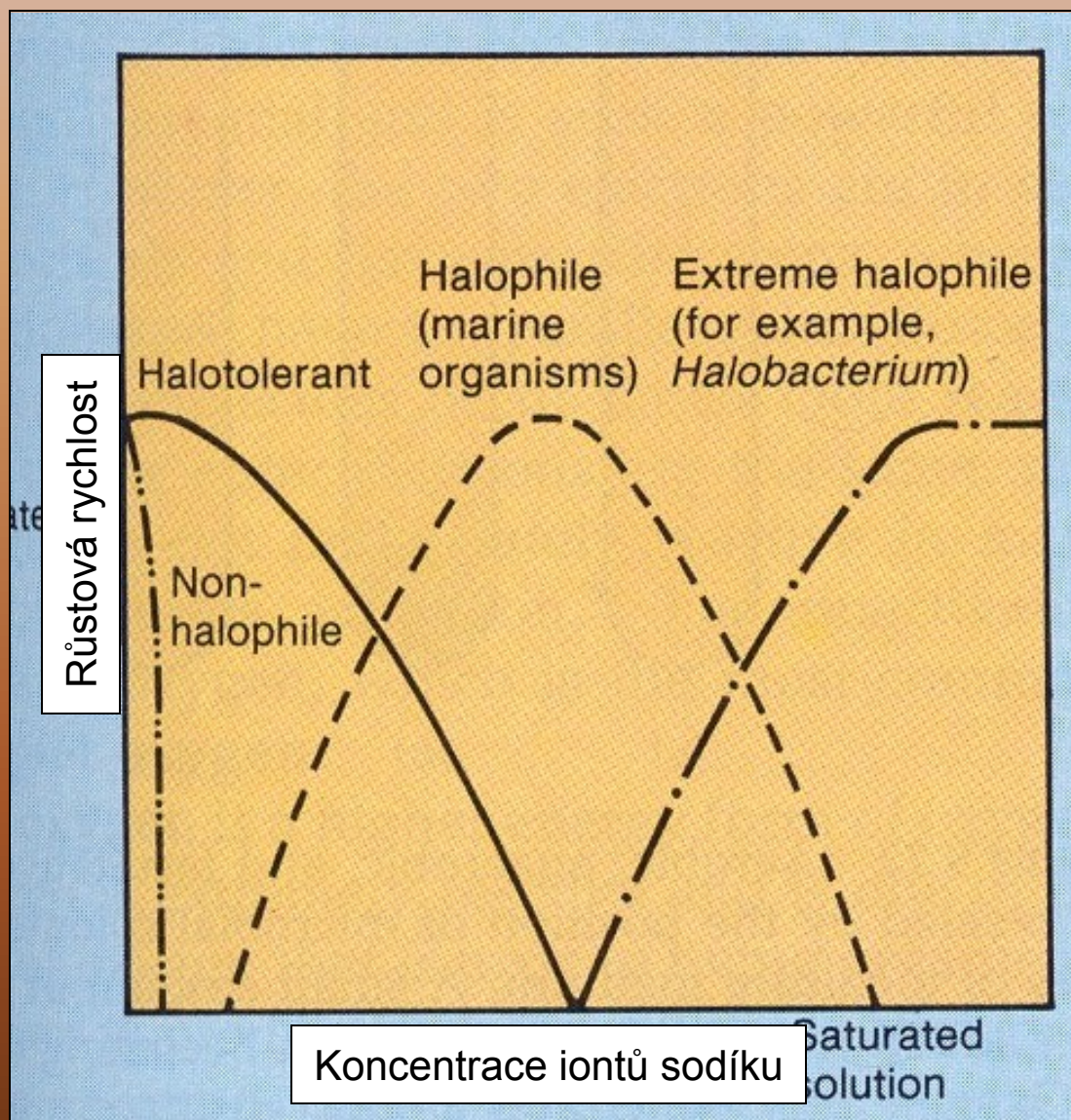


Table 20.1 Ionic composition of some highly saline environments

Ion	Concentration g/l			Seawater (for comparison)
	Great Salt Lake	Dead Sea	Typical soda lake	
Na ⁺	105	39	142	10.6
K ⁺	6.7	7.3	2.3	0.38
Mg ²⁺	11	41	<0.1	1.27
Ca ²⁺	0.3	17	<0.1	0.40
Cl ⁻	181	212	155	18.9
Br ⁻	0.2	5	—	0.065
SO ₄ ²⁻	27	0.5	23	2.65
HCO ₃ ⁻ /CO ₃ ²⁻	0.7	0.2	67	0.14
pH	7.7	6.1	11	8.1



Saliny s různou koncentrací solí

Červená barva je způsobena halofilními baktériemi s obsahem bakteriorodopsinu, jehož základem je červeně zbarvený pigment retinal

Ekologické rozpětí - pH

- schopnost udržovat vnitrobuněčné pH v určitém rozmezí, někdy odlišném od vnějšího prostředí
- **acidofilní b.** - (pH 1- 5,2) – bakterie produkující silné kyseliny
(*Thiobacillus x Nitrobacter*)
- **neutrofilní b.** - (pH 5,2 - 9) – *Escherichia coli*
- **alkalofilní b.** - (pH 9 – 11,5)
 - fotosynt. halofilní b. – *Halobacterum* pH 9-10
 - b. zvyšující pH okolí (*Arthrobacter* – odštěpuje amoniak)
 - **alkalotolerantní řasy a sinice** – vodní květ
(intenz. fotosyntéza – zvýšení pH i nad 10)

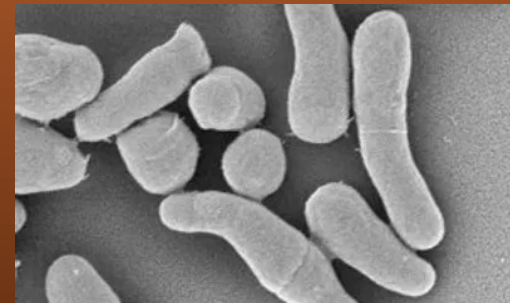
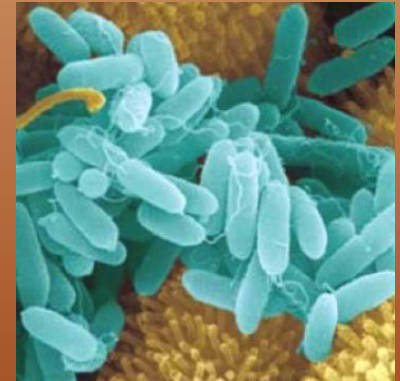
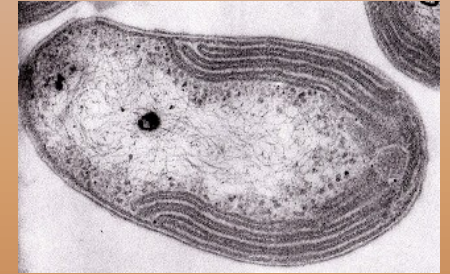


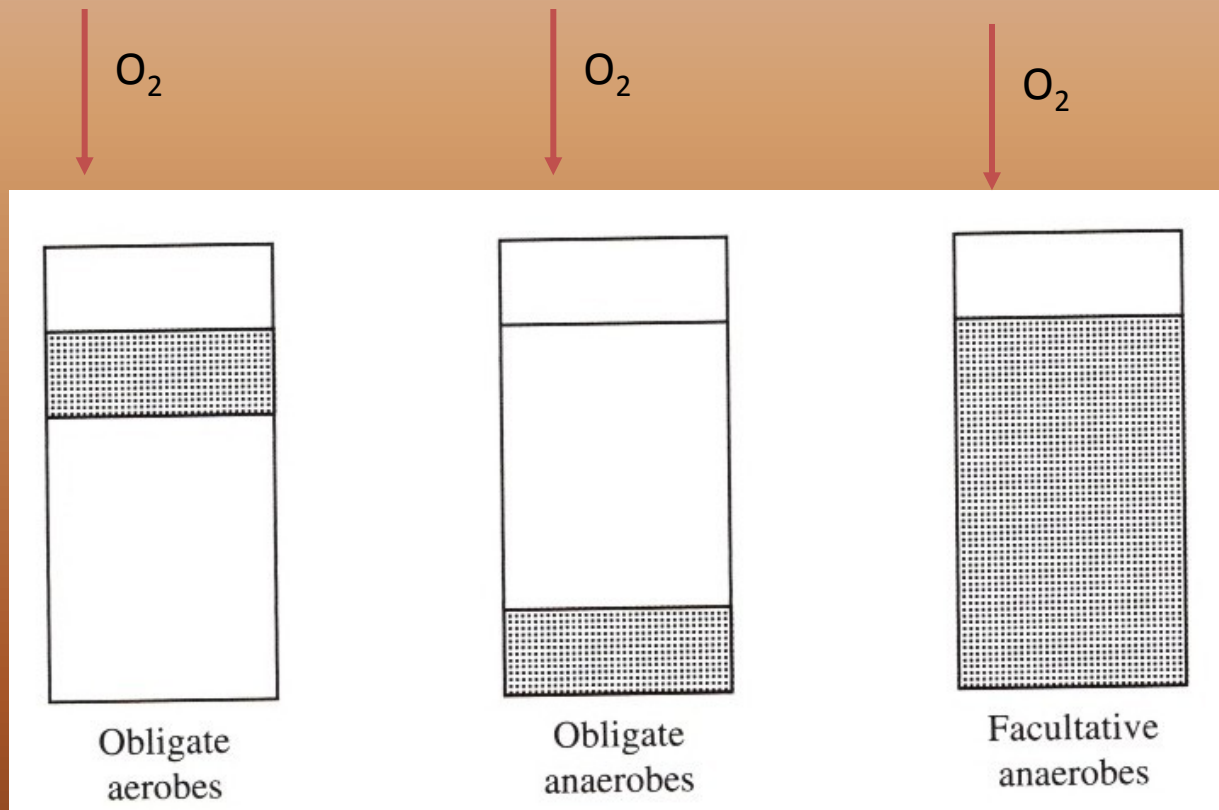
Table 8.8

Minimum, optimum, and maximum pH in multiplication of various bacteria

Organism	pH		
	Minimum	Optimum	Maximum
<i>Escherichia coli</i>	4.4	6.0–7.0	9.0
<i>Proteus vulgaris</i>	4.4	6.0–7.0	8.4
<i>Enterobacter aerogenes</i>	4.4	6.0–7.0	9.0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5.6	6.6–7.0	8.0
<i>Erwinia carotovora</i>	5.6	7.1	9.3
<i>Clostridium sporogenes</i>	5.5–5.8	6.0–7.6	8.5–9.0
<i>Nitrosomonas</i> spp.	7.0–7.6	8.0–8.8	9.4
<i>Nitrobacter</i> spp.	6.6	7.6–8.6	10.0
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	1.0	2.0–2.8	6.0
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4.0	4.6–5.8	6.8
<i>Bacillus acidocaldarius</i>	2.0	3.5	6.0
<i>Thermoplasma acidophilus</i>	1.0	1.5	4.0
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	1.0	2.5	4.0
<i>Bacillus alcalophilus</i>	8.5	9.5	11.5

Source: Doetch and Cook 1973. Added data from Ingeldew 1990 and Kroll 1990.

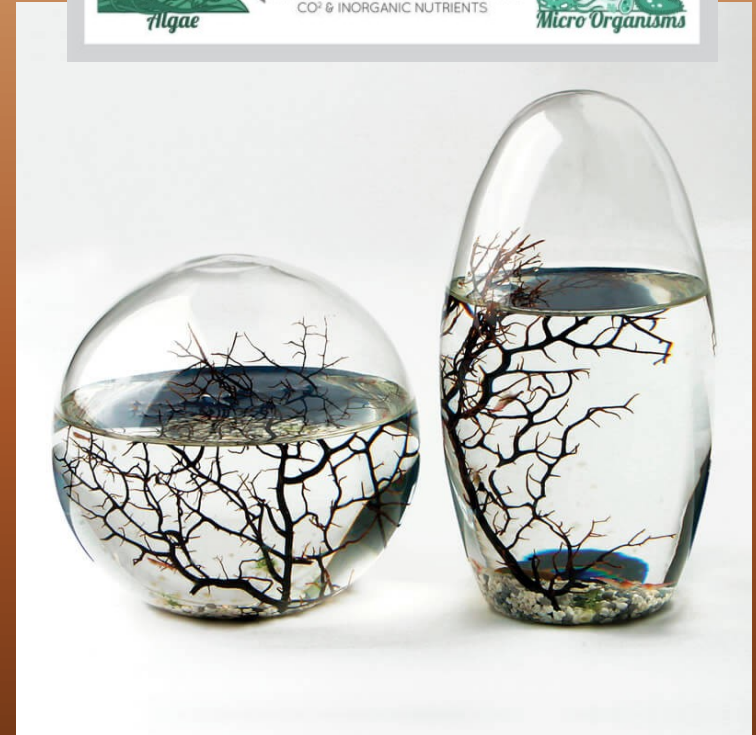
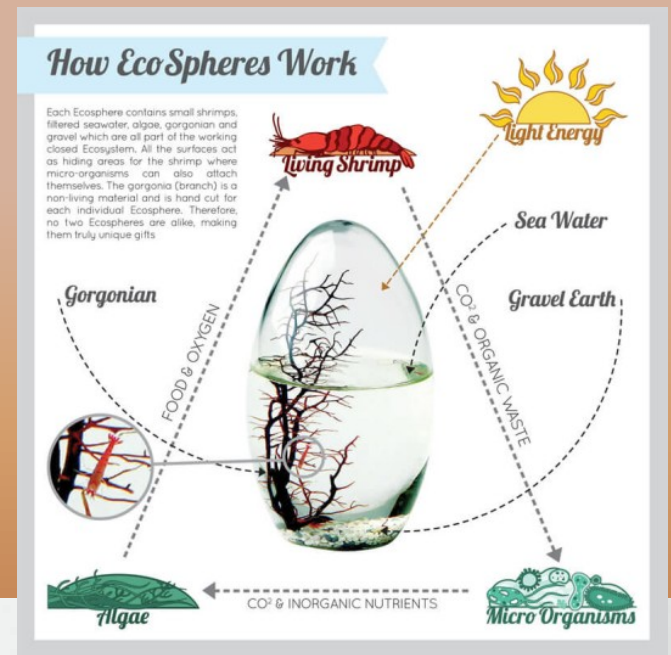
Ekologické rozpětí - kyslík



Různé typy bakterií inkubované v kultivačním mediu se kumulují v různých zónách podle jejich citlivosti k volnému molekulárnímu kyslíku

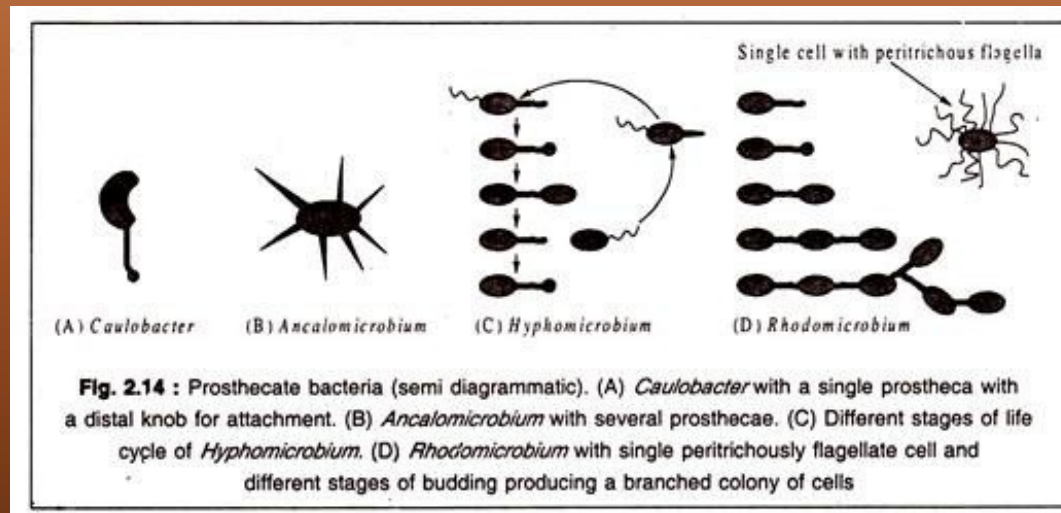
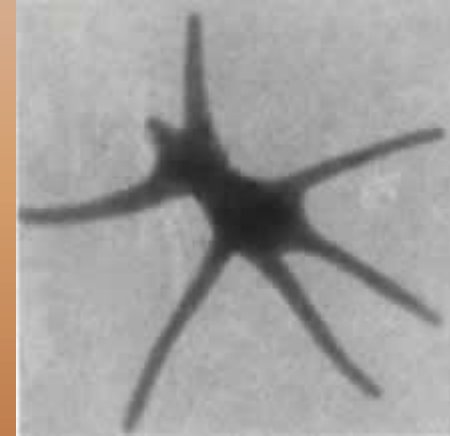
Ekosféra (biosféra)

- souhrn všech živých organismů na Zemi s jejich neživým prostředím, které obývají
- atmo-ekosféra
- **hydro-ekosféra**
- lito-ekosféra

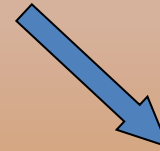
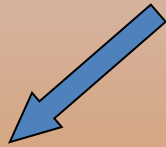


HYDROSFÉRA

- vhodnější pro mikroby než atmosféra – voda
- jsou zde tedy převážně autochtonní mikrobi
- schopní růst při nízké koncentraci živin
- většina je pohyblivá (bičíky a pod)
- některé s výběžky mají nezvyklý tvar
- zvyšuje poměr plochy povrchu k objemu
- účinnější příjem nízkých koncentrací živin



Vodní ekosystémy



Mořské

Otevřené moře

Ústí řek

Hydrotermální prameny

Sladkovodní

Podzemní vody

Prameny

Jezera

Řeky

Rašeliniště

Led (Zamrzlá jezera)

**Extrémní
prostředí**

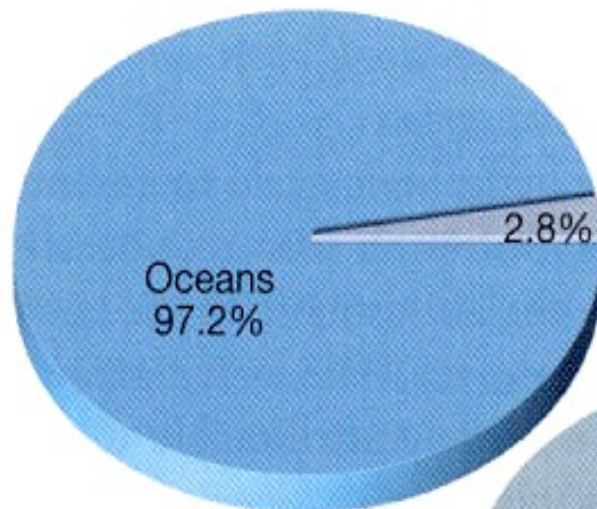
Umělé

Kalová voda čističek odpadních vod

Pitná voda úpravny pitné vody

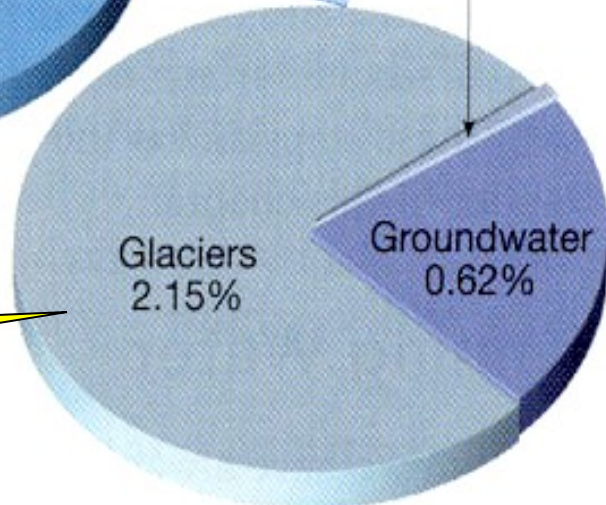
Světové vody

Sladká voda ~ 0,03 %



Hydrosphere

- Freshwater lakes 0.009%
- Saline lakes and inland seas 0.008%
- Soil moisture 0.005%
- Stream channels 0.0001%
- Atmosphere 0.001%



Nonocean Component
(% of total hydrosphere)

Část, kterou přispívají jezera a řeky k celkové zásobě sladkých vod je velmi malá.

MOŘSKÉ EKOSYSTÉMY

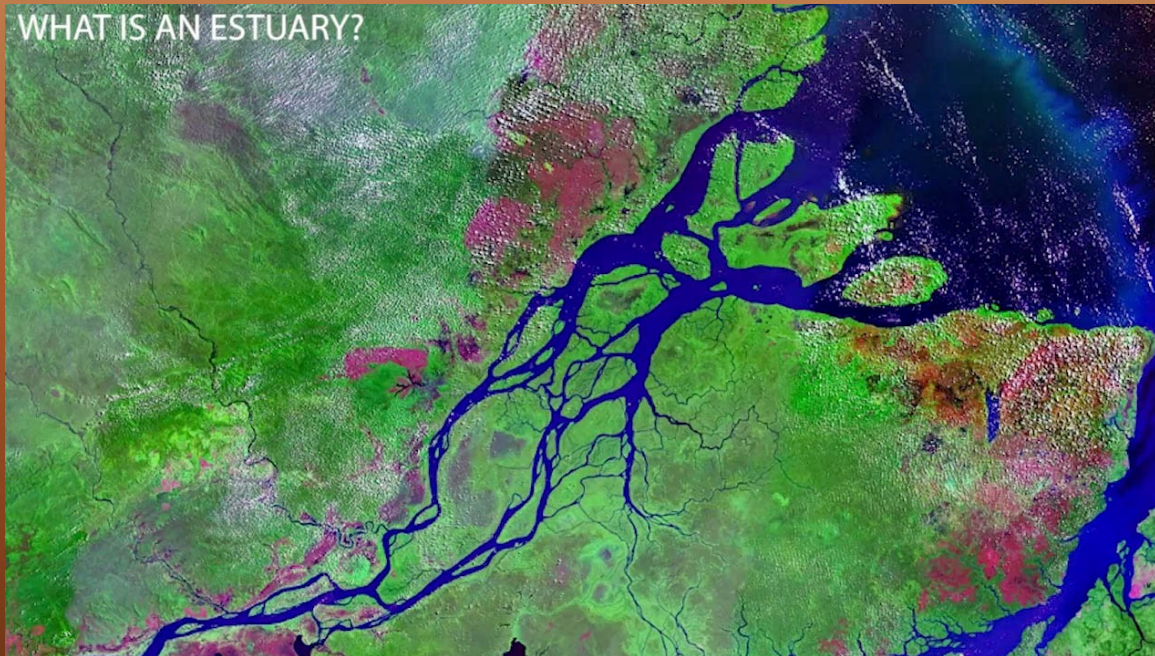
Srovnání s typickými sladkovodními ekosystémy, koncentrace nutrientů v otevřeném oceánu je často velmi nízká (N, P, Fe) a počty buněk jsou také typicky nižší.

Ale protože jsou oceány tak rozsáhlé, celková fotosyntéza a produkce O_2 z nich dělá největší primární producenty.



Estuária

- setkávání mořské vody a sladké vody z řek a pramenů
- ekoton - ústí jsou produktivnější než oceány nebo sladkovodní
- přítoky – ukládání živin nesených řekami
- velice variabilní environment : teplota, salinita, pH, obsah organických látek
- jsou pod vlivem přílivu – i živiny přinesené řekami oscilují s přílivem a odlivem v ústích, výsledný pohyb je ale do otevřeného moře
- v typickém ústí je gradient salinity od <5 do >25 promile
- rozlišení mezi autochtonními a allochtonními organismy je zvlášť obtížné



- nejlépe adaptované organismy musí být tolerantní k celé řadě environmentálních faktorů
- pravé sladkovodní i mořské organismy jsou jen přechodnými členy/obyvateli ústí řek
- produktivita ústí je vysoká, fotosyntéza téměř vždy převyšuje respirační aktivitu
- přerostlé poloponořenými vyššími rostlinami –trávy rodu *Spartina* v mírném klimatu
- mangrovové lesy v tropických oblastech
- přílivové roviny jsou často zarostlé - vocha mořská (*Zostera*) v mírných oblastech a „turtle grass“ (*Thalassia*) v tropických oblastech



Slaniska

- slanisková ústí mohou dostat živiny z výstupných pramenů
- podél kontinentálního šelfu (prahu), ale většina živin přichází z pevniny ve formě odtoku srážkové vody
- fyzikální konstrukce ústí má za následek, že živiny vstupující do ústí, nebo zde vytvořené, jsou zde „uvězněné“ – interní recyklace s malými relativními ztrátami do hlubších oceánů
- i vnitrozemské – minerální prameny



Massachusetts



Ladakh



PP Netřebská slaniska

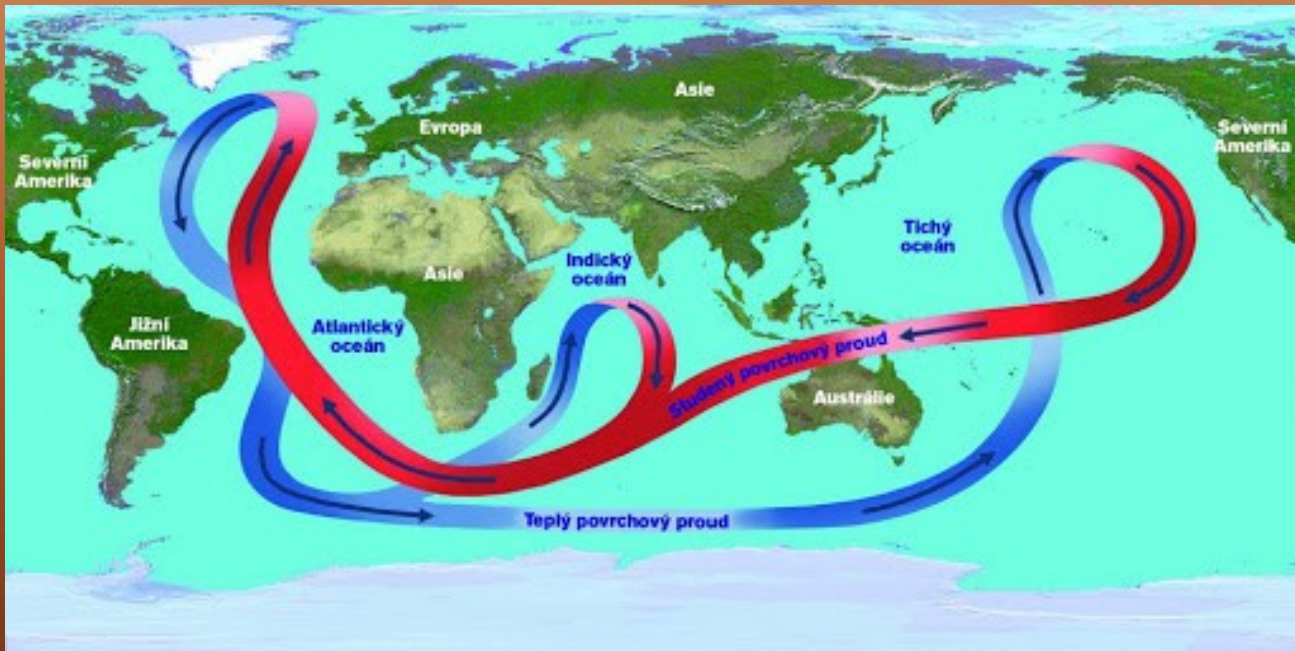
Charakteristiky a stratifikace oceánů

- podmínky v mořských ekosystémech jsou většinou velice uniformní – díky různým mechanismům mísení vodních mas
- příliv, vodní proudy, a termohalinní cirkulace (teplota i slanost)



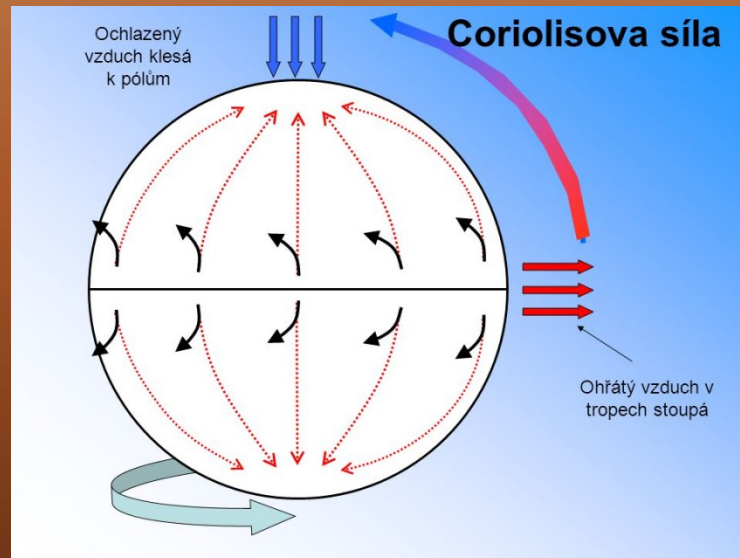
Termohalinní cirkulace

- subtropická oblast J Atlantiku – velký výpar - voda je nahrazována studenou proudící od Antarktidy
- v rovníkové oblasti se tato voda otepluje, ale díky výparu se zvětšuje její salinita
- noří se do hloubek kolem 800 m a putuje Atlantikem až k Islandu
- teplo u Islandu - voda ztěžkne a putuje v hloubce zpět podél dna Atlantiku - cirkumantarktické proudění
- celá globální cirkulace 1500 let
- změna v termohalinní cirkulaci může podmínit změny klimatu v měřítku století a tisíciletí
- pohlcování atmosférického CO₂ v oceánech
- anomálie povrchových teplot oceánů významně ovlivňují klima Evropy



Tidální cyklus - slapové jevy

- rozdílná výše dmutí moře podle vzájemné polohy Slunce a Měsíce a skládání jejich přitažlivé síly na vodu oceánů
- při novu a úplňku se gravitace sčítá → nejvyšší = skočné dmutí
- příliv/odliv - pravidelné zaplavování a expozice pobřežních habitatů
- perioda cca 12,5 hodiny; na většině míst se příliv a odliv objevuje 2x denně
- oceánské proudy vznikají vlivem větrů a rotace země
- rotační síla země a zemské překážky mají za následek převážně cirkulární systém proudů
- **hluboké proudy vznikají z rozdílů v teplotě a salinitě = vytváří rozdíly v hustotě vody**
- **hustota vodních mas způsobuje termohalinní proudy, které míchají vodní masy vertikálně**



Procesy v oceánech a interakce s atmosférou podmiňují **rozvrstvení oceánu**:

směšovací povrchová vrstva

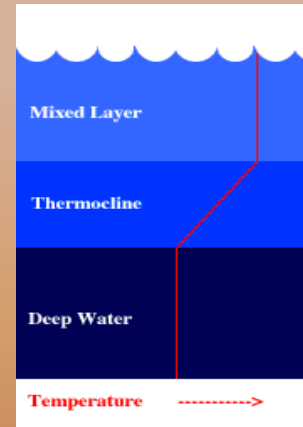
- několik desítek metrů od 60° z.š. k pólům
- 400 m na 40 z.š.
- až 100–200 m na rovníku
- ve směšovací povrchové vrstvě je pohyb vody podmíněn působením větru – mořské proudy, povrchové víry

termoklinní vrstva

- klesá teplota a roste hustota s hloubkou
- zvrstvená, působí jako bariéra mezi teplejší povrchovou a chladnější hlubší vrstvou

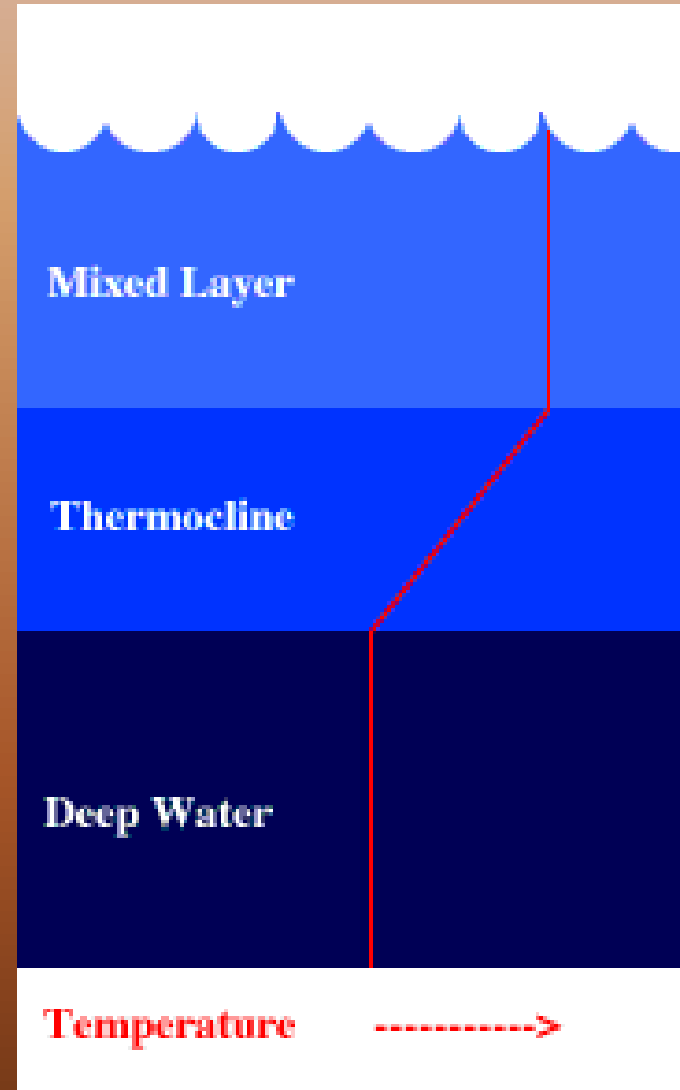
hluboká vrstva

- studená a hustá voda
- pohyb vody zde souvisí s kolísáním hustoty v důsledku rozdílů v salinitě a teplotě



Termoklina

- přechodná vrstva mezi promíchávanou vrstvou na povrchu a hlubokou vodou
- vrstvy se definují na základě teploty
- termoklina – rychlé snižování teploty z teploty promíchávané vrstvy na teplotu hluboké vody
- promíchávaná vrstva a hluboká voda mají relativně vyrovnanou teplotu
- termoklina představuje jejich přechodnou zónu



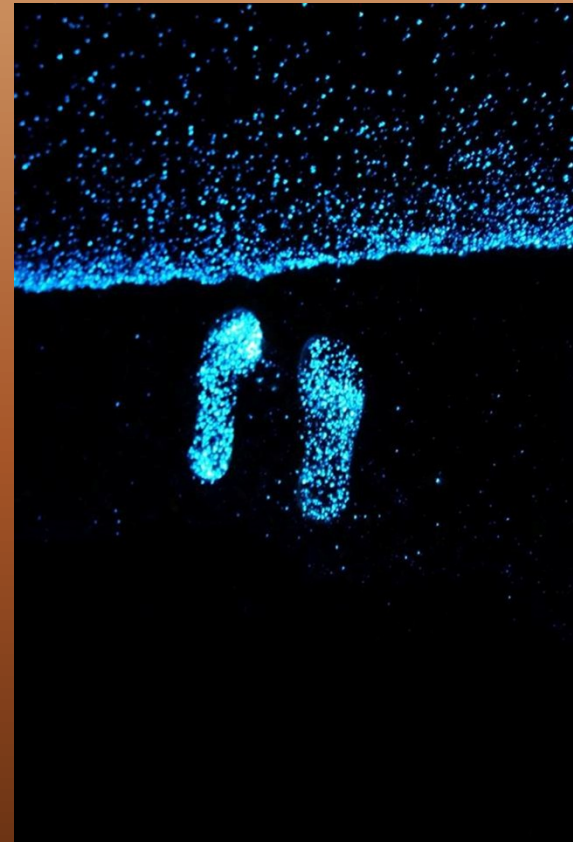
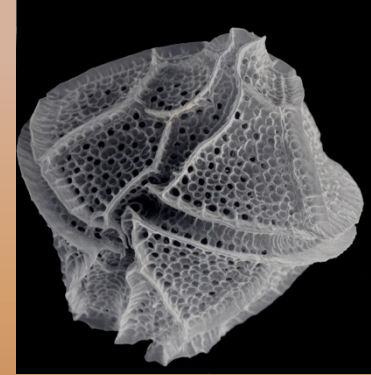
Minerály v oceánech

- oceány obsahují téměř každý v přírodě se vyskytující prvek
- většina je v extrémně nízkých koncentracích
- N, P, Fe – základní pro mikrobiální růst – jen stopová množství (méně než 1ppm)
- salinita – 3,3-3,7 promile
- pH 8,3 – 8,5
- teplota v hloubce 100m a níž mezi 5-0 C
- sezónní fluktuace kdekoliv není větší než 20 C a variace ve všech oceánech je do 35 C



Rudý příliv

- vyšší koncentrace fytoplanktonu způsobuje rudou barvu moře
- řasy (obrněnky *Lingulodinium polyedrum*)
- v noci řasa začíná svítit namodralou září
- bioluminiscence - oxidace luciferinu za přítomnosti luciferázy
- vyzařuje se až 96% světla a jen 4 % tepla (u moderních výbojek je efektivita jen 10% světla)



produkce toxinů řasami

- produkce toxinů, dříve si biologové mysleli, že působení je jen krátkodobé
 - objev tzv. brevitoxinů (2008)- nervové jedy pocházející z řasy *Karenia brevis* po vdechnutí do plic metabolizují, mohou vyvolávat i rakovinové bujení
 - vlny narážející do pobřeží - neurotoxiny uvolňují do vzduchu ve formě aerosolu k lidem u břehu dostávají jedovaté látky,
 - zvýšená koncentrace těchto jedů v organismech ryb
-
- Nová Anglie 2005 – dramatické důsledky zejména pro rybářský průmysl
 - řada plavců zasažených řasami hospitalizována

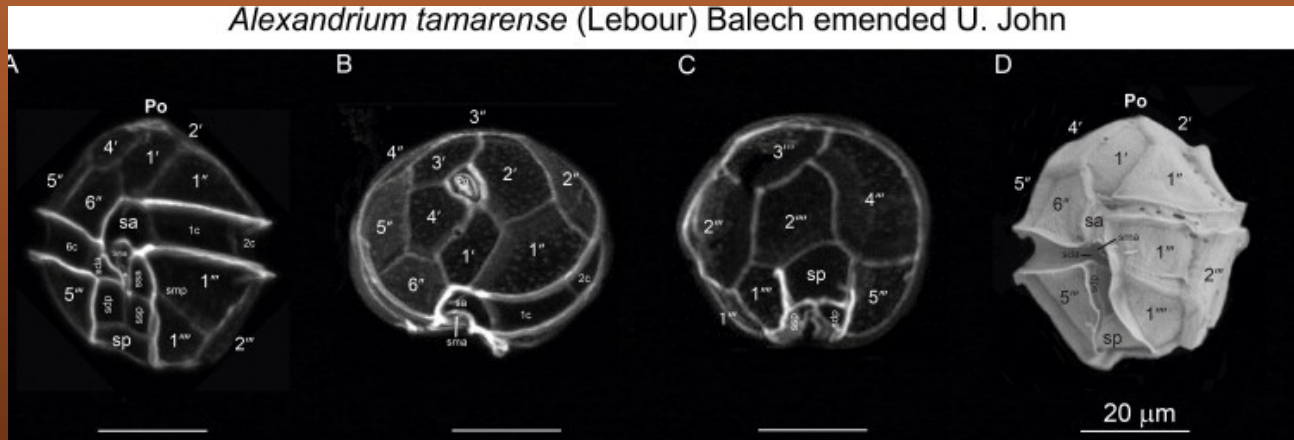


Alexandrium tamarensis

- řasa, produkuje hned 2 smrtící toxiny (PSP)
- cysty 10x toxičtější než veget. stadia
- saxitoxin, blokuje sodíkové kanály
- může otrávit jen mnohobuněčné živočichy s centrální nervovou soustavou
- zvracení, nízká tlak, znecitlivění, sval. paralýza, selhání dýchání
- toxin s reaktivním kyslíkem proti jednobuněčným organismům včetně jiných druhů řas - buněčná membrána praskne
- „dvojitá jedovatost“ je důvodem, proč vodní květ řasy *Alexandrium tamarensis* dokáže ve velkém rozsahu narušit celý potravní řetězec



Alexandrium tamarensis (Lebour) Balech emended U. John





<https://www.youtube.com/watch?v=6zkg24dLudw>

Vertikální a horizontální zóny mořských habitatů

I přes vysokou uniformitu podmínek jsou patrné určité horizontální zóny:

Přílivová zóna

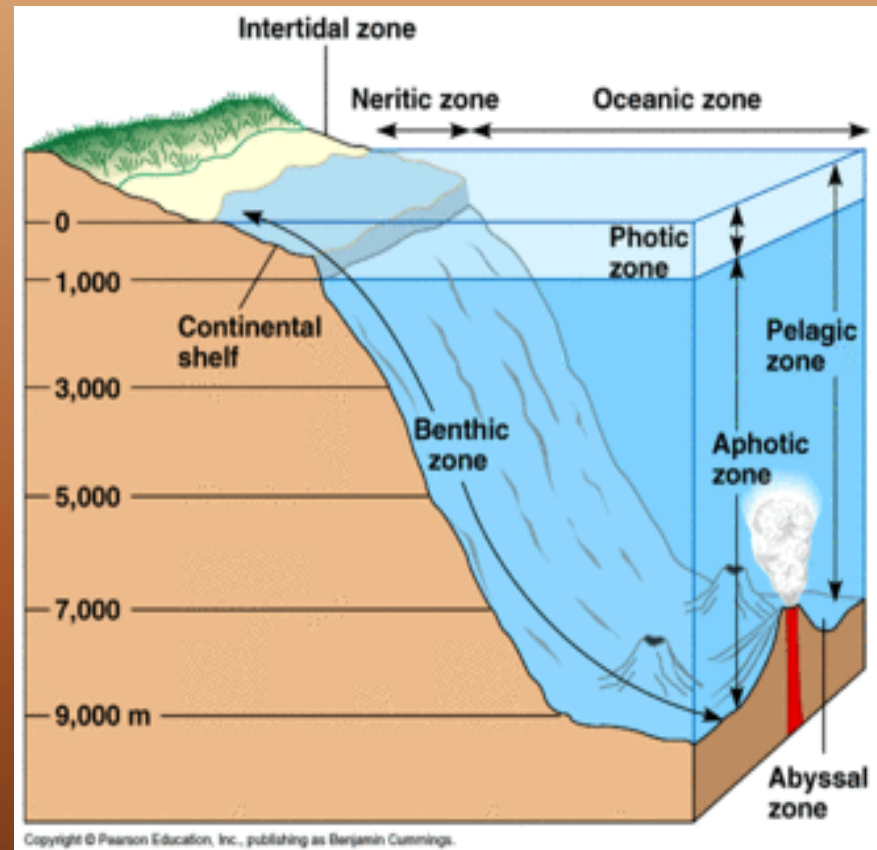
- **litorální** (přílivová) zóna na pobřeží – podrobena pravidelnému zaplavitování a vysychání při přílivu a odlivu

Neritická zóna

- od úrovně odlivu po kontinentální práh
- relativně malá hloubka – do 200 m
- dobře okysličená voda
- nízký tlak vody
- relativně stabilní teplota a salinita
- dostatek světla
- místo většiny mořského života

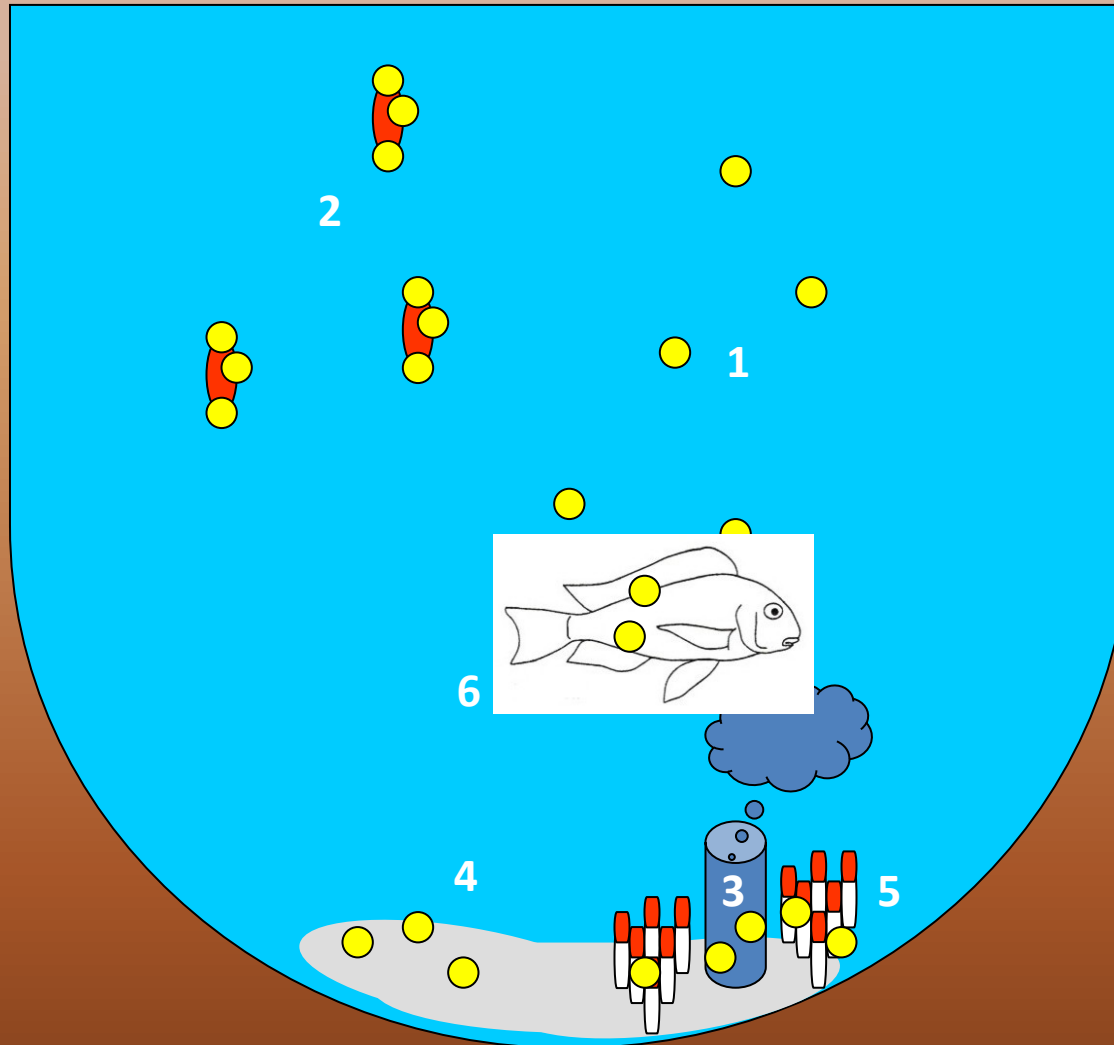
Oceánská zóna – 65% otevřené

- plochy oceánů



Bentická oblast – dno bez ohledu na vrstvy nad ním – začíná v přílivové zóně a jde dál

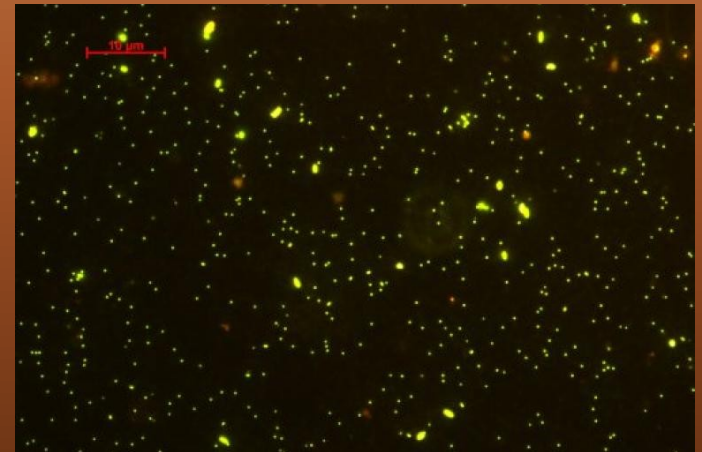
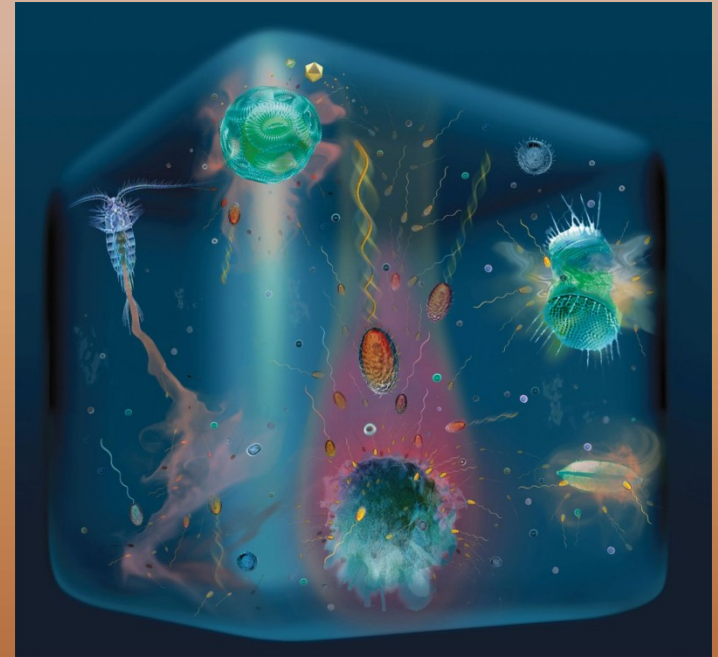
Hlavní místa výskytu bakterií v otevřeném moři



1 – volně suspendované ve vodním sloupci; 2 – mořský sníh; 3 – hydrotermální prameny; 4 – dnové sedimenty; 5 – vláknonoši (Pogonophora) mnohoštětinatí kroužkovci; 6 - epibionti

Mikroorganismy v oceánech

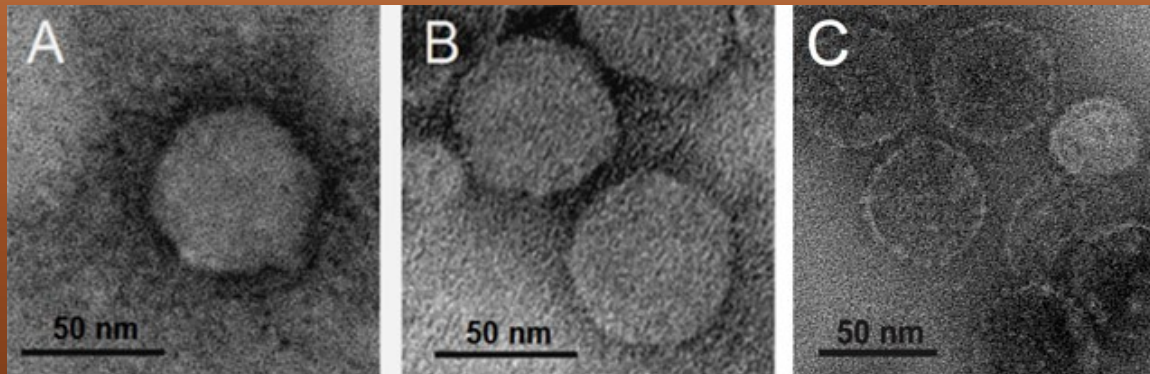
- malá produktivita (40% NPP na Zemi – nejproduktivnější korály, chaluhy)
- v otevřených oceánech limitace N a P (normálně je limitace C!)
- navzdory nízké úrovni anorganických nutrientů a org. C je v oceánech významné množství prokaryotických buněk – mezi 10^5 a 10^6 /ml
- 10^5 b/ml v povrchové vodě moře znamená, že oceán poskytuje útočiště 3.6×10^{29} **mikrobiálních buněk** s celkovým obsahem uhlíku v buňkách $\sim 3 \times 10^{17}$ g
- v jednom mililitru přítomno asi 10^4 velmi malých **eukaryotických buněk**
- odhadnuto, že je 10^{30} virů ve světovém oceánu



Jedním z nejpočetnějších organismů

Pelagibacterales

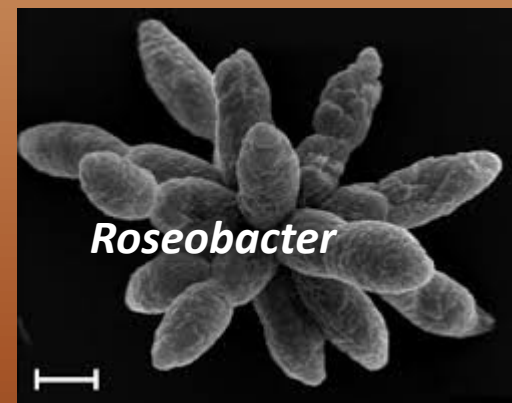
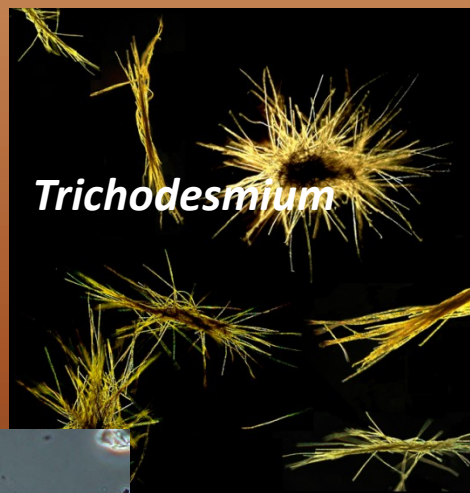
- **SAR11**- člen skupiny **α -proteobakterií** nalezen díky namnožení genů rRNA z téměř všech vzorků otevřených oceánů na světě a pomocí techniky FISH
- SAR11 je pojmenovaný po Sargasovém moři, kde byl poprvé nalezen
- malý genom, limitovány metabolické funkce
- oligotrofní, využívají rozpuštěný uhlík i dusík
- představuje celkově **25 až 50% prokaryotního společenstva v povrchových mořských vodách** v pobřežních vodách i na otevřeném oceánu
- *Pelagiphage* – nejrozšířenější virus v mořích!



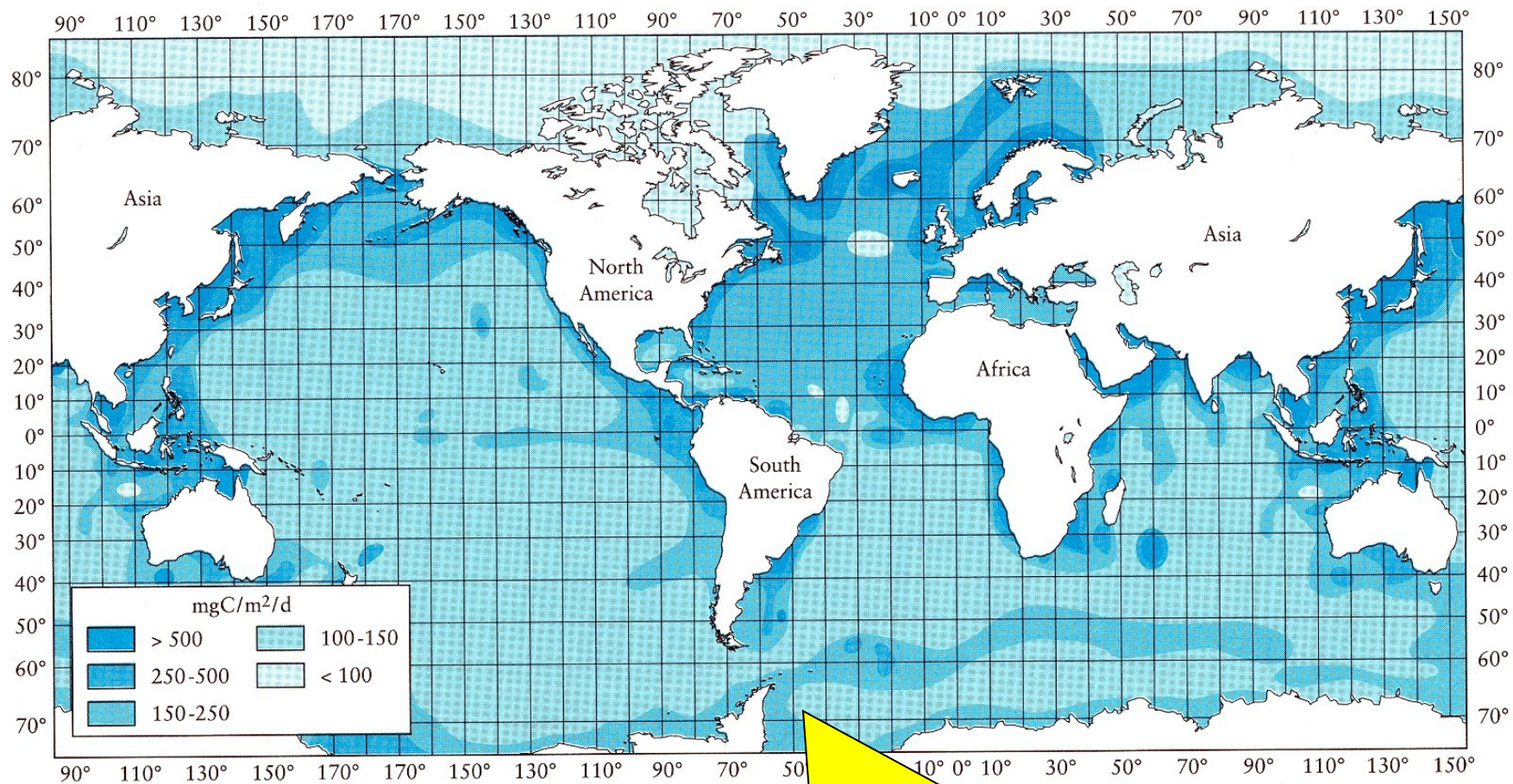
organismy plovoucí na hladině moří a oceánů

pleuston

- nejvrchnější vrstva mořské ekosféry
- *Pseudomonas* a různé pigmentované rody jako *Erythrobacter*, *Erythromicrobium*, *Protaminobacter*, *Roseobacter*
- populace primárních producentů, včetně sinic (*Trichodesmium*), rozsivek (*Rhizosolenia*), (*Sargassum*)
- nezdá se, že by byl některý rod řas speciálně adaptován na život v pleustonu
- někdy i reprezentanti hub a protozoí spolu s různými makroskopickými bezobratlými

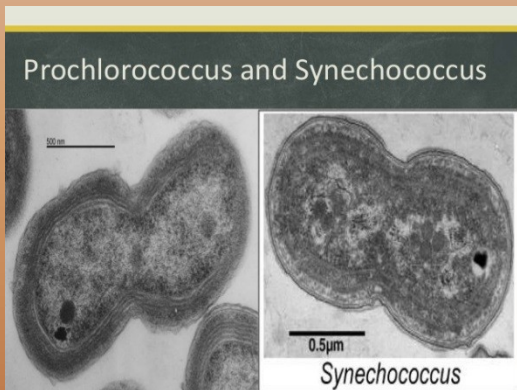


Distribuce primární produkce ve světovém oceánu

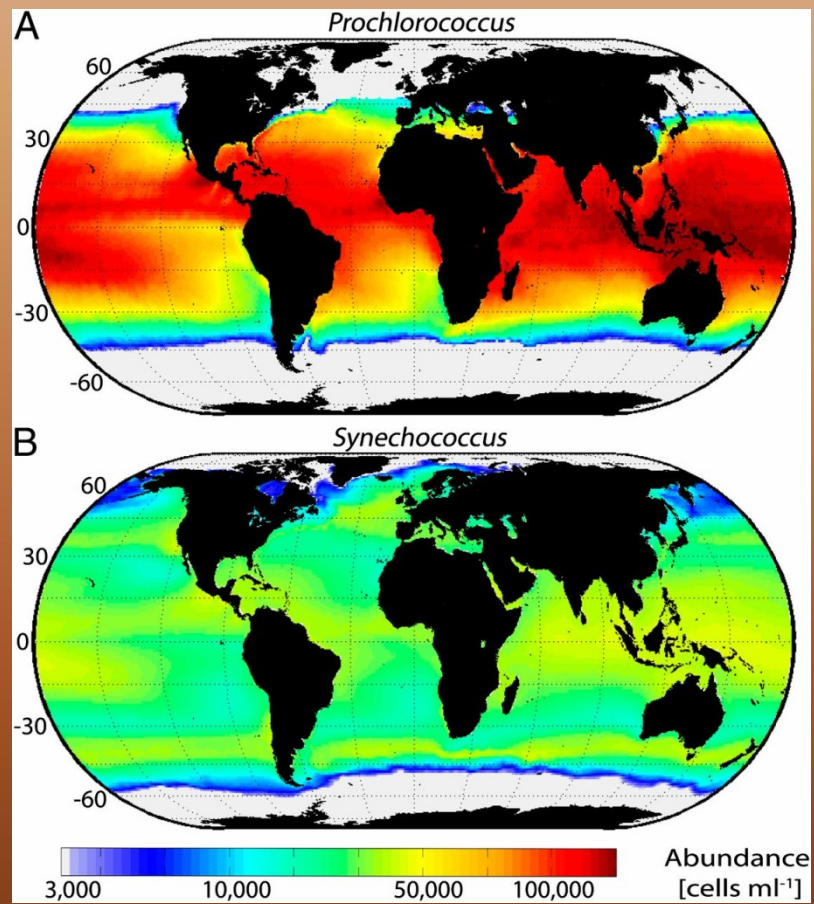


Nerovnoměrná distribuce

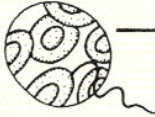
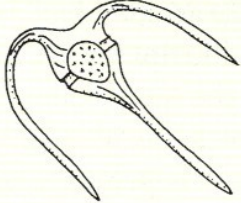



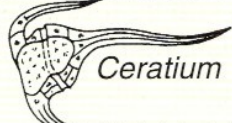
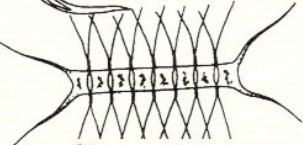
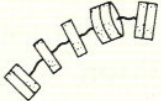
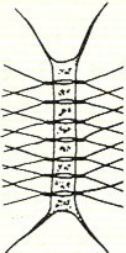




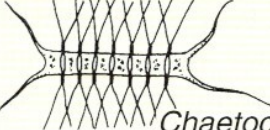


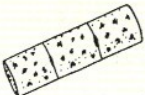
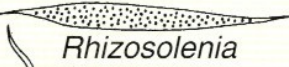
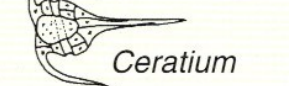
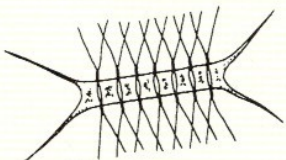

- nejběžnějšími rody sinic jsou ***Prochlorococcus*** a ***Synechococcus*** (oxygenní prokaryota obsahující chlorofyl *a*)
- mohou dosáhnout hustoty 10^4 to 10^5 buněk na mililitr na povrchu oceánů
- pikoplankton ($0.2 - 2.0 \mu\text{m}$) může představovat **20 až 80% celkové biomasy fykoplanktonu**



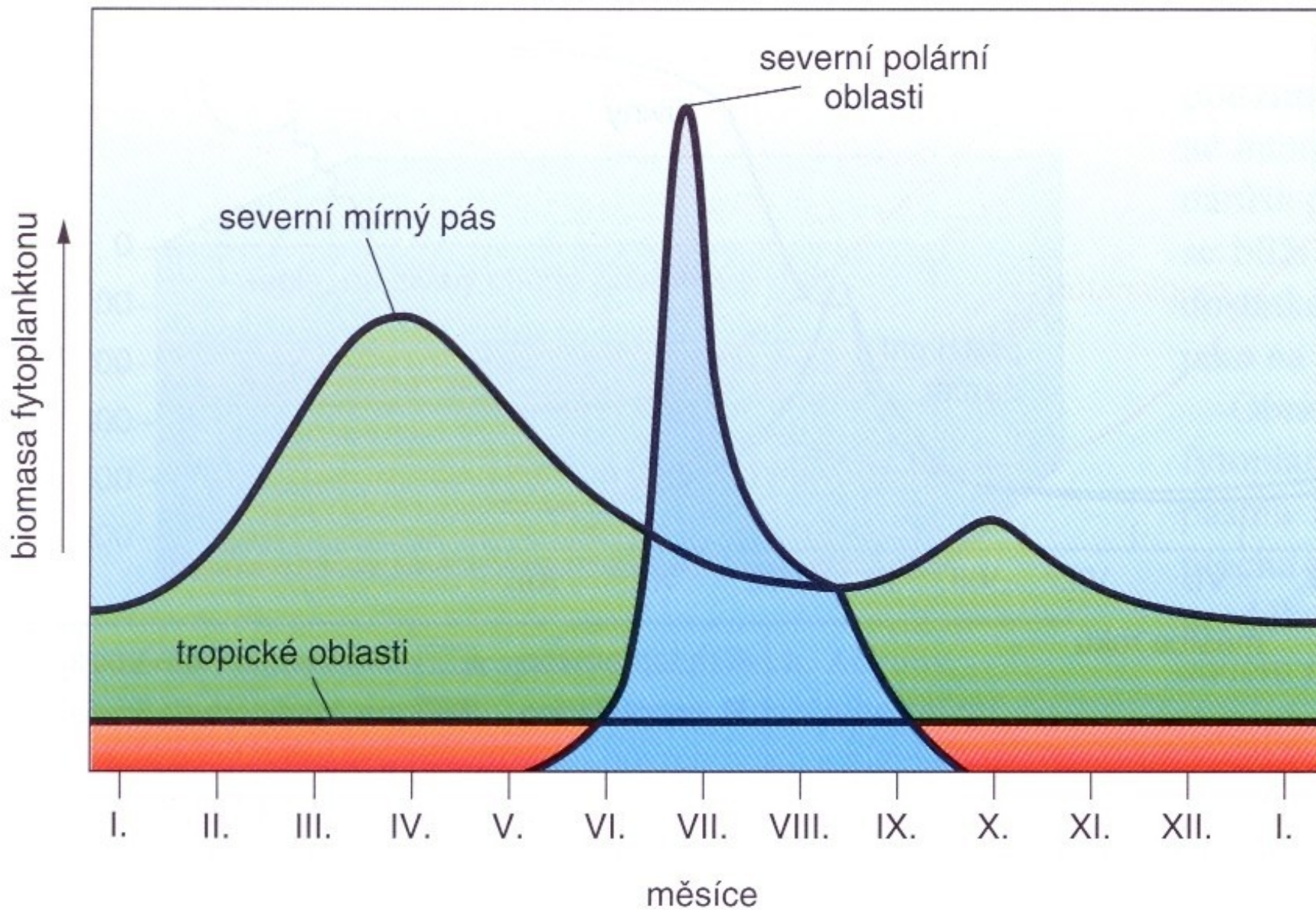
- v tropických a subtropických oceánech jsou také rozšířené sinice ***Trichodesmium***
- fixace dusíku těmito mikroorganismy je hlavní vstup do koloběhu dusíku v mořském prostředí!



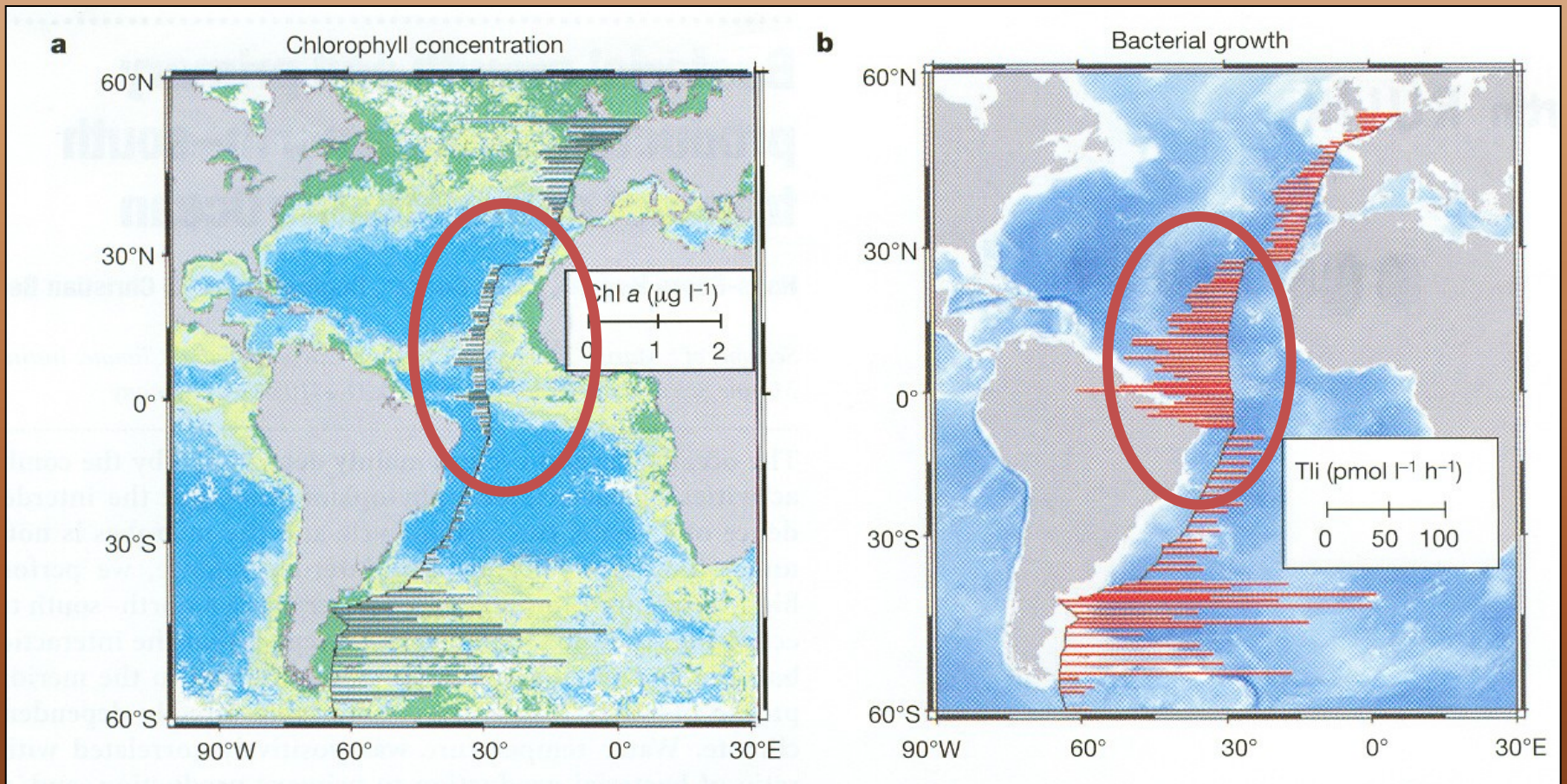
Sezónní posloupnost dominantních skupin fytoplanktonu v různých geografických oblastech.

 <p>Coccolithophore diatoms</p>	 <p>Dinoflagellates</p>	 <p>Coccolithophore</p>		<p>Sargasso Sea (tropical)</p>
 <p><i>Nitzschia</i></p>  <p><i>Fragilaria</i></p>	 <p><i>Ceratium</i></p>  <p><i>Chaetoceros</i></p>			<p>E. Greenland (polar)</p>
 <p><i>Thalassiosira</i></p>  <p><i>Chaetoceros</i></p>	 <p><i>Chaetoceros</i></p>  <p><i>Skeletonema</i></p>	 <p><i>Skeletonema</i></p>	 <p><i>Coscinodiscus</i></p>	<p>Gulf of Mexico (warm temperate)</p>
 <p><i>Chaetoceros</i></p>  <p><i>Lauderia</i></p>  <p><i>Thalassiosira</i></p>	 <p><i>Guinardia</i></p>  <p><i>Rhizosolenia</i></p>  <p><i>Ceratium</i></p>	 <p><i>Chaetoceros</i></p>	 <p><i>Coscinodiscus</i></p>	<p>Irish Sea (cold temperate)</p>
<p>Spring</p>	<p>Summer</p>	<p>Fall</p>	<p>Winter</p>	

Srovnání produktivity polární oblasti, mírného pásu a tropů na severní polokouli.

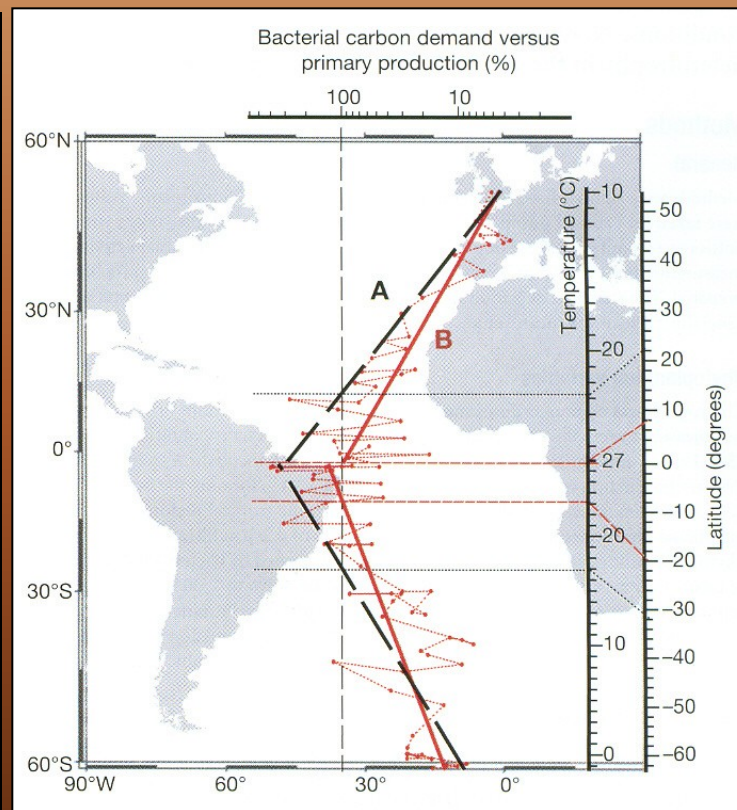
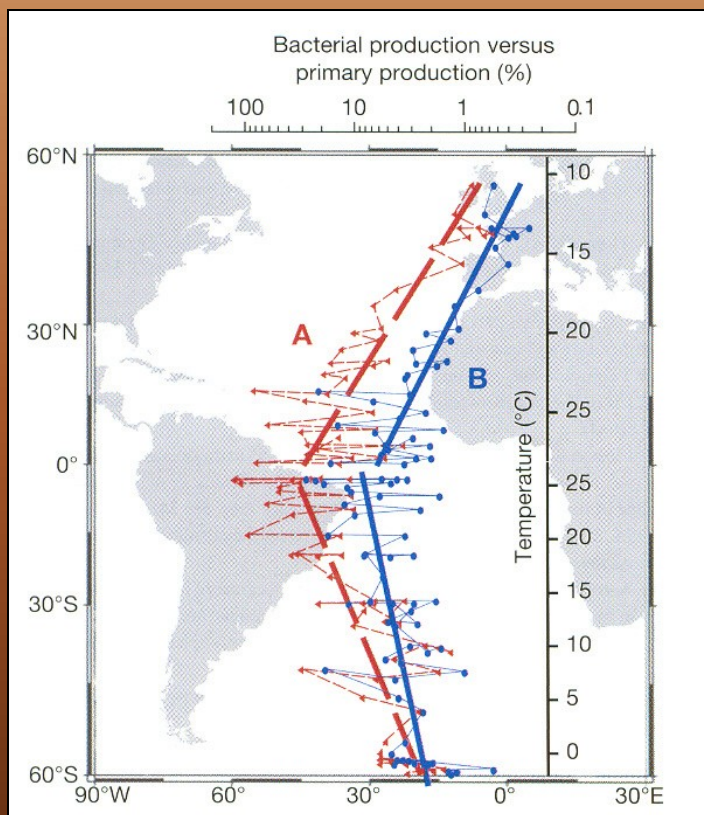


Mikroorganismy v Atlantickém oceánu



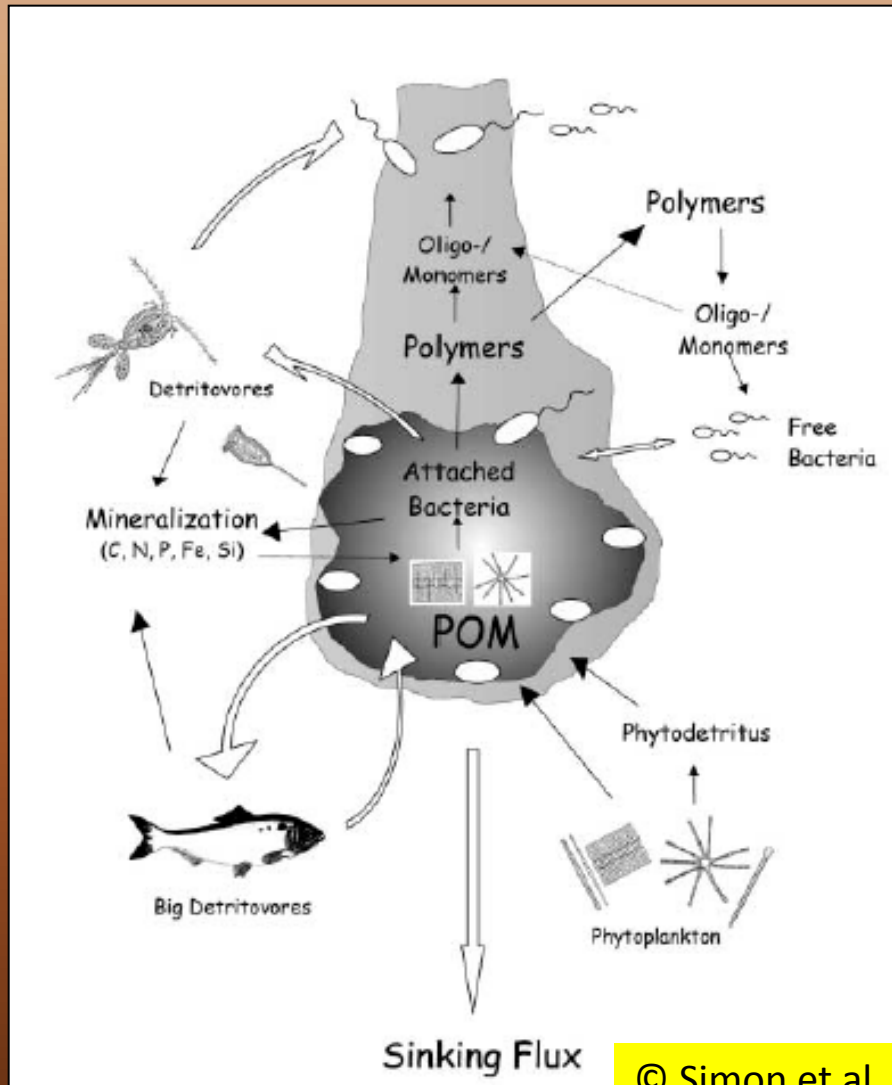
V pásu od 8° severní šířky (27°C) po 20° jižní šířky (23°C) se vyskytuje čistá heterotrofie, to znamená že, **bakteriální požadavky na uhlík + respirace převyšují fixaci uhlíku fytoplanktonem**

To znamená, že se v těchto oblastech **uvolňuje CO₂ do atmosféry** (Hoppe et al. 2002)



MOŘSKÝ SNÍH

Jednoduché zobrazení mořského sněhu a vztahu mezi různými makro a mikroorganismy.



- kontinuální sprcha většinou organického detritu v hlubokém oceánu padajícího z horních vrstev vodního sloupce
- původ je v **pochodech v produktivní fotické zóně...**
- obsahuje mrtvé nebo živé živočichy a rostliny (plankton), jednobuněčných (rozsivky), fekální materiál, písek a další anorganický materiál...
- tvoří agregáty - rostou během času a **mohou dosáhnout centimetrů v průměru**
- putují týdny než dosáhnou oceánského dna...



Hlubokomořské organismy silně závisí na mořském sněhu jako na zdroji energie



Částička mořského sněhu zachycená v 55 metrech v Monterey Bay, Kalifornii.

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/marinesnow.html>

Organismy které osidlují hluboké moře čelí třem hlavním extrémům prostředí:

(a) nízká/vysoká teplota; (b) **vysoký tlak**, a (c) nízký obsah živin

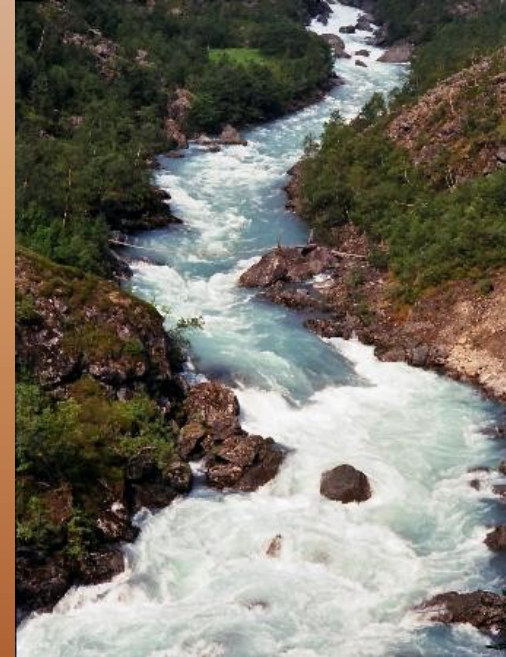
Hlubokomořské mikroorganismy musí být schopné také **odolat enormnímu hydrostatickému tlaku spojenému s velkou hloubkou.**

Tlak vzrůstá o **1 atm na každých 10 m hloubky.** Takže organismy žijící v **hloubce 5000 m** musí být schopné odolat tlaku **500 atm.**



Sladkovodní ekosystémy

- „**limnický**“
- limnologie: stojící voda – lentický habitat
tekoucí voda – lotický habitat
- nejsvrchnější vrstva hydrosféry- povrchová mikrovrstva
- je rozhraním mezi hydrosférou a atmosférou
- vysoké povrchové napětí
- v klidných podmínkách mikroorganismy tvoří film nazývaný **neuston**



- kolem povrchu: více světla, O₂
- vrstva obohacená o živiny
- cca 5cm

epineuston

- hydrofobní deštníček

hyponeuston

- Řasa *Chromophyton rosanoffi*
- Zelené řasy *Chlorophyta*
- kolem povrchu: více světla, O₂

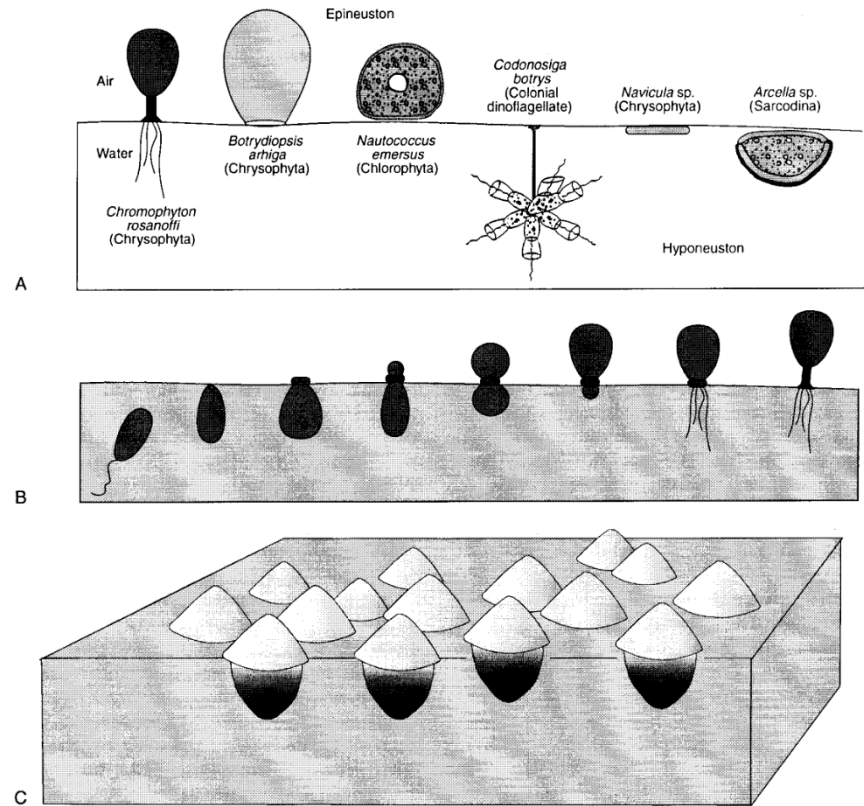
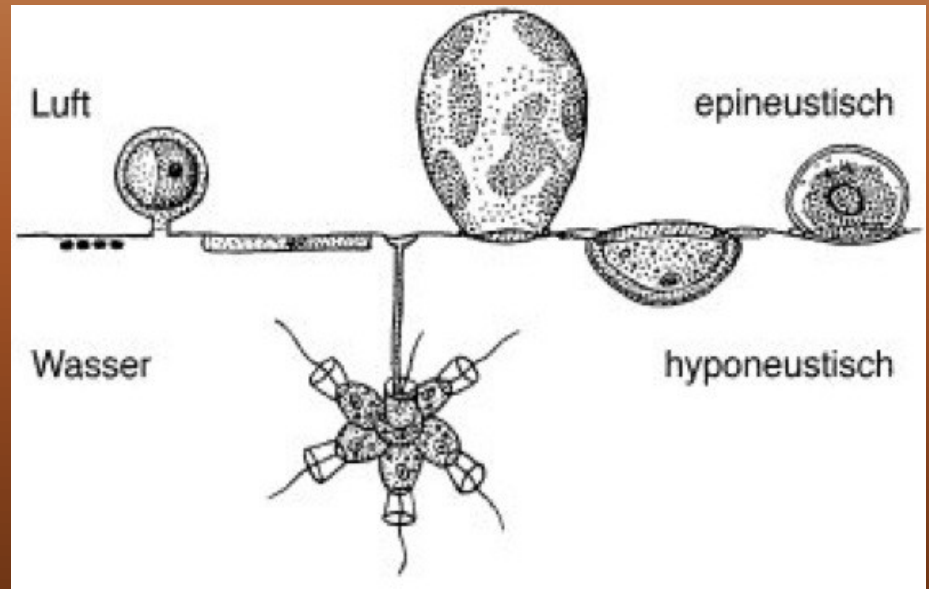
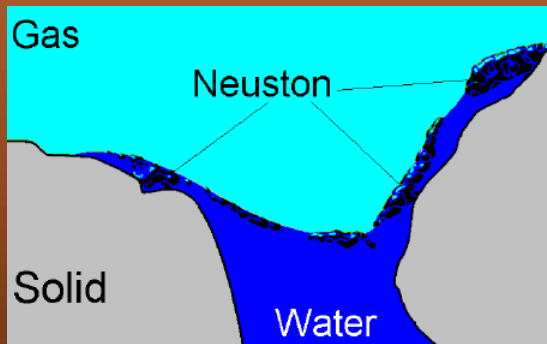


Figure 9.11

Illustration of the neuston. (A) The surface tension layer acts as the attachment point for microorganisms that position themselves either above (epineuston) or below (hyponeuston) this layer. In either case, algae have unlimited access to sunlight and CO₂, yet also keep in contact with the water. Heterotrophs benefit from nutrients such as hydrophobic organics enriched in the surface layer and from free access to oxygen. Grazers benefit from the concentrated biomass. (B) The surface tension layer is not only an attachment point but also a barrier that is difficult to cross. The *Chromophyton rosanoffi* life cycle involves a free-swimming flagellated stage. After contacting the surface tension layer, the flagella are lost and a hydrophobic doughnut-shaped droplet is formed. The cell slips through the hole of the "doughnut" and positions itself on the top of it as an epineuston organism. Protoplasmic filaments (rhizoids) maintain contact with the water. (C) Microscopic landscape of the water surface with cells of *Chremastochloris conus* (Chlorophyta). Their hydrophobic umbrella is positioned above the surface layer, and the rest of the cell is immersed in the water. (Source: Valkanov 1968.)

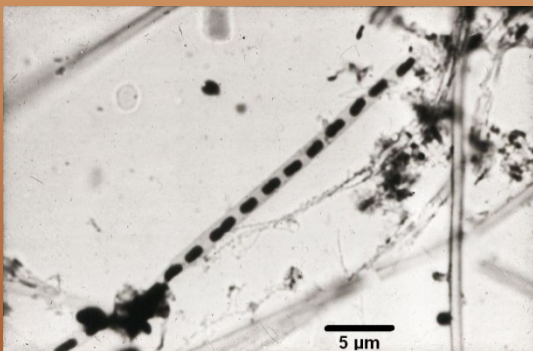
Neuston

- vyhledávaný habitat pro fotoautotrofní mikroby (CO₂ a světlo)
- některé minerální živiny a kovy jsou v této vrstvě obohacené
- sekundární producenti využívající nepolární organické látky, které se akumulují ve vrstvě povrchového napětí a přítomen kyslík
- mikrobiální počty zde 10-100x vyšší než ve vodním sloupci pod touto vrstvou
- bubliny procházející touto vrstvou a praskající zde hrají významnou roli v transportu voda-vzduch u bakterií a virů

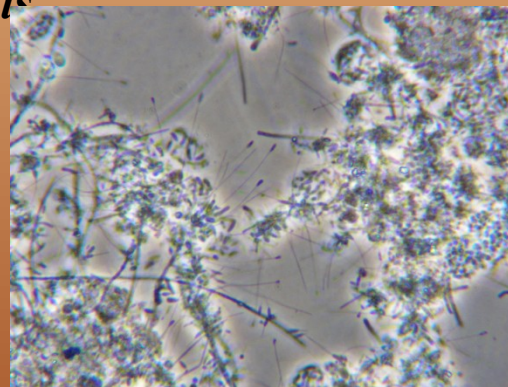


Neuston – pokr.

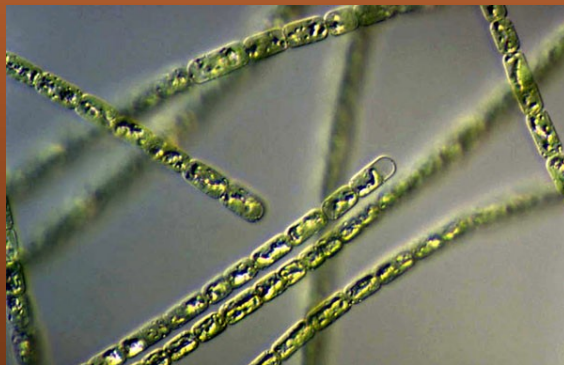
- charakteristická autochtonní mikroflóra neustonu: řasy, bakterie, houby a protozoa
- bakterie - *Pseudomonas*, *Caulobacter*, *Nevskia*, *Hyphomicrobium*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Brevibacterium*, *Micrococcus*, *Leptotrix*
- sinice - *Aphanizomenon*, *Anabaena*, *Microcystis*



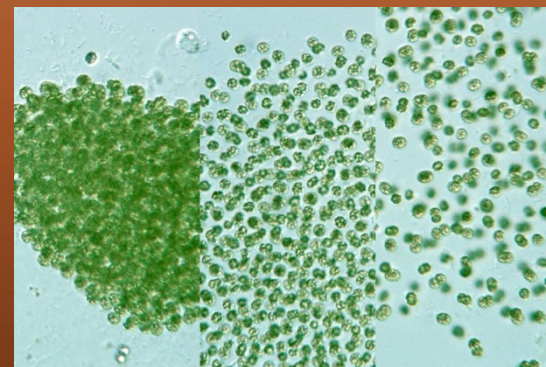
Leptotrix



Hyphomicrobium

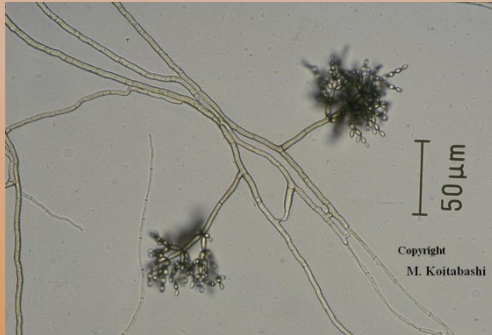


Aphanizomenon

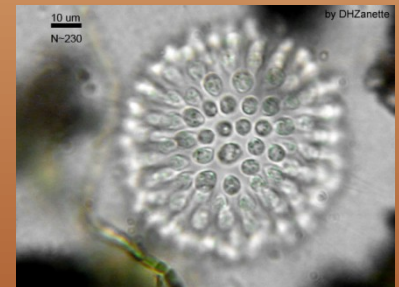


Microcystis

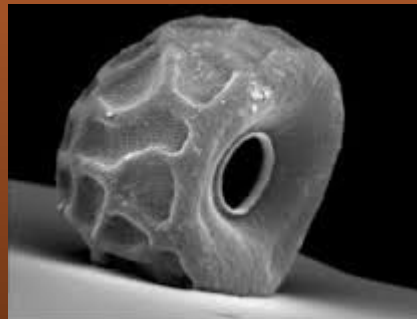
- **Houby - filamentózní *Cladosporium*, četné kvasinky**



- **Řasy - *Chromulina*, *Botrydiopsis*, *Codosiga*, *Navicula*, *Nautococcus*, *Proterospongia*, *Sphaeroeca*, *Platychrisis***



- **Protozoa - *Diffugia*, *Vorticella*, *Arcella*, *Acineta*, *Clathrulina*, *Stylonychia*, *Codonosigna***



Jezero

- kombinovaná litorální a limnetická zóna – euphotická zóna
- zde dostatek světla pro fotosyntézu

litorální zóna (pobřežní zóna) – světlo proniká až na dno, dominance (částečně) ponořenými vyššími rostlinami a ukotvenými a vláknitými a parazitickými (epiphytic) řasami

limnetická zóna (volná voda, pelagiál)

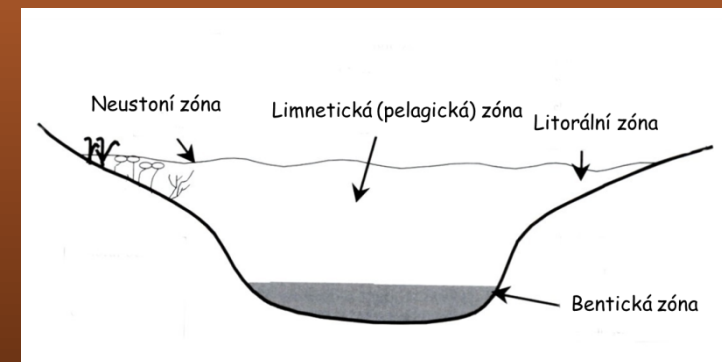
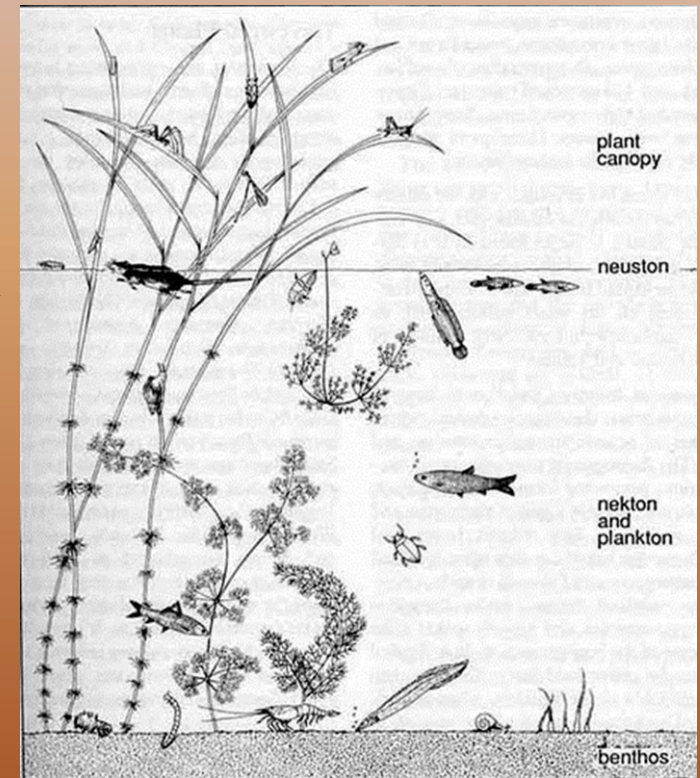
- dom. prim. producenty jsou planktonické řasy – otevřená vodní plocha
- sestupuje až do úrovně označované jako kompenzační hloubka – zde ještě je fotosyntéza v rovnováze s respirací
- všeobecně jde o hloubku, kam proniká 1% plné sluneční intenzity

hloubková zóna (profundal zone) –

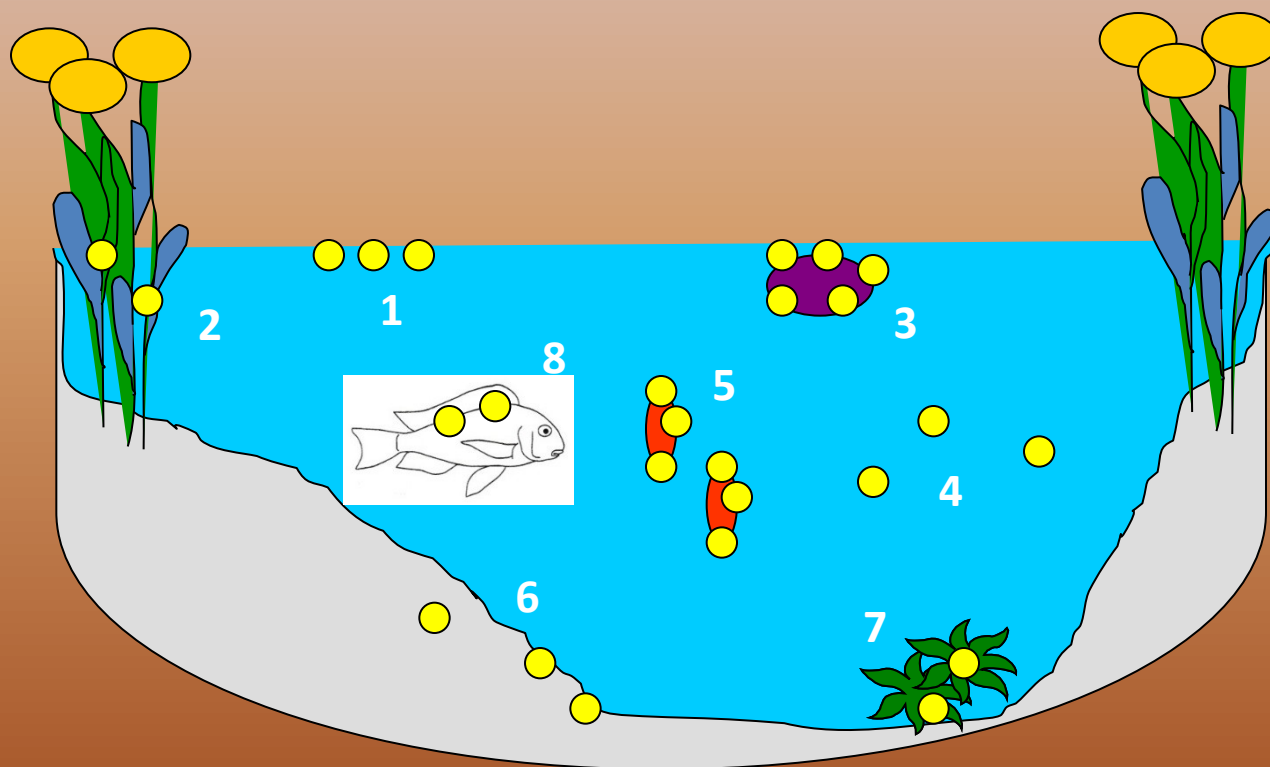
– neproniká zde využitelné světlo

- neexistuje v mělkých rybnících

bentická zóna -dno

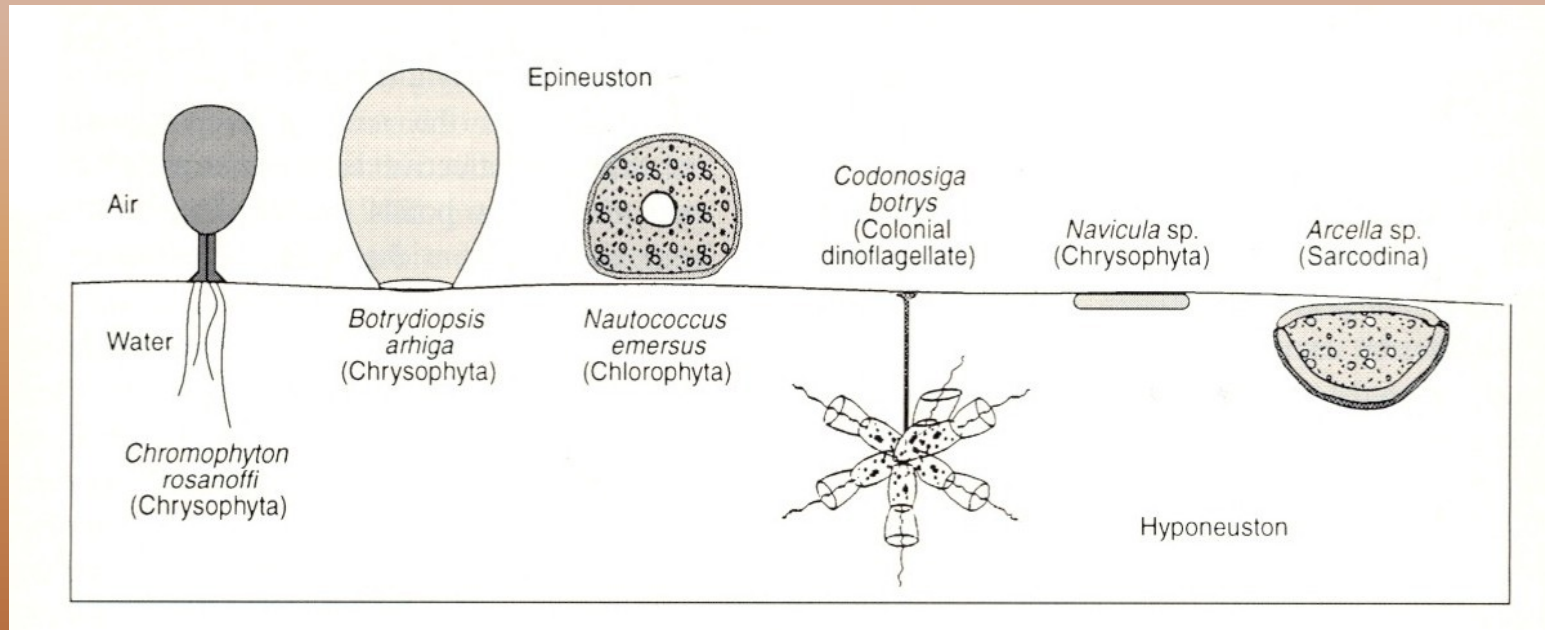


Hlavní místa výskytu bakterií v jezeře

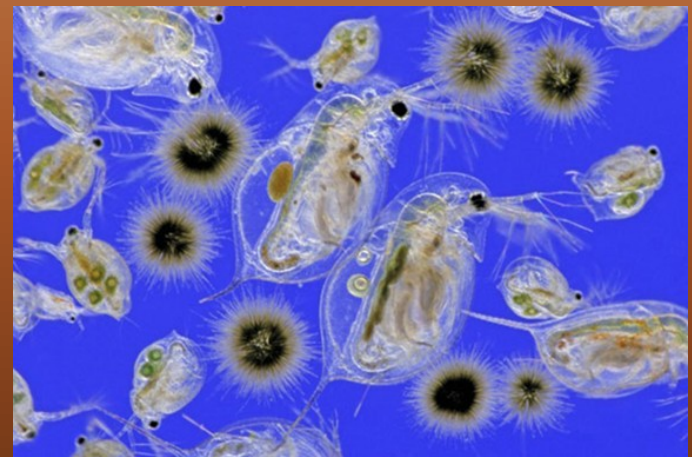


1 – neustonní vsrtva; 2 – ponořené rostliny (epifytické bakterie); 3 – plovoucí rostliny; 4 – volně suspendované ve vodním sloupci; 5 – jezerní sněh; 6 – dnové sedimenty; 7 – uvolňující se listy ponořených rostlin; 8 - epibionti

Ilustrace neustonů



Vrstva povrchového napětí je místo na přichycení pro mikroorganismy, jejichž pozice může být nad (epineuston) nebo pod (hyponeuston) touto vrstvičkou. V obou případech mají řasy neomezený přístup ke světlu a CO_2 . Heterotrofové mají prospěch ze živin jako jsou hydrofobní organické látky v povrchové vrstvě a z přístupu ke kyslíku. Spásáči mají zase prospěch z koncentrované biomasy.



Jezera – pokr.

- podmínky v eufotické zóně přejí růstu fotoautotrofů
- organismy v hloubkové zóně – hlavně sekundární producenti většinou závislí na transportu organických látek z vyšších vrstev
- částice živin sedimentují a koncentrují se na povrchu bentického sedimentu
- povrch sedimentu může být aerobní – aerobní dekompozice akumulovaných organických živin
- anaerobní rozklad – na a pod povrchem sedimentů, kde je kyslík vyčerpán – kyslík difunduje jen velice pomalu do pórů sedimentů vyplněných vodou a oxidace organických látek rychle využije přítomný kyslík
- spodní část vodního sloupce v mnohých sladkovodních jezerech se stává sezónně anaerobní – teplá voda má nižší hustotu
- na jaře slunce zahřeje povrchovou vrstvu vody – vytvoří se epilimnion
- tato vrstva je oddělena od spodní studené vrstvy – hypolimnion teplotním gradientem – ten charakterizován rychlým poklesem teploty – jen malé míšení vody

Stratifikace vody v jezerech

vrstvy se definují na základě teploty

epilimnion

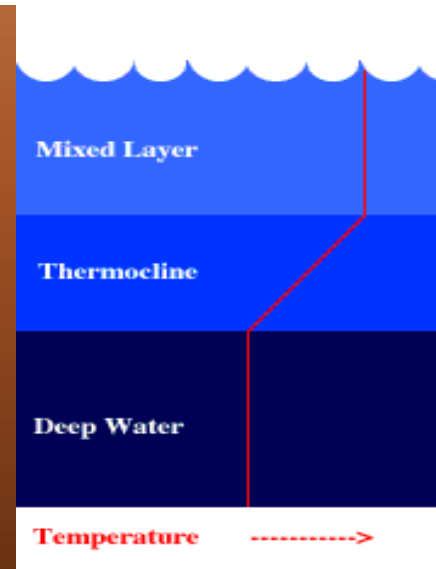
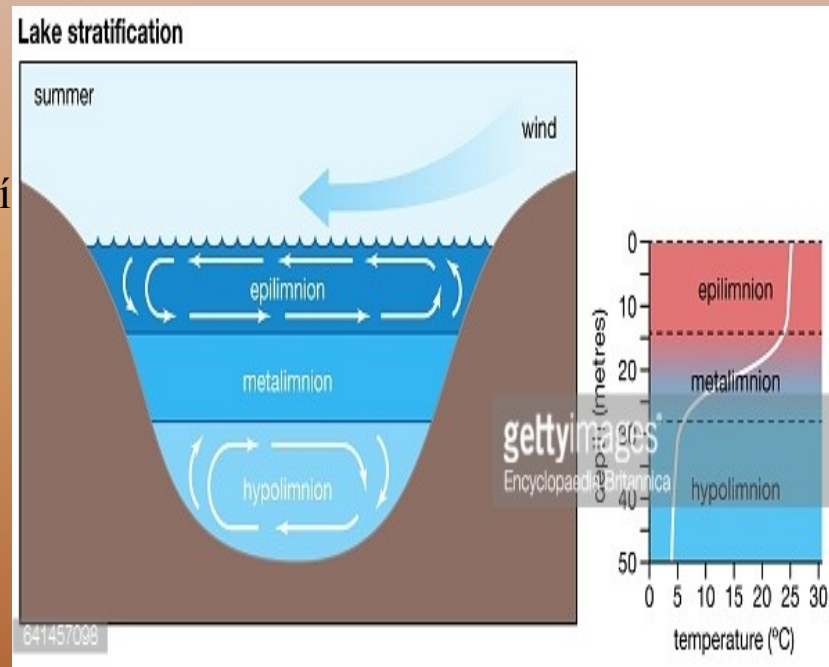
- v létě teplý a bohatý na kyslík
- intenzivní fotosyntetická produkce vyčerpá minerální živiny až na úroveň limitující primární produkci
- promíchávaná vrstva – blízko povrchu, teplota se blíží povrchové vrstvě

termoklina (metalimnion)

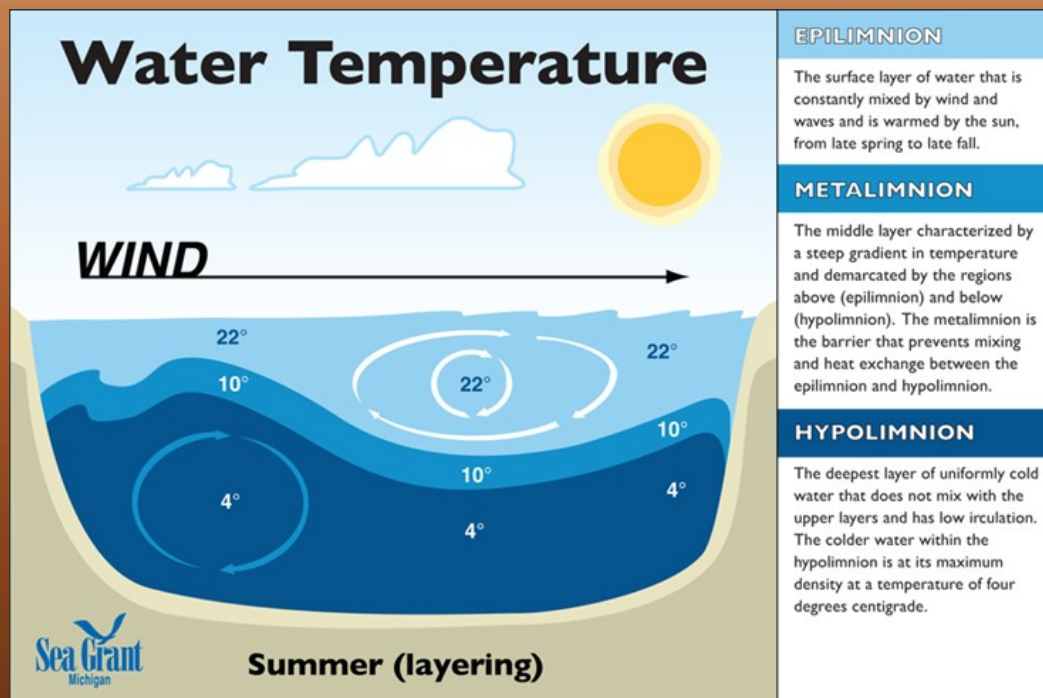
- přechodná vrstva mezi promíchávanou vrstvou na povrchu a hlubokou vodou
- promíchávaná vrstva a hluboká voda mají relativně vyrovnanou teplotu
- termoklina představuje jejich přechodnou zónu

hypolimnion

- zóna vody pod termoklinou, hluboká voda – nízká teplota a koncentrace kyslíku
- špatné pronikání světla limituje fotosyntézu a respirace vyčerpá přítomný kyslík
- na minerální živiny dost bohaté
- na podzim, s ochlazováním epilimnionu na teplotu hypolimnionu se termoklina rozpadne – výsledkem je úplné promíchání jezerní vody
- touto cestou je hypolimnion znovu oxidován a minerální živiny doplněny v epilimnionu



- voda – termální anomálie – nejvyšší hustota vody je při 4°C
- jakmile celé jezero dosáhne této teploty, povrchová voda ochlazená pod 4°C neklesne, ale zůstane na povrchu a zmrzne
- izolace celého jezera proti dalšímu ochlazení a ochrana vody ve hloubce, aby jezero nepromrzlo až na dno
- v zimě se může vyvinout slabá stratifikace : epilimnion 0-4°C a pod ním hypolimnion 4°C
- na jaře tato stratifikace zaniká a postupně se vyvíjí letní stratifikace
- termální stratifikace má velký vliv na sezónní dostupnost a požadavky na minerální živiny



Stratifikace vody v jezerech

- Promíchání: jaro a podzim

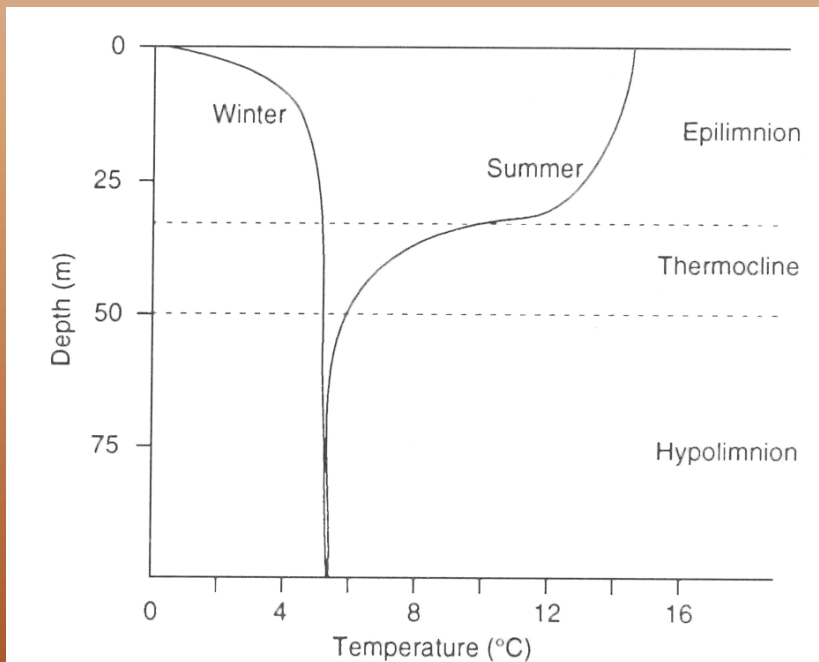
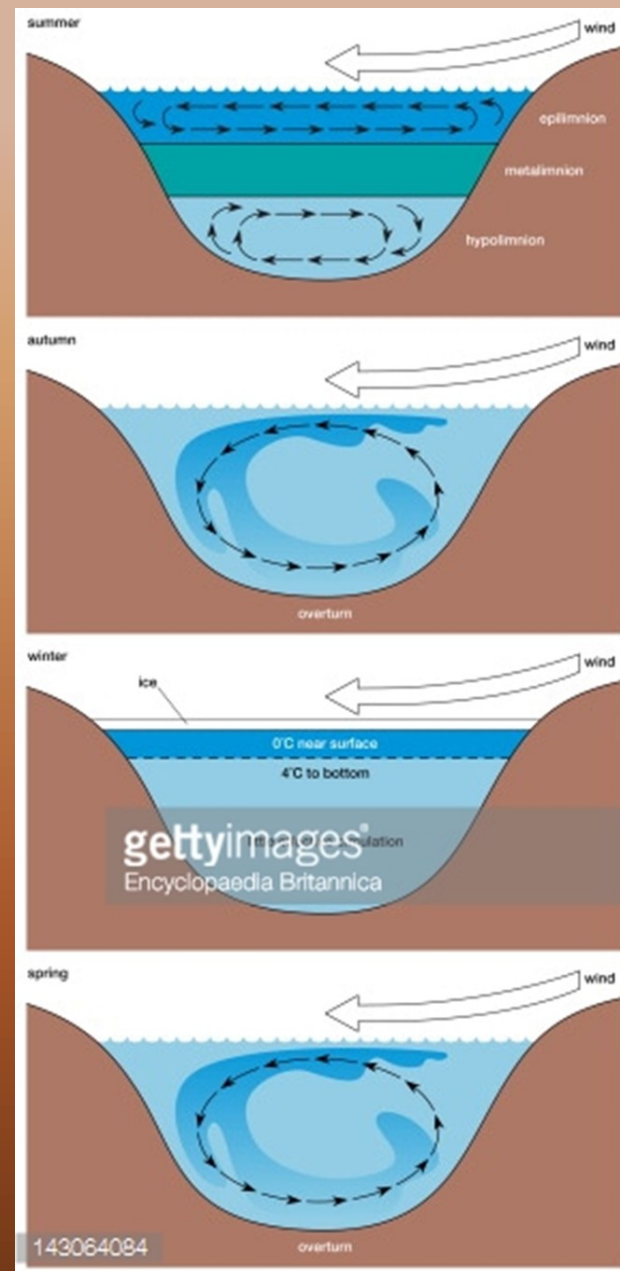
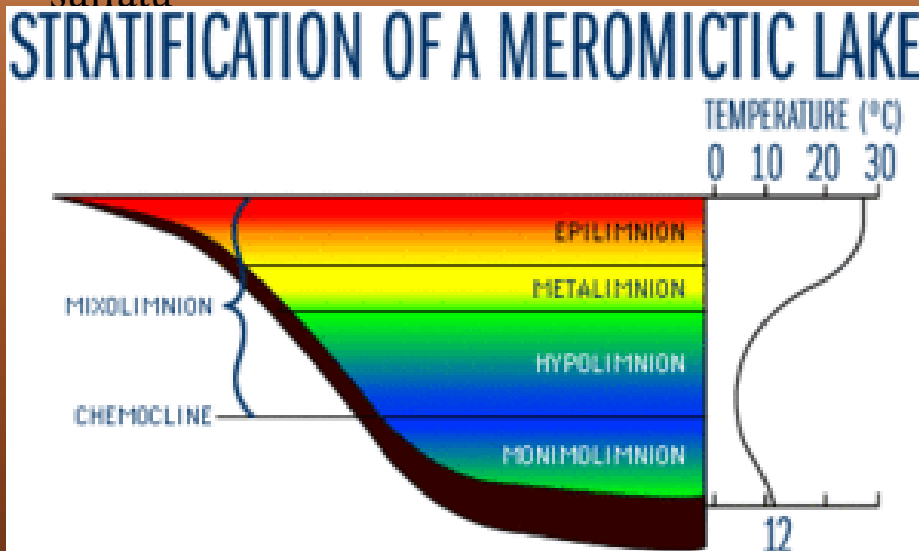


Figure 9.14

Typical stratification of a lake in the temperate climate zone during the summer and winter periods, showing the profile of the temperature with depth. During spring and fall, stratification breaks down, resulting in complete mixing (turnover) of the lake water.

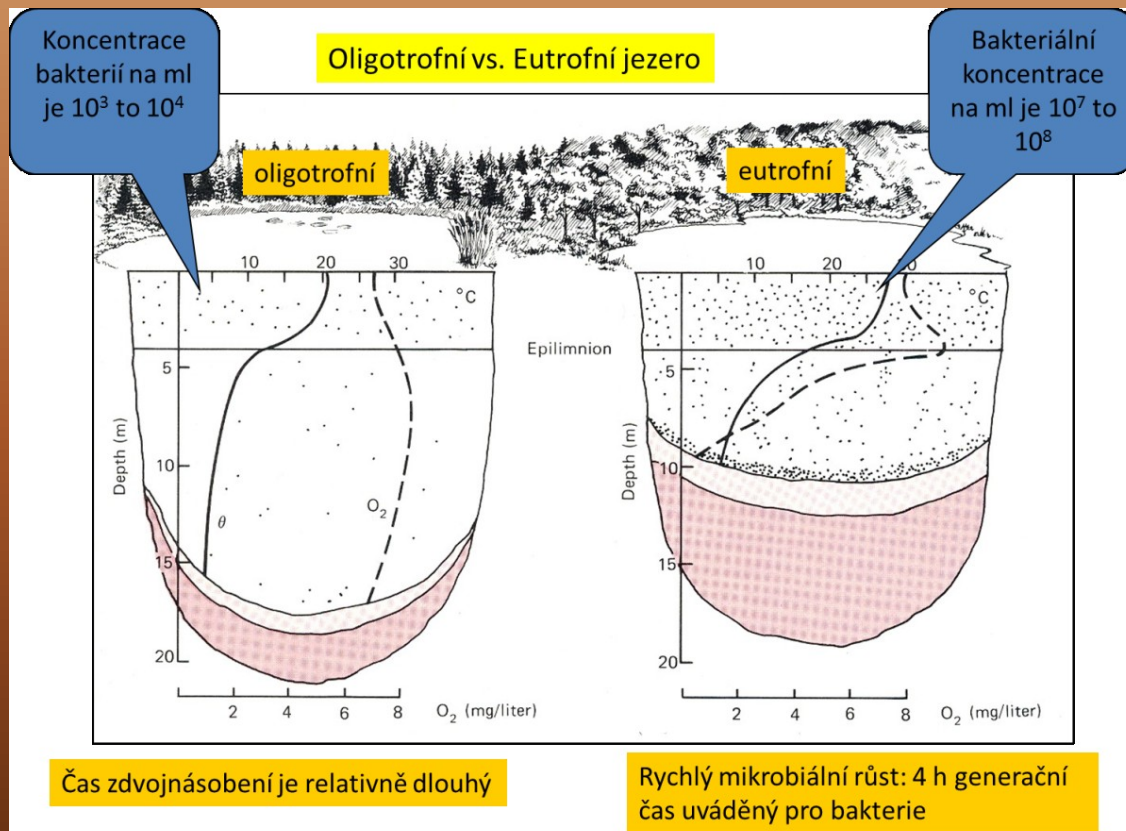


- efekt stratifikace na koncentraci a čas obratu (turnover) fosforu
 - delší v zimě než v létě
 - v létě v řádu minut
 - dostatek rozpuštěného fosforu je na jaře na počátku růstu fytoplanktonu
- v některých vodních masách – speciální hydrografické podmínky udržují stálou termoklinu bez sezónních vlivů
- toto je časté, když je hustý slaný hypolimnion převrstven méně slaným a řidším epilimnionem - **chemoklina**
- hypolimnion je pak stabilně anaerobní a tak nevhodný pro vyšší formy života.
- Černé moře – jeho název asi odvozen od barvy sedimentů způsobené anaerobní redukcí sulfátů



Klasifikace jezerních habitatů na oligotrofní a eutrofní

- založeno na produktivitě a koncentraci živin
- **oligotrofní** – nízká koncentrace živin
- většinou hluboká jezera s větším hypolimnionem než epilimnionem a relativně nízkou primární produkcí
- **eutrofická jezera** – vysoká koncentrace živin, mělčí, teplejší a vyšší intenzity primární produkce;
- koncentrace kyslíku vykazuje denní fluktuaci – vysoká aerobní dekompozice během noci;
- mnoho lovných ryb nesnáší tuto fluktuaci a jsou nahrazeny odolnějšími druhy



Důležité parametry jezer

z hlediska jejich (ne)vhodnosti pro mikroby:

- koncentrace organických živin a kyslíku
- koncentrace anorganických živin (zvl. N a P) – i vliv výměny látek mezi okolní litosférou a vodami jezera a biologických aktivit (poutání a uvolňování živin)
- pH – při zachování ostatních konstantních podmínek (vyšší pH podporuje vyšší primární produkci)
- koncentrace soli



Mokřady

- mělké vodní environmenty dominované vynořujícími se rostlinami
- vznik za různých klimatických podmínek ve špatně odvodněných mělkých pánvích, často postupným zaplněním jezer nánosy a rostlinami
- vodní povrch často skryt rostlinami, které slouží jako základ pro klasifikaci těchto prostředí



zalesněné mokřady

- vysoké konifery nebo listnáče
- produkce mokřadních rostlin je vysoká
- biodegradace rostlinných polymerů, zvl. lignocelulóz – inhibice zaplavením vodou a podmínkami omezeného přístupu kyslíku
- akumulace částečně humifikovaných rostlinných zbytků – až tvorba uhlí
- při poklesu vodní hladiny tvorba rašeliny



Vrchoviště - Rašeliniště

- rašeliniště s nevýznamnými přítoky a odtoky a výskytem acidofilních druhů organismů (*Sphagnum*)
- v chladném vlhkém klimatu obvykle v mělkých kamenných pánvích
- tlusté vrstvy (rohože)
- v porovnání s ostatními mokřady je produktivita nízká



- spodní vrstvy mechu odumírají – ale anaerobní a kyselé podmínky silně omezují biodegradaci a rašelina se akumuluje
- *Sphagnum* drží vodu kapilárními silami tak účinně, že může vyrůst mnohem výš, než je vlastní okraj pánve
- jak mech roste, nemůže získávat živiny z vody tekoucí přes jeho povrch a je efektivně izolován od půdy a podkladové horniny silnou vrstvou rašeliny
- **živiny jen z atmosféry a deště – stane se ombrotrofické**
- cyklus C je silně omezen částečně díky anaerobním a kyselým podmínkám
- dalším faktorem jsou fenolické a polyfenolické látky z nedokonalého rozkladu rostlinných tkání



Rašeliniště

Rašeliniště zabírají jen **3 % pevniny**, zadržují však **10 % zásob sladké vody** a přibližně **třetinu zásob uhlíku uloženého v terestrické biosféře**. Hrají proto významnou roli při snižování nebo udržení obsahu CO₂ v atmosféře.



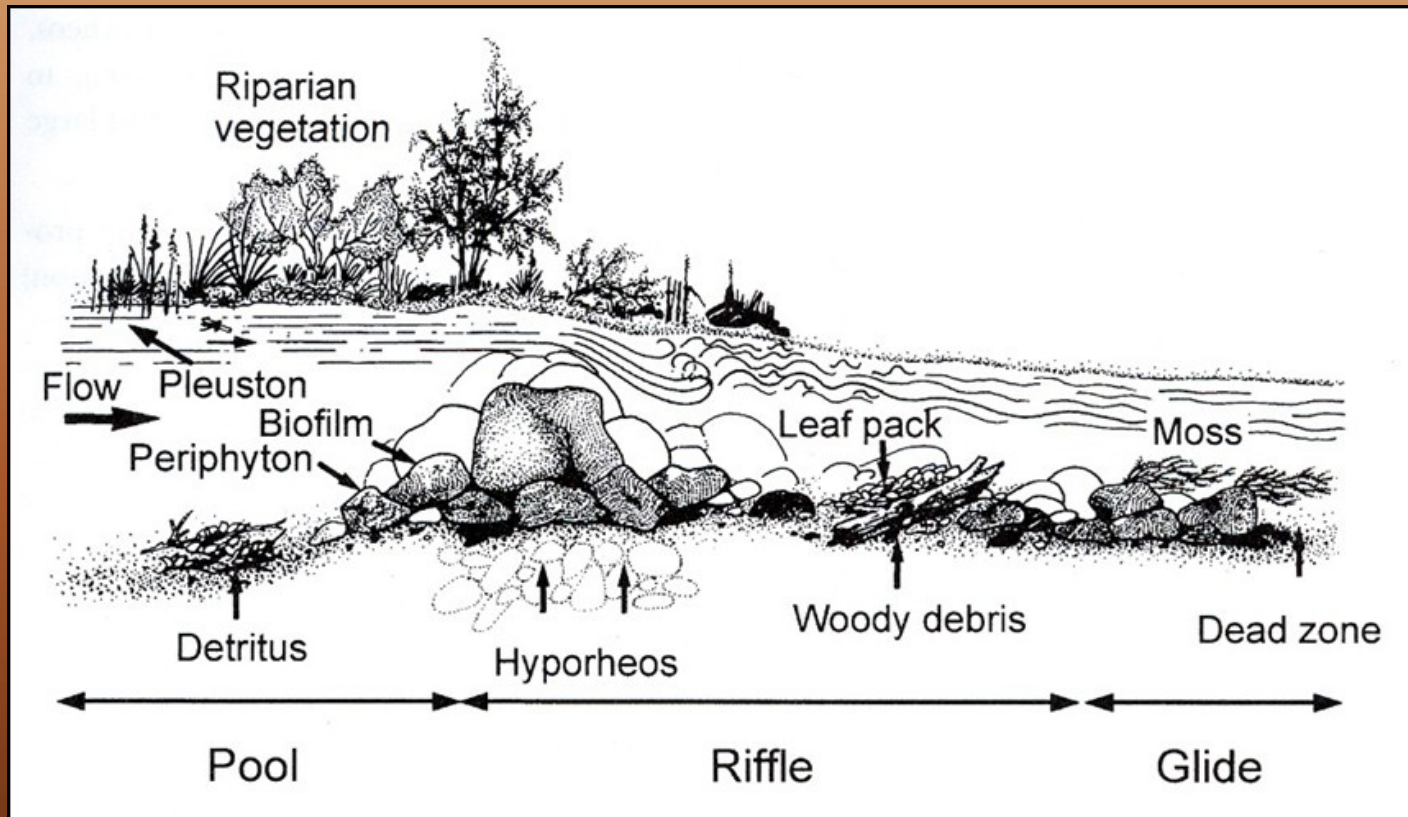
Využití celulózového testu (v terénních experimentech)



Řeky

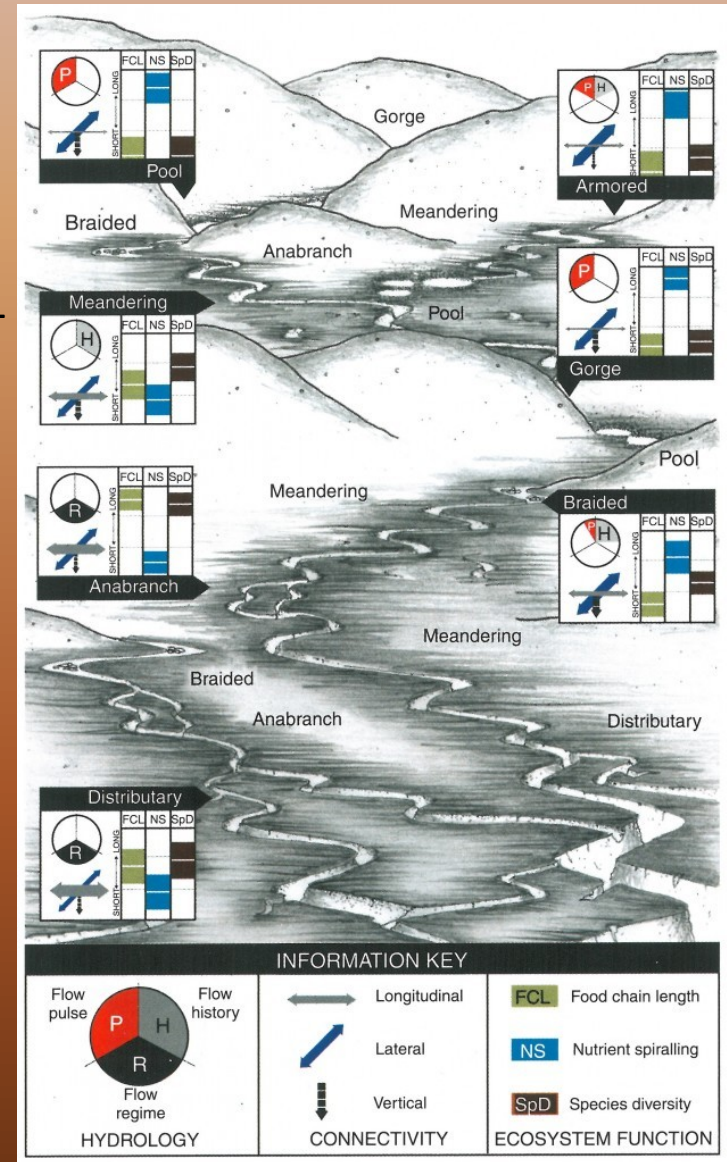
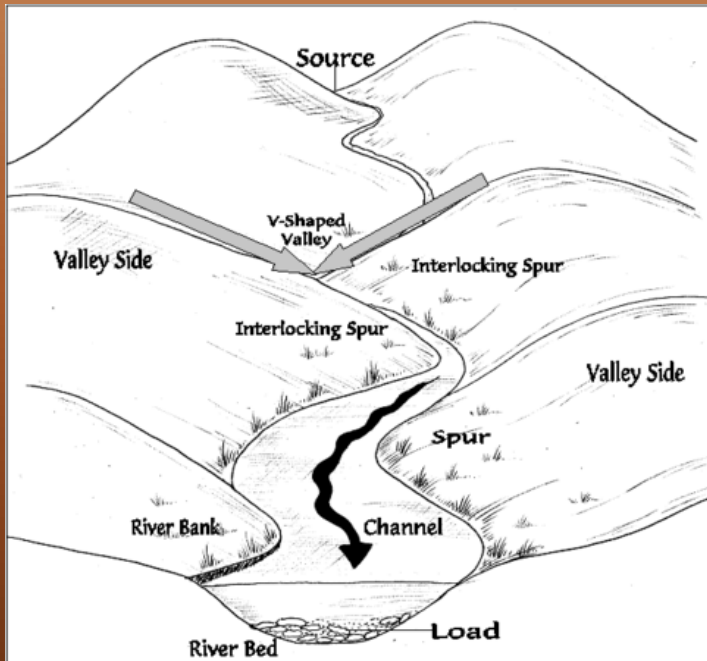
Rozdílné od jezer:

- tekoucí voda – zóny s rychlým proudem a tůně s menším pohybem (depozice sedimentů)
- vysoký stupeň propojení s litosférou břehů – transfer chemikálií z litosféry s dešťovou vodou a erozí z břehů

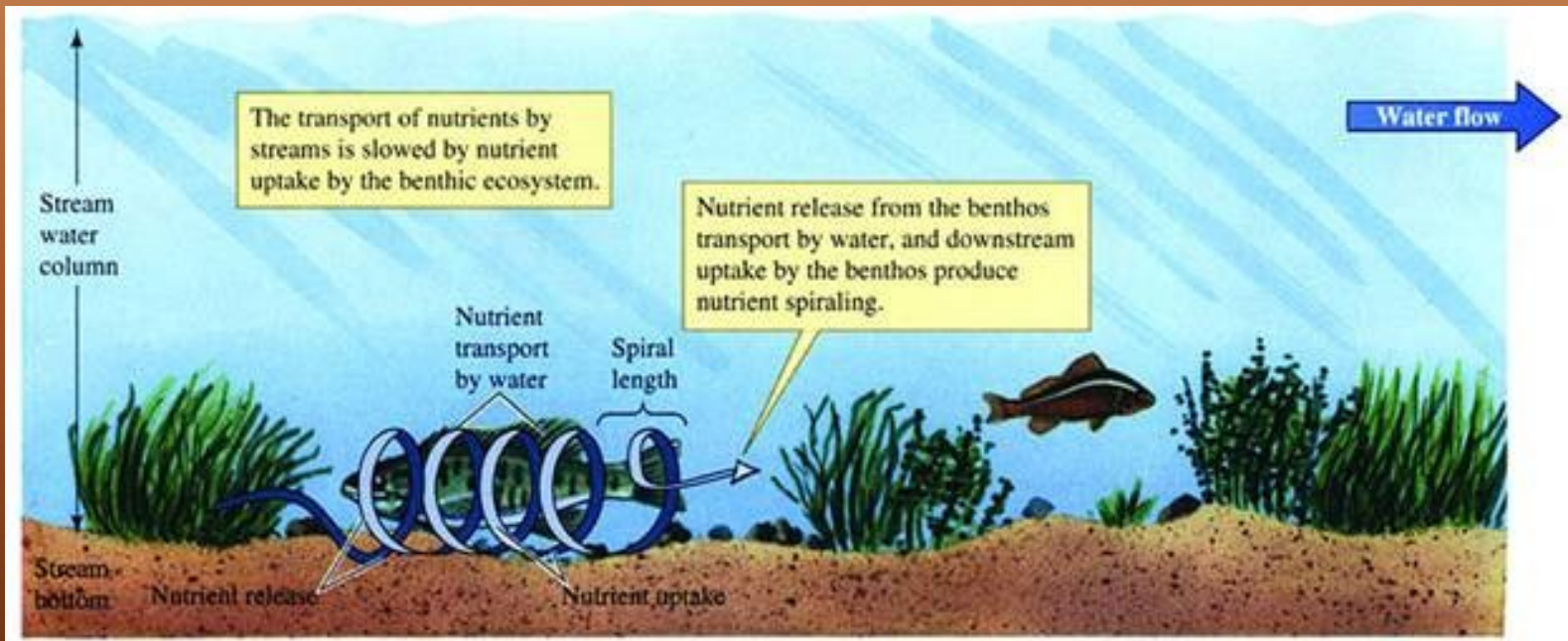


ŘÍČNÍ EKOSYSTÉM

- horní tok – rychlý, dost kyslíku, nízká teplota, zastínění stromy redukuje primární produkci a organický input je především z okolní litosféry
- střední tok – snížená rychlost proudu, vyšší teplota, méně zastíněné – výrazné zvýšení primární produkce
- spodní tok – vysoká úroveň ukládání sedimentů; vliv přílivu – odumírání sladkovodních mikroorganismů a jejich nahrazení sůl-tolerujícími organismy



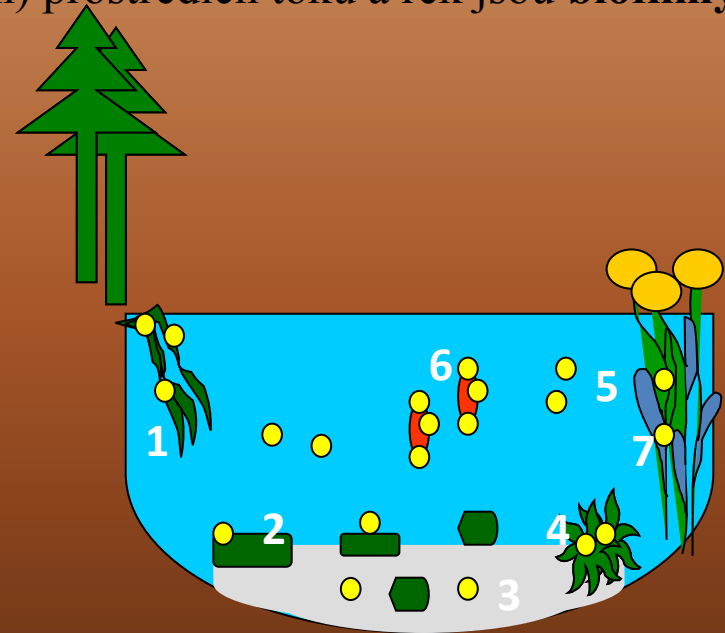
- většina mikrobů přichycené k povrchům
- rozpuštěné živiny jsou rychle absorbovány přisedlými organismy a uvolněny až po jejich smrti a rozkladu
- opět rychle absorbovány o něco níže – živiny se nepohybují s proudem vody ale mnohem pomaleji
- cyklus živin tedy ne na jednom místě, ale zahrnuje i transport po proudu dolů než je cyklus uzavřen – čili spíš spirála než cyklus – „**nutrient spiraling concept**“
- často se do řek dostane hodně látek z průmyslových podniků a měst
- z čističek se do řek může dostat dost organických látek a pak se velice sníží koncentrace kyslíku
- průmyslové odpady – toxické látky (těžké kovy)
- zemědělské vlivy – některé chemikálie toxické, jiné podporují eutrofizaci
- pak nekontrolované pomnožení mikroorganismů



Hlavní místa výskytu bakterií v tekoucích vodách

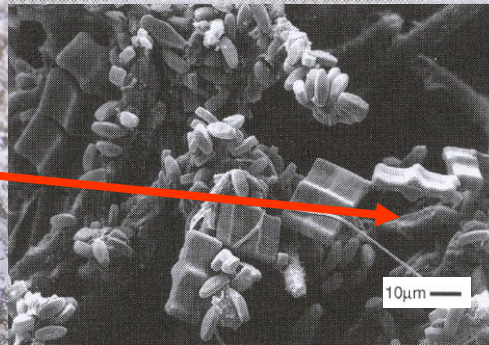
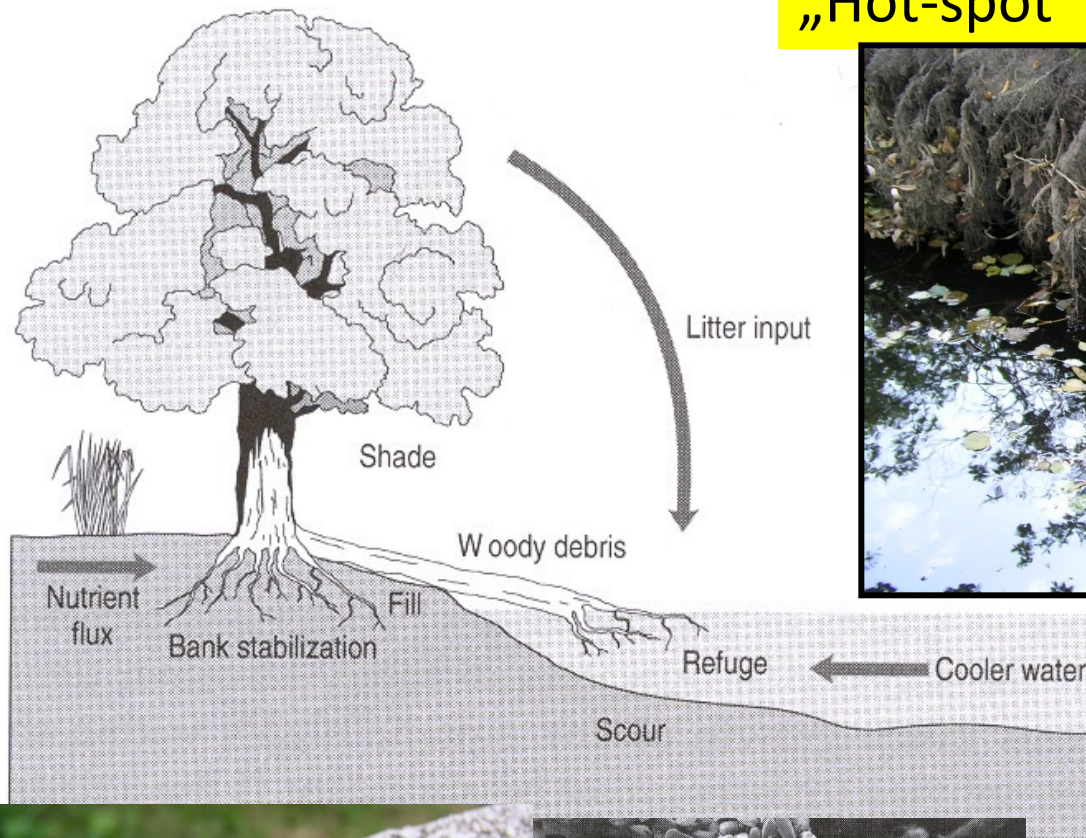
- fotosyntetické populace kolísají od 10^0 po 10^8 b./ml
- jako **přisedlá společenstva** spojená s biofilmy
- proudící charakter vodního sloupce
- **fytoplanktonní** (volně žijící) společenstva také existují v tocích
- kvůli konstantnímu pohybu vody nejsou **prostorově stabilní populace**
- skutečně stabilní populace v lotických (tekoucích) prostředích toků a řek jsou **biofilmy a sedimentární (bentické) společenstva**

1 – ponořené kořeny stromů; 2 – kameny na dně (epilitické bakterie);
3 – hyporheická zóna; 4 – uvolňující se listy; 5 – volně suspendované ve vodním sloupci; 6 – říční sníh; 7 – submerzní rostliny (**epifytické bakterie**)

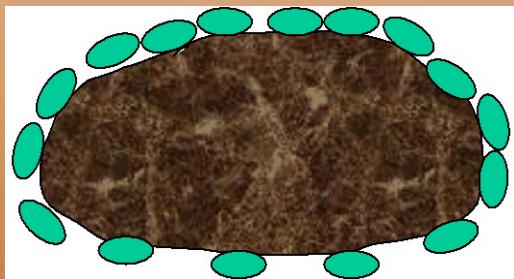


Přirozené biofilmy toků

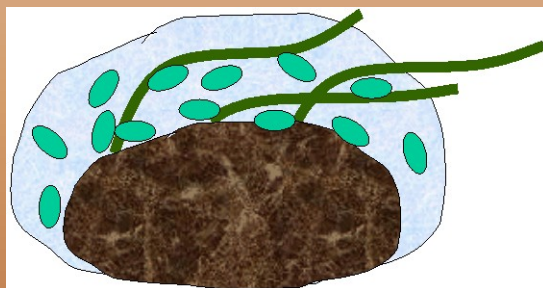
„Hot-spot“ říčního metabolismu



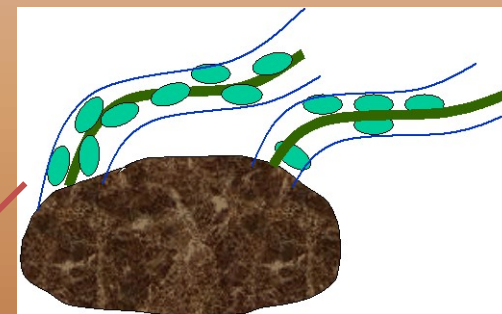
Různé způsoby přichycení epilitických bakterií



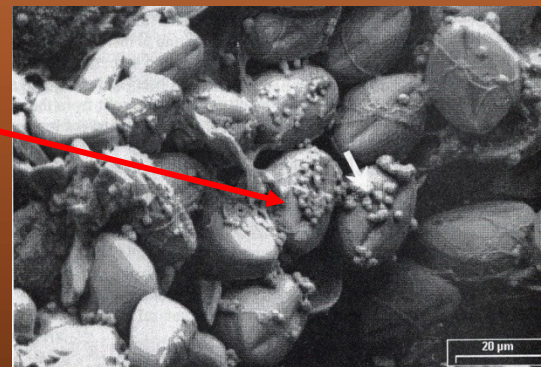
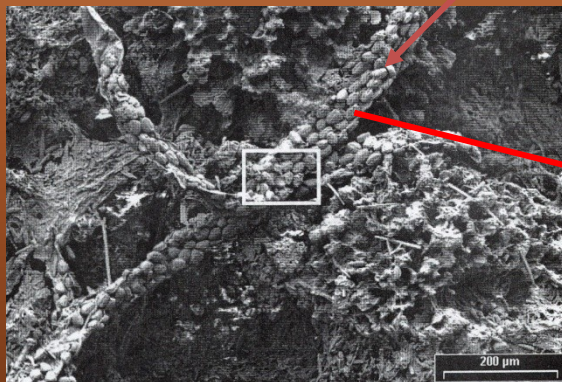
Tenký biofilm



Silný biofilm



Bakterie na řasách

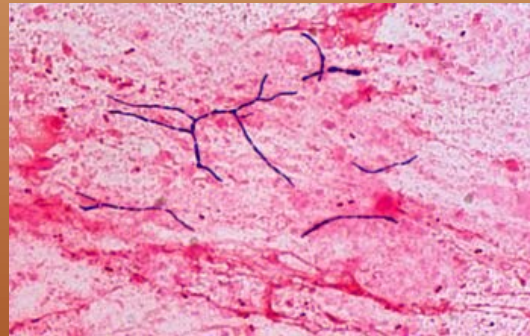
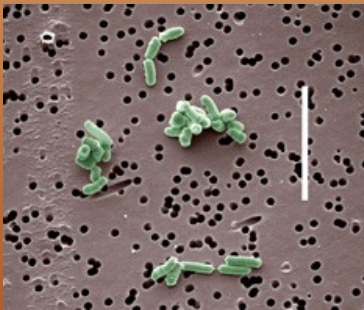


Složení a aktivita sladkovodních mikrobiálních komunit

- složení mikrobiálních komunit jezer více studováno než u řek
- dost podobností, ale řeky mají vždy více allochtonních mikrobů!

dále se budeme zabývat více jezery:

- nalezneme zde zástupce *Achromobacter*, *Flavobacterium*,
- *Brevibacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Nocardia*, *Streptomyces*, *Micromonospora*, *Cytophaga*, *Spirillum*, *Vibrio*



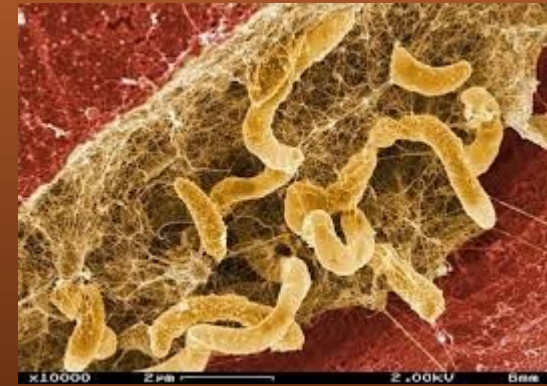
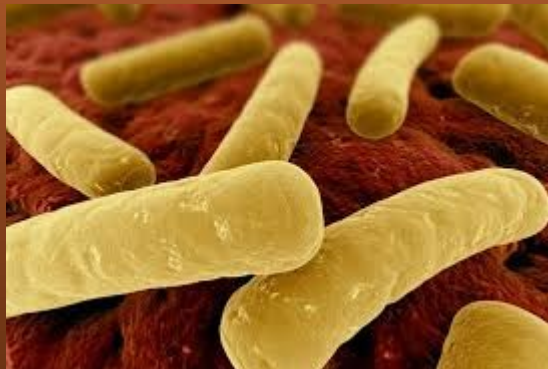
- na ponořených površích *Caulobacter*, *Hyphomicrobium*
- autotrofní bakterie - autochtonní – důležitá role v cyklu živin
- fotoautotrofní sinice / v anoxické zóně purpurové a zelené anaerobní fotosyntetické bakterie
- sinice *Microcystis*, *Anabaena* a *Aphanizomenon* mohou dominovat planktonu sladkovodních habitatů

Mikroorganismy v sedimentech

- obvykle se liší od organismů ve vodě nad sedimenty
- v mělkých rybnících a jezerech se na povrchu sedimentů nachází anaerobní fotosyntetické bakterie, často určují barvu těchto vodních ploch
- anaerobní respirátoři – *Pseudomonas* (denitrifikace)

- obligátně anaerobní bakterie zaujímají důležité niky
 - sporulující *Clostridium*
 - metanogenní bakterie produkující metan
 - *Desulfovibrio* produkující sirovodík

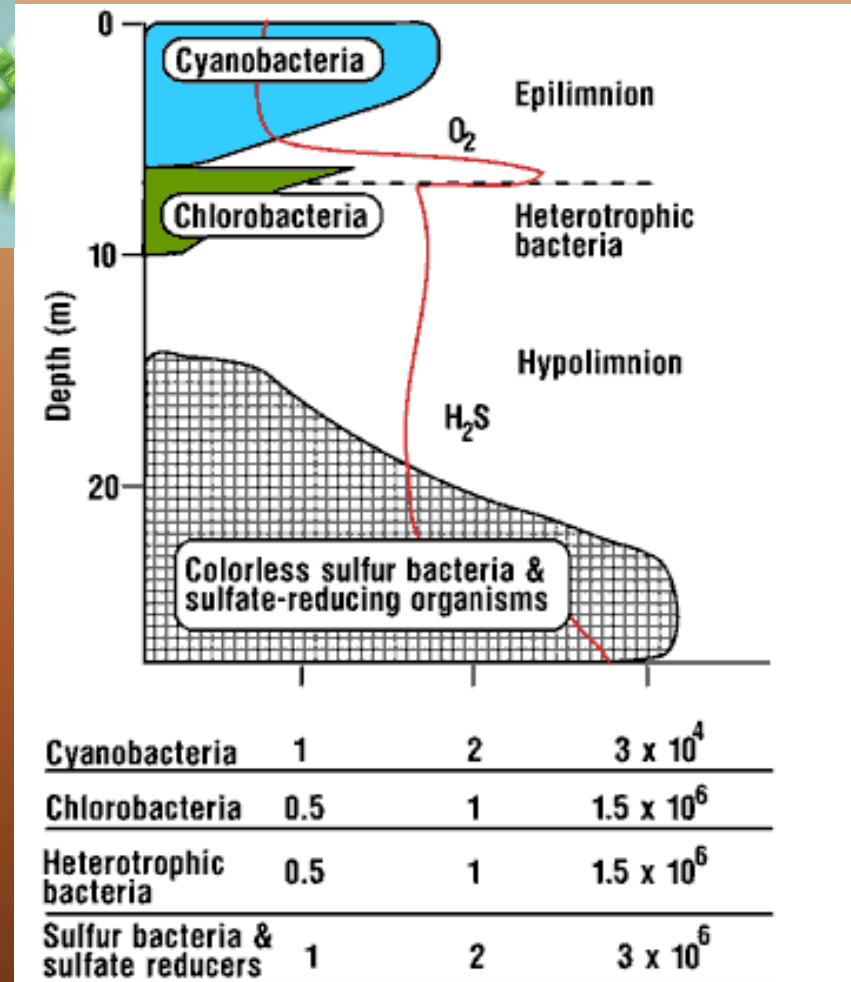
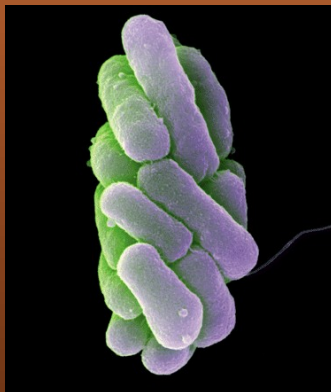
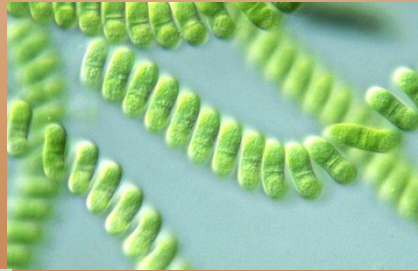
- houby se nachází na organických úlomcích na povrchu sedimentů – včetně celulolytických hub



- „vodní květ“ sinic – často spojené s přítokem živin z odpadních vod nebo hnojiv – může být masivní
- vláknité sinice mohou tvořit slizké povrchové chomáče nadnášené bublinami kyslíku z jejich fotosyntézy
- kromě jiných problémů spojených s vodním květem, mohou sinice (*Anabaena*, *Microcystis*) produkovat neurotoxické peptidy a alkaloidy – i úhyn zvířat
- chemolitotrofní bakterie mají významnou roli v cyklech N, S a Fe – *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Thiobacillus*



- významné rozdíly ve vertikální distribuci bakteriálních populací v jezerech
- rozdíly odráží variace v biotických parametrech jako je pronikání světla, teplota, kyslík

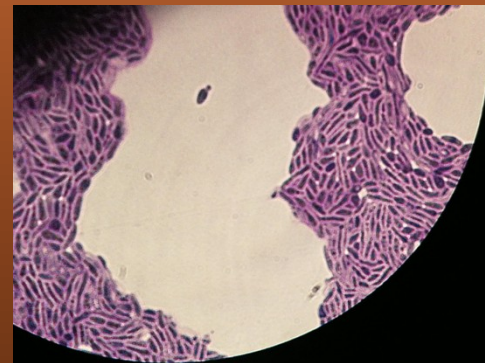
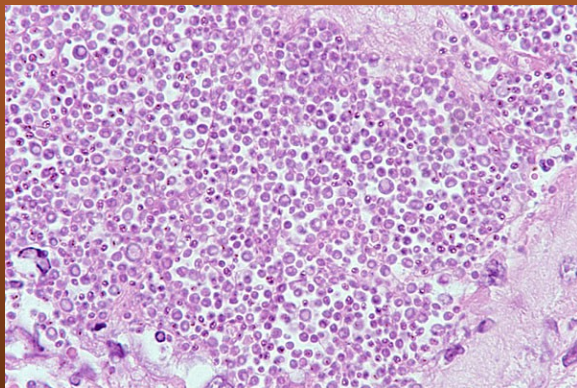


- *autochtonní* organismy povrchu vody mohou být *alochtonní* v hlubších vrstvách
- sinice jsou typické pro povrchové vrstvy vody s dostatkem světla - pokud sedimentují pod kompenzační hloubku, nejsou schopné konkurovat ostatním mikrobům – jsou zde allochtonní
- fotoautorofní členové *Chlorobiaceae* a *Chromatiaceae* jsou autochtonní ve větších hloubkách, kde je nižší tenze kyslíku a dostatek sirovodíku a stále ještě dostatečný průnik světla
- *Rhodospirillaceae* spoléhají na redukované organické donory elektronů místo sirovodíku
- heterotrofní bakteriální populace jsou rozšířené přes vertikální sloupec, ale obvykle dosahují maximum nedaleko termokliny a nedaleko dna jezera, kde je dostatečně vysoká koncentrace organických látek



Mikromycety v jezerech

- jezera se liší co do druhů přítomných hub
- dle přístupného organického substrátu
- dle organismů (flóry a fauny), které mohou být atakovány houbovými parazity
- mnohé houby ve vodním prostředí jsou spojené s cizí organickou hmotou – alochtonní členové společenstev
- na dřevě mrtvých rostlinách často askomycety a houby nedokonalé
- po degradaci rostlinného materiálu zmizí i houby a nahrazeny novými s příchodem nového organického materiálu
- kvasinky – slabě fermentující členové *Torulopsis*, *Candida*, *Rhodotorula*, *Cryptococcus*



Protozoa

- protozoa se živí (pasou) na fytoplanktonu a bakteriích ve vodním prostředí
- fagotrofní bičíkovci (schopné fagocytózy – živí se pevnou potravou) jsou obzvláště významní konzumenti bakteriálních populací
- amoeboidní, řasnatá a bičíkatá protozoa se nacházejí ve vodních tocích a jezerech: *Paramecium* (trepka), *Didinium*, *Vorticella*, *Stentor*, *Amoeba*
- bičíkatý *Bodo* je častý ve znečištěných vodách s nedostatkem kyslíku

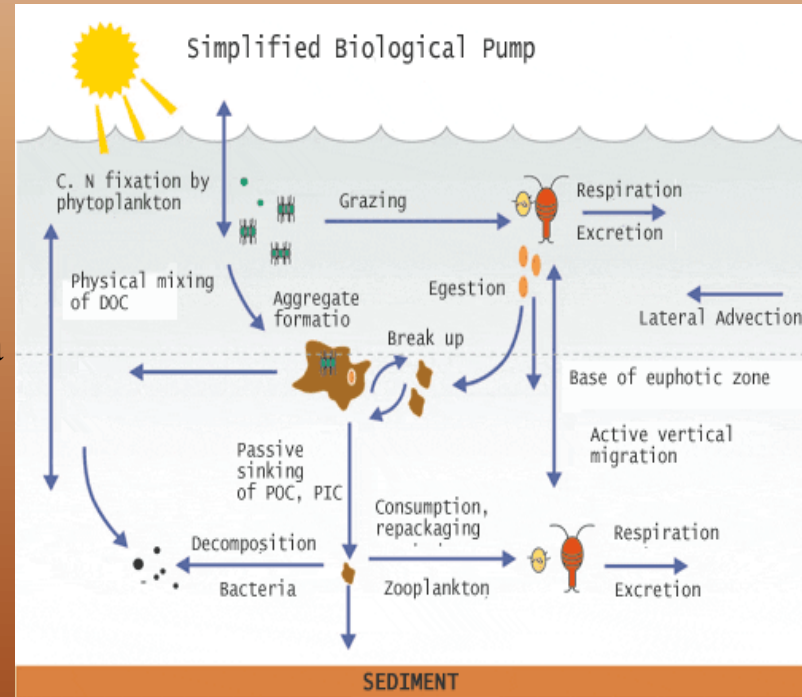


Alochtonní mikroorganismy v jezerech

- vedle autochtonních mikrobiálních populací je zde i mnoho alochtonních mikrobů - eroze a smyv z půdy, s spadnými listy, s městskými odpadními vodami
- heterotrofní populace je vysoká v oblasti , kde je přísun organických látek, pak ale s úbytkem organických látek ubývá i mikroorganismů rozkládajících tyto látky
- alochtonní mikrobi zmizí během krátké doby – jsou zkonsumováni autochtonními mikroby
- díky četným zdrojům alochtonních mikrobů mikrobi nacházení ve vodě často připomínají terestriální formy

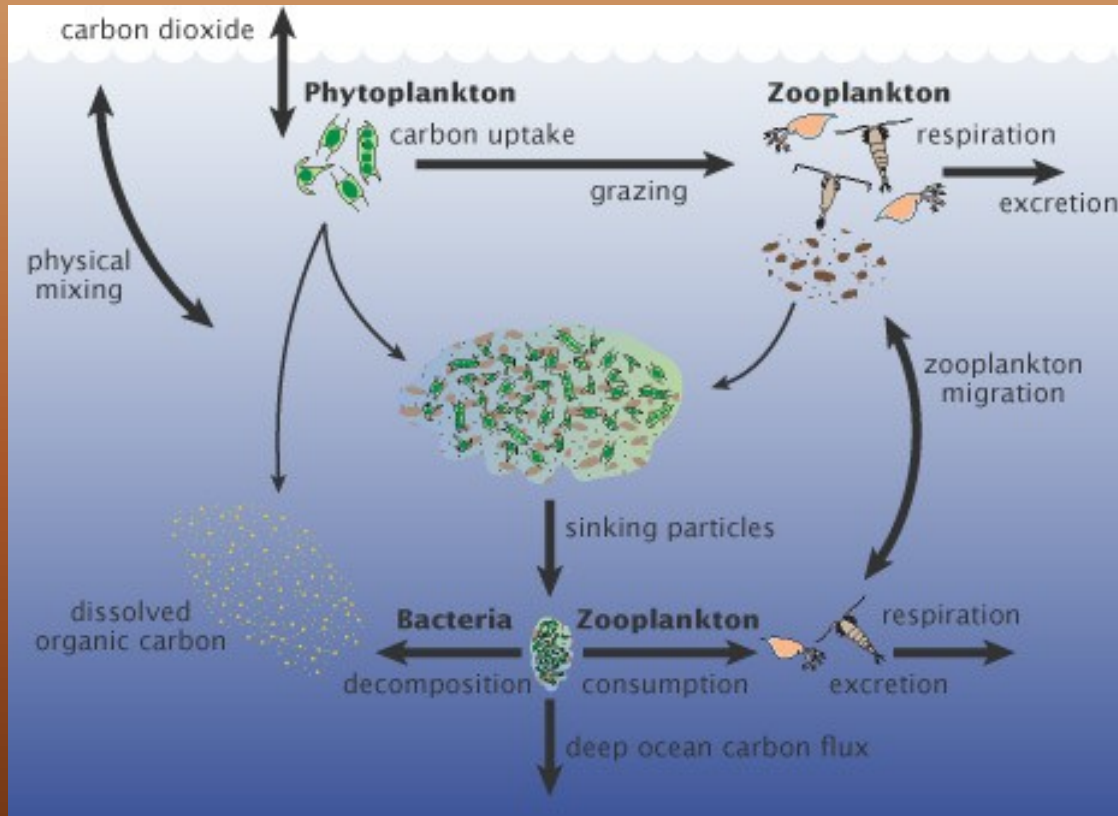
Produktivita jezer

- mikrobi – zásadní role v produktivitě jezer a transformaci organických látek v jezerech
- intenzita jejich metabolické aktivity je variabilní – sezónní i časové změny
- vyšší produktivita v eutrofizovaných prostředích
- v létě vyšší produktivita i vyšší intenzita obratu živin
- využití DOM a schopnost bakterií využívat i nízké koncentrace DOM a DOC (rozpuštěná organická hmota a uhlík) je důležitá zvláště v oligotrofních jezerech
- tak se dostane DOC do potravního řetězce
- a podpoří růst vyšších organismů
- nízké koncentrace živin (méně než 5 ug/l)
- bakteriální pikoplankton ve výhodě – rychlejší obrat živin
- při vyšších koncentracích důležitější eukaryotický pikoplankton (řasy)
- nízké pH podporuje opět eukaryotický pikoplankton



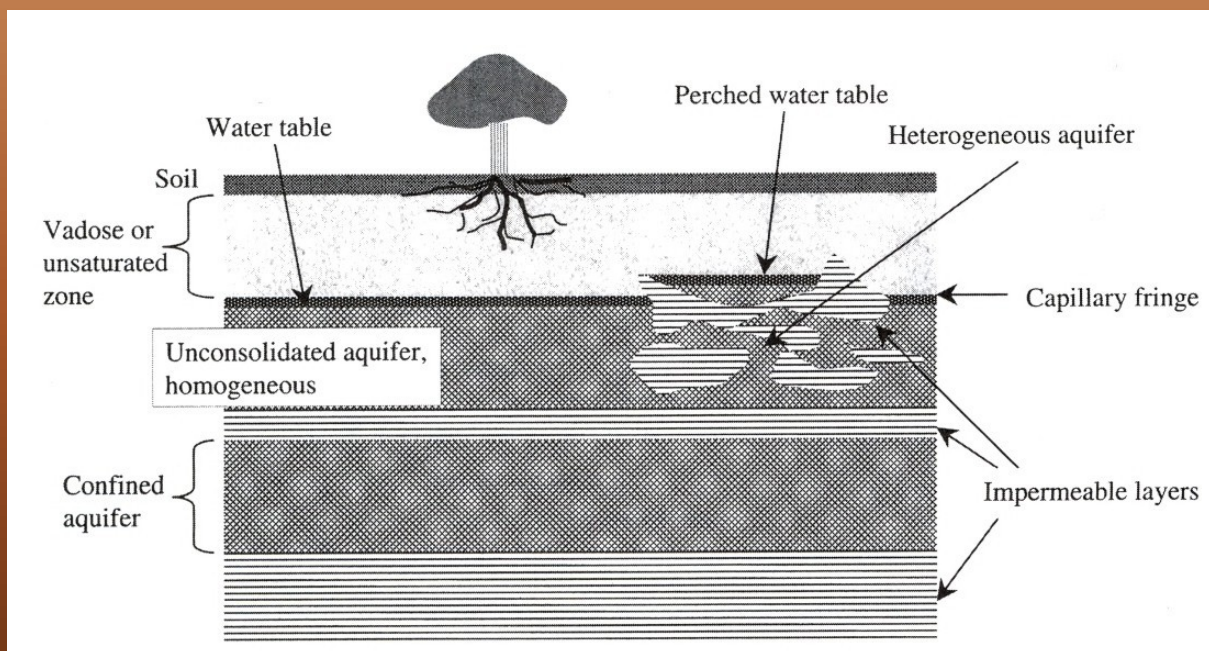
Produktivita jezer – pokr

- houby a bakterie ve sladkovodních systémech zodpovědné za rozklad allochtonní organické hmoty
- mikroorganismy jsou prvními kolonizátory částic detritu, začínají potravní řetězec - výsledkem je recyklace organických živin detritu v ekosystému
- mikroorganismy transformují allochtonní organický C do uhlíku buněčné biomasy autochtonních členů sladkovodního systému
- podobně to platí i u dalších prvků
- význam **mikrobiální smyčky**



Podzemní vody

- hluboké zvodnělé vrstvy, hlouběji než 300 m
 - extrémně nízkou míra průtoku (metry za století) , obvykle anaerobní
 - nejsou přímo plněny vlivem povrchových srážek
 - **mikroorganismy jsou jediní obyvatelé těchto prostředí**
 - **bakterie jsou dominantním typem přítomných mikrobů**
-
- většina bakteriálních populací **přisedlá nebo suspendovaná**
-
- **aktivita je v těchto zvodnělých vrstvách nižší než v ostatních vodních prostředích**
 - kvůli nízké úrovni živin

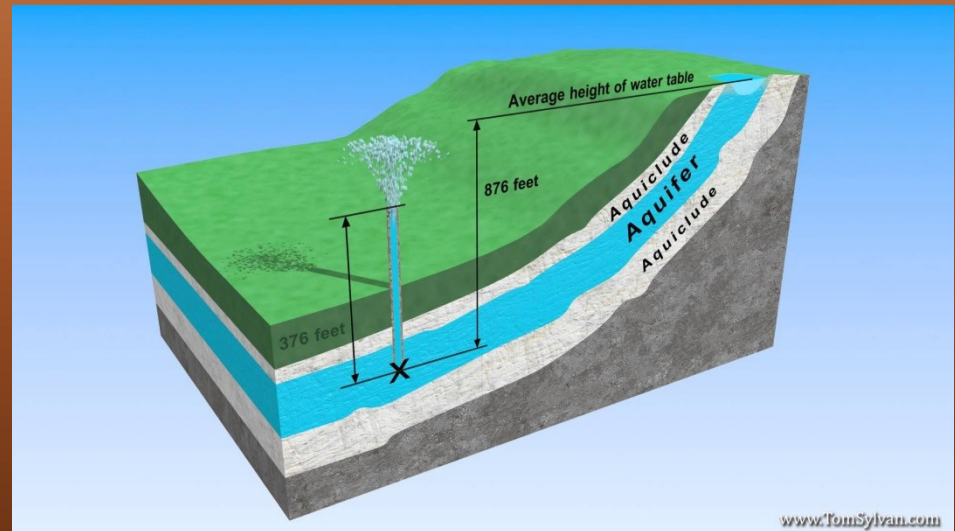


Různé podpovrchové prostředí

Mikrobi v aquiferní vodě

- artézské studně – voda vytéká pod tlakem, což umožní vypláchnutí vrtu před odběrem vzorku
- mnoho mikrobů získáno z vod více než 10.000 let starých
- není vyřešena otázka, na jakých zdrojích energie a živin zde přežívají – často zde až 10^6 - 10^8 /ml
- většinou heterotrofové – organický C se zde může vyskytovat - plynné a jiné rozpuštěné organické látky se sem mohou dostávat do aquiferů z fosilního plynu, ropy, nebo ložisek lignitu
- spodní voda reaguje s redukčními bazaltickými horninami za vzniku vodíku – ten podporoval metanogenní komunity

Btw... aquifer není tvořen volným prostorem naplněným vodou, ale horninou, která je propustná a pórovitá →



ekologické funkce mikroorganismů ve sladkovodních systémech:

- rozklad mrtvé organické hmoty, uvolnění minerálních živin pro primární produkci
- asimilace a znovuzavedení DOM do potravního řetězce
- koloběh minerálů
- přispívají k primární produkci
- slouží jako potrava pro další organismy (grazers)
- ve velkých hlubokých jezerech , kde je většina dna disphotická (špatně osvětlená), jsou mikroorganismy planktonu principiální primární producenti

LIDSKÉ UMĚLÉ EKOSYSÉMY

Odpadní voda čistíren odpadních vod



Pitná voda úpravny pitné vody



Bakterie v pitných vodách

Základem mikrobiologického vyšetřování pitných vod je sledování výskytu bakterií, které indikují obecné a fekální znečištění vody.

**indikátory obecného
znečištění vod**
(organotrofní mezofilní
a psychofilní b.)

**indikátory fekálního
znečištění vod**
(koliformní b., enterokoky,
anaerobní klostridia)

**patogenní a podmíněně
patogenní bakterie**
(onemocnění lid a zvířat)

baktérie tzv. funkčních skupin
(železité, manganové)

Problémy v technologii

Mikromycety

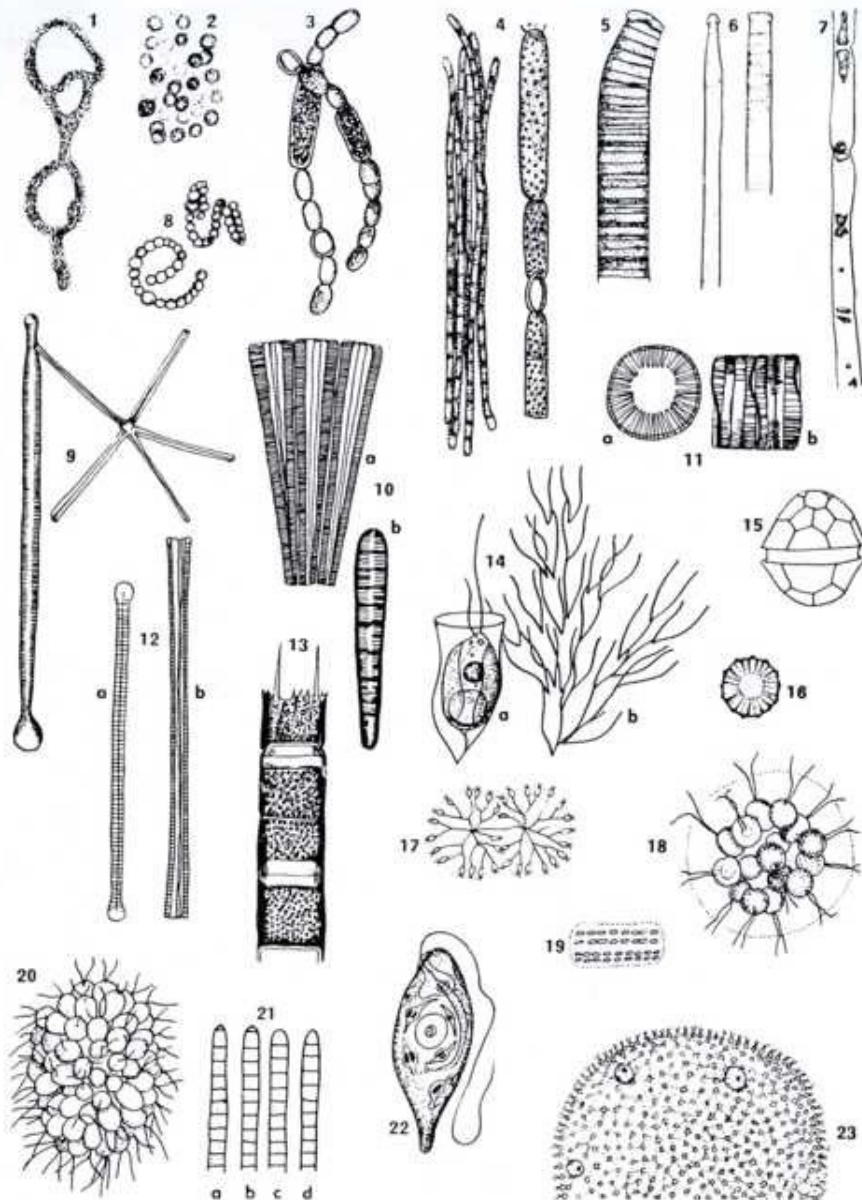
Z **vláknitých mikromycet** byly nejčastěji a v relativně největším množství izolovány druhy rodu *Penicillium*, *Cladosporium* a *Trichoderma*, zástupci rodů *Alternaria*, *Aspergillus*, *Aureobasidium*, *Fusarium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Paecilomyces*, *Rhizopus* a *Verticillium*.

Z **kvasinek** se v pitných vodách nejčastěji vyskytují zástupci rodů *Rhodotorula* a *Candida*. Jejich patogenita pro člověka je sporná, jejich velký výskyt v pitné vodě každopádně zhoršuje její kvalitu tím, že se zvýší podíl organických látek a dále se jejich biomasa může substrátem pro rozvoj dalších mikroorganismů.

Při velkém výskytu spor penicillioz může být jejich inhalace (rovněž u rodu *Aspergillus*, *Alternaria*, *Rhizopus*) jednou z příčin onemocnění dýchacího systému (chronické bronchiální katary, bronchopneumonie). Některá penicillia mohou být dále původci zánětu zvukovodů, některé druhy ostatních shora jmenovaných rodů jsou známy jako původci nebezpečných mykóz nebo jako producenti mykotoxinů.

Představitelé rodu *Candida* vyvolávají četná onemocnění lidí, především kůže, nehtů, dýchacího, zažívacího a urogenitálního systému

Řasy způsobující pachové závady pitné vody



Rybí pach, typický pro vodní květy a řasy obývající příbřežní pás (*Pandorina*, *Volvox*, *Gonium*, *Eudorina*, *Mallomonas*, *Euglena*, *Ceratium*, *Tribonema*), se připisuje různým aminům. Bylo zjištěno, že každý druh řasy produkuje charakteristické aminy. Výskyt aminů z hlediska škodlivosti (organoleptické vlastnosti) je hygienicky významný, neboť aminy jsou fyziologicky velmi účinné látky

400 až 800 buněk *Asterionella formosa* vyvolá zemitoaromatický pach vody, do 1600 jedinců v 1 ml vody vyvolá aromatický pach po kakostu (pelargóniích) a masový výskyt vede k odpornému rybímu zápachu

Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity

A. Mikrobiologické a biologické ukazatele

č.	ukazatel	jednotka	limit	typ limitu	Vysvětlivky
1	<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100 ml	0	MH	1
2	enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
3	<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100 ml	0	NMH	
		KTJ/250 ml	0	NMH	2
4	koliformní bakterie	KTJ/100 ml	0	MH	
5	mikroskopický obraz – abioseston	%	10	MH	3, 4
6	mikroskopický obraz – počet organismů	jedinci/ml	50	MH	3, 4
7	mikroskopický obraz - živé organismy	jedinci/ml	0	MH	3, 5
8	počty kolonií při 22 °C	KTJ/ml	200	MH	6
		KTJ/ml	500	NMH	2
9	počty kolonií při 36 °C	KTJ/ml	100	MH	7
		KTJ/ml	20	NMH	2
10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	KTJ/250 ml	0	NMH	2

SEKUNDÁRNÍ ČIŠTĚNÍ

Skrápěné biofiltry



směsná kultura v
biofilmových reaktorech

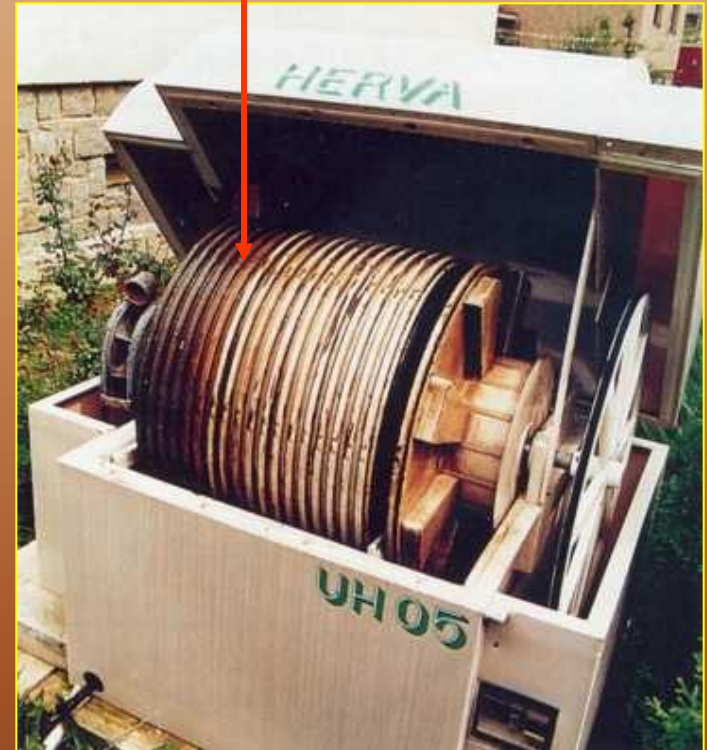
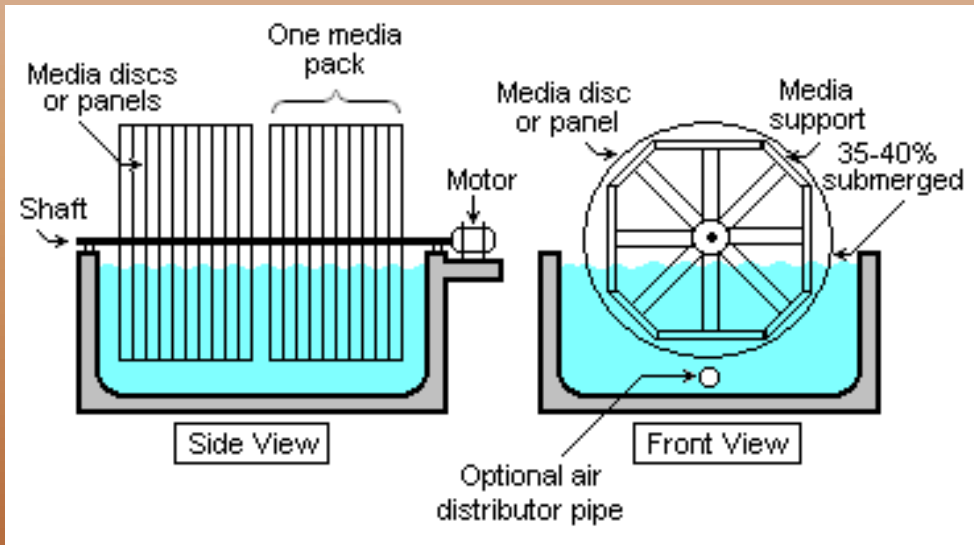


Povrchová blána

Rotační biodisky (biodiskové reaktory)



princip skrápěných biofiltrů = přisedlé biofilmové společenstvo

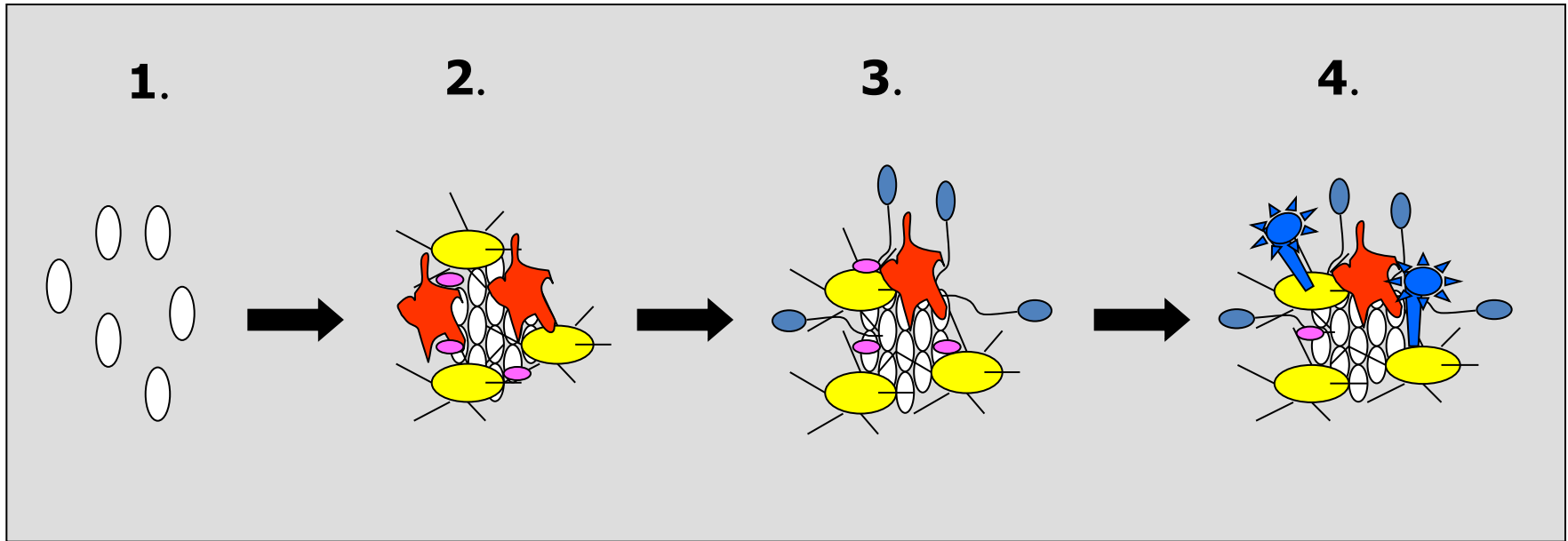


Aktivace

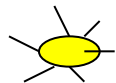


Aerobní čištění směsnou kulturou ve vzosu

Fáze vzniku vločky aktivovaného kalu



○ bakterie



Volně žijící nálevníci



stopkatí nálevníci

● bezbarví bičíkovci

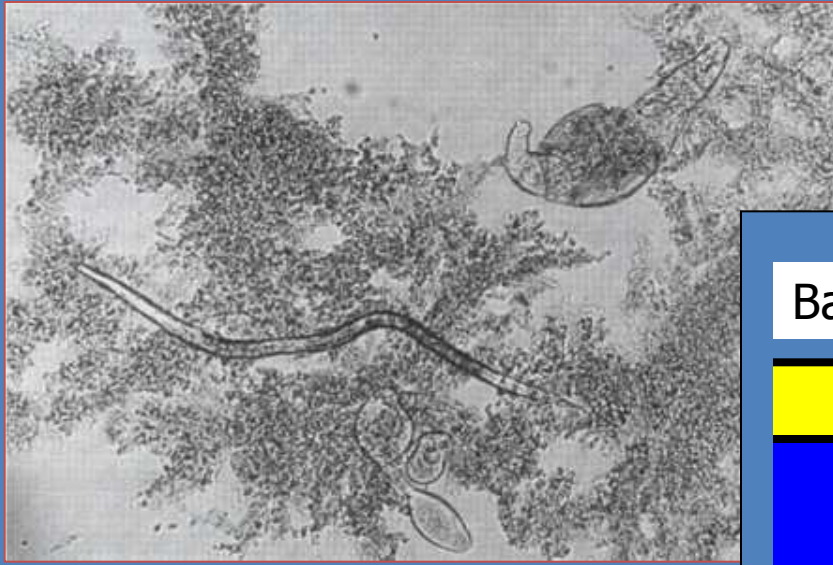


měňavky



vířníci

Typická vložka aktivovaného kalu



Bytnění kalu
= velký objem pro usazení



Nadměrný rozvoj vláknitých organismů (*Sphaerotilus* apod.)

Bakteriální rody vyskytující se v aktivovaném kalu

Dominantní rody

Akcesorické rody

Zooglea

Aeromonas

Pseudomonas

Aerobacter

Commomonas

Micrococcus

Flavobacterium

Spirillum

Alcaligenes

Acinetobacter

Brevibacterium

Gluconobacter

Bacillus

Cytophaga

Achromobacr

Hyphomicrobium

Corynebacterium

Sphaerotilus

Děkuji za pozornost!



