

## Mikrobiální ekologie vody

### 7. Mikroorganismy a mikrobiální procesy v různých typech vodních systémů



PřFUK Katedra ekologie  
Josef K. Fuksa, VÚV T.G.M.  
josef\_fuksa@vuv.cz

© JKF 2008

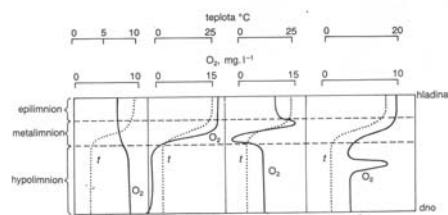
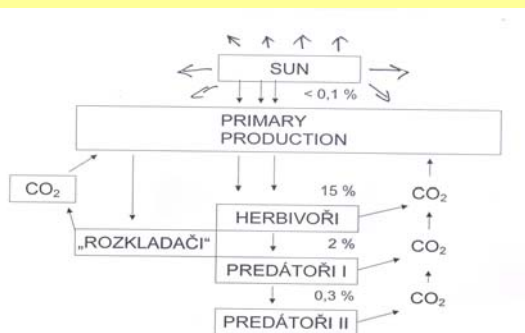
## Vodní systémy:

- Jezera a nádrže.
- Mělké a malé nádrže a rybníky.
- Tekoucí vody.
- Podzemní vody.
- Umělé: Kanalizace a ČOV.
- Umělé: Pitná voda, úpravny, rozvody.

## Jezera:

- Vertikální stratifikace + sezónní cyklus.
- Produkce + sedimentace.
- Epilimnion,
- Metalimnion, kyslíkové minimum
- Hypolimnion.
- Marine snow.
- **Sedimenty:**
- Respirace a anaerobní procesy.
- Ventilace zoobenthosem.

## Kde jsou tady bakterie??? Všude.



12. Příklad vertikální distribuce rozpustitelného  $O_2$  v různých typech vod: A ortográdní křivka typická pro neproduktivní jezero; B klimográdní křivka charakteristická pro produktivní nádrže; C pozitivně a negativně heterográdní křivka ilustrující soustředění fotosyntetizujících řas na horní hranici skočné vrstvy (vzrůstá obsah  $O_2$ ) a zvýšenou respiraci ve spodní části termokliny na hranici meta- a hypolimnionu (metalimničné minimum  $O_2$ ); D anomální křivka způsobená příchodem studené vody s vysokým obsahem rozpustitelného  $O_2$ , která se „nasouvá“ do hypolimničné vrstvy v souladu se stratifikační hustoty vody v nádrži (podle Goldmana et Horneho, 1983)

## Děje v epilimniu:

- Primární produkce fytoplanktonu.
- Utilizace PP:
- EPP – odbouratelné, resistantní, denní cyklus.
- Buňky poškozené zooplanktonem (sloppy feeding, skatologie).
- Odumírající buňky.
- Odumřelé buňky.
- Vyžírání – tlak na velikostní skupiny, vločky, konsorcia atd.

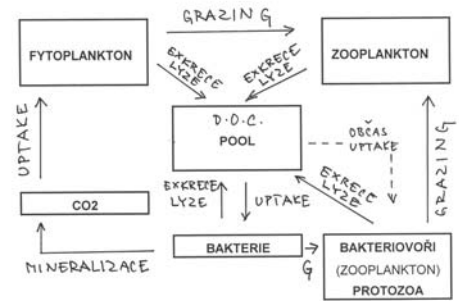
## Konsorcia, vločky, marine snow

- Metabolické výhody.
- Sedimentace.
- Úloha v suspension feeding (LINK).
- Ochrana před vyžíráním (prvky?).
- Ochrana před fágů.

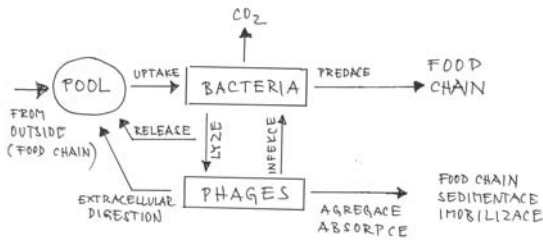
### Subsystémy v planktonu

- – střevo planktonů : fermentor >> pellets vs. clouds (link or sink).
- -- vločky >> denitrifikace.

## Interakce v planktonu:



## Interakce v planktonu:



## Bakterioplankton vs. fytoplankton:

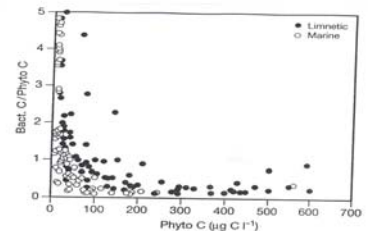


Figure 22-6 The relative importance of bacterial organic carbon (Bact. C) to phytoplankton carbon (Phyto. C) in freshwater and marine systems of increasing trophic state (phytoplankton biomass). (After Simon et al. 1982.)

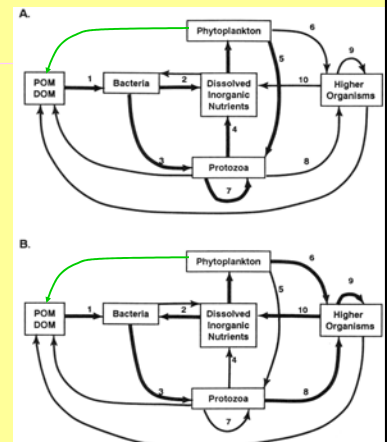
## Mikrobiální smyčka - SINK

- Absence predátorů, filtrátorů atd.
- PP (+ živiny!!) je recyklována mezi fytoplanktonem, bakterioplanktonem a prvky.
- Běžná situace v sezónním cyklu, v oligotrofních jezerech.
- Ideální pro studium vztahů v bakterioplanktonu.

## Mikroorganismy v potravní síti

„smyčka“ – SINK  
„microbial loop“  
= regenerace živin pro PP

„článek“ – LINK  
allochtonní DOC je transformován pro vyšší úroveň



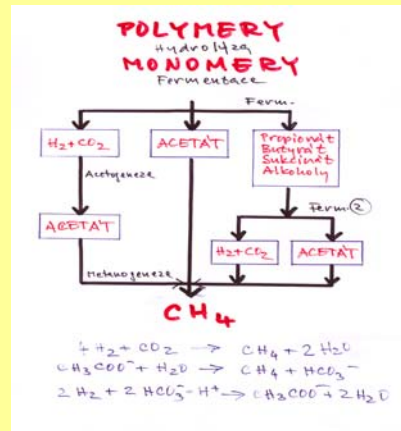
## Sedimentace a sedimenty:

### Stratifikace:

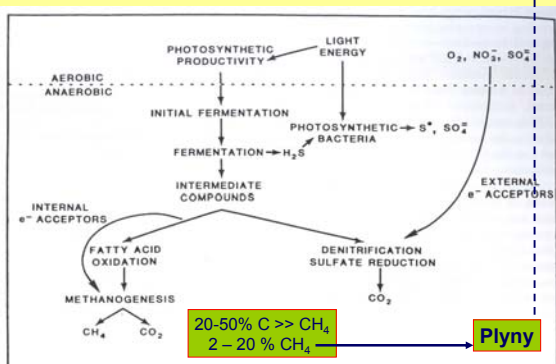
- Hypolimniem sedimentuje již dosti degradovaný/resistentní POC.
- Směrem ke dnu obecně klesá konc.  $O_2$ .
- Respirace nitrátu, sulfátu.

### V sedimentu:

- Fermentace, metabolismus C 1 sloučenin, metanogeneze, metanotrofie, metylotrofie.
- Větrání sedimentu – benthos, ryby, **bulbiny**.



## Procesy v sedimentu:



## Jezera a další stojaté vody:

**Oligotrofní** a horská jezera – externí zdroj C-org.: prach, pyl atd.

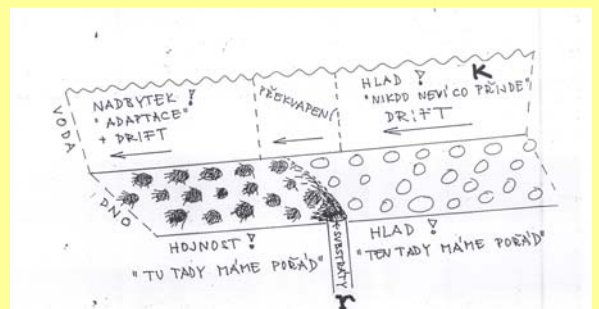
**Rybníky:** mělké, nestratifikované

- Resuspendace sedimentu (vítr, ryby).
- Vysoká produkce > anaerobní sedimenty > Clostridium, redukce kovů, sírníky.
- Regulace rybí obsádkou.
- Clear water, microbial loop.
- „Biologické rybníky“.

## Toky – tekoucí vody:

- Stálý pohyb downstream.
- Růstová rychlost vs. drift.
- Přisedlý růst a spiralling.
- Zdroje C-org.: Autochtonní, alochtonní, znečištění.
- Reakce na přísun substrátu: drift vs. přisedlá složka.

## Jednoduchý pohled – adaptace vs. drift, přisedlá a driftující složka

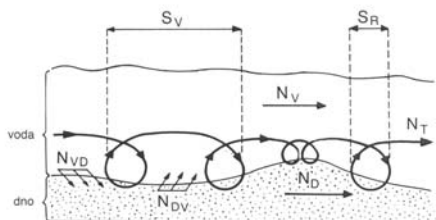


Jak se ubránit zničení v driftu – jedine přisedlým růstem !

## Spiralling Kubiček

$$S = \frac{N_T}{(N_{VD} \cdot \delta)}$$

kde  $N_T$  = celkový přenos látky (živiny) tokem ( $g \cdot s^{-1}$ ),  $N_{VD}$  = přestup rozpuštěné látky z vody do dna ( $g \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ),  $\delta$  = šířka toku (m). Ukazatel  $N_{DV}$  představuje výstup rozpuštěných látek ze dna do vody a za rovnovážného stavu toku je roven  $N_{VD}$ .



35. Schéma průběhu látkového koloběhu v řekách podle spirální koncepce. Blíže vysvětlení je v textu (Žadin, 1940; Newbold a kol., 1982, kombinováno a upraveno)

## Spiralling (Newbold):

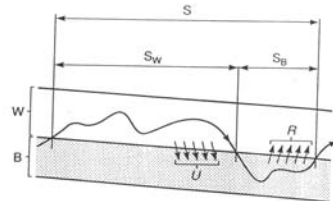
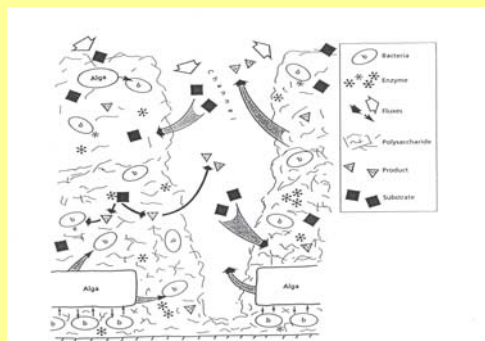


FIGURE 13.5 Two-compartment nutrient spiralling model. The spiraling length  $S$  is the average distance a nutrient atom, such as phosphorus, travels downstream during one cycle. A cycle begins with the availability of the nutrient atom in the water column, includes its distance of transport in the water ( $S_w$ ) until its uptake ( $U$ ) and assimilation by the biota, and whatever additional distance the atom travels downstream within the biota ( $S_b$ ) until that atom is eventually re-mineralized and released. (Modified from Newbold, 1992)

## Biofilm jako habitat:

Polymer tvoří > 80 % Corg



## Biofilm – struktura a funkce/kontrola

### Regulace „biomasy“ na jednotku plochy:

- Koncentrace substrátů ve vodě.
- Rychlost proudění.
- Podklady – struktura dna.
- Teplota.
- Hloubka.
- Činnost ožiračů (grazers).

### Pro Bakterie:

- Ochrana před driftem.
- Adaptace společenstva.
- Genové transfery.
- Diversita – konsorcia.

## Podélný profil a zdroje C-org., RRC:

- PP upstream,
- Transformace
- CPOM > FPOM
- Potravní skupiny
- Délka = Stream Order

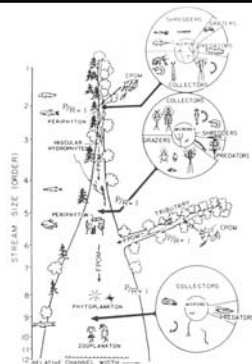


FIG. 1. A proposed relationship between stream size and the progressive shift in structural and functional attributes of lotic communities. See text for fuller explanation.

## Koncepty toků:

- Zonální koncept – Frič, Illies : fyzikální.
- River Continuum : Potravní skupiny benthosu, produkce C-org. jen na horním toku, pak CPOM >> FPOM atd.
- Další kombinují zdroje C podél toku a v nivě, fyzikální podmínky (habitat), sezónní cyklus atd.
- Balance produkce a utilizace (destrukce) uhlíku je vždy otevřená.
- Modely a mechanismy pro střední toky nelze transformovat na malé a velké.

## Kontrola bakteriální aktivity:

- Substráty.
- Akceptory.
- **Habitat:**
  - proudění,
  - členitost a drsnost koryta,
  - délka trati/doba dotoku,
  - interakce s nivou,
  - interakce, vyžírání.





Zdroj C-org.:

- PP v korytě (biofilm).
- PP externí – spad.

Sezónní rozdíly:

- Spad / PP.
- Zastínění: Listí, sněh.
- Teplota.
- Průtok.
- Cykly živoků.



Toky jako habitat bakterií a spol.

- **Stálý pohyb po proudu:** Transport látek (advekce) vs. přisedlý/suspendovaný „život“.
- **Spirální efekt:** Propojení s „dnem“, hyporheálem a nivou. Význam SE klesá s rostoucím řádem toku a s antropogenní degradací koryta a nivou.
- **Bilance:** Problém, viz koncepty apod. Neexistuje stratifikace, výměna s atmosférou. Anaerobní (!) habitaty (slepá ramena apod.) nejsou součástí transportu.
- Celková bilance: **ASI „heterotrofní“**, převládají zdroje Corg v povodí – **ASI !!**

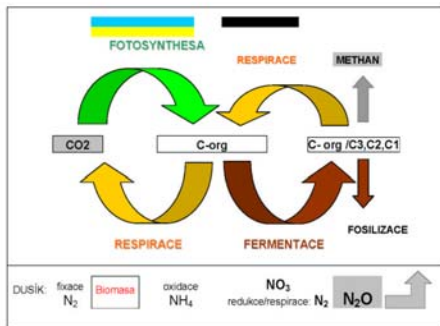
Podzemní vody :



Podzemní vody:

- Bez fotosyntézy – substrát vždy alochtonní.
- Limitace transportem – akceptory –  $\text{NO}_3$ .
- Nekonečné fázové rozhraní.
- Stálé podmínky – teplota atd.
- Vyžírání – Bathynella a spol., v hlubokých vrstvách asi nulové.
- Hluboké vody – Desulfovibrio v naftových ložiscích – jak dlouho ??
- Zdroje pitné vody – hygienické aspekty, vztahy situace in situ a čerpané vody.

Obecný cyklus produkce/degradace – posilujeme různé složky:

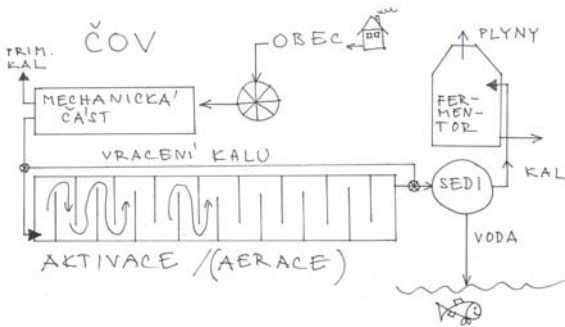


Cyklus uhlíku nelze odpojit od cyklu dusíku (a dalších).

## Odpadní vody (komunální):

- Vysoká koncentrace C-org..
- Vyšší teplota vody.
- Transport kanalizací >> ČOV.
- Likvidace zdrojů toxických látek.
- **Biologické ČOV:**
- Procesy ve vznosu (aktivace)
- Procesy v biofilmu (skrácené filtry, biodisky RBC)

## Čistírna odpadních vod



## ČOV s aktivací:

- Mechanická část.
- Aktivace: Kontinuální kultivace s vrácením biomasy.
- (Nebo SBR – cyklus v jednom tanku).
- Aktivovaný kal – organismy, polymer.
- Sorpce + degradace.
- Oddělení „biomasy“ – sedimentací,...
- Problémy: doba zdržení + stáří kalu vs. sedimentační schopnost.
- Membránové reaktory – max. stáří kalu + adaptace atd.

## ČOV s aktivací – co s kalem ?

### Separace – sedimentace.

Problémy :

- uvolňování (C-rg, P) do kalové vody,
- denitrifikace > bubliny  $N_2$  > vznos...

Anaerobní procesy: redukce nitrátu, fermentace – vyšší až vysoká teplota, produkce methanu.

Stabilizovaný kal – co s ním?

## ČOV s aktivací (oxidace) – co s živinami?

- **C-org.** >>  $CO_2$
- **N-org.** >>  $NH_4$  >>  $NO_3$
- **P-org.** >> P-anorg.
- **Pryč s fosforem:** Akumulace do biomasy, ale riziko uvolnění z kalu. Chemické srážení.

## **N-org.** >> NH<sub>4</sub> >> NO<sub>3</sub> - a co dál

**Pryč s dusíkem:** Nitrifikace, pak snížit koncentraci kyslíku a denitrifikace. Prosté (?). Různá technická uspořádání – za sebou, nad sebou, současně.

Denitrifikace – nutný substrát !!

Anammox – chemolithotrofní, anaerobní.

- Nevyžaduje substrát, oxidace N stačí na NO<sub>2</sub>.
- Pomalý růst, nutný stálý přísun NO<sub>2</sub> a N-NH<sub>4</sub>.
- Možnost oddělit 1. a 2. fázi nitrifikace (teplota) – stálá produkce NO<sub>2</sub> pro Anammox. (SHARON)

## ČOV s aktivací – co se spec. polutanty?

Kovy : Do kalu.

Nepolární látky : Do kalu + degradace.

Polární látky : Degradace (nebo ne!! – proč ?).

### **STIMULACE:**

- Doba zdržení (hydraulická).
- Stáří kalu – problémy se separací.
- Střídání fází aerace.
- Přidávání substrátů.

## ČOV s biofilmem:

- Skrápěné filtry – klasika – věž s náplní, nahoru plyny, dolů odpadní voda.
- RBD – rotující disky s biofilmem – aerace, funkce konsorcia, malý přebytek biomasy.
- Tanky s kuličkami ve vznosu – i pro velké ČOV, s možností kontroly i ve vertikálním profilu (rozvod substrátů, aerace).
- Výhody: Adaptované společenstvo, Diversita habitatů.

## Výtok z ČOV:

- Minimální koncentrace a SUMA C-org.
- Minimální přísun P.
- Minimální přísun N, aspoň NO<sub>3</sub>.
- Maximální účinnost na specifické polutanty – biofilmové systémy, dlouhá doba zdržení, vysoké stáří kalu.
- Hygienická ochrana – vyhníly kal, desinfikovaná vyčištěná odpadní voda (???)
- Kanalizační vypustí mimo ČOV.

## Pitná voda:

- Zdroj surové vody – různé koncentrace a typ C-org.
- Úprava: odstranění organismů, C-org., NO<sub>3</sub>.
- Na konci chlorace – funguje i jako „oxidace“ zbytkového C-org. >>> potrubí.
- Rozvody: Biofilmy odolné vůči desinfekčním činidlům.
- Inokulace při haváriích apod.
- Teplotní poměry u spotřebitele.

## Pitná voda:

- Hygienické problémy:
- Legionella, mykobaktérie – aerosol.
- Střevní nákazy dnes vzácně, čili -
- Chlorovat / nechlorovat: Filosofický problém.
- Voda v lahvích – hygienická rizika (ochranná funkce CO<sub>2</sub>).
- Skladování lahví a plechovek !!



### Bazény a koupaliště:

- Přírodní koupaliště – jakost „vody“ vs. víření sedimentů při „provozu“.
- Chlorace vody v bazénech vs. styk plavce s povrchovou blankou: minimální koncentrace chloru, koncentrace org. látek, partikulí a bakterií, aerosol.
- Hygienické problémy.