

Vodní organismy, ekosystémy, potravní sítě

Úvod do hydrobiologie

Limnologie.... Co to je?

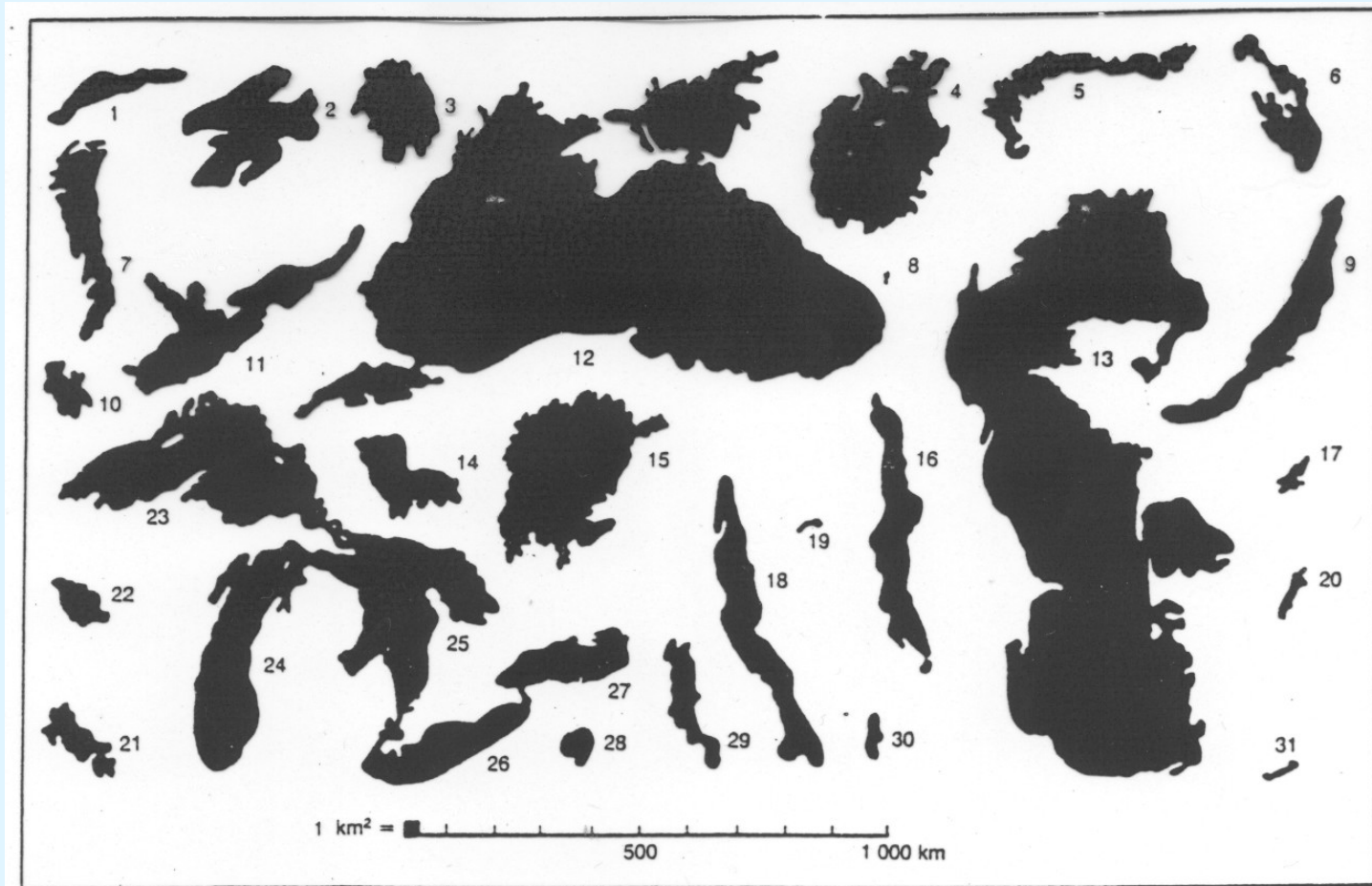
- **Limnologie** (slovo pochází z řeckého Λίμνη [limne]) **je věda o kontinentálních vodních útvarech s pomalou výměnou vody.**
- Učí o vztazích ve vodních ekosystémech
- **Popisuje** hydrobiologické, hydrochemické a hydrologické **souvislosti ve vodních nádržích a tocích**

Limnologie= hydrobiologie, hydrochemie, hydrologie:

- Povrchových vod
 - Stojaté (lenické)
 - Přírodní jezera, přírodní a nově tvořené tůně
 - Přehradny (vodárenské, rekreační, technologické)
 - Rybníky, MVN, mokřady
 - Tekoucí (lotické)
 - Prameniště, potoky, řeky
- Podpovrchové a podzemní vody

Tabulka 1**Rozložení vody v biosféře (podle různých autorů sestavil Wetzel, 1983)**

	Objem v tis. km ³	%	Doba obnovení
oceány	1 370 000	97,61	37 000 roků
polární led a ledovce	29 000	2,08	16 000 roků
podzemní voda (volně pohyblivá)	4 000	0,29	300 roků
sladkovodní jezera a jiné nádrže	125	0,009	1-100 roků
slaná jezera	104	0,008	10-1000 roků
půdní vlhkost	67	0,005	280 dnů
řeky	1,2	0,000 09	12-20 dnů
atmosférická vlhkost	14	0,000 9	9 dnů



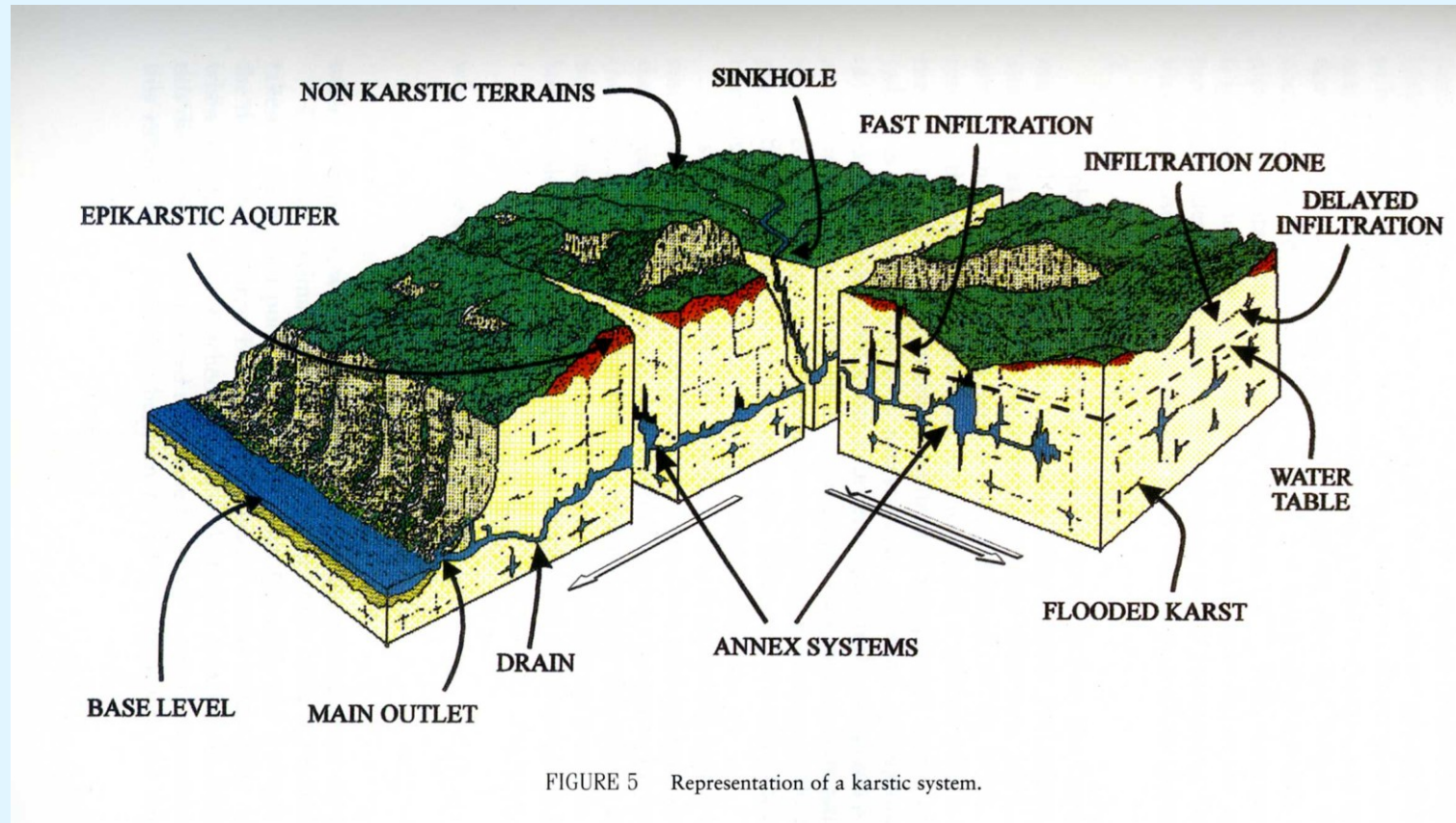
Rozloha některých velkých kontinentálních vodních nádrží (vše ve stejném měřítku): 1 jezero

, 2 Velké Medvědí. 3 Ladoga, 4 Aralské. S Balkaš, 6 Oněga, 7 Winnipeg, 8 Neusiedlerské, 9 Bajkal, 10 Velké Solné. 11 Velké Otročí, 12 Černé moře, 13 Kaspické moře, 14 jezero Čad, 15 Viktoriino, 16 Njasa, 17 Innaren. 18 Tanganjika, 19 Ženevské, 20 Vättern, 21 Titicaca, 22 Nicaragua, 23 Hořejší. 24 Michigan, 25 Huron. 26 Erie. 27 Ontario, 28 Tana, 29 Rudolfovo. 30 Mrtvé moře, 31 Balaton

Lentické ekosystémy

- **Jezera**
- - ledovcová (šumavská jezera)
- - krasová (Macocha, Hranická propast)
- - sesuvová (Mladotické jezero)
- - rašelinná (Jizerské hory, Šumava)
- Říční (Květné , Křivé – Dyje)
- Rekultivační Milada, Medard...
- Lomová – Kamencové, Bílina
- **Rybníky a přehradní nádrže** - rozmach 16., 17. stol. 52. tis. ha
- funkce: regulace průtoku, zavlažování, odběr pitné vody
- výroba elektřiny, rybolov, rekreace
- vltavská kaskáda, Vranov, Třeboňská a Českobudějovická pánev
- **Tůně a mokřady**

Krasové systémy



Nádrže-tůně-mokřady

Malá vodní nádrž (MVN) – souhrnný pojem ve smyslu ČSN malé vodní nádrže. Existují MVN různých určení – k chovu ryb, ekologické a krajinotvorné, retenční, akumulární, závlahové, rekreační, dočišťovací.

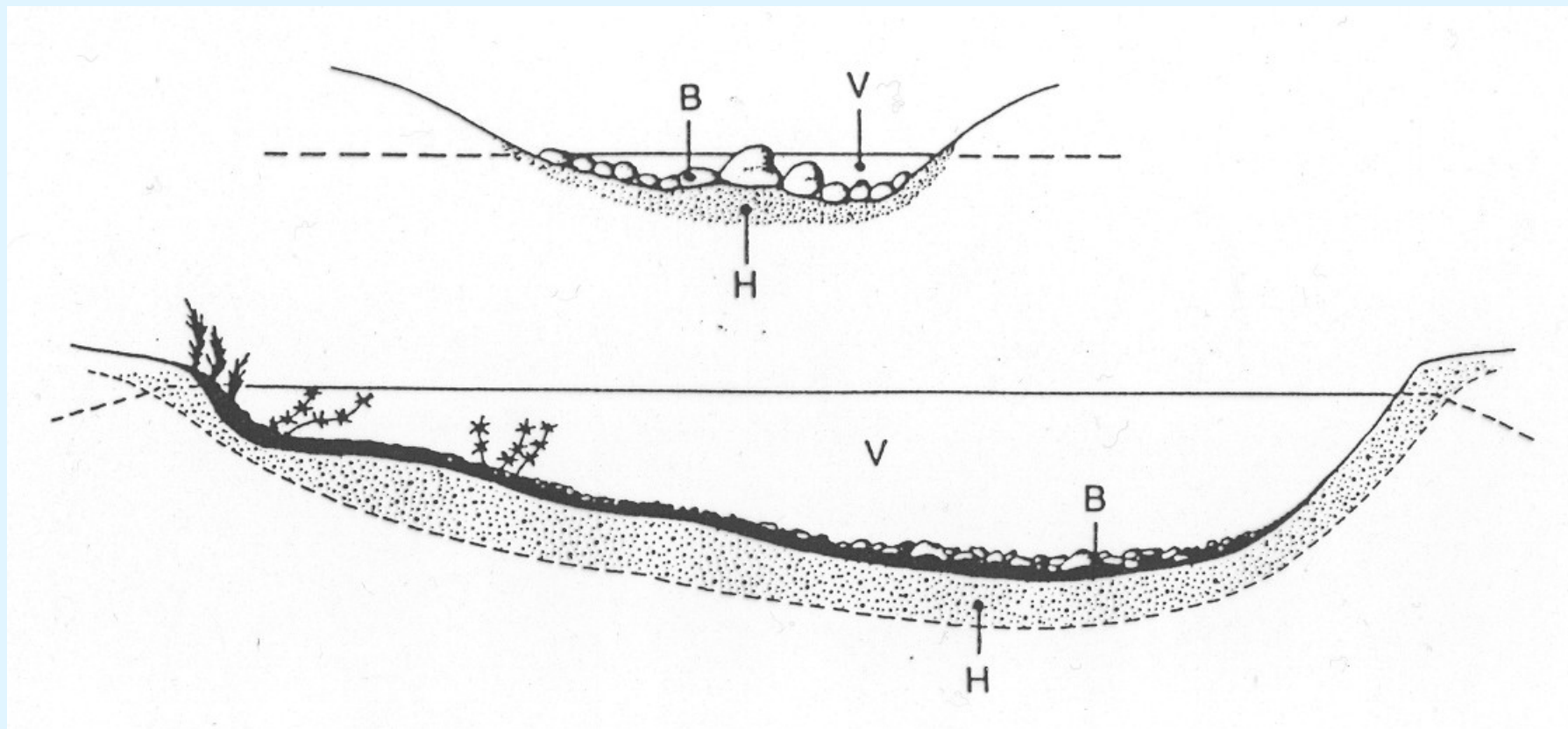
- **Tůň** – vodní plocha, vytvořená hloubením, obvykle bez hráze, bezpečnostního přelivu a spodní výpusti.

- **Mokřad** – obvykle členitější kompozice vodních ploch, zamokřených a suchých, umožňující rozvoj mokřadních společenstev

<http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/male-vodni-nadrze/>

Podpora obnovy přirozených funkcí krajiny (POPFK) je národní dotační program MŽP

Schéma říčního profilu horního a dolního úseku toku se základními biotopy:



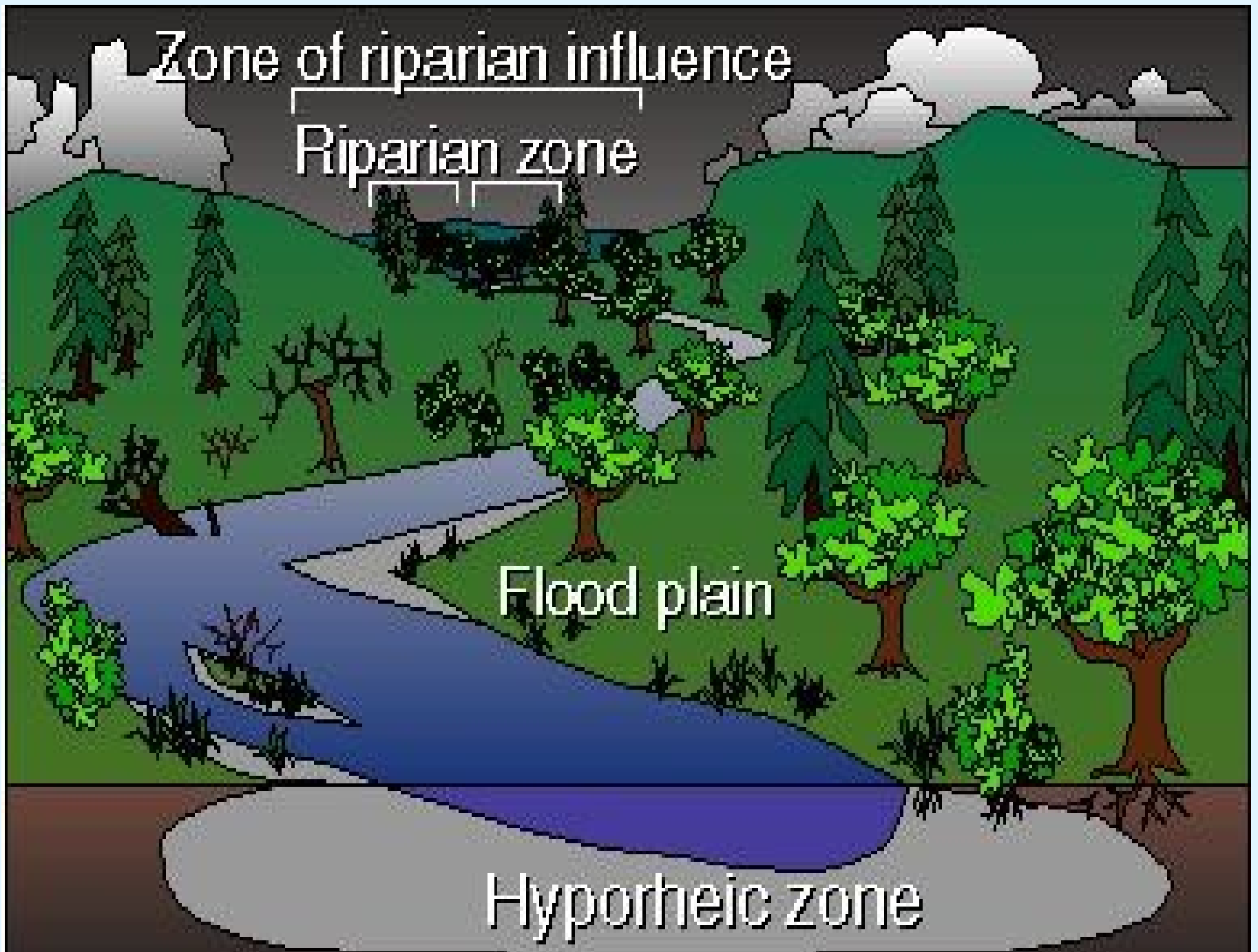
V volná voda, *B* bentál, *H* hyporheál (Kubíček, orig.)

Zone of riparian influence

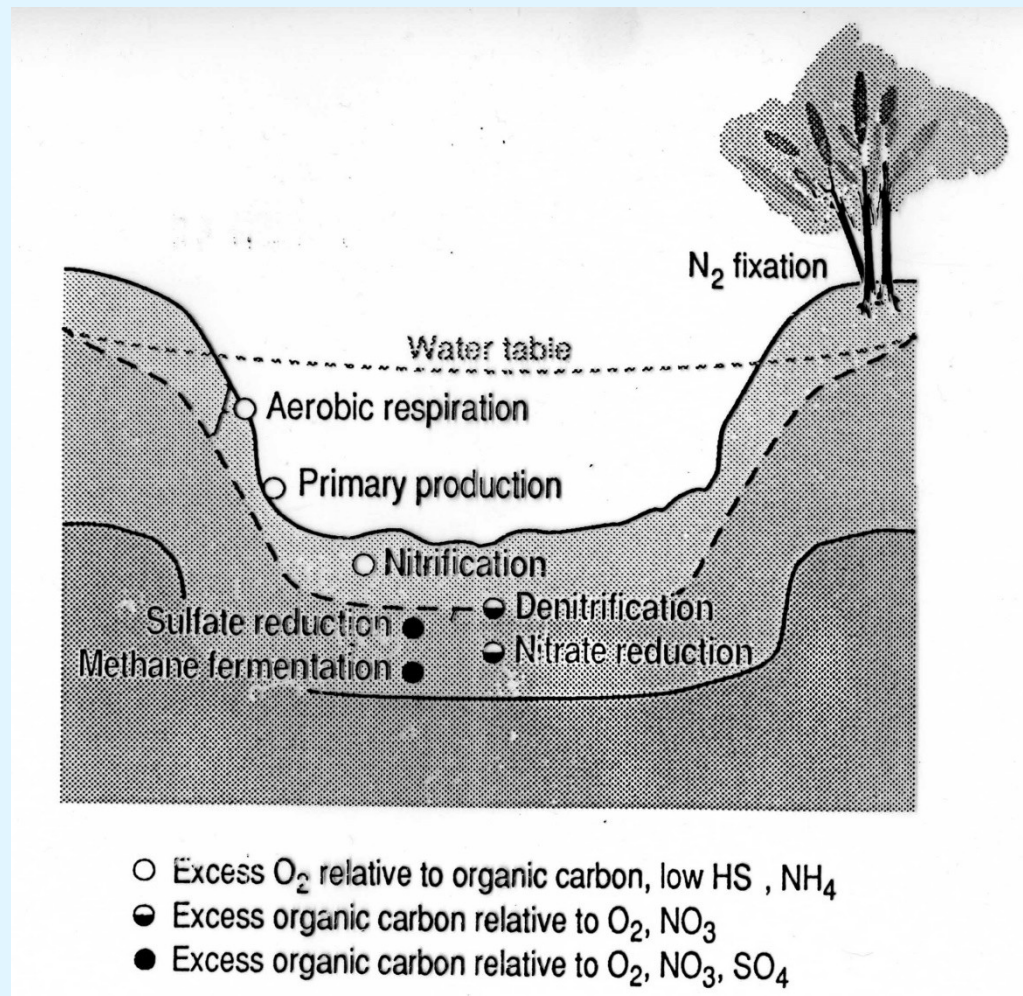
Riparian zone

Flood plain

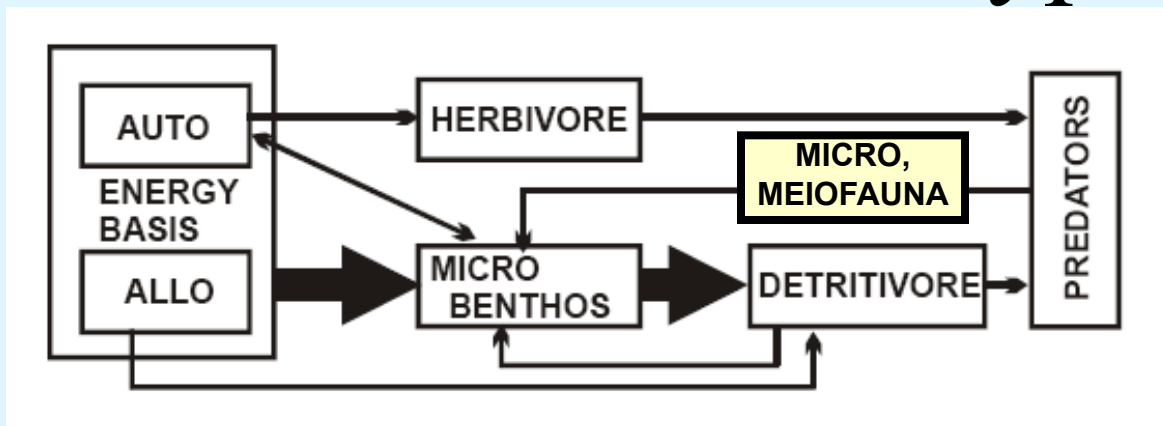
Hyporheic zone



Klíčové procesy v hyporeálu



Potravní síť hyporeálu



Autochtonní org. materiál – fotická vrstva, zelené řasy, rozsivky, sinice

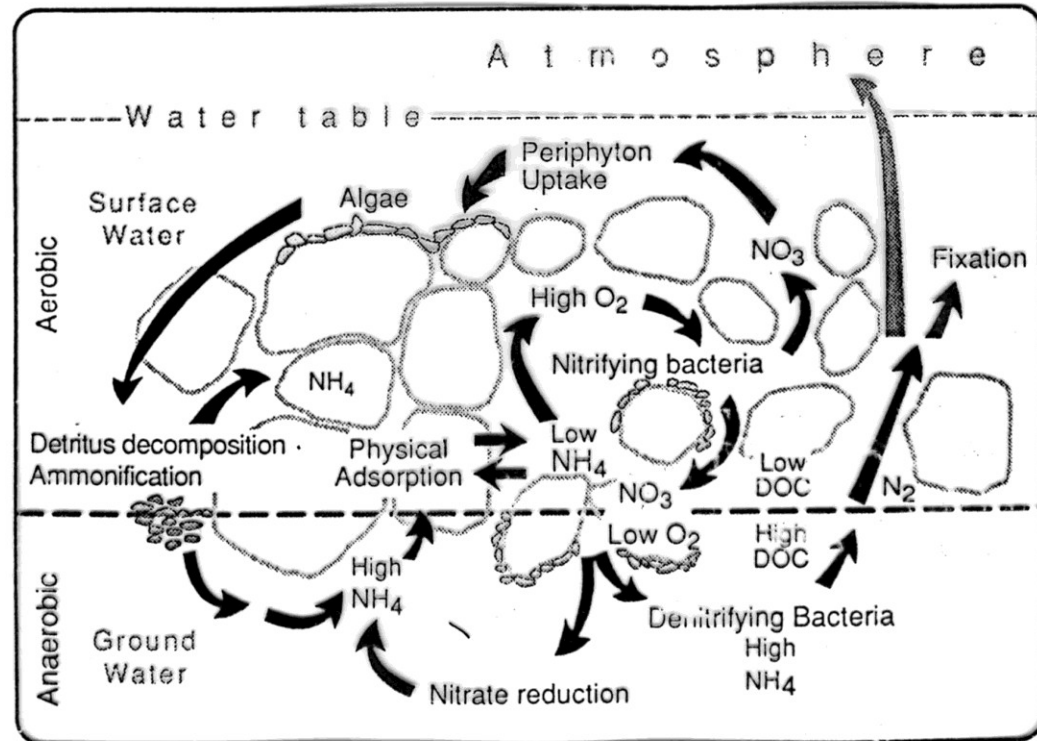
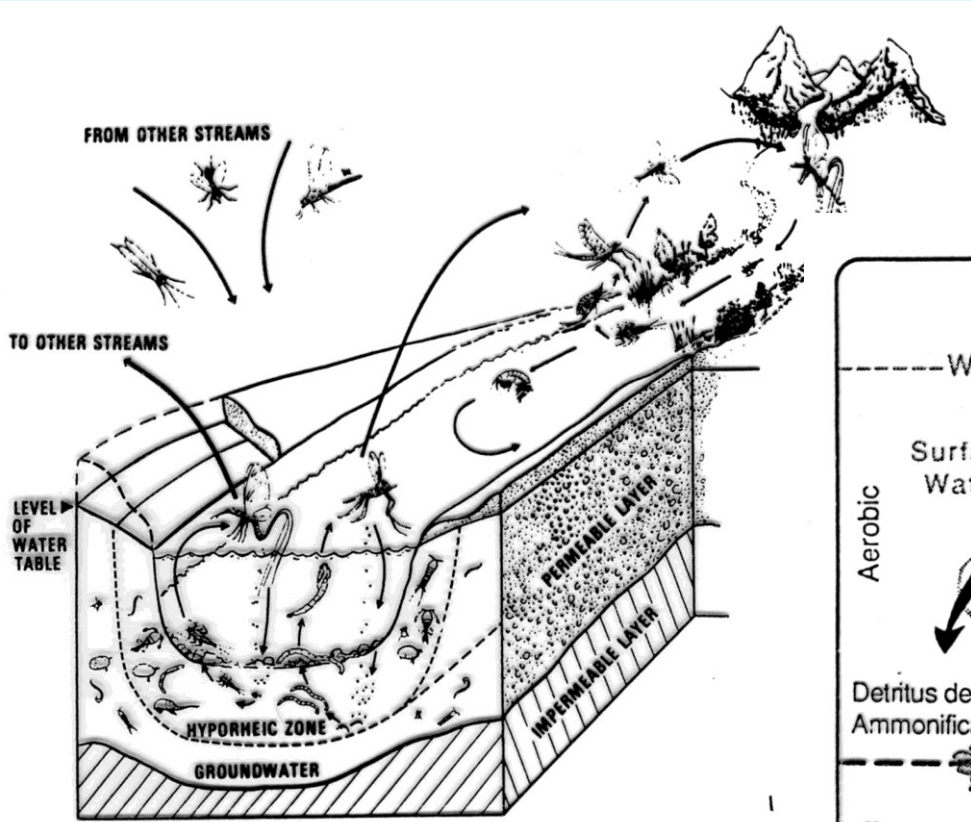
Allochtonní org. materiál (POM, CPOM, FPOM, DOM)

- listový opad - sezónní závislost
- eroze břehových partií
- biofilm - bakterie, houby, prvoci a jejich extracelulární produkty, na povrchu POM i anorg. zrn (jemnozrné sedimenty mají velkou plochu!), zvyšuje kvalitu potravy (C:N)

Ekosystémové funkce hyporeálu

- Kumulace, destrukce a utilizace organické hmoty
- Nitrifikační a denitrifikační cyklus
- Hospodaření s fosforem
- Refugium pro epibentické organismy při disturbancích
- Biotop pro pravý hyporheos (hyporheobionti) -
permanetně v hyporhealu
- Biotop pro temporální organismy (larvy vodního hmyzu,
...) – hyporheofiolové

Hyporeál jako lůhniště larev a dějiště přeměn dusíku ve VE



Drift - sukcesní a stabilizační mechanismus toků

- Český termín – snos – pasivní pohyb částic a organismů ve vodním sloupci
- Několik typů
 - Emergentní drift
 - Terestrický drift
 - Katastrofický drift
 - Organický drift (živé nebo topící se organismy)
- Protiproudový drift (aktivní!!)

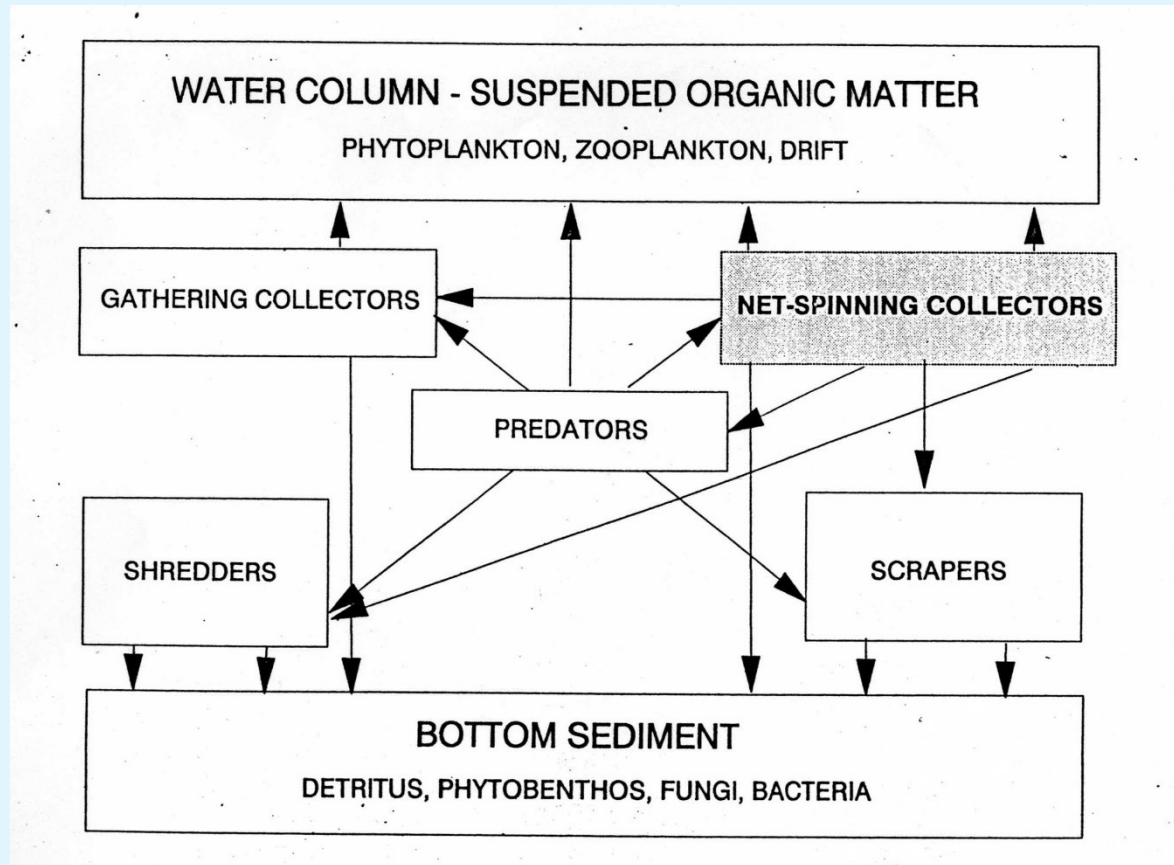
Mechanismy driftových dějů

- Změny průtoku – minima a maxima
- Ledové dřenice
- Emergence – líhnutí vč. kuklení, vylézání na souš
- Rozmnožování – vlastní aktivní hledání sex. partnera a kopulace
- Ovipozice – kladení vajíček
- Vnitro a mezidruhové vztahy (kompetice, predace, ...)

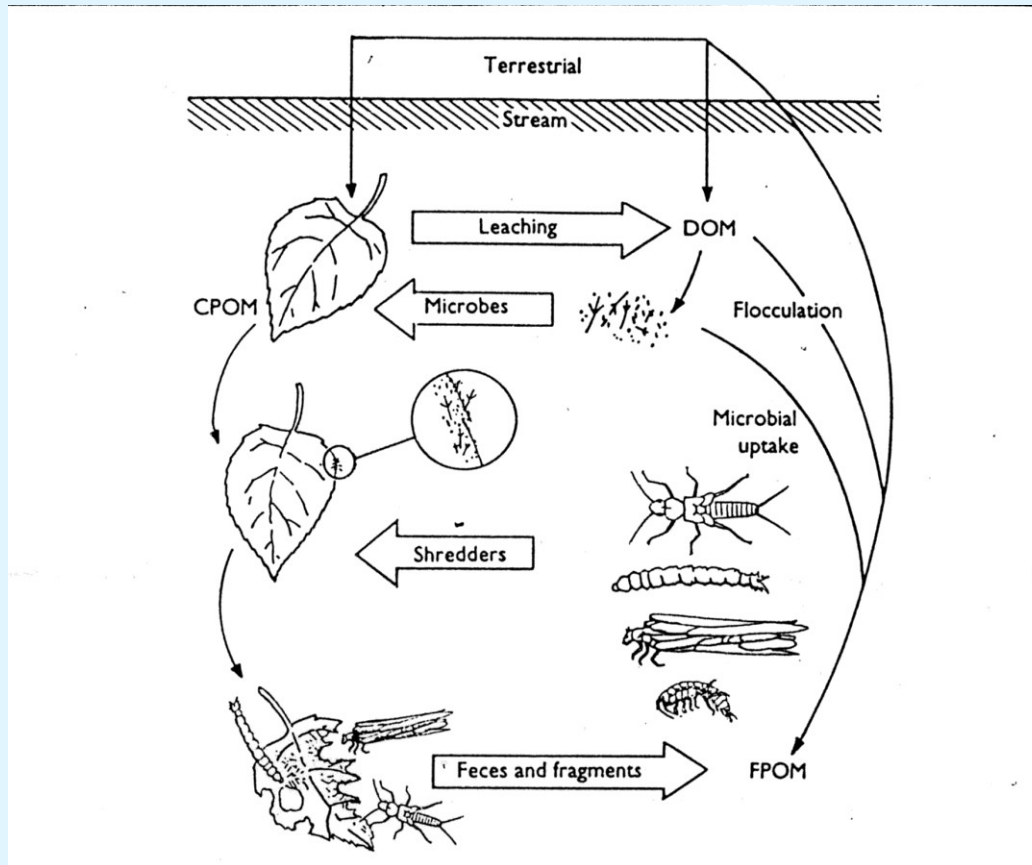
Hlavní produkční složka toků je bentos!!!

- Fytobentos – nárosty, perifyton – primární producenti
- Zoobentos – konzumeti
- Bakteriobentos – destruenti, biologicky aktivní povrchy, biofilmy – jednoduché houby a plísně, bakterie
- Mikro (pod 50 μm , meio (50 μm až 1mm) a makrobentos (více jak 1mm)

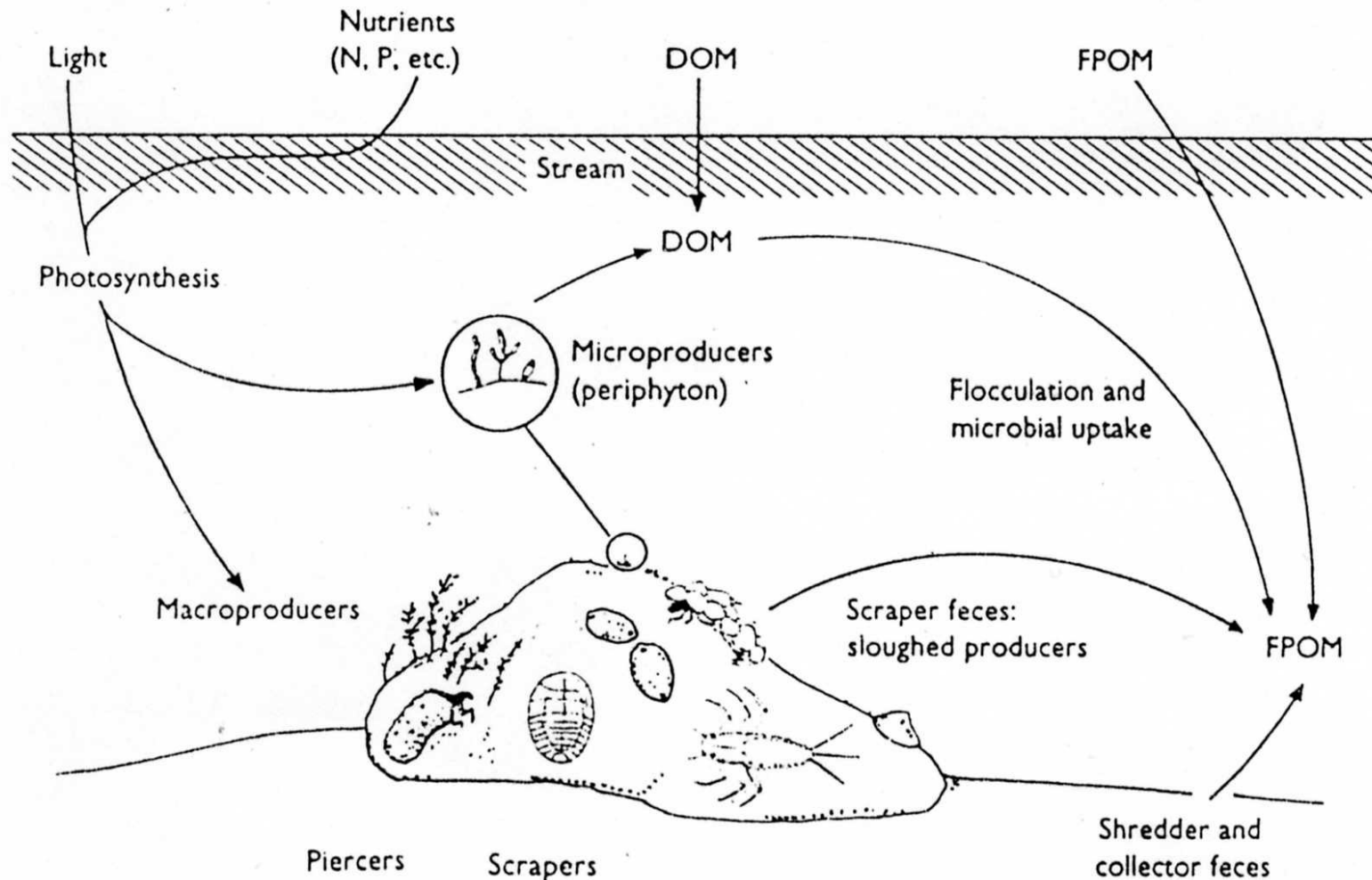
Zoobentos má různé potravní specializace



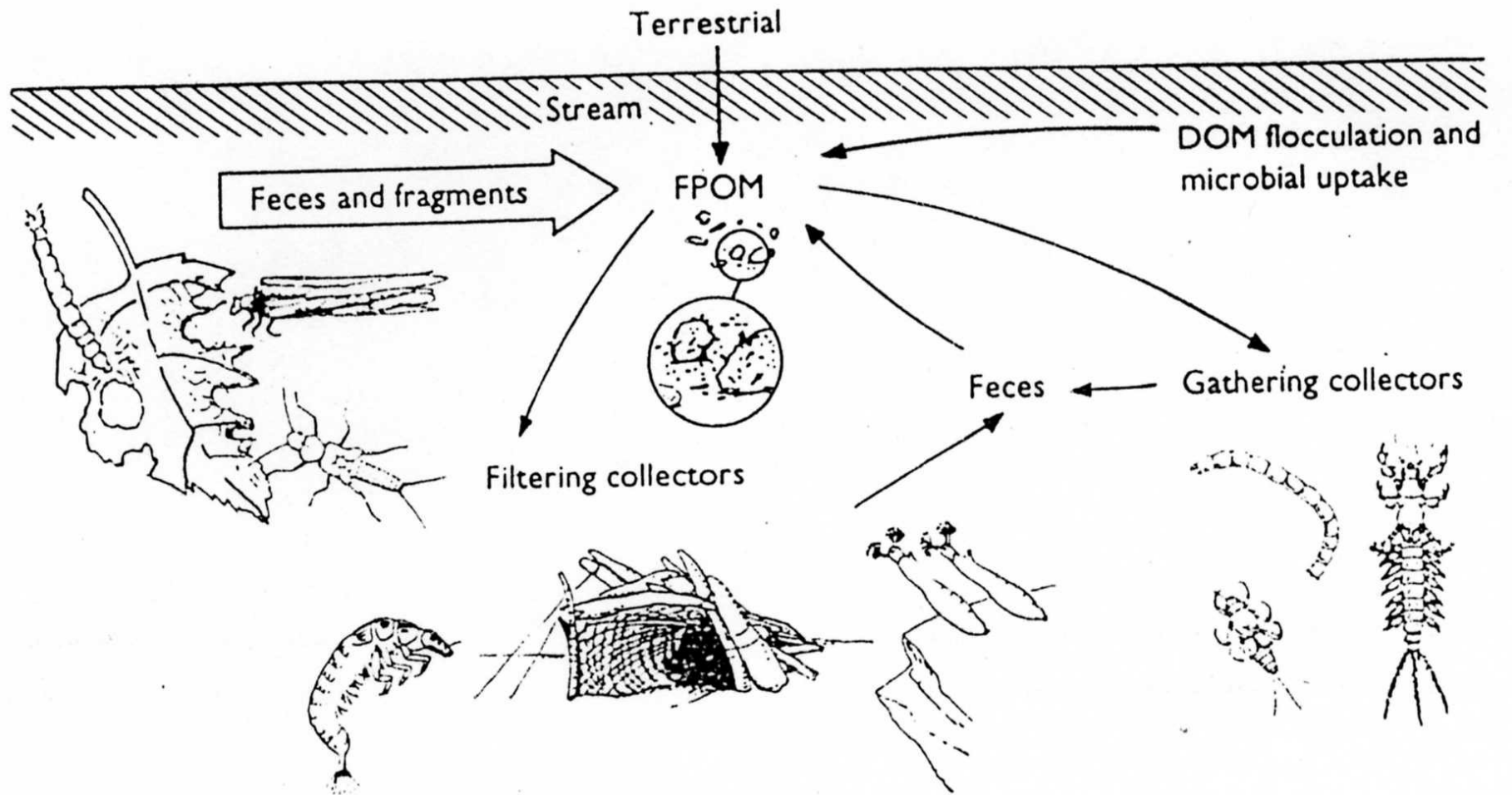
Kouskovači - drtiči



Deškrabávači - spásači



Filtrující sběrači



Potravní síť tekoucích vod

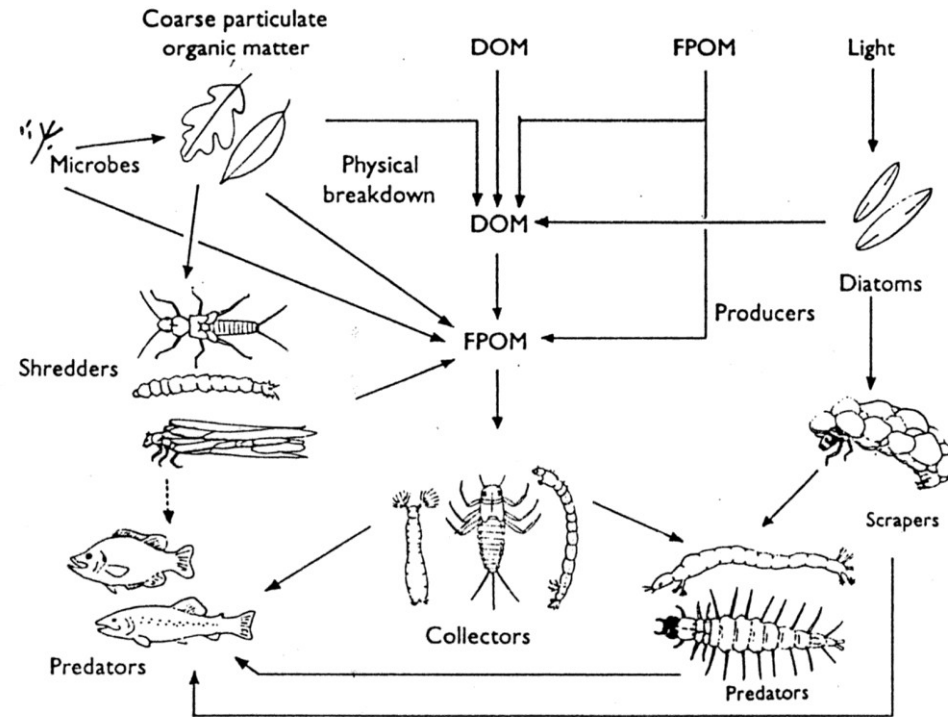
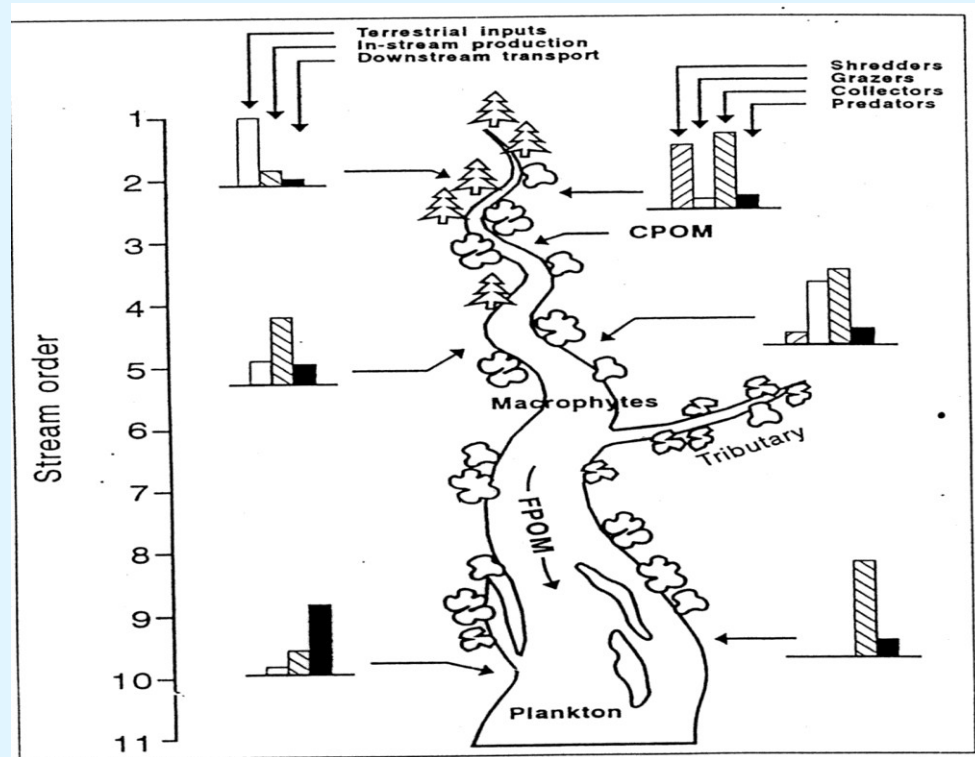
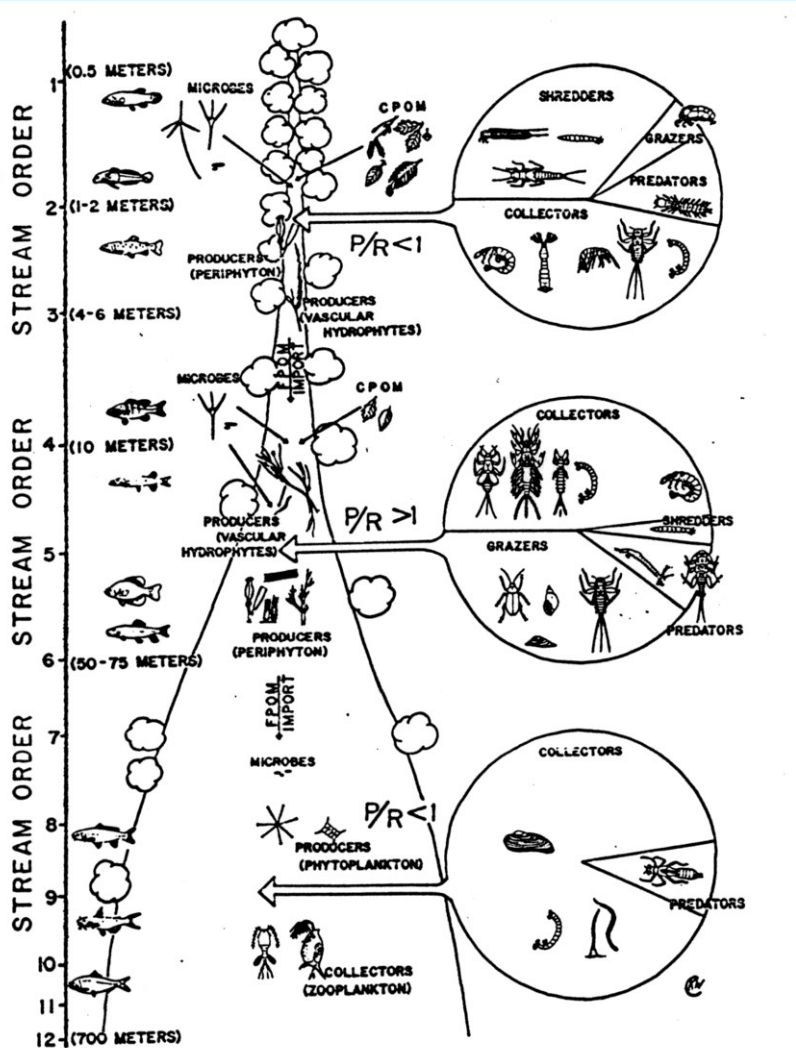


FIGURE 6.14 Lotic food webs. (a) A simplified view of a food web in a woodland stream. Energy inputs include fallen leaves, subsequently colonized by microbes; small autotrophs, primarily diatoms; and DOM and FPOM, originating from external sources and upstream. Feeding categories are based on divisions of Table 6.1: shredders include *Pteronarcys*, *Tipula* and *Pycnopsyche*; *Stenonema* is a deposit feeder, *Simulium* is a filter feeder and *Glossosoma* is a grazer. Examples of predators include *Nigronia* (Megaloptera) and two fish (*Cottus* and *Salmo*). (Modified from Cummins, 1973.) (b) Food web for a species-poor small stream in southern England. Primary consumers include: (e) *Psidium* sp., (f) Simuliidae, (g) *Niphargus aquilex*, (h) microcrustacea, (i) other microinvertebrates, (j) *Heterotrissocladius marcidus*, (k) *Micropsectra bidentata*, (l) *Prodiamesa olivacea*, (m) Oligochaeta, (n) *Leuctra nigra*, (o) *Nemurella picteti*, (p) *Brilla modesta*, (q) *Polypedilum albicornis*, (r) Tipulidae, (s) *Potamophylax cingulatus*. Predators include: (t) *Macropelopia goetghebueri*; (u) *Trissopelopia longimana*, (v) *Zaurelimyia barbatipes*, (w) *Plectrocinemia conspersa*, (x) *Sialis fuliginosa*. Note that the predator *Sialis* can be four energy transfers removed from the base of the food web. (Modified from Hildrew *et al.*, 1987.)

Koncepce říčního kontinua



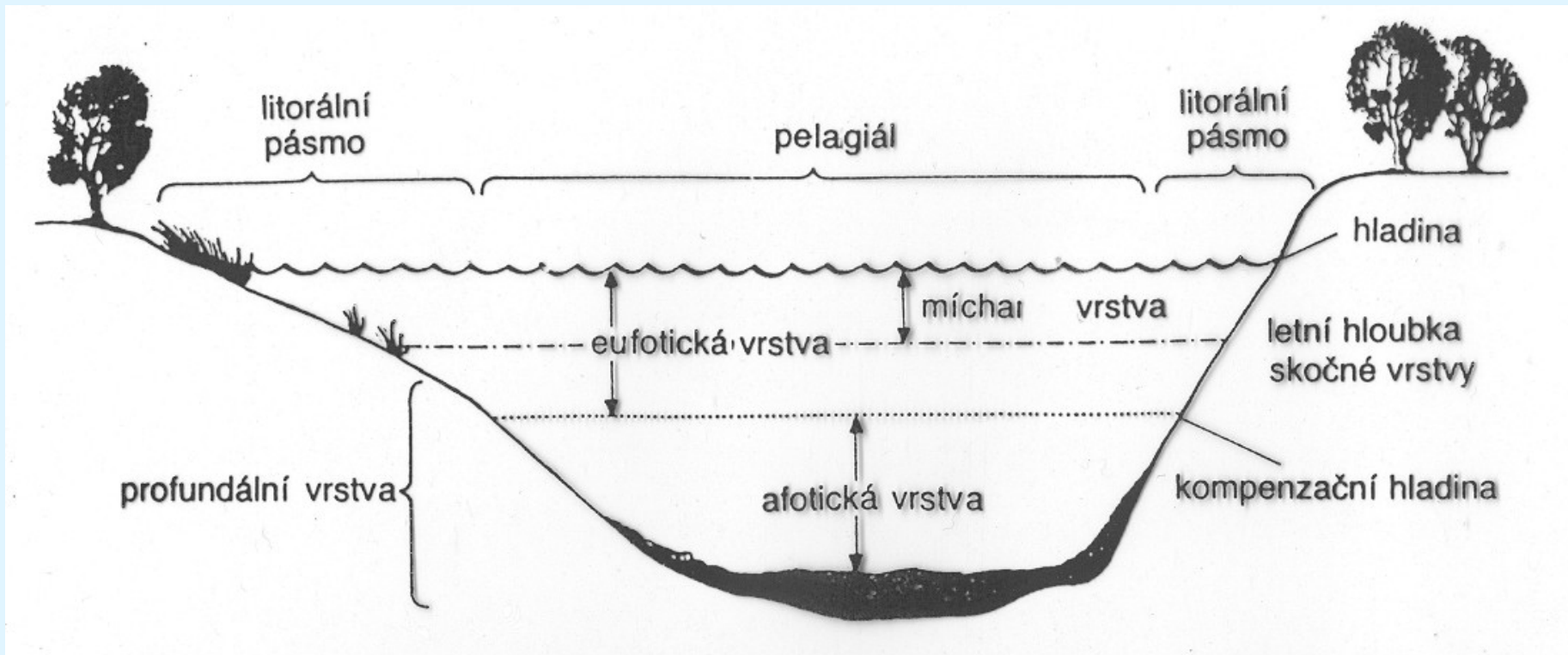
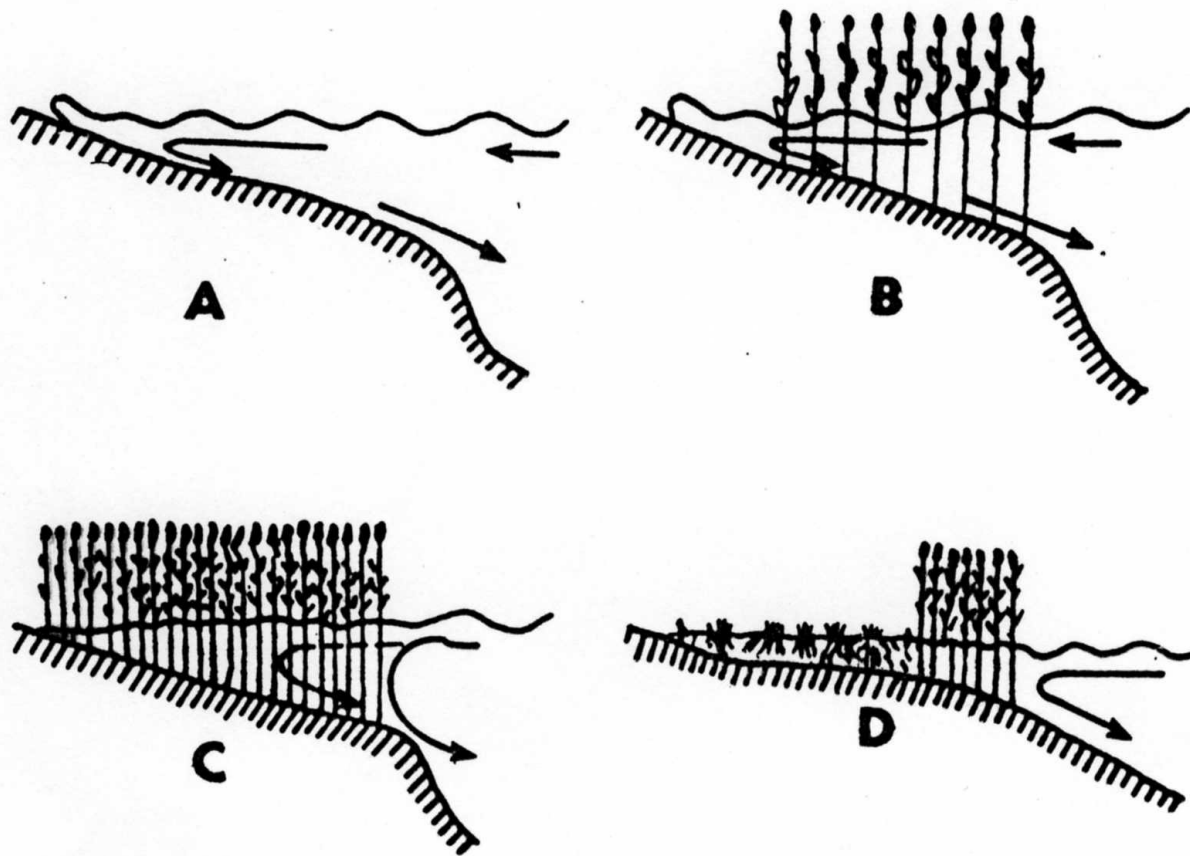


Schéma horizontálního a vertikálního členění vodní nádrže stratifikované teplotně a světelným klimatem. Diagram ilustruje členění mělké nádrže mírného klimatického pásma v době letní stagnace (podle Goldmann et Horneho, 1983)

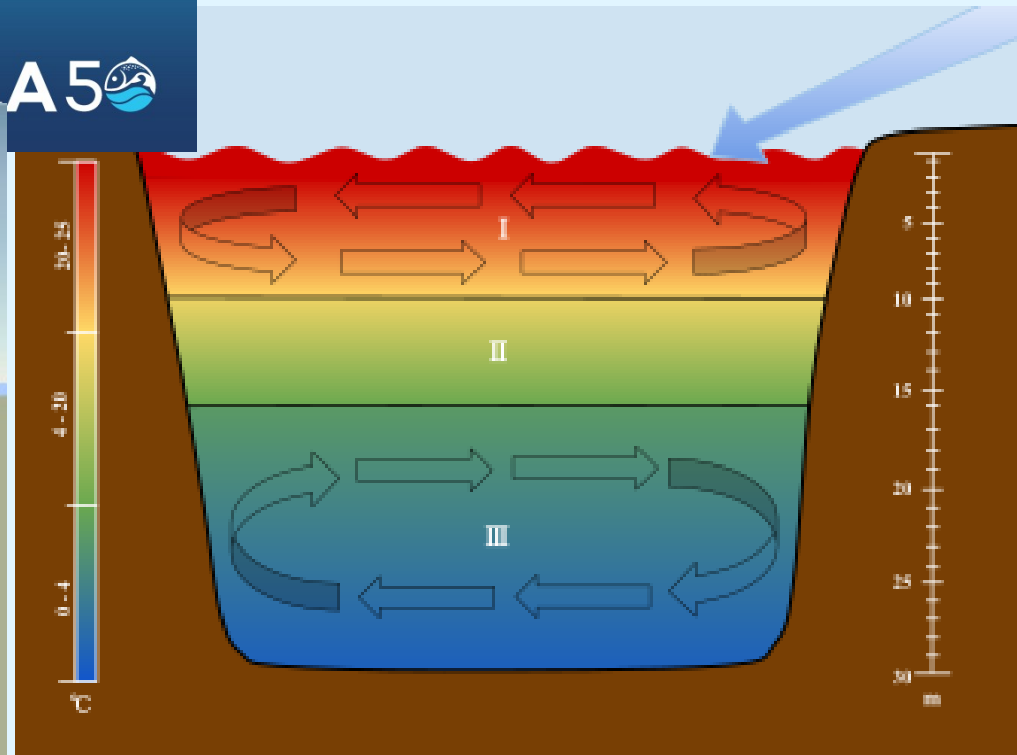
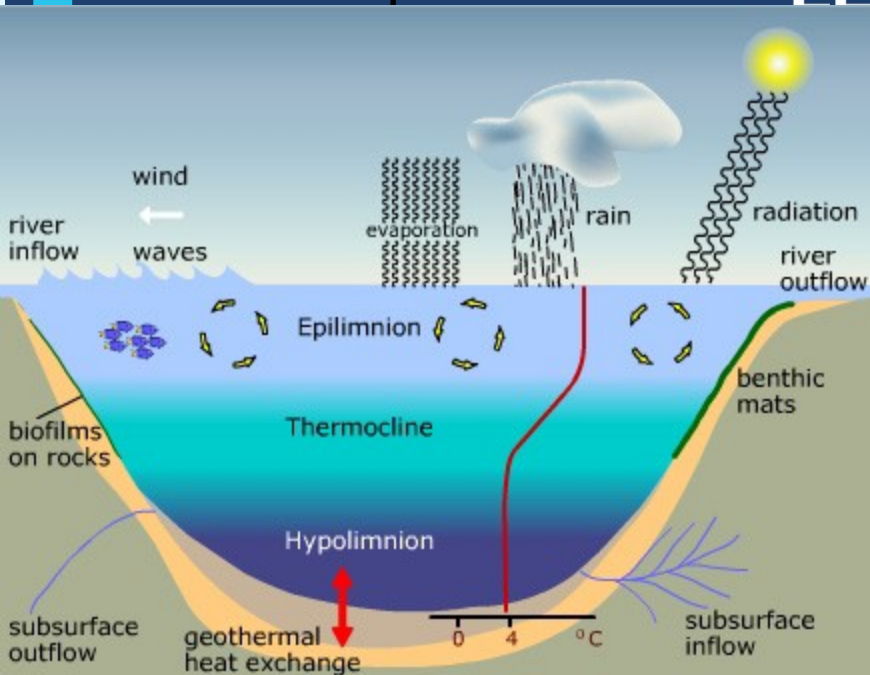
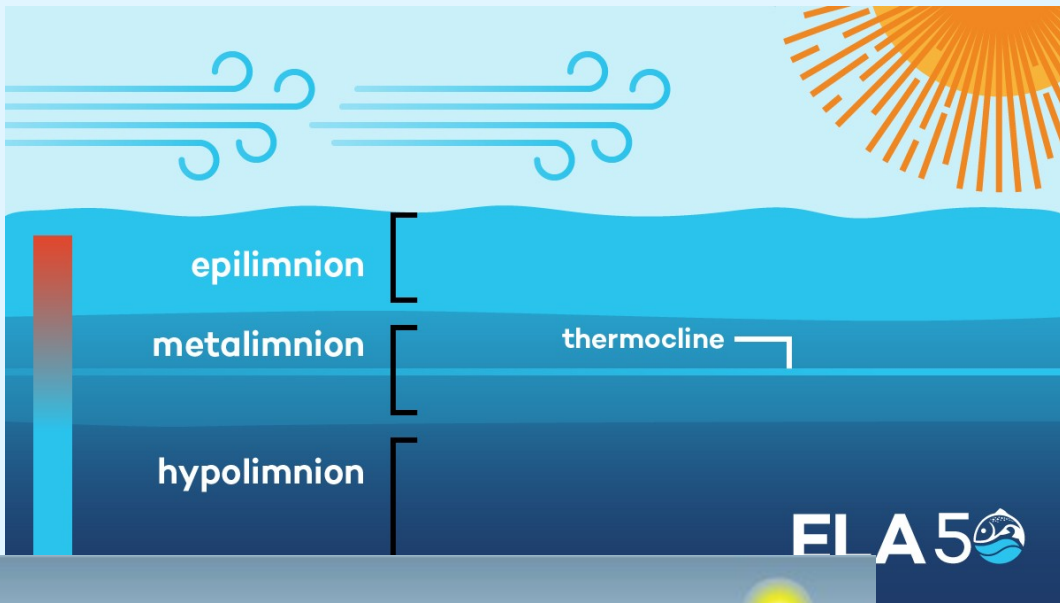
Typy litorálů



Obr.31.

Schémata litorálů a jejich odolnosti proti pohybům vody (vyznačeno šipkami).
A = otevřený litorál, B = přístupný litorál, C = chráněný litorál, D = odděle-
ný litorál. (Ex DOBROWOLSKI)

Stratifikace nádrží na epilimnion, metalimnion a hypolimnion



Mikce – míchání a stratifikace

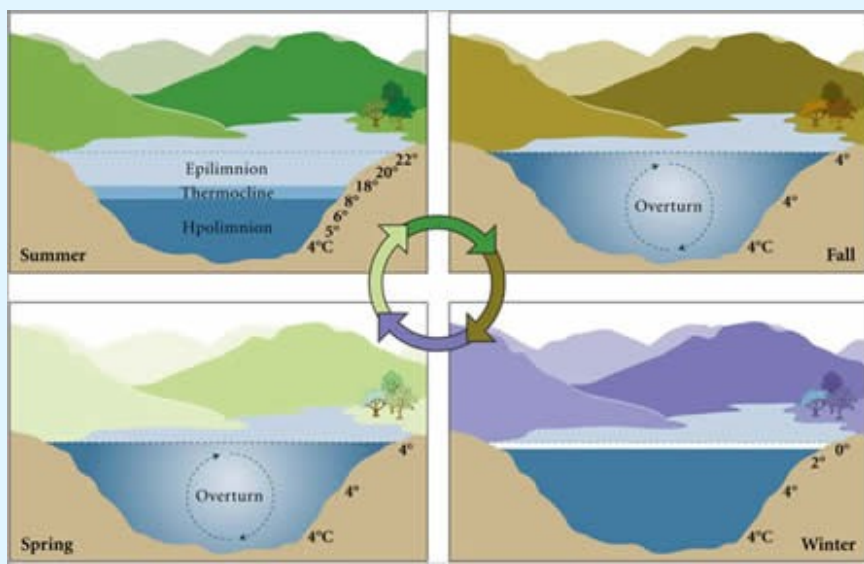
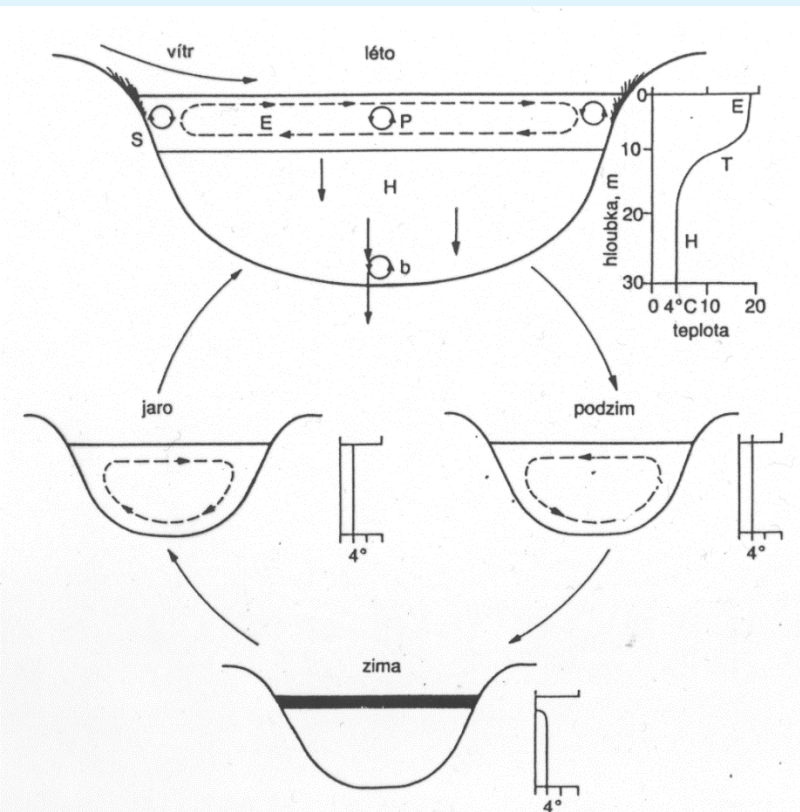
- Holomiktická nádrž – promíchává se celá
 - Malé nádrže – rybníky, tůně, jezera
- Meromiktická nádrž – promíchává se jen svrchní vrstva – profundal je stabilní
 - Hluboká tektonická jezera
 - Slaná jezera
- Monomiktická jezera – 1x za rok – arktická j.
- Dimiktická jezera – 2x za rok – mírné pásmo
- Polymyktická jezera – více x za rok, tropické j., mělká j. atd.

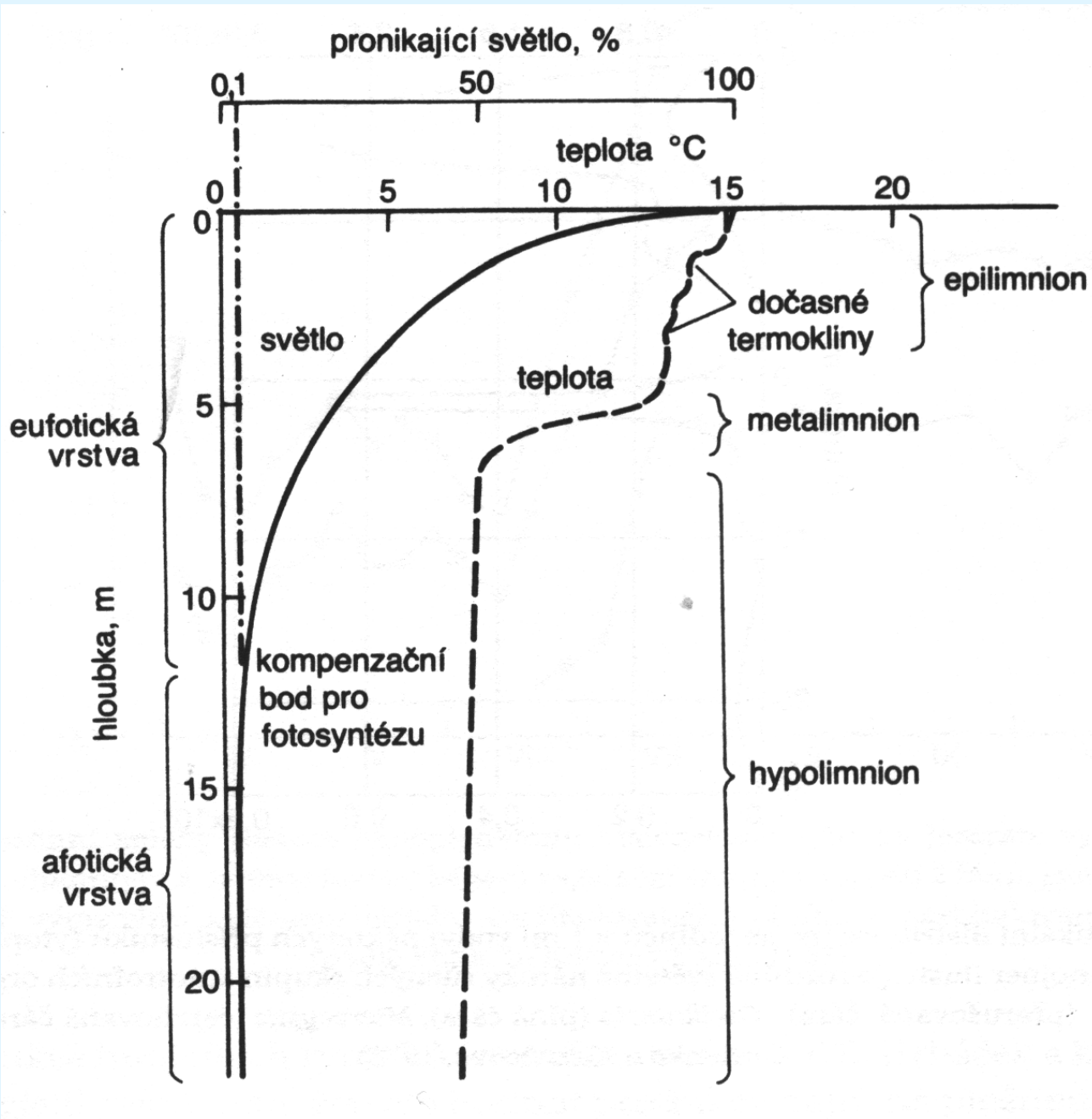
Schéma sezónního cyklu termiky jezera mírného pásma

V létě je vodní sloupec teplotně stratifikován, přičemž termoklima (T) odděluje teplejší vrstvu epilimnionu (E) od studenější a hustší vody hypolimnionu (H). Působení větru na hladinu vyvolává horizontální cirkulaci vody epilimnionu a výměnu živin a potravy mezi péleagiálními (P) a litorálními (S) cenózami.

Sedimentujícími částicemi detritu s organismy jsou do hlubších vrstev vody a na dno přiváděny živiny, které mohou cirkulovat mezi vodou s sedimenty (b). Na podzim dochází k vyrovnání teploty a k úplnému promíchání vodního sloupce činností větru. V zimě nastává opět stagnace s teplotou vody blízko $+4^{\circ}\text{C}$ a poklesem teploty u hladiny.

Na jaře, po opětovném promíchání vodního sloupce, se hladinové vrstvy vody opět oteplují (a stabilizuje se vertikální stratifikace (podle různých autorů, upraveno)



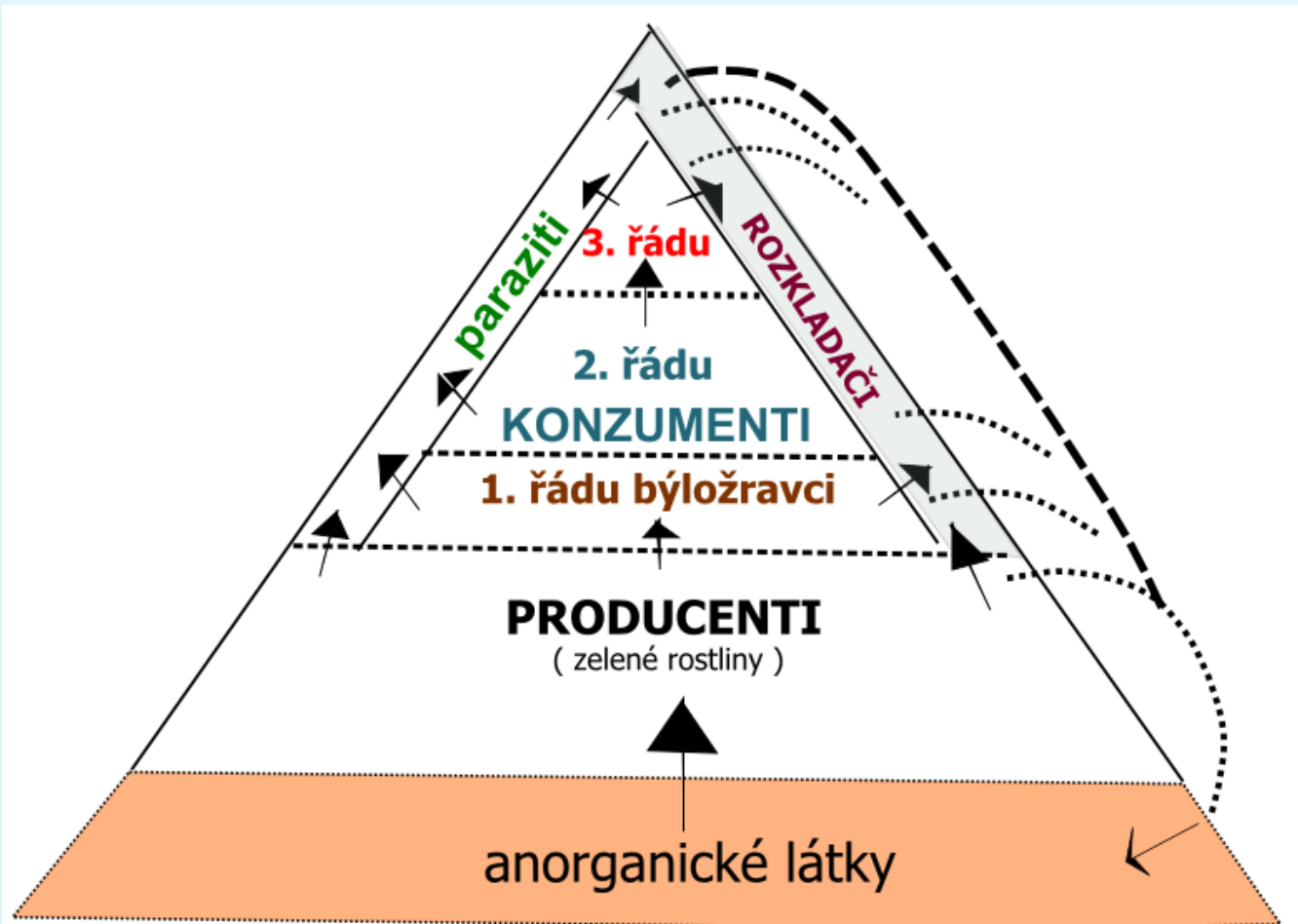


Vztah teplotní a světelné stratifikace vodní nádrže v době letní stagnace

Skupiny organismů vodních ekosystémů

- Plankton (virio, bakteri, fyto, zooplankton)
- Bentos (mikrobiální biofilmy, fytobentos, zoobentos)
- Vodní makrofyta
- Ryby
- Moluskofauna,
- vodní ptáci (cerkárie, trofie, enterokoky...)
- vodní savci (vydra, ondatra, bobr....)

Ekologické potravní sítě



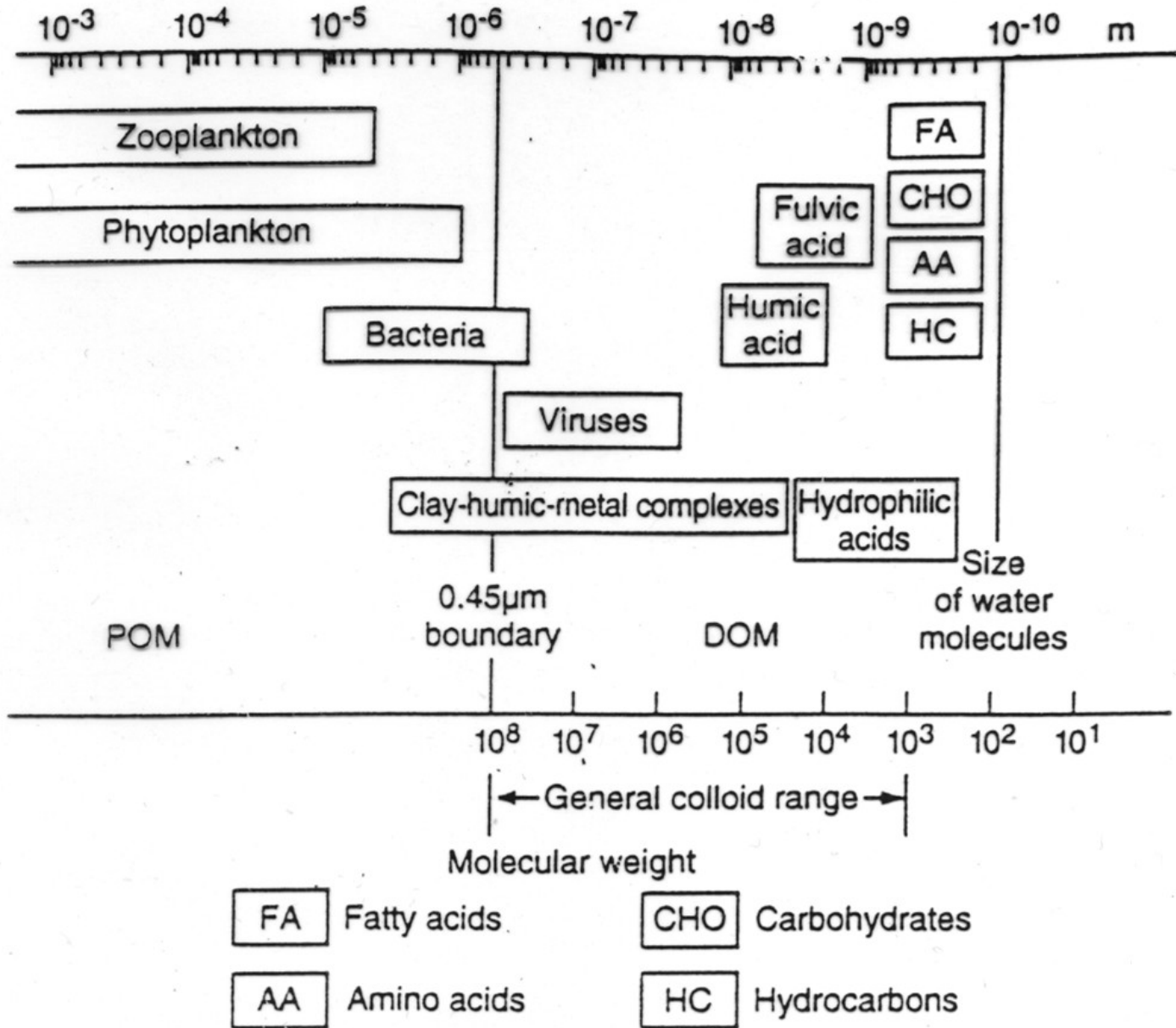
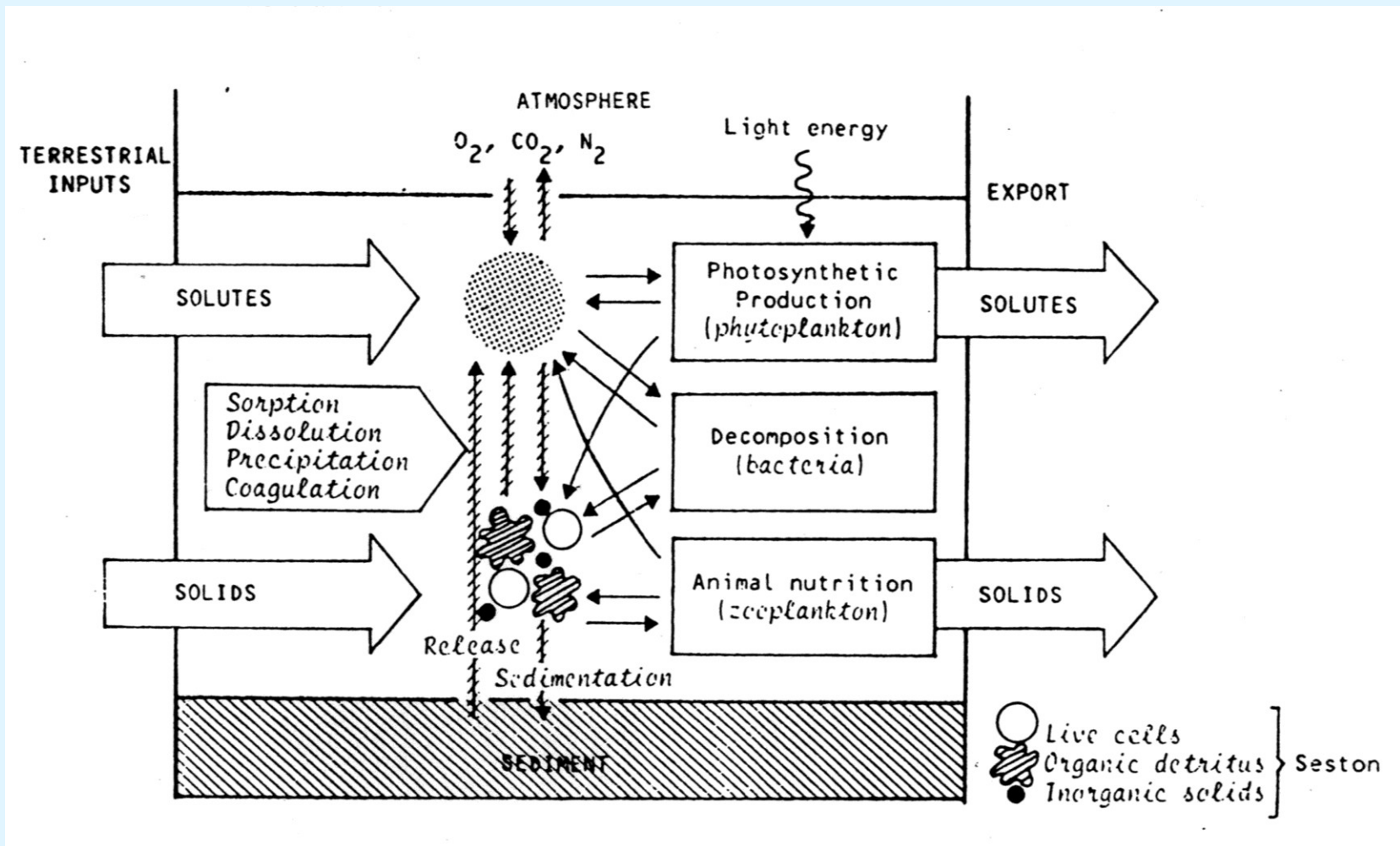
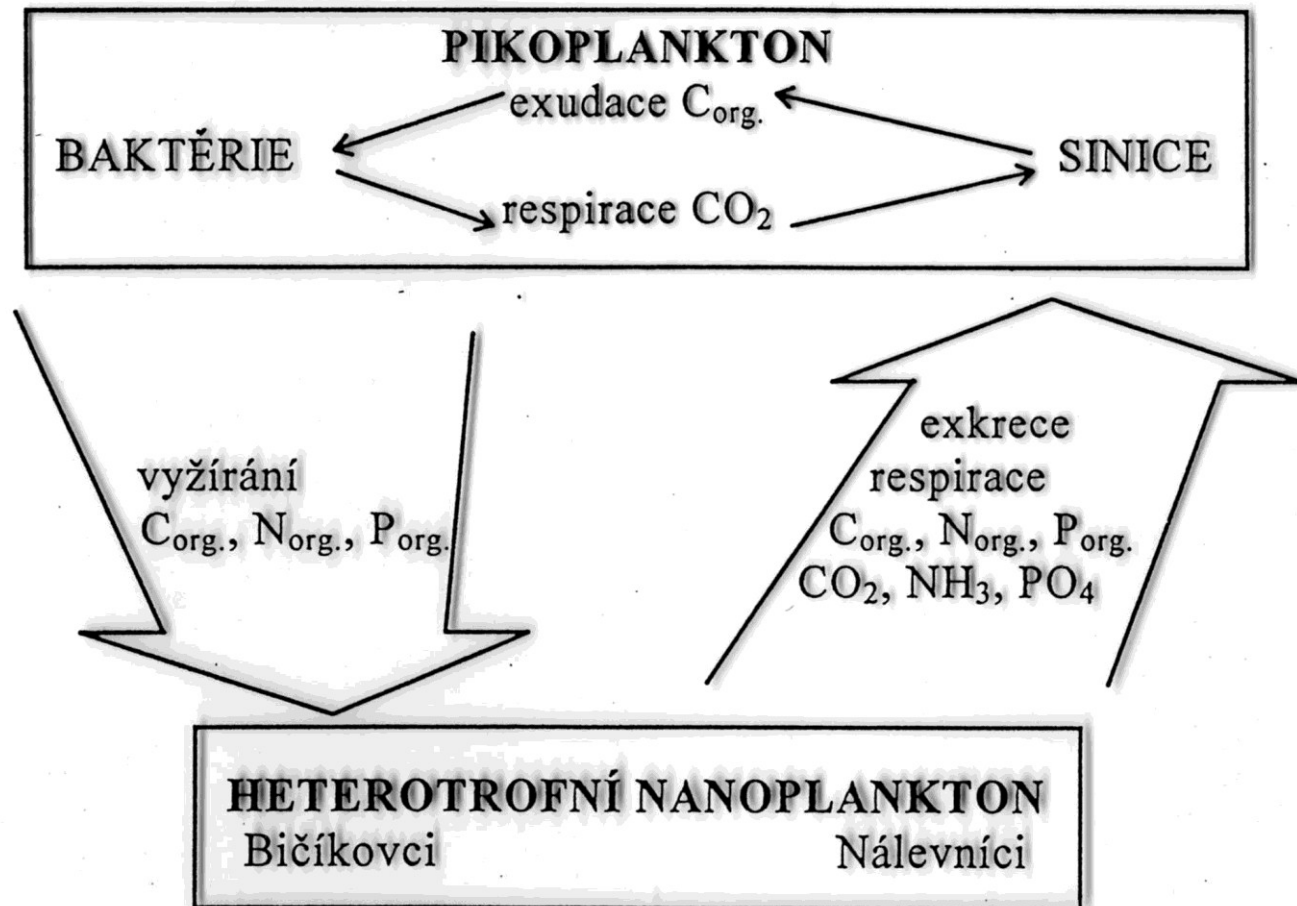


Figure 2. Continuum of particulate and dissolved organic matter in natural water. (Modified from Thurman, 1985, reprinted by permission of Kluwer Academic Publishers.)

Základní biochemické děje



Bakteriální smyčka



Fytoplankton je hlavní produkční složka stojatých vod

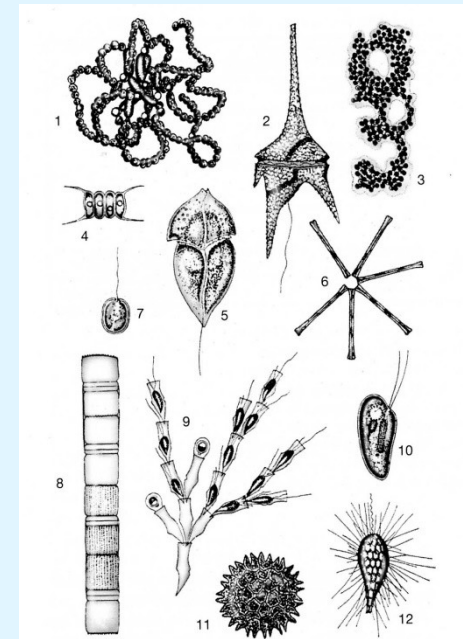
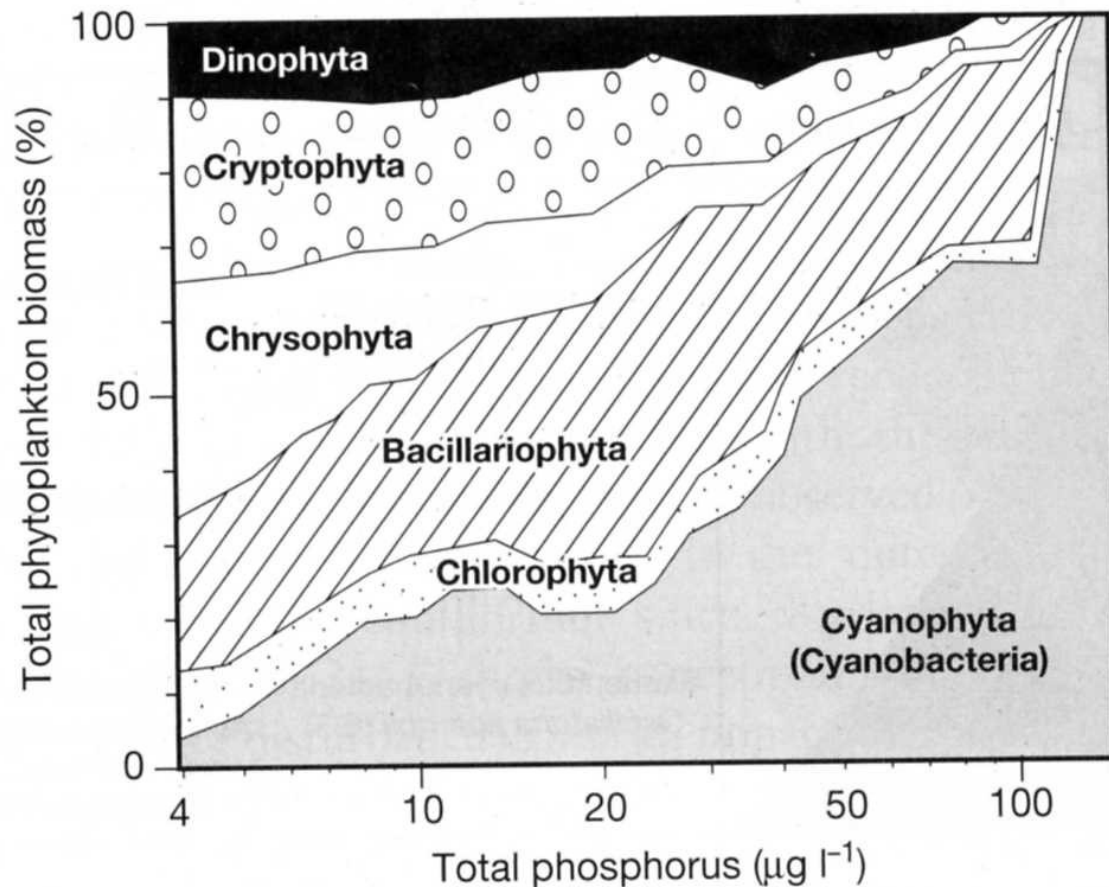


Figure 21-4 Selected phytoplankton. (1) cyanobacterium cluster: *Anabaena flos-aquae*, (2) dinoflagellate: *Ceratium birundinella*, (3) cyanobacterium colony: *Microcystis flos-aquae*, (4) green algae colony: *Scenedesmus quadricauda*, (5) dinoflagellate: *Gymnodinium helveticum*, (6) diatom: *Asterionella formosa*, (7) chrysophyte: *Chrysooccus rufescens*, (8) filamentous diatom: *Aulacoseira islandica*, (9) chrysophyte colony: *Dinobryon divergens*, (10) cryptomonad: *Cryptomonas obovata*, (11) green alga (desmid): *Pediastrum boryanum*, (12) chrysophyte: *Mallomonas caudata*. Not to scale.

Potravní sítě ve VE

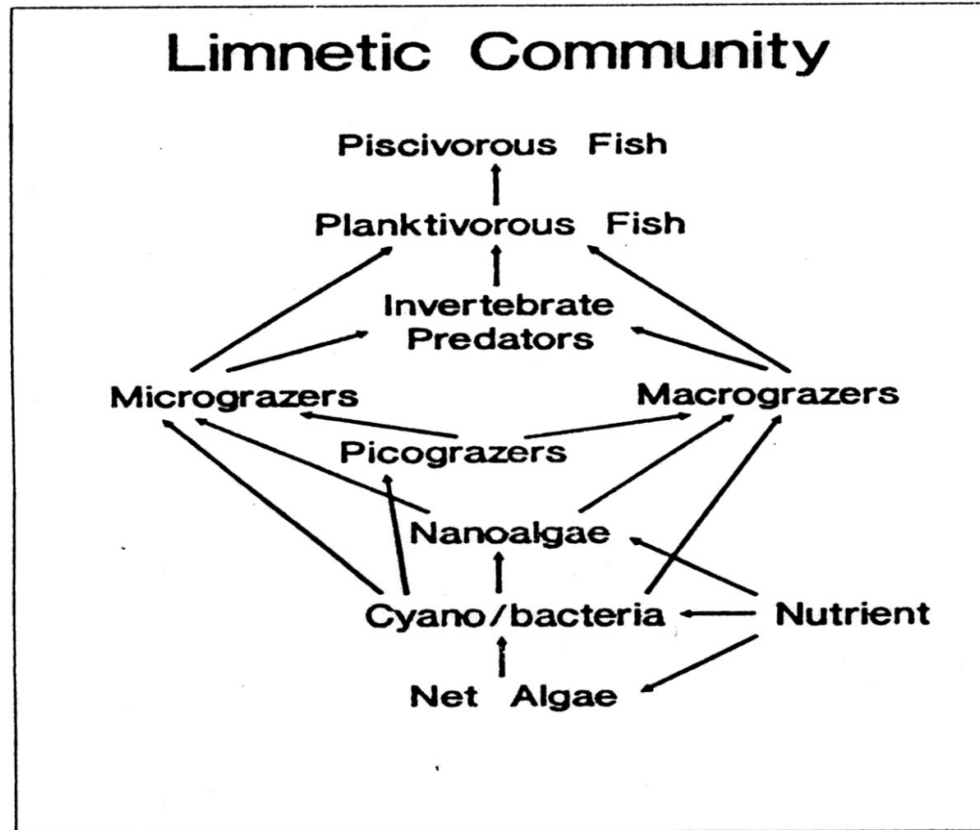
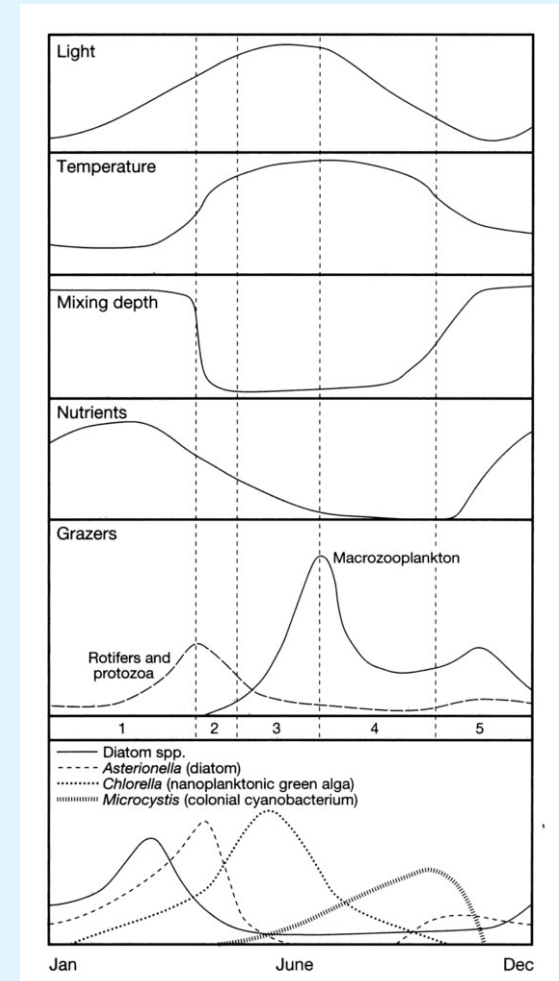
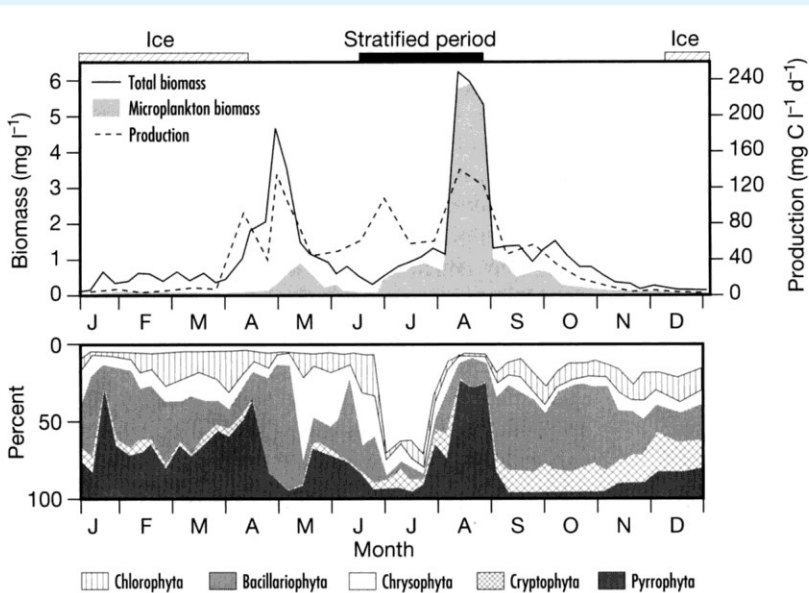
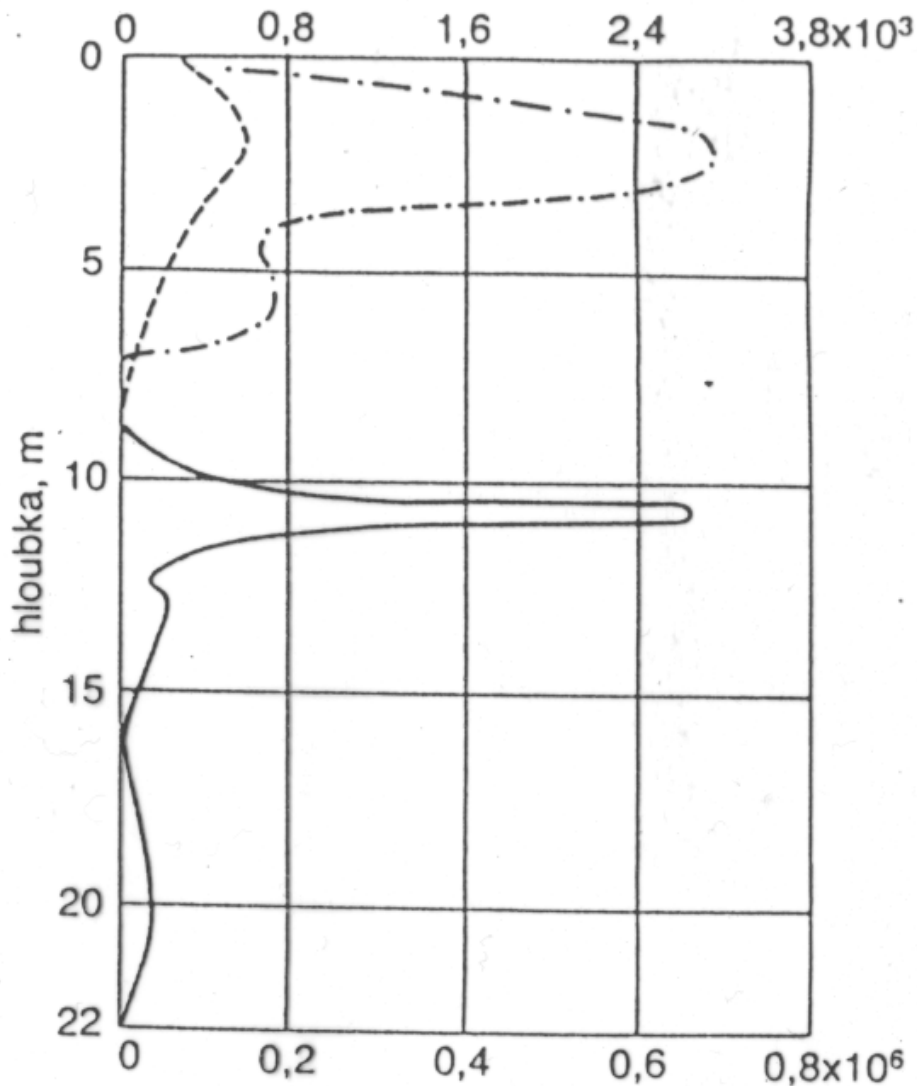


FIGURE 3.1. The limnetic community of an oligotrophic montane lake in British Columbia. Names represent aggregative descriptors of the components of the community and may contain many taxa. The following definitions apply: macrograzers—crustaceans > 0.8 mm; micrograzers—crustaceans, rotifers, and protozoans 5 μm –0.8 mm; picograzers—protozoans < 4 μm ; net algae—phytoplankton > 80 μm ; nannoalgae—largely phytoflagellates 3–8 μm ; cyanobacteria—myxotrophic blue-greens and heterotrophic bacteria < 3 μm .

Sezonní distribuce fytoplanktonu a zooplanktonu



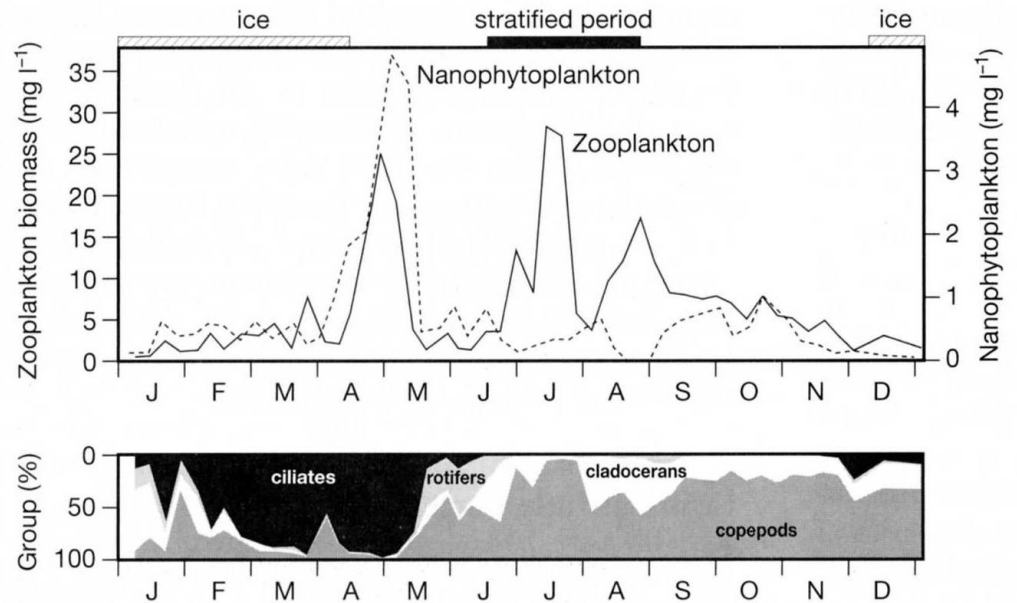
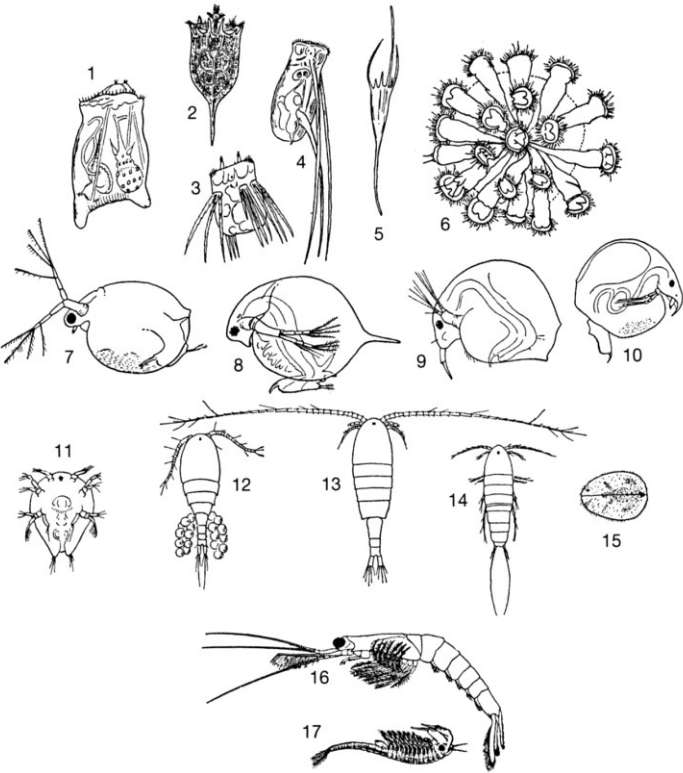


Vertikální distribuce

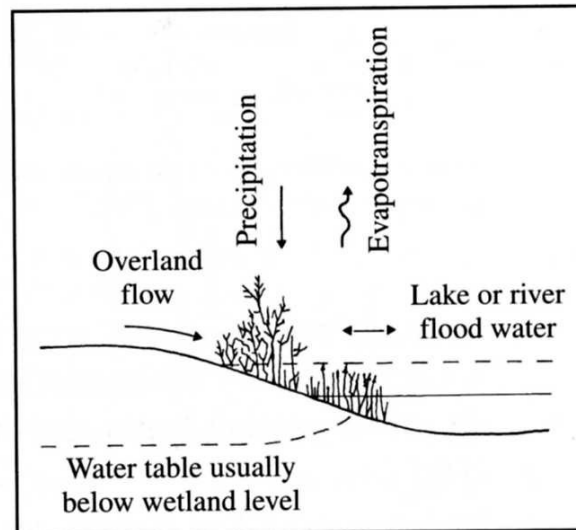
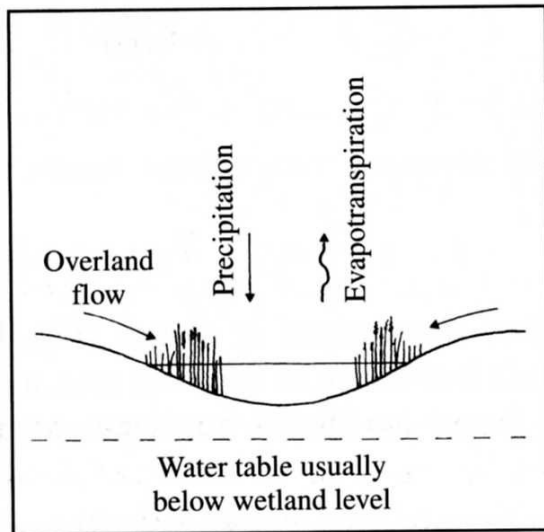
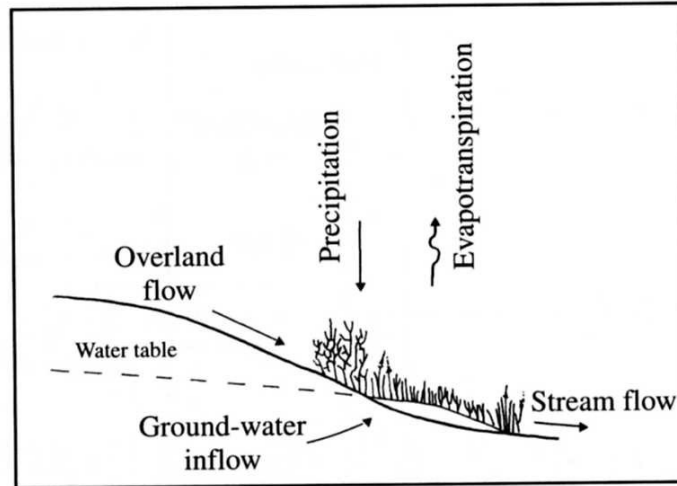
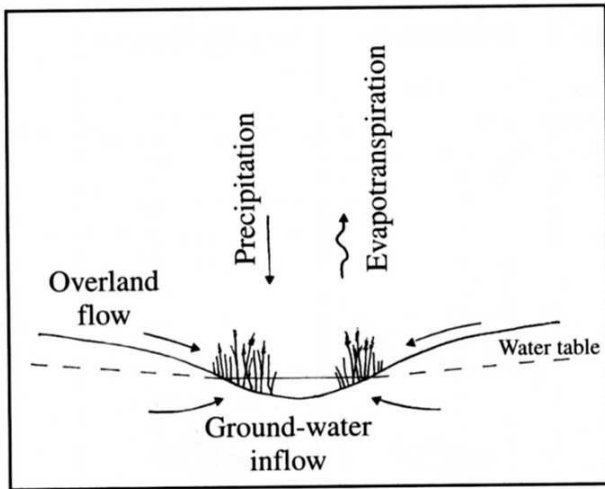
(počet jedinců v 1 ml vody)
některých příslušníků
fytoplanktonu jezera
Konojner ilustruje rozdílné
světelné nároky různých
skupin autotrofních
organismů. Rozsivky
(přerušovaná čára),
Oscillatoria (plná čára),
Microcystis (čerchovaná
čára) (podle Gorlenka a
Kuznněcova.1972)

Zooplankton

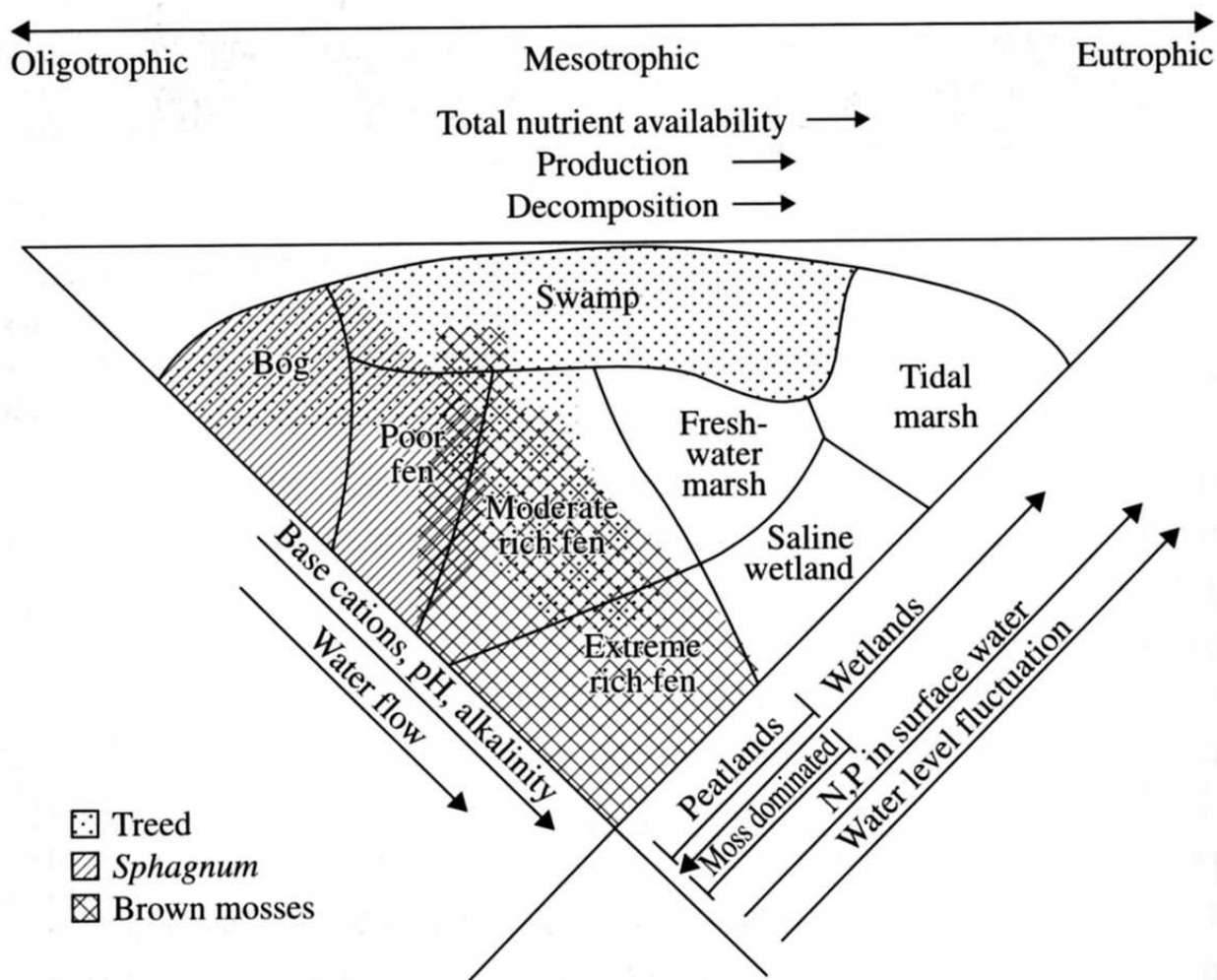
Figure 23-3 Selected zooplankton, not drawn to scale. Rotifers: (1) *Asplanchna*, (2) *Keratella*, (3) *Polyarthra*, (4) *Filinia*, (5) *Kellicottia*, (6) colony of *Conochilus*; Cladocerans: (7) *Ceriodaphnia*, (8) *Daphnia*, (9) *Bosmina*, (10) *Chydorus*; Copepods: (11) cyclopoid copepod: *Nauplius* larva, (12) cyclopoid copepod: *Cyclops*, female, (13) calanoid copepod: *Diaptomus*, (14) harpacticoid copepod (primarily benthic): *Cantbocamptus*; other selected Crustaceans: (15) Ostracods: *Cypridopsis* (benthic), (16) *Mysis* (benthic-planktonic), (17) *Eubranchipus* (littoral). (After Needham and Needham 1962.)



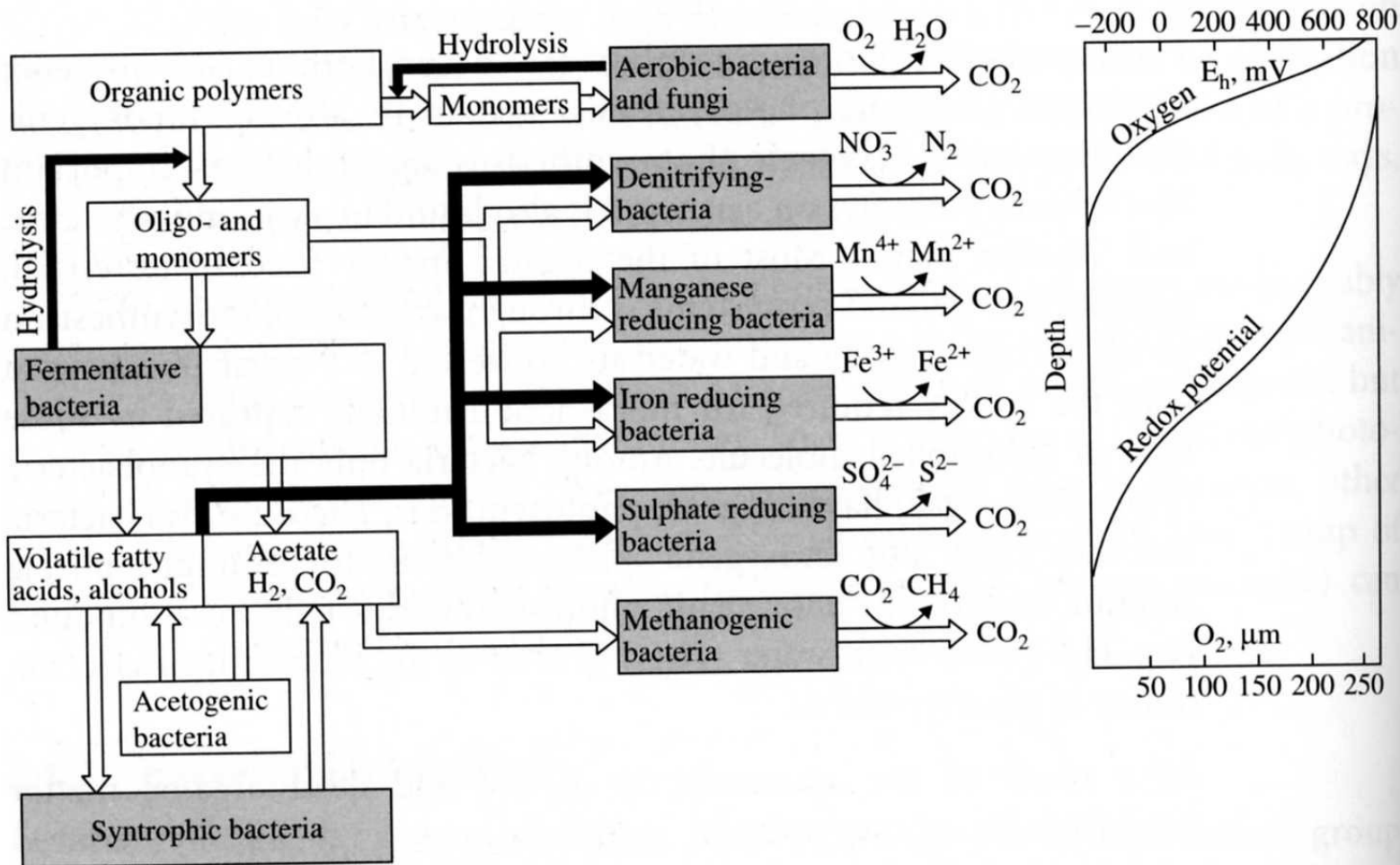
Tůně a mokřady



Světové typy mokřadů a trofie



Biochemické procesy v mokřadech



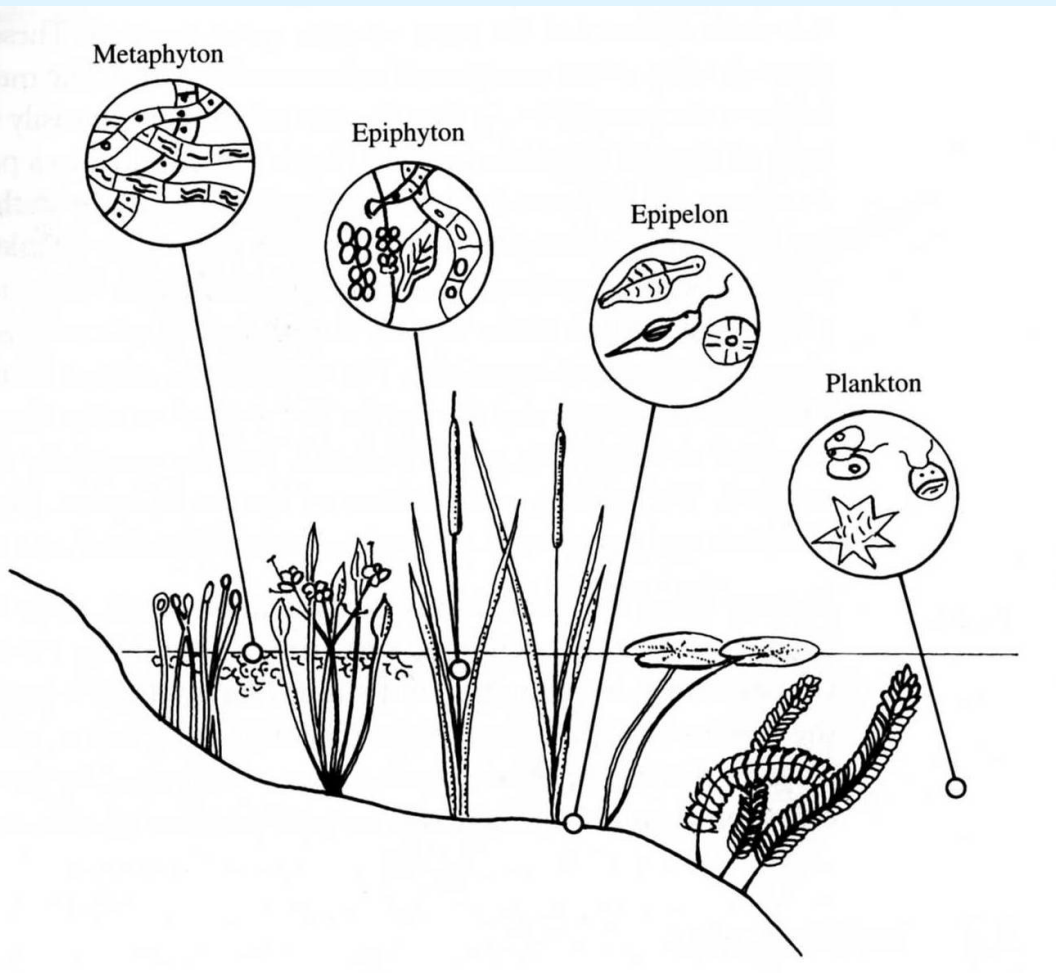
Další typy vodních útvarů

- Technologické nádrže (zavlažovací, požární..)
- Vodní prvky zahradního umění (vodotrysky, vodopády, jezírka okrasná, rybochovná, vodní prvky indoor-outdoor)
- okrasné a koupací biotopy a biokoupaliště
- Rozlišovat dle izolace okolí (folie/přírodní dno), dle účelu a způsobu užívání!!!!

Shrnutí

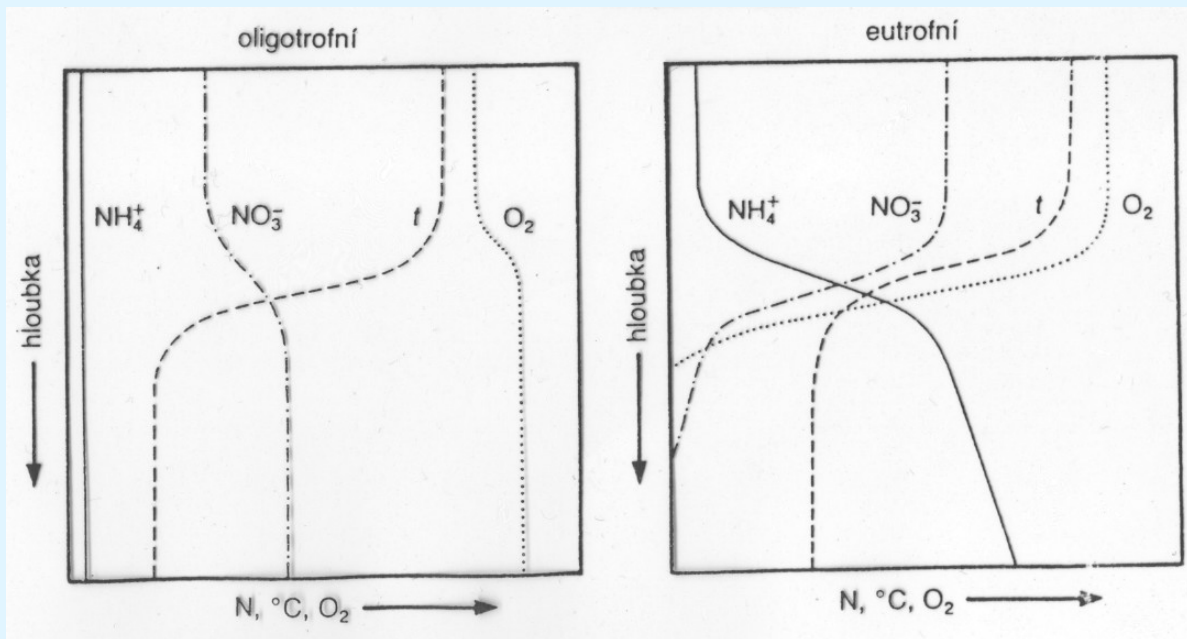
- Vodní typy a útvary
- Základní limnologické pojmy
- Ekologické skupiny vodních organismů
- Hydrochemické a hydrobiologické souvislosti důležité pro pochopení procesů a řízení kvality vody

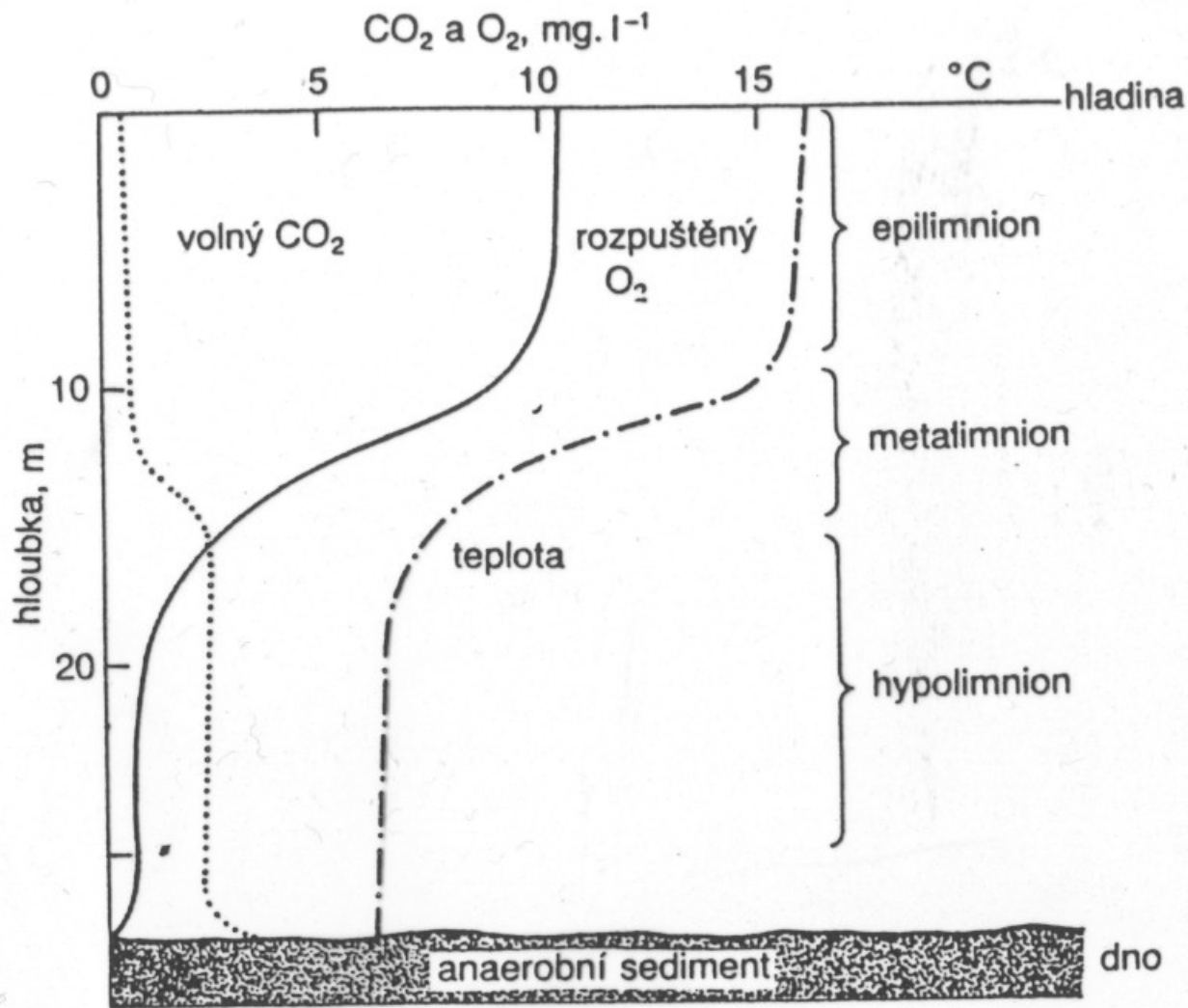
Ekologické skupiny tůň



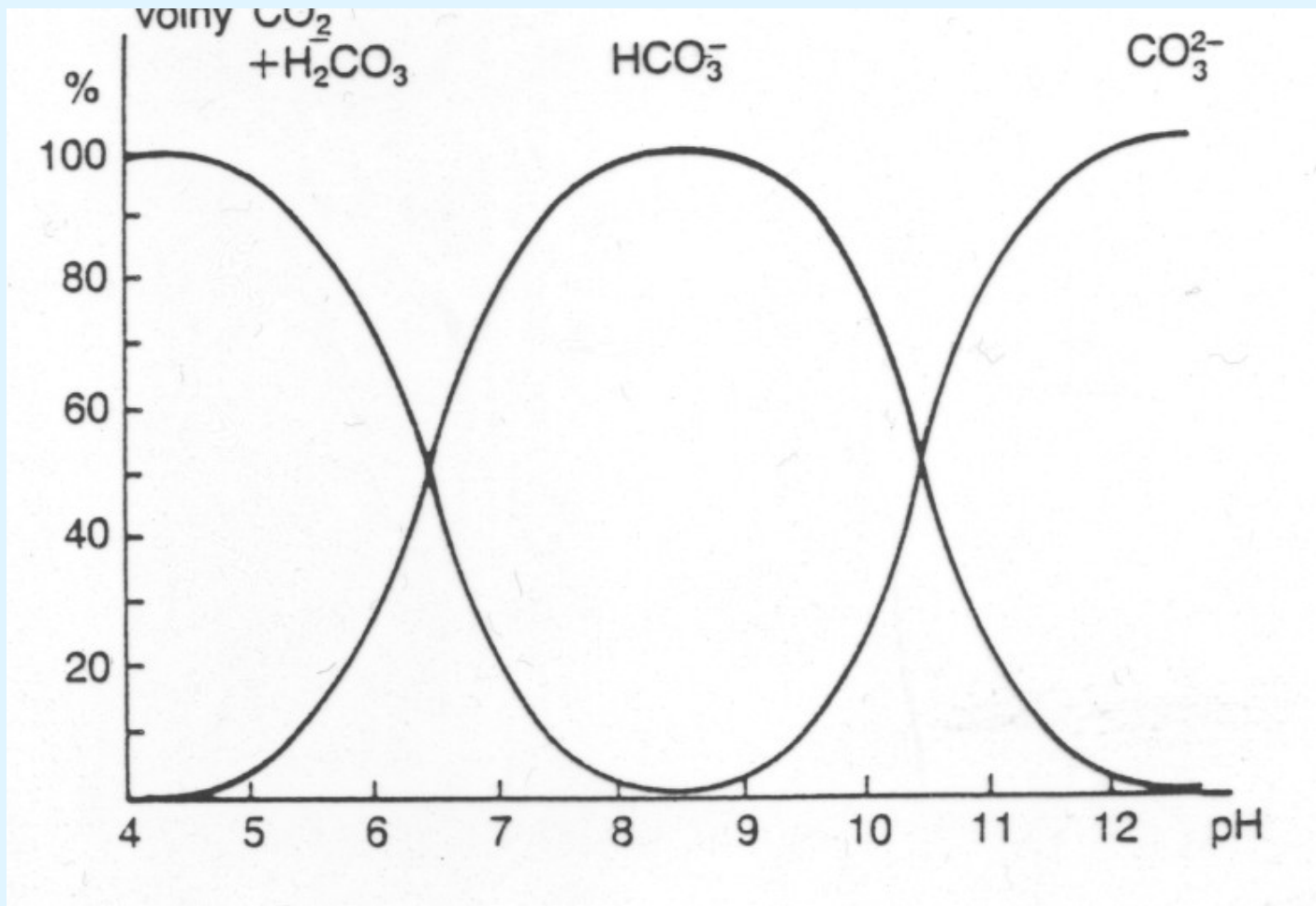
Schematické znázornění vertikální distribuce rozpuštěného kyslíku, dusičnanů a amoniaku

v teplotně stratifikovaných jezerech s velmi nízkou a vysokou produktivitou
(podle Wetzela, 1983)

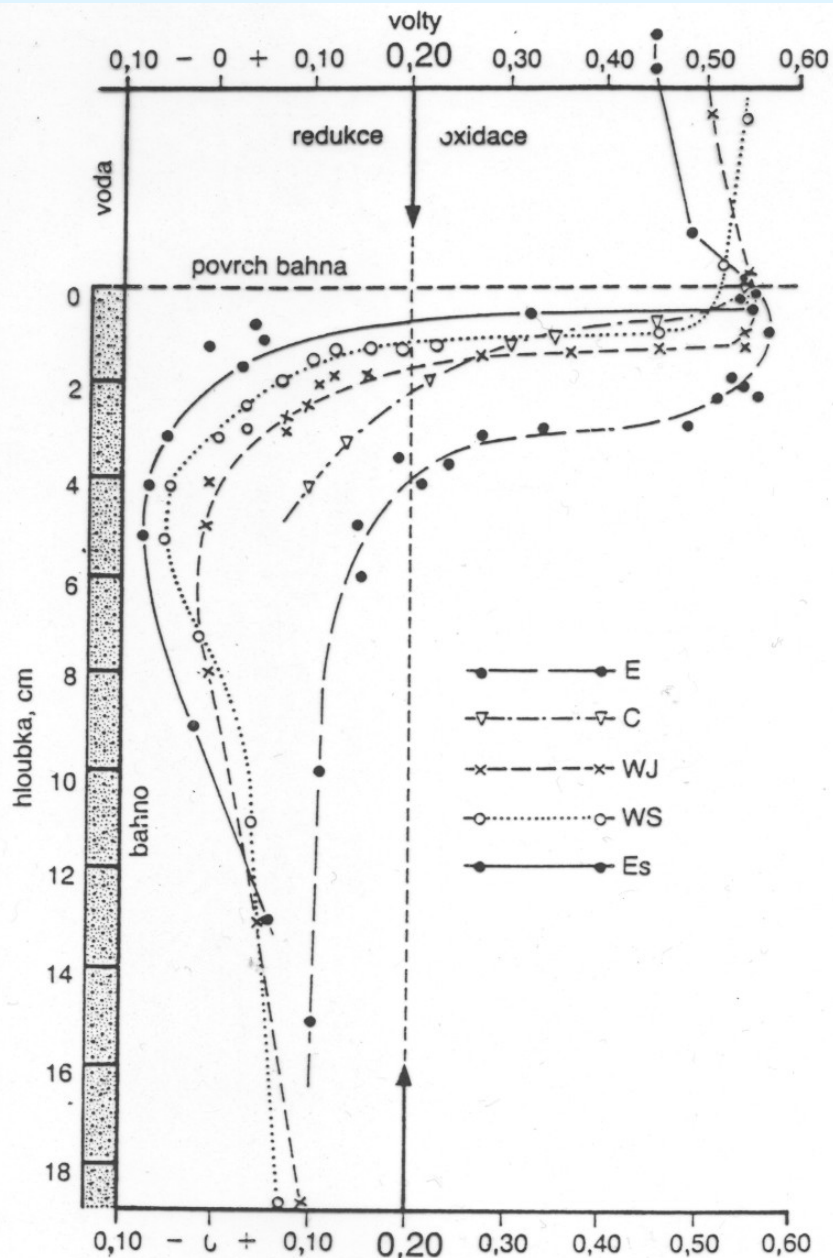




Typický průběh vertikální stratifikace, rozpuštěného kyslíku, oxidu uhličitého a teploty v době letní stagnace ve vodní nádrži s vysokou produktivitou. V hypolimnionu převládá. respirace s následným deficitem rozpuštěného O₂ a přírůstkem volného CO₂ (podle Goldmana et Horneho, 1983)

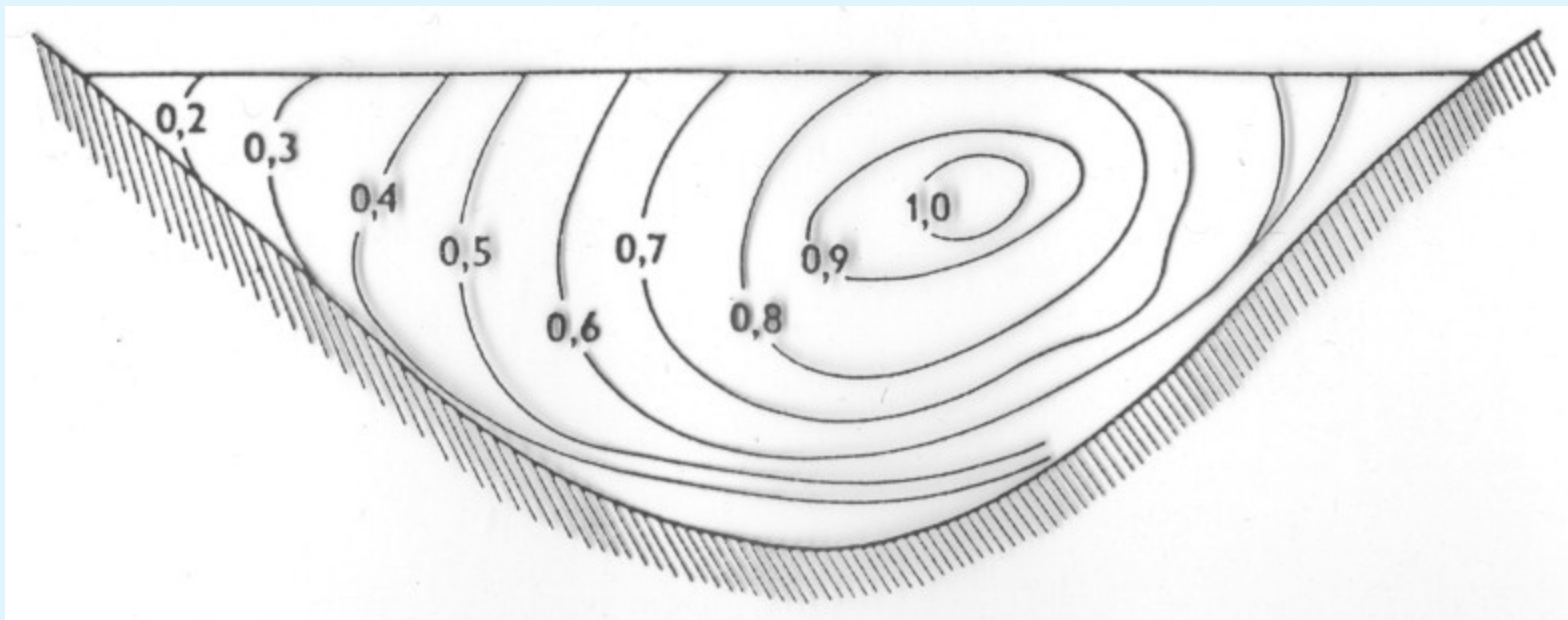


Změny v relativním zastoupení oxidu uhličitého, hydrogenuhličitanů a uhličitanů ve vodních nádržích v závislosti na změnách pH vody: při středních hodnotách pH převládají hydrogenuhličitanů (HCO_3^-), při nízkém pH oxid uhličitý a kyselina uhličitá ($\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3$), za podmínek vysokého pH dominují uhličitanů (CO_3^{2-}) (podle Goltermana, 1975)

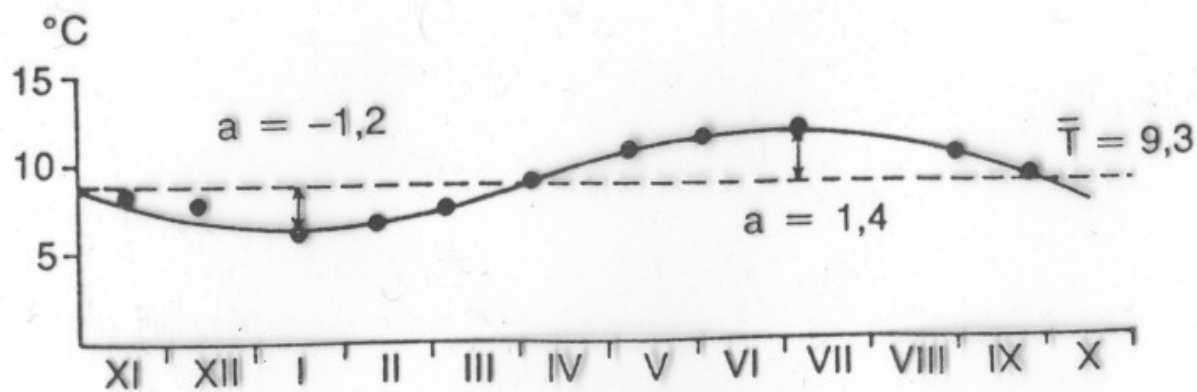
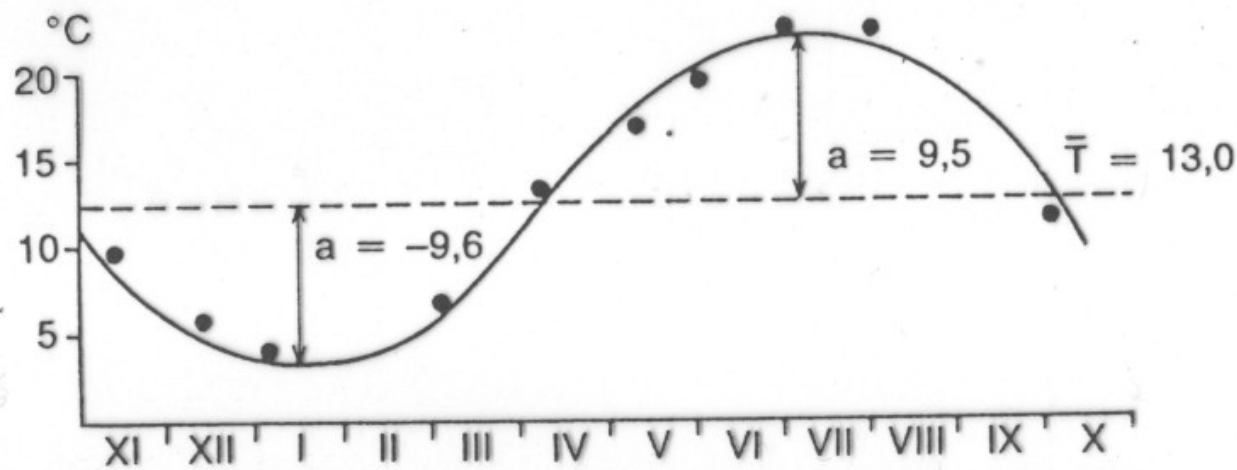


Typická zimní stratifikace redox potenciálu

(ve voltech) v povrchové vrstvě
 hlubinných sedimentů různých
 jezer. E Ennerdele Water (40 m), C
 Cymmock Water (40,8 m). WJ
 Windermere, jižní část (31 m), WS
 Windermere, severní část (65 m),
 Ea Esthwaite Water (14 m) (podle
 Mortimera, 1942). Hodnoty
 odpovídající křivce C naměřil Dr. J.
 Fott na mezotrofním blatenském
 rybníku Velký Pálenec (In Fott a
 kol., 1981)



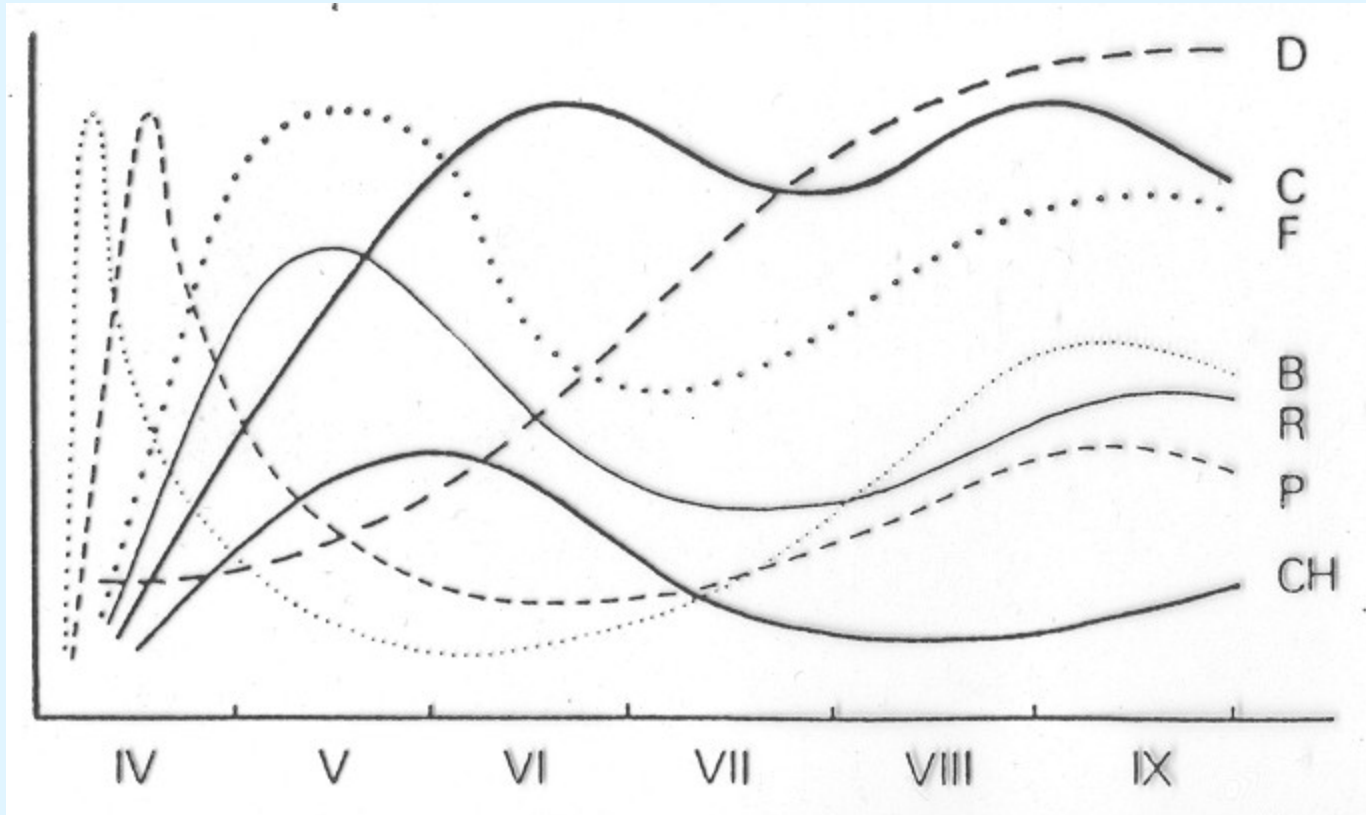
Znázornění rozdílné rychlosti toku vody v příčném profilu řeky pomocí koeficientu



Teplotní změny říční vody

v průběhu roku na příkladu řeky Moravy na profilu Záhorské Ves (nahore) a Starohorského krasového potoka na profilu Motyčky (dole)

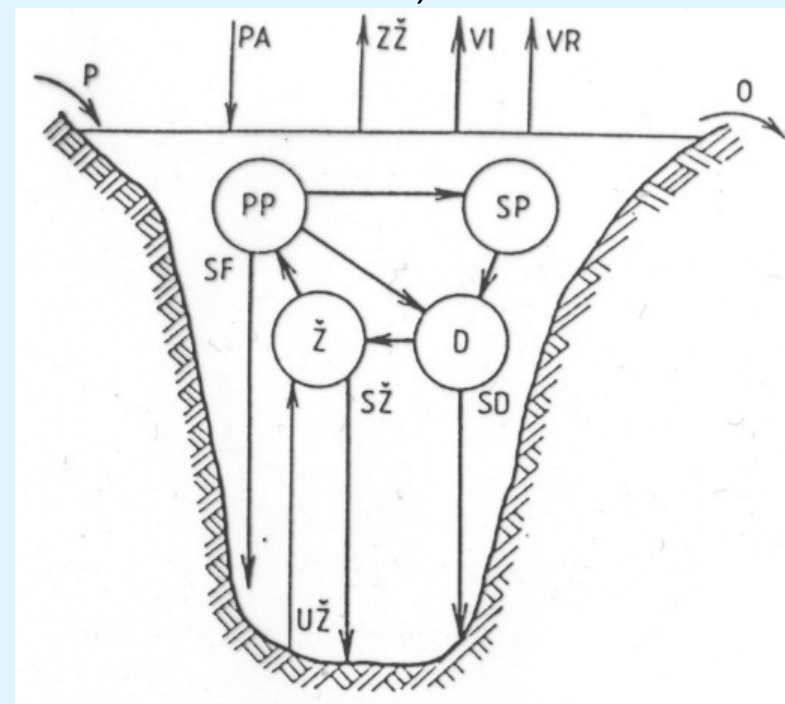
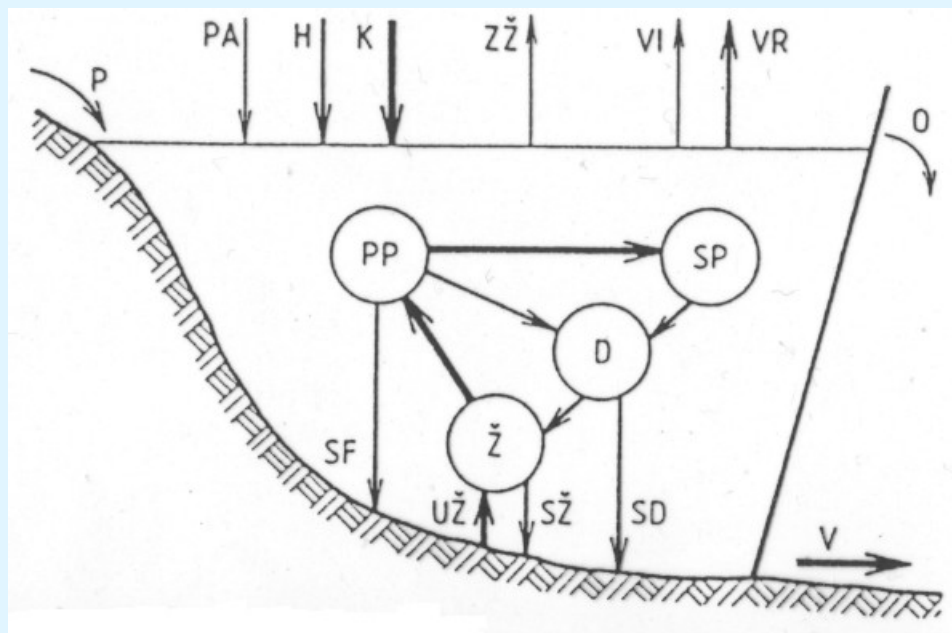
Sukcese v rybníku s mírně přesazenou obsádkou ryb po jarním napuštění.



Velikost obsádky je vyjádřena biomasou, množství ostatních skupin abundancí:

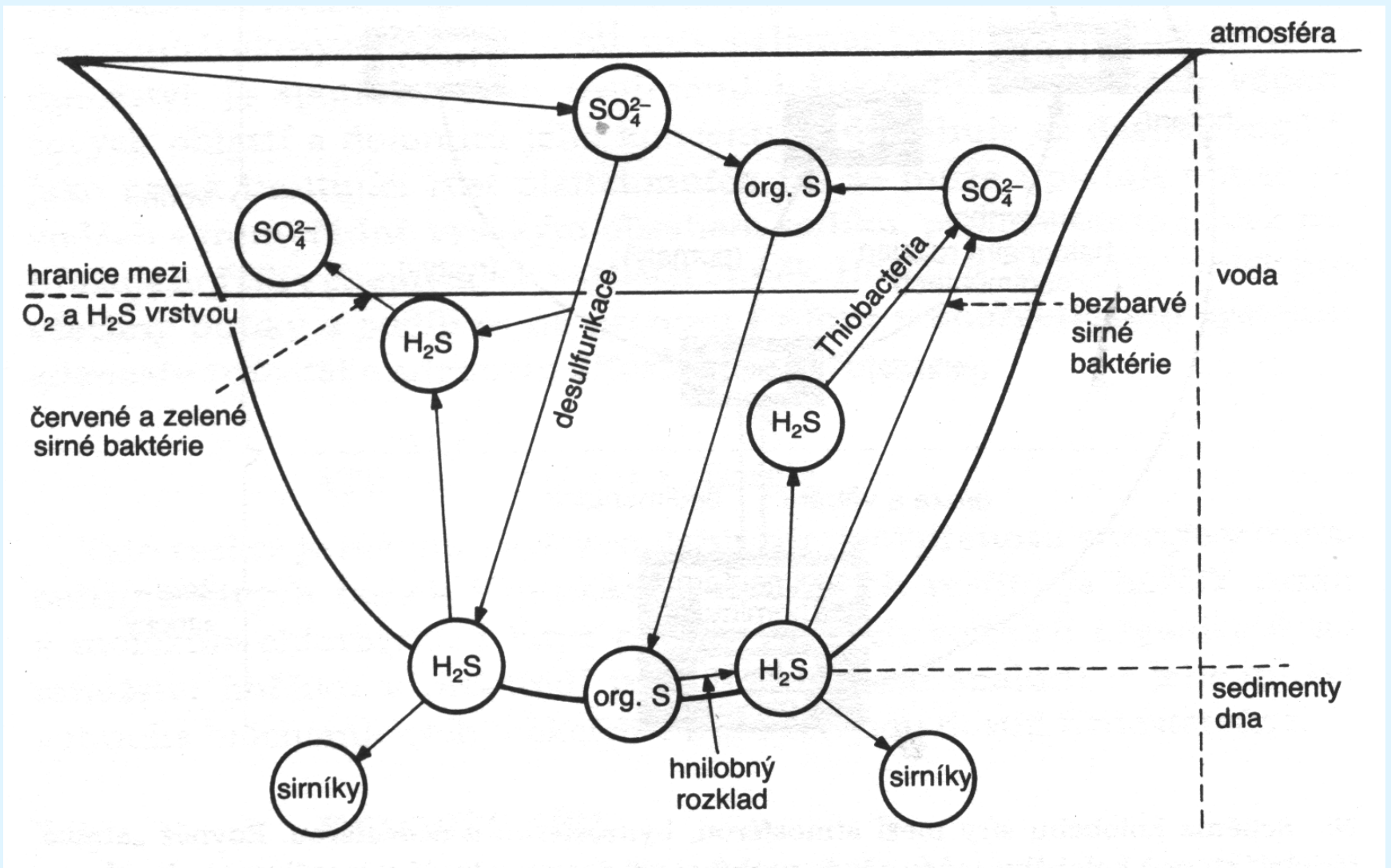
B - bakterie, P - prvoci, P - fytoplankton, R - vířníci, C - perloočky a buchanky, CH - pakomáři, D - obsádka ryb

Koloběh toxických látek a živin v oligotrofním jezeře (vysvětlivky u druhého obrázku)



Koloběh toxických látek a živin v rybníku s intenzivním chovem ryb

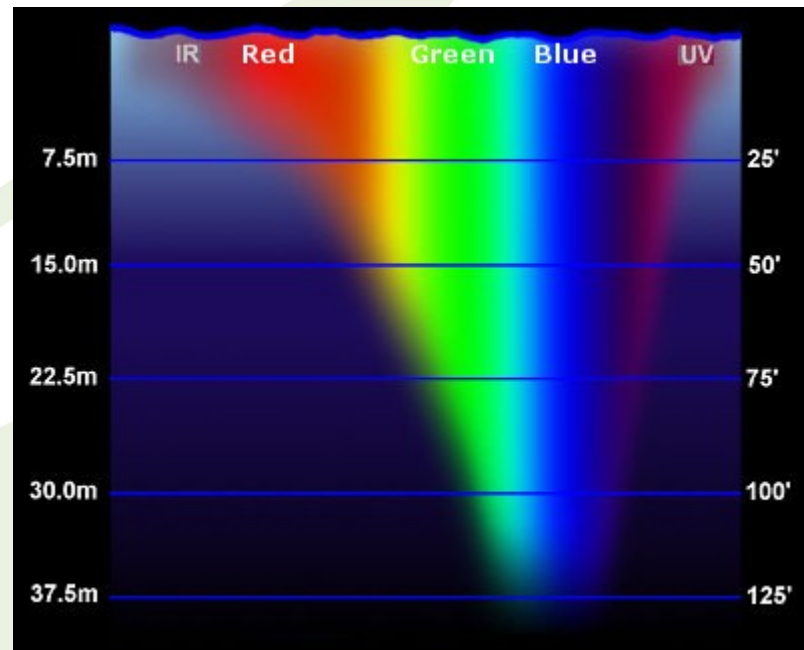
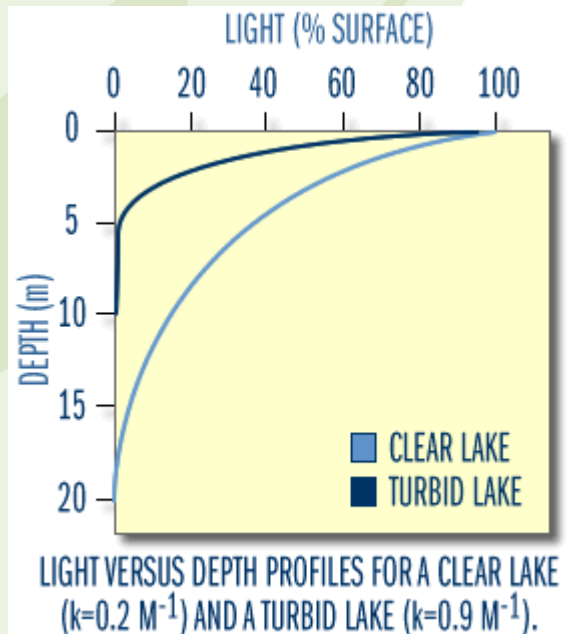
Intenzita pohybu je úměrná tloušťce čar: *PP* - primární produkce, *SP* - sekundární produkce, *D* - destrukce, *Ž* - rozpuštěné a suspendované živiny, *P* - přítok, *PA* - přísun z atmosféry, *H* - hnojiva, *K* - krmivo, *ZŽ* - ztráta živin do atmosféry, *VI* - výlet imag vodního hmyzu, *VR* - výlov ryb, *O* - odtok, *V* - vypouštění, *SF* - sedimentace fytoplanktonu, *UŽ* - živiny uvolněné ze dna, *SŽ* - sedimentace živin, *SD* - sedimentace detritu (orig. Přikryl)



Mikrobiální přeměna sloučenin síry ve velmi produktivním jezeře

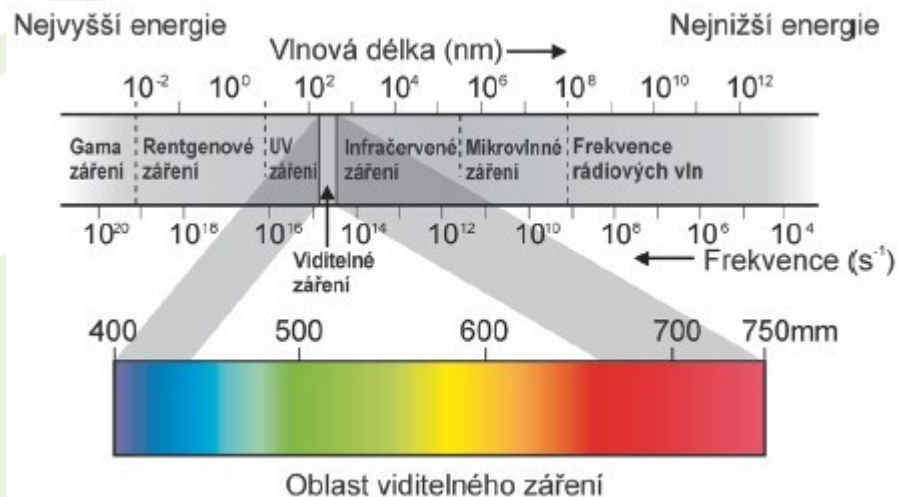
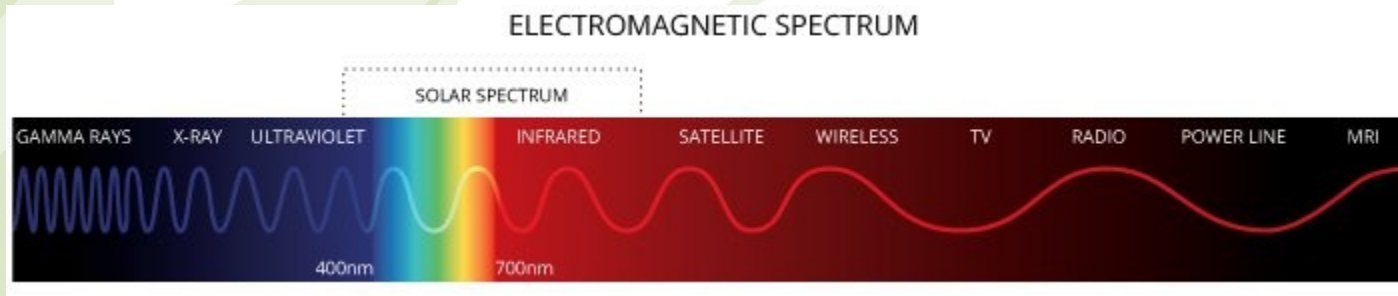
Průnik světla do vody - základní princip

- Čistá voda absorbuje nejlépe červenou a oranžovou část spektra, a proto tyto části spektra nepronikají hluboko (5m). Nejhlouběji pronikají fialové a zelenomodré paprsky (30m).
- rozptyl v čisté vodě je v negativní korelaci se čtvrtou mocninou vlnové délky $(1/\lambda)^4$, takže nejvíce náchylné na rozptyl je krátkovlnné modré a UV záření.

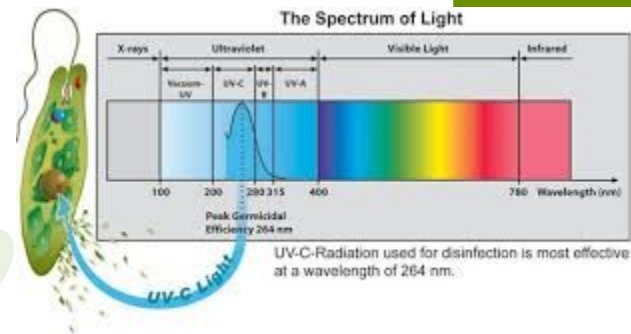
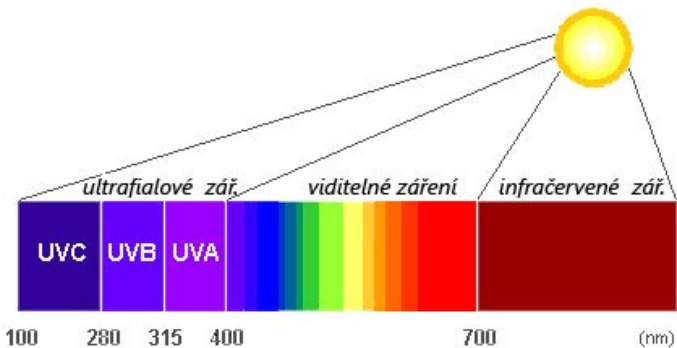


Světlo

- **Světlo** = viditelná část elektromagnetického záření (elektromagnetické vlnění o vlnových délkách $\approx 390 - 790$ nm)
- Elektromagnetické záření = je příčné postupné vlnění magnetického a elektrického pole (elektromagnetického pole)



UV záření



Název

Blízké

UVA, dlouhovlnné, „černé světlo“

UVB, středněvlnné

UVC, krátkovlnné, „dezinfekční“

DUV, hluboké ultrafialové

Daleké, řídčeji „vzduchoprázdné“ (vacuum)

Extrémní nebo „**hluboké**“

Zkratka

NUV

UVA

UVB

UVC

DUV

FUV, VUV

EUV, XUV

Vlnová délka v **nanometrech**

400 nm - 200 nm

400 nm - 320 nm

320 nm - 280 nm

pod 280 nm

pod 300 nm

200 nm - 10 nm

31 nm - 1 nm



Průnik světla a barva vody

- **Čistá voda absorbuje nejlépe červenou a oranžovou část spektra, a proto tyto části spektra nepronikají hluboko. Nejhlouběji pronikají fialové a zelenomodré paprsky.**
- **rozptyl v čisté vodě je v negativní korelaci se čtvrtou mocninou vlnové délky $(1/\lambda)^4$, takže nejvíce náchylné na rozptyl je krátkovlnné modré a UV záření.**
- Molekuly vody rozptylují světlo ve všech směrech, a to, která se vrací zpět nahoru směrem k pozorovateli, **je důvodem modré barvy vody těchto čistých jezer.**
- I velmi malé množství zabarvujících **DOM** a organických částic velmi **rychle absorbuje fotony modré části spektra a způsobuje, že vodou nejlépe prochází světlo zelené.** To je pak následně rozptylováno a **je důvodem pro zelenou barvu takovéto vody.**
- Se zvyšujícím se **obsahem rozpuštěných organických látek** roste absorpce světla v modré až fialové části spektra, **voda je zabarvena do žluta až hněda.**

Table 2. Important properties of liquid water

Property	Comparison with other substances	Importance in aquatic environment
Specific Heat Capacity	Higher than all solids and other liquids except liquid ammonia, liquid hydrogen and lithium	Prevents wide fluctuations in temperature in water and stabilization of body temperatures in organisms
Latent Heat of Fusion	Higher except for ammonia	Temperature stabilization at freezing point of water due to absorption or release of latent heat
Latent Heat of Vaporization	Higher than any other substance	Determines transfer of heat and water molecules between atmosphere and aquatic systems
Density (or Thermal Expansion)	Maximum density for pure fresh water is at 4°C and for sea water it is near its freezing point (-1.9°C)	Freshwater and dilute seawater reach maximum density at temperatures above freezing; controls temperature distribution and vertical circulation in stratified lakes
Surface Tension	Higher than any liquid except mercury	Controlling factor in cell physiology; surface phenomena and drop formation
Dissolving (Solvent) Power	Dissolves more substances and in greater amounts than any other naturally occurring liquid	Facilitate chemical reactions (e.g., hydrolysis) and transport of nutrients and by-products in biological processes
Dielectric Constant	Pure freshwater higher than all liquids except hydrogen peroxide and hydrogen cyanide	High solubility of inorganic substances because of ionization
Transparency	Absorption of radiant energy is high for infrared and longer wave lengths of ultraviolet light; little selective absorption in visible portion	Allows light for photosynthesis and photolysis to occur at significant depths

Sources: Drever (1988), Libes (1992), Pytkowicz (1983), Reid and Wood (1976).

Malé vodní nádrže v krajině

Malé vodní nádrže (nádrže o objemu při normální hladině do 2 mil. m³ a největší hloubkou do 9 m)

jsou budovány k různým účelům: ochranné (retenční) nádrže (k ochraně před povodněmi nebo vodní erozí), rybochovné nádrže čili rybníky, nádrže na ochranu flory a fauny, rekreační nádrže, hospodářské (př. protipožární) a další.

Výstavbou nebo obnovou nádrže lze, krom stanoveného účelu, docílit řady dalších příznivých efektů.

Především vždy dojde ke zvětšení zásoby vody v krajině s pozitivním dopadem též na lokální zásoby podzemních vod. Nádrž také příznivě ovlivňuje průběh velkých vod („zploštění“ povodňové vlny).

Rybníky do dvou hektarů s výškou hráze do 1,5 metru je možné postavit tzv. na ohlášení.

Jde o další z mnoha opatření pro zadržení vody v krajině.