

# Změny sladkovodních ekosystémů v prostoru a čase

Z8025 (učebna Z2)

## 5. Stojaté vody – vztahy k povodí, procesy ve vazbě na prostorové členění

---



**GEOGRAFICKÝ ÚSTAV**  
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA MU

**Mgr. Karel Brabec, Ph.D.**

[brabec@sci.muni.cz](mailto:brabec@sci.muni.cz)



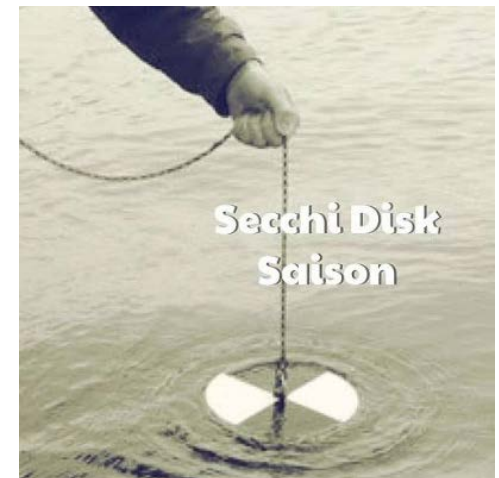
# SYLABUS

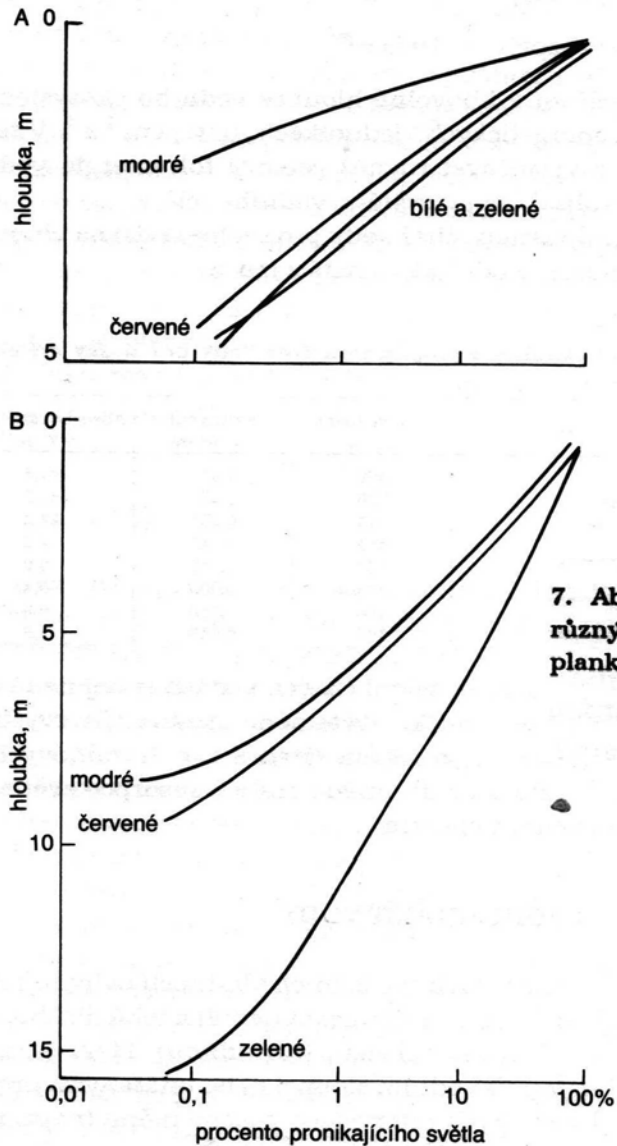
1. Úvod – teoretické koncepty
2. Prostorové škály říční krajiny
3. Změny vodních toků v podélném profilu
4. Laterální a vertikální interakce vodních toků s okolním prostředím
- 5. Stojaté vody – vztahy k povodí, procesy ve vazbě na prostorové členění**
6. Dlouhodobé trendy ve vývoji vodních ekosystémů
7. Sezonní dynamika faktorů prostředí a biologických společenstev
8. Teplotní režim povrchových vod
9. Ekologické aspekty průtokového režimu a hydraulických podmínek
10. Antropogenní modifikace vodních ekosystémů (se zřetelem na časoprostorové aspekty)
11. Potenciální dopady změn klimatu ve sladkovodních ekosystémech
12. Časo-prostorové aspekty adaptačních opatření a revitalizací degradovaných ekosystémů
13. Případové studie

- vlastnosti povodí
- vertikální profil (teplota, kyslík, světlo, organismy)
- jezera, mokřady, poříční tůně, rybníky, údolní nádrže

- eroze – zákal
- živiny
- další chemické parametry (pH/alkalinita, huminové látky)
- variabilita přítoku, dynamika změn průtoku ve vazbě na srážky nebo tání sněhu/ledu
- reliéf, tvar říční sítě

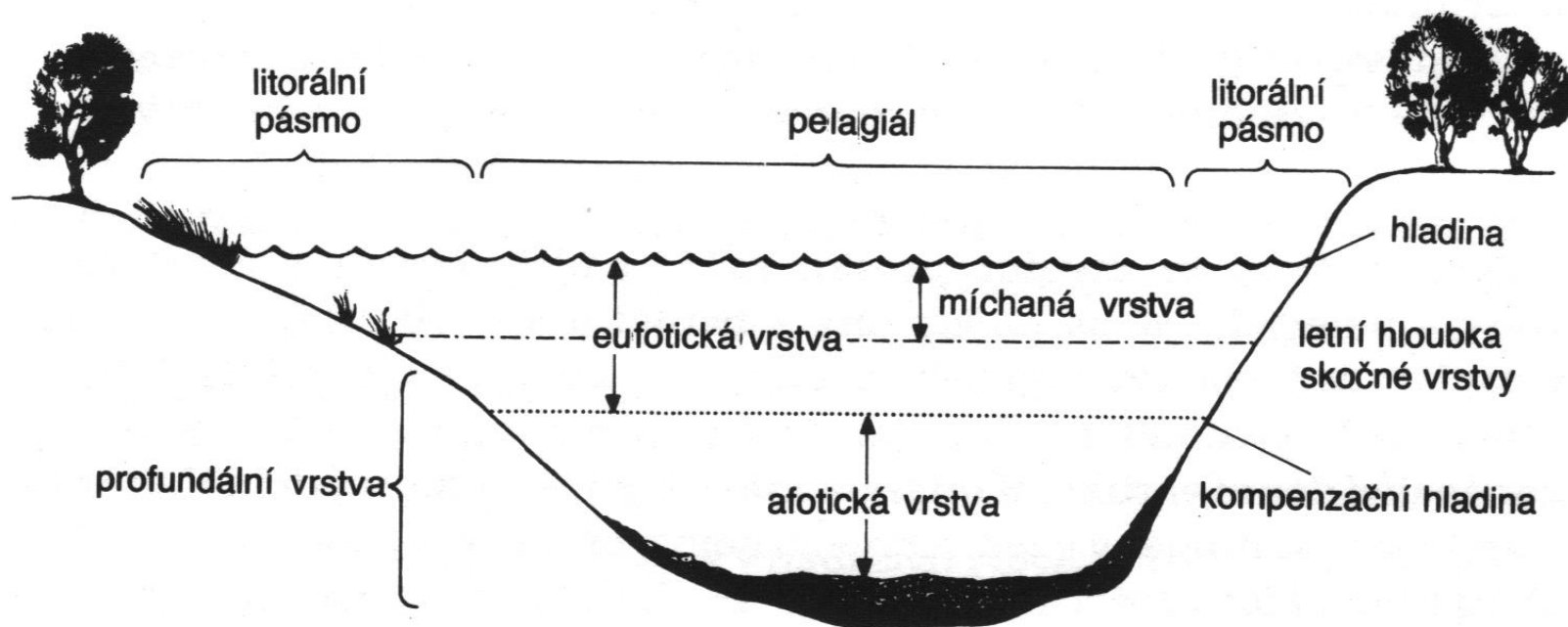
- vliv na společenstva **rostlin a primární produkci**
- úhrn a vlastnosti záření dopadajícího na říční autotrofy závisí na:
  - *ročním období*
  - *geografické poloze*
  - *nadmořské výšce*
  - *vlastnostech atmosféry*
  - *lokálních podmínkách (hloubka, průhlednost)*





**7. Absorpce různých barev světelného spektra vůči hladinovým hodnotám po průchodu různými vrstvami vodního sloupce: A velmi produktivní (eutrofní) jezero s hustým fytoplanktonem, B málo produktivní (oligotrofní) jezero, v němž zelená složka spektra proniká nejhlouběji (podle Goldmana et Horneho, 1983)**

- bentál (oblast dna)
- pelagiál (volná voda)
- trofogenní a trofolytická vrstva



**23. 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 Goldmana et Horneho, 1983)**

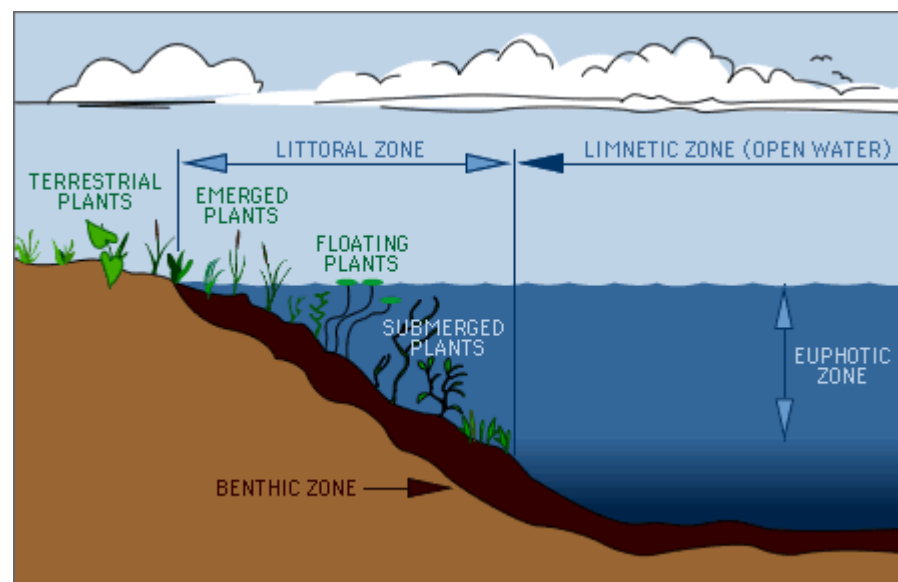


## pelagiál

- plankton (vznášející se organismy) a nekton (aktivně plovoucí)

## bentál

- litorál
- profundál



## vegetace

- emergentní (rákos, orobinec, skřipinec, zblochan)
- plovoucí (lekníny, rdesno)
- submerzní (hvězdoš, vodní mor, stolístek, růžkatec)

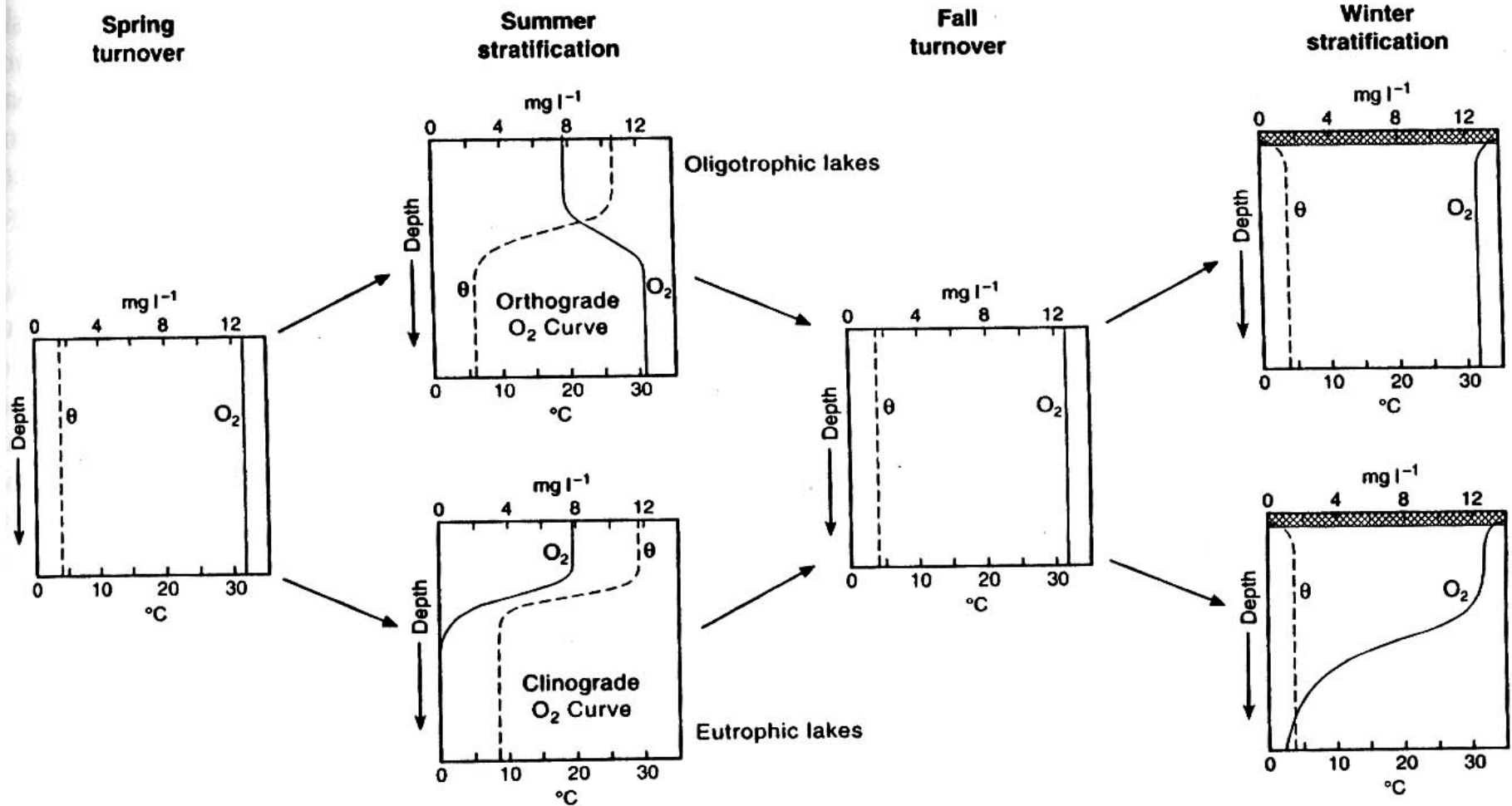


FIGURE 9-2 Idealized vertical distribution of oxygen concentrations and temperature ( $\Theta$ ) during the four main seasonal phases of an oligotrophic and a eutrophic dimictic lake.

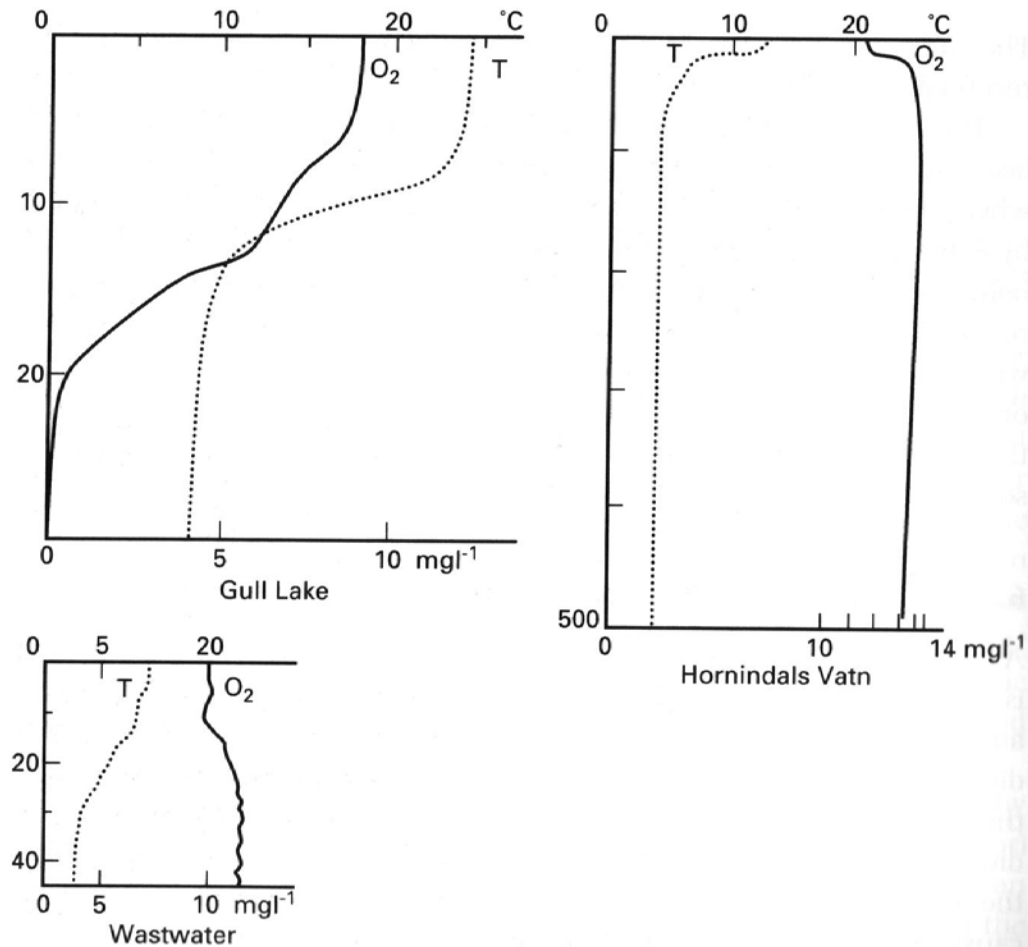
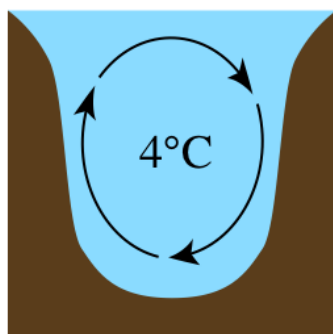
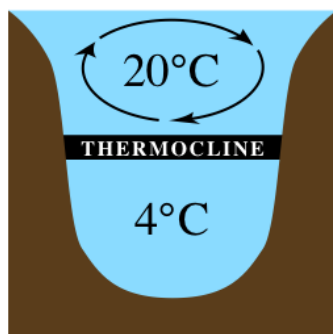


Fig. 6.10 Oxygen (O<sub>2</sub>) and temperature (T) profiles in midsummer from three lakes. Gull Lake is relatively fertile, but the other two are infertile. Vertical depth scales are in

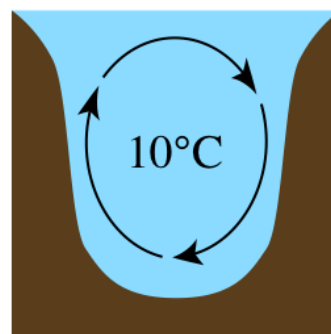
- vlastnosti povodí
- vertikální profil (teplota, kyslík, světlo, organismy)



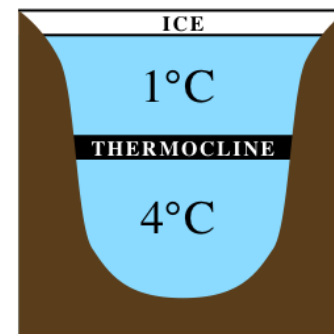
SPRING



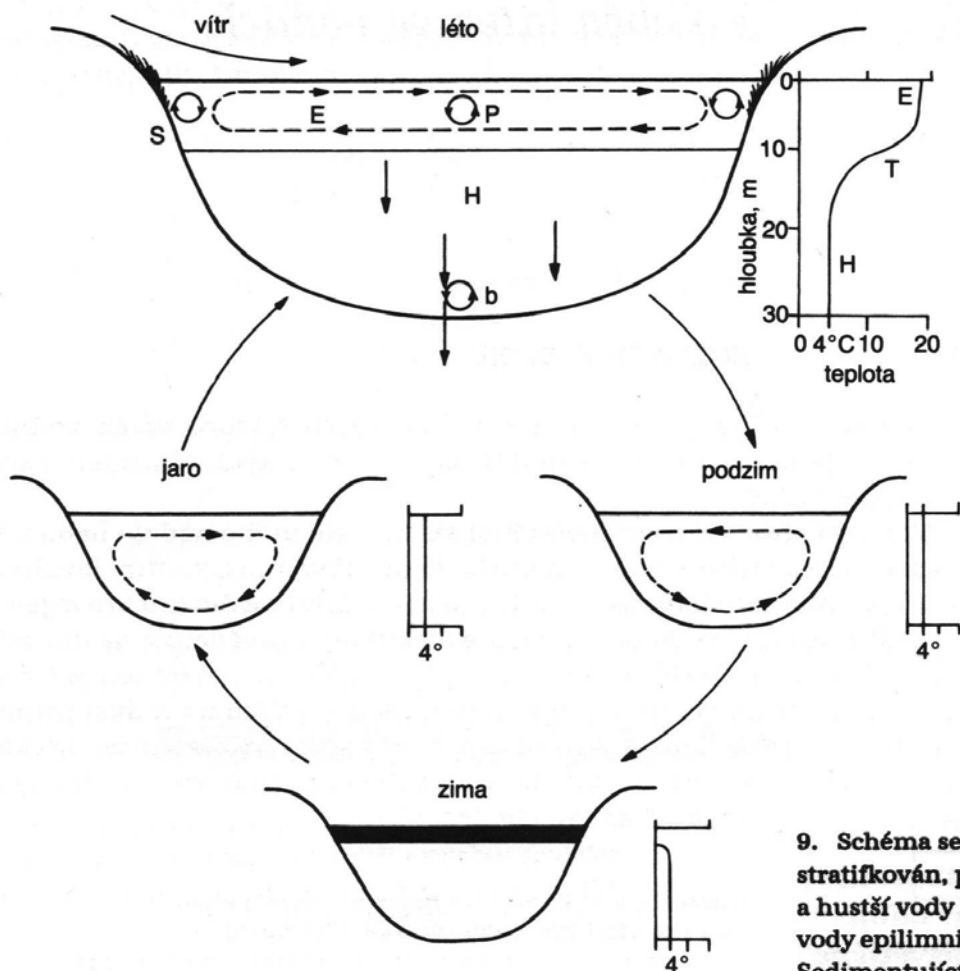
SUMMER



FALL

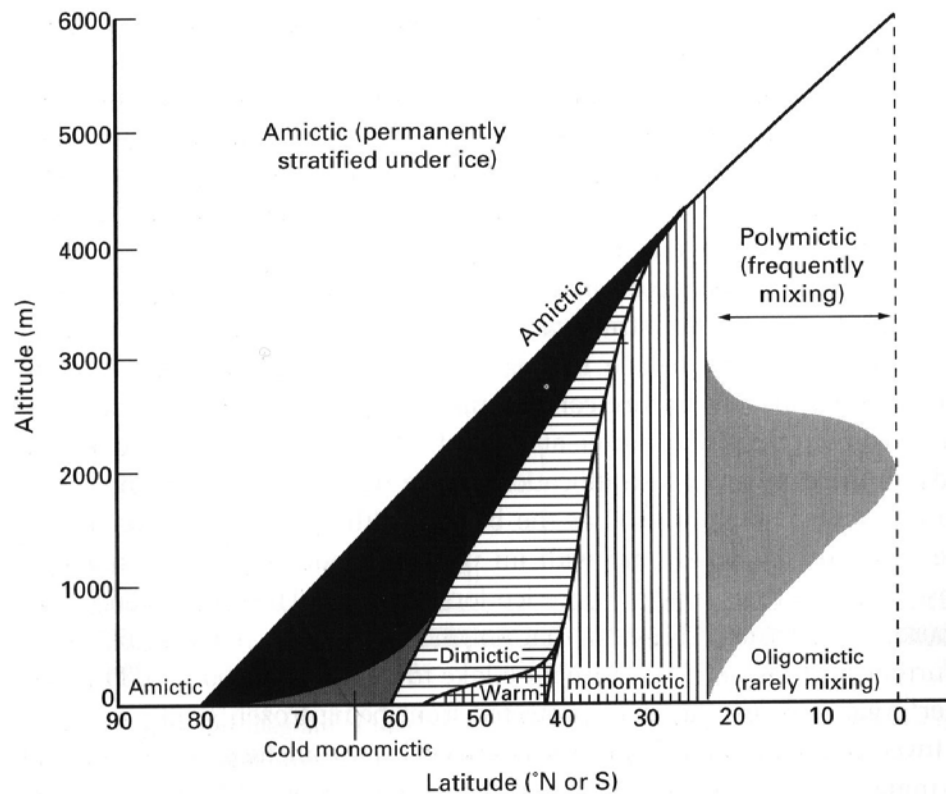


WINTER



9. 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 pelagiálními (P) a litorálními (S) cenózami. Sedimentujícími částicemi detritu a organismy jsou do hlubších vrstev vody a na dno přiváděny živiny, které mohou cirkulovat mezi vodou a 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 °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)

212 CHAPTER 6



**Fig. 6.15** Probable relationship of types of stratification (or lack of it) in deep lakes with altitude and latitude. Transitional regions between warm monomictic and dimictic types are shown. Also, in the tropics, a region of mixed types, mainly variants of the warm monomictic type, is indicated at midaltitudes. (Based on Hutchinson and Löffler [456].)

**Amictic lakes** are "perennially sealed off by ice from most of the annual seasonal variations in temperature." [1]

Amictic lakes exhibit inverse cold water stratification whereby water temperature increases with depth below the ice surface 0 °C (less-dense) up to a theoretical maximum of 4 °C (at which the density of water is highest).

**Holomictic lakes** are lakes that have a uniform temperature and density from top to bottom at a specific time during the year, which allows the lake waters to completely mix.

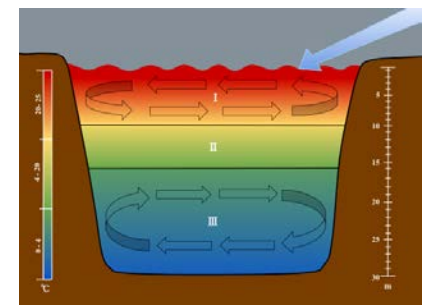
A **meromictic lake** has layers of water that do not intermix. [1] In ordinary, "holomictic" lakes, at least once each year, there is a physical mixing of the surface and the deep waters. [2]

**Monomictic lakes** are holomictic lakes that mix from top to bottom during one mixing period each year. Monomictic lakes may be subdivided into Cold and Warm types.

**Polymictic lakes** are holomictic lakes that are too shallow to develop thermal stratification; thus, their waters can mix from top to bottom throughout the ice-free period. Polymictic lakes can be divided into cold polymictic lakes (i.e., those that are ice-covered in winter), and warm polymictic lakes (i.e., polymictic lakes in regions where ice-cover does not develop in winter). [1]

A **thermocline** (also known as the thermal layer or the metalimnion in lakes) is a thin but distinct layer in a large body of fluid (e.g. water, as in an ocean or lake; or air, e.g. an

atmosphere) in which temperature changes more rapidly with depth than it does in the layers above or below. In the ocean, the thermocline divides the upper mixed layer from



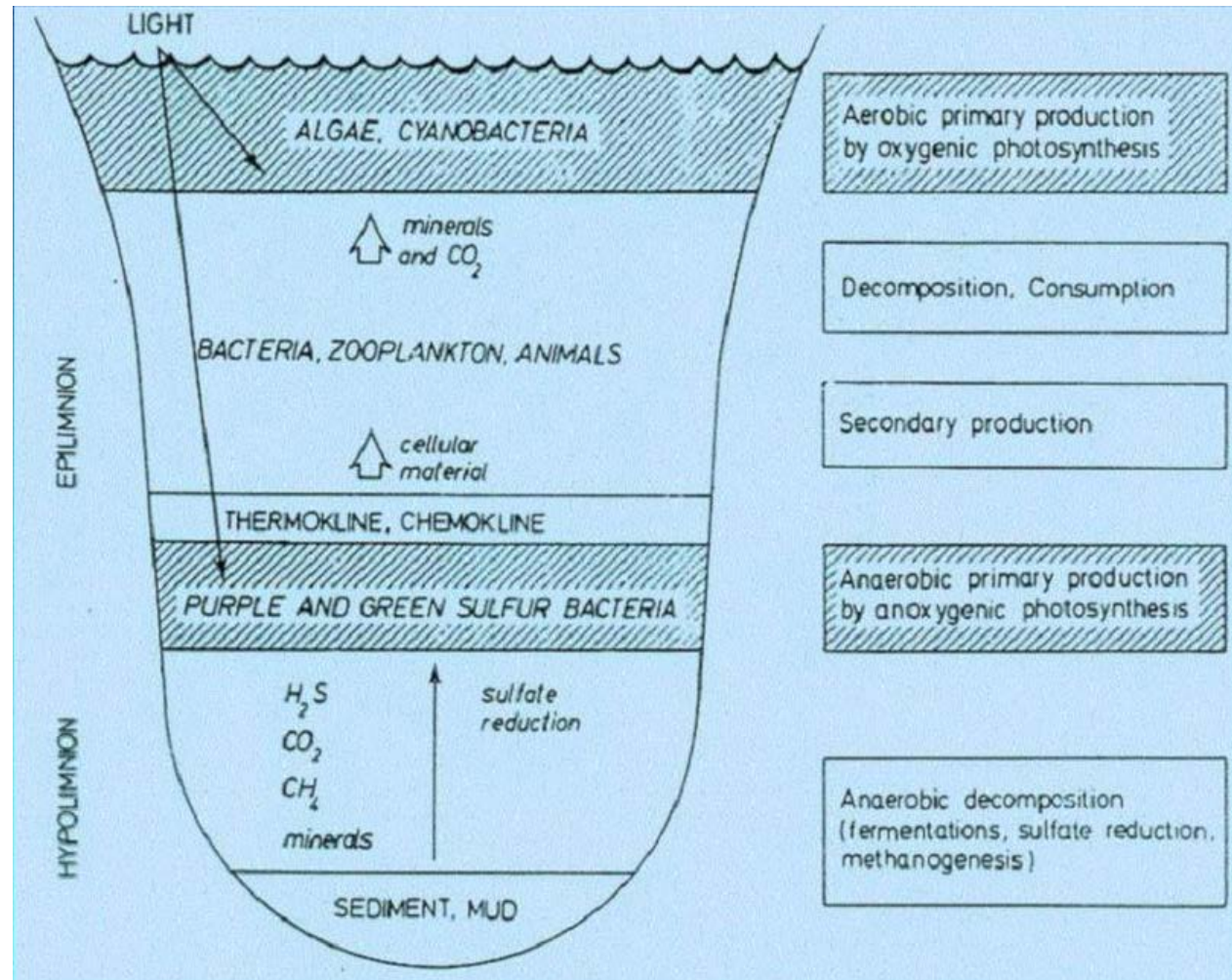


# STOJATÉ VODY

cirkulace

**meromixie** – nedochází k promíchání celého sloupce (chemoklina – chemická skočná vrstva)

- morfologicky podm.
- topograficky podm.
- chemicky podm.



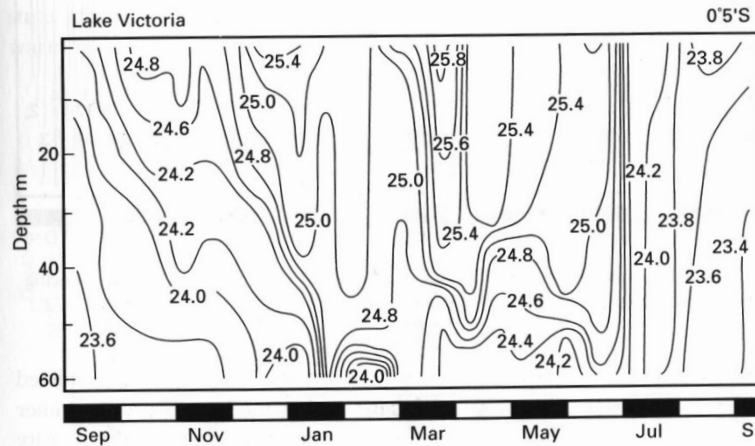


Fig. 6.11 Depth-time diagram of thermal stratification in a tropical lake, Lake Victoria, Uganda. Isotherms are in °C. (Based on Talling [941].)

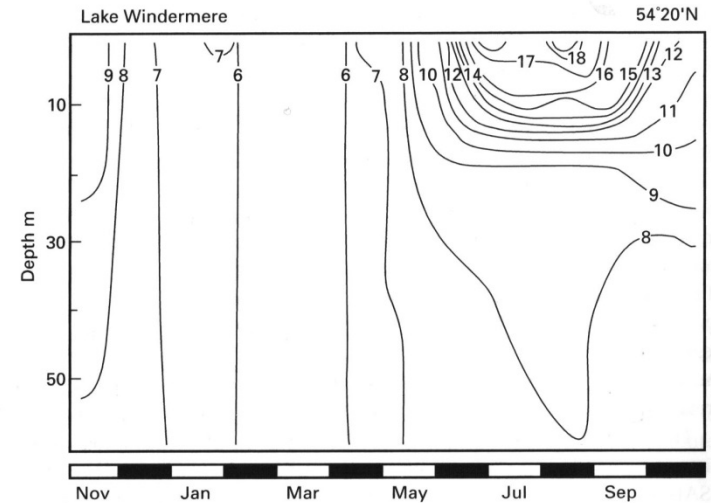


Fig. 6.12 Depth-time diagram of thermal stratification in a temperate lake experiencing a maritime climate, Lake Windermere, English Lake District. Isotherms are in °C. (Based on Jenkin [480].)

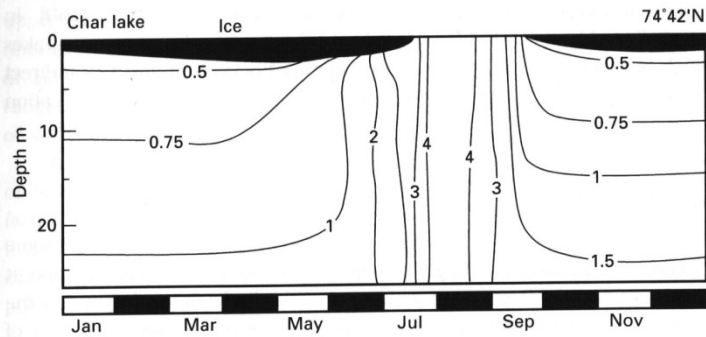


Fig. 6.14 Depth-time diagram of thermal stratification in a polar lake, Char Lake, Canadian Arctic. Isotherms are in °C. (Based on Schindler *et al.* [867].)

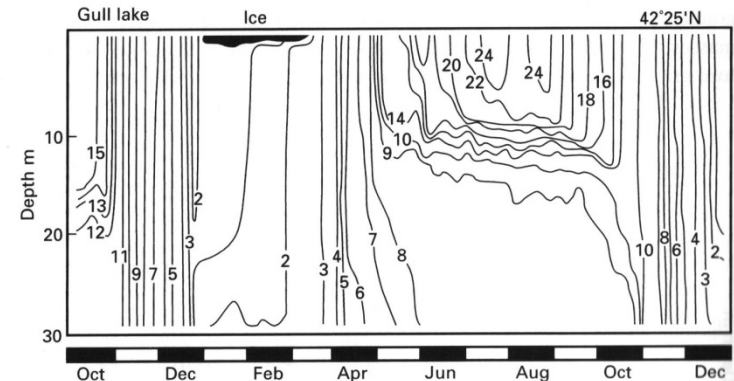
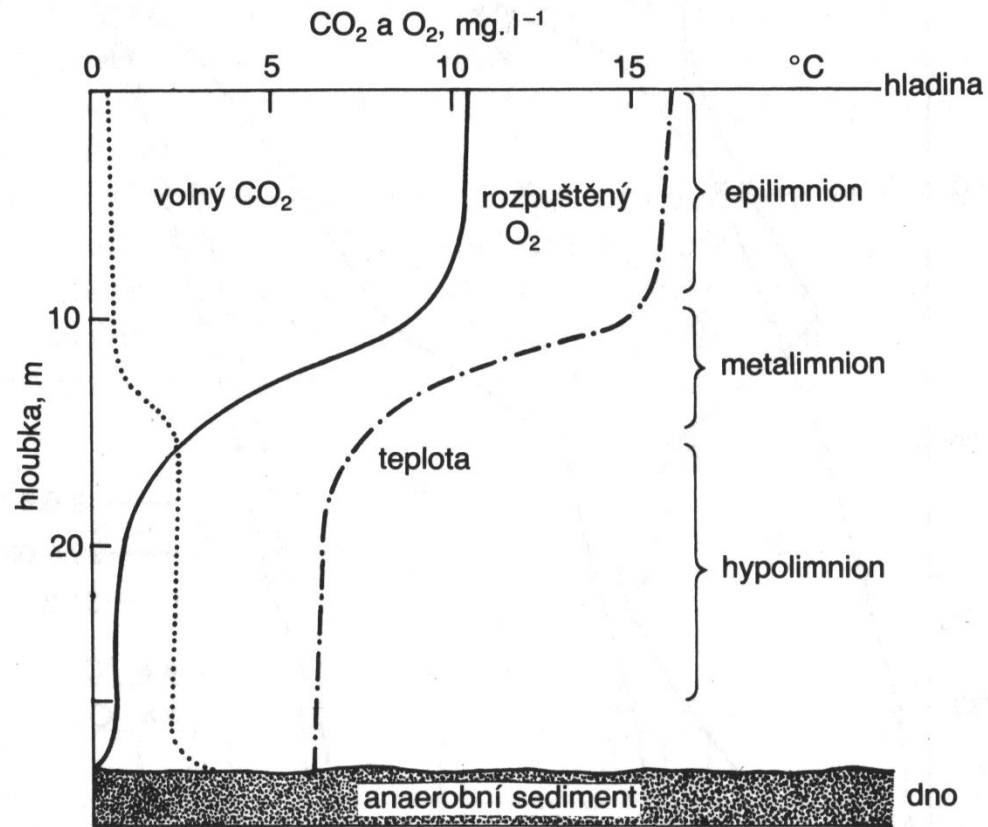
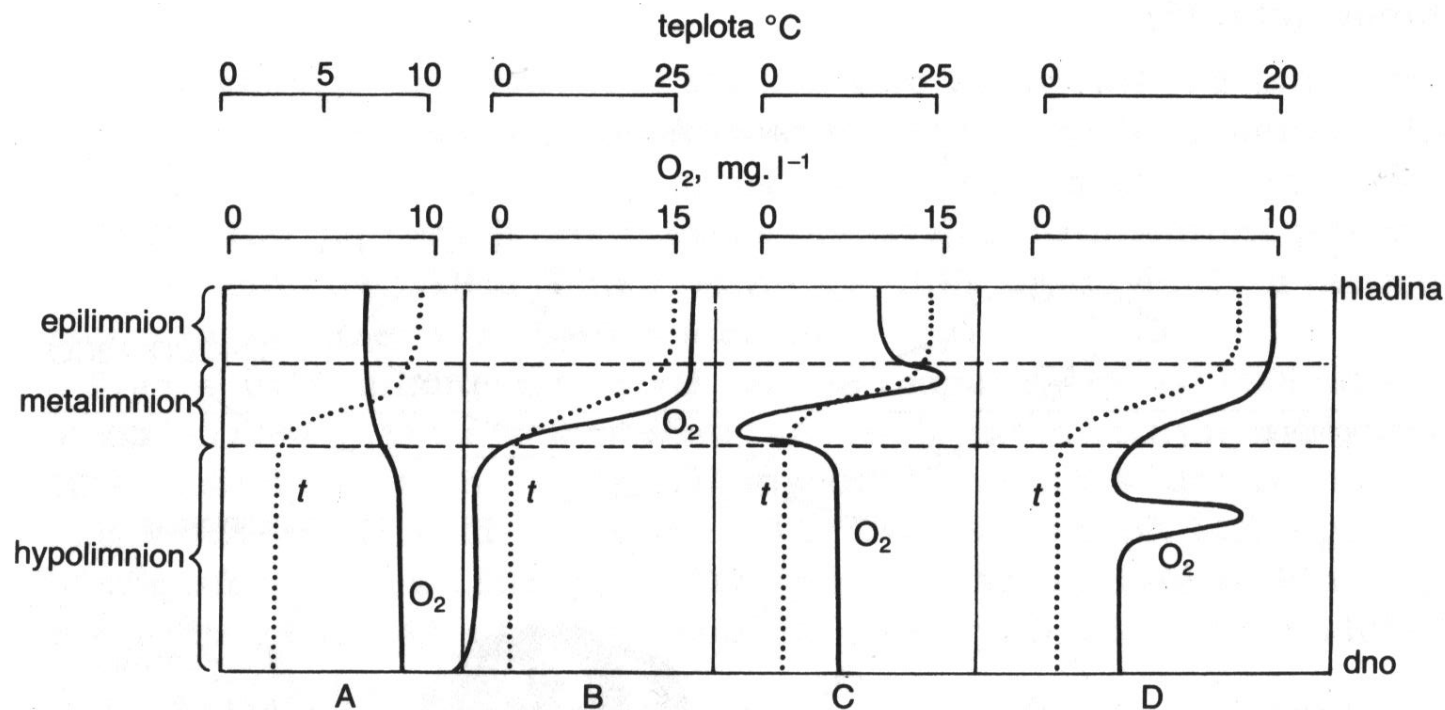


Fig. 6.13 Depth-time diagram of thermal stratification in a temperate lake experiencing a continental climate, Gull Lake, Michigan. Isotherms are in °C. (Based on Moss [672].)

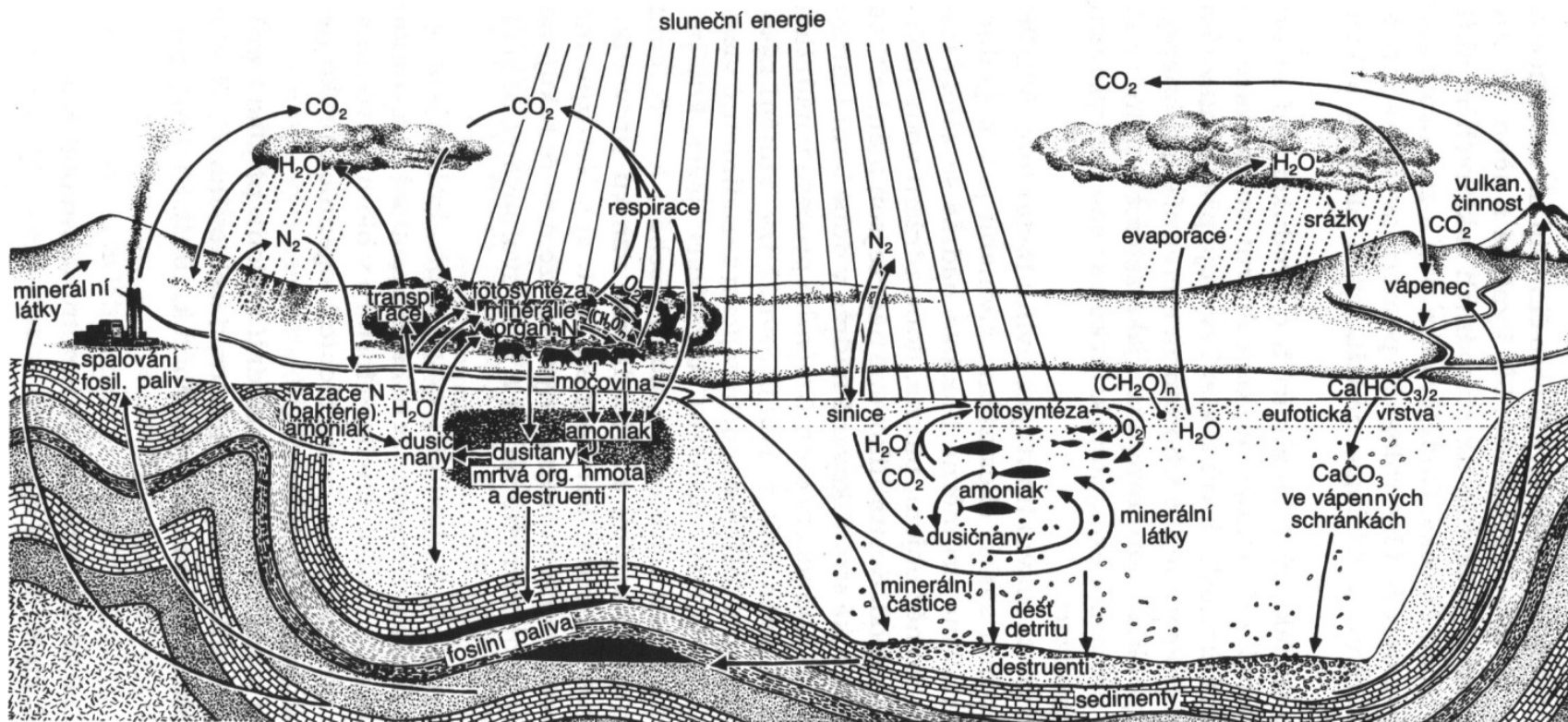


10. Typický průběh vertikální stratifikace rozpuštěného kyslíku, oxidu uhličitého a teploty v době letní stagnace ve vodní nádrži s vysokou produktivitou. V hypolimnionu převládá respirace s následným deficitem rozpuštěného  $\text{O}_2$  a přírůstkem volného  $\text{CO}_2$  (podle Goldmana et Horneho, 1983)





**12. Příklady vertikální distribuce rozpuštěného  $O_2$  v různých typech vod: A** ortográdní křivka typická pro neproduktivní jezero; **B** klinográdní křivka charakteristická pro produktivní nádrže; **C** pozitivně a negativně heterográdní křivka ilustrující soustředění fotosyntetizujících řas na horní hranici skočné vrstvy (vzestup obsahu  $O_2$ ) a zvýšenou respiraci ve spodní části termokliny na hranici meta- a hypolimnionu (metalimnické minimum  $O_2$ ); **D** anomální křivka způsobena přítokem studené vody s vysokým obsahem rozpuštěného  $O_2$ , která se „nasouvá“ do hypolimnionické vrstvy v souladu se stratifikací hustoty vody v nádrži (podle Goldmana et Horneho, 1983)



55. Schéma zapojení vodního ekosystému do velkého koloběhu látek a biologické aktivity v biosféře. Jejich základem je utilizace sluneční energie pro fotosyntetickou redukci CO<sub>2</sub> na tvorbu organických sloučenin (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub>, při současném uvolňování molekulárního O<sub>2</sub>. Uvedeny jsou i některé další prvky (podle různých autorů)

- zvýšená eroze v povodí – zákal (málo světla pro makrofyta)
- rozvoj makrofyt – úkryt pro zooplankton živící se fytoplanktonem (před rybami)
- rozvoj fytoplanktonu – zhoršení světelných podmínek a odčerpávání živin (na úkor makrofyt)
- stabilizační mechanismy – změnu dominance makrofyt na fytoplankton nelze dosáhnout jen zvýšením živin (ale experimentálním odstraněním makrofyt došlo k rozvoji fytoplanktonu)
- naopak v řadě mělkých nádrží s dominujícím fytoplanktonem se nedaří jeho rozvoj snížit redukcí živin

- v prostředí s nízkým přísunem živin dominují makrofyta (jsou schopny využívat živiny ze sedimentů, zatímco fytoplankton narazí na limity živin ve vodě)



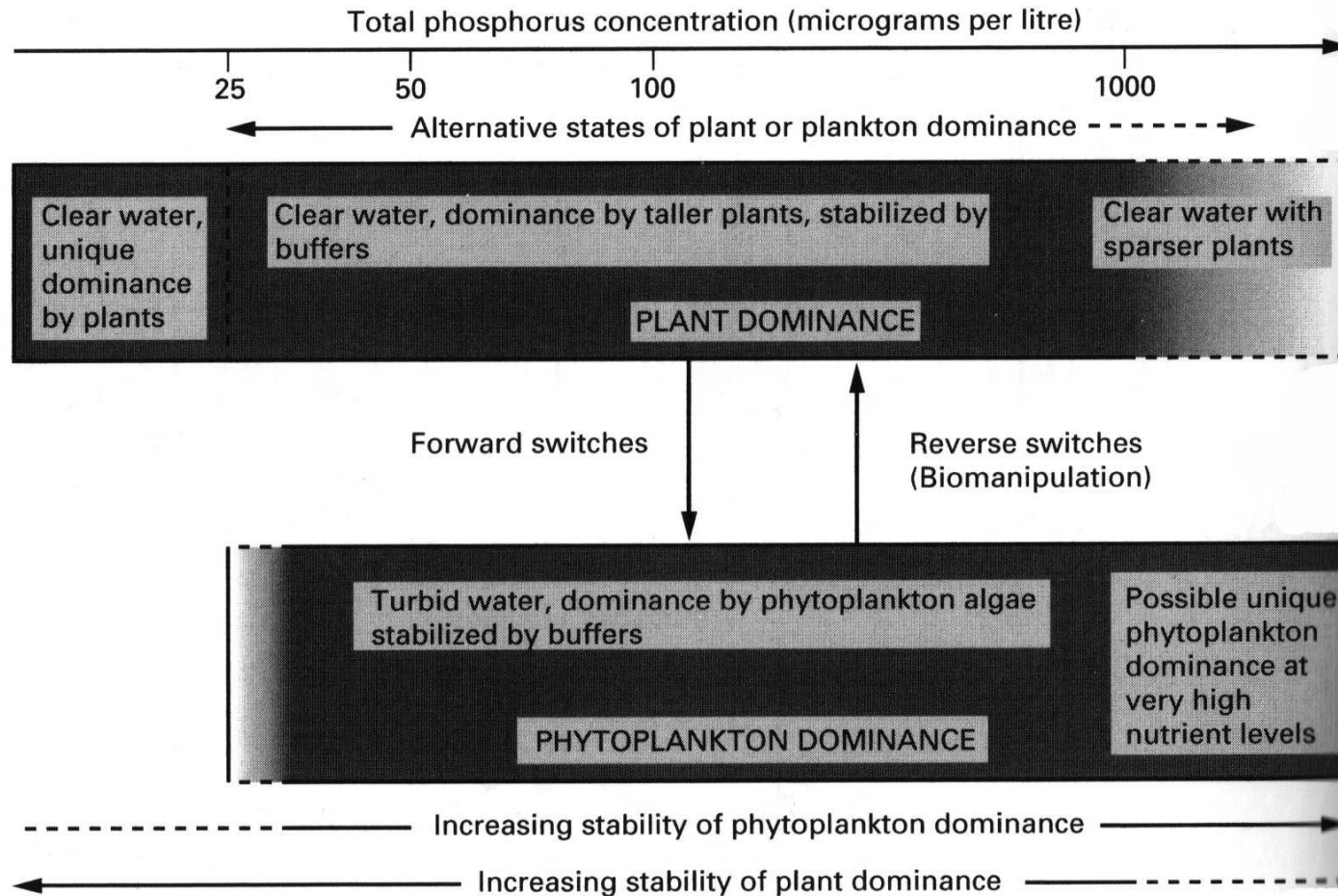
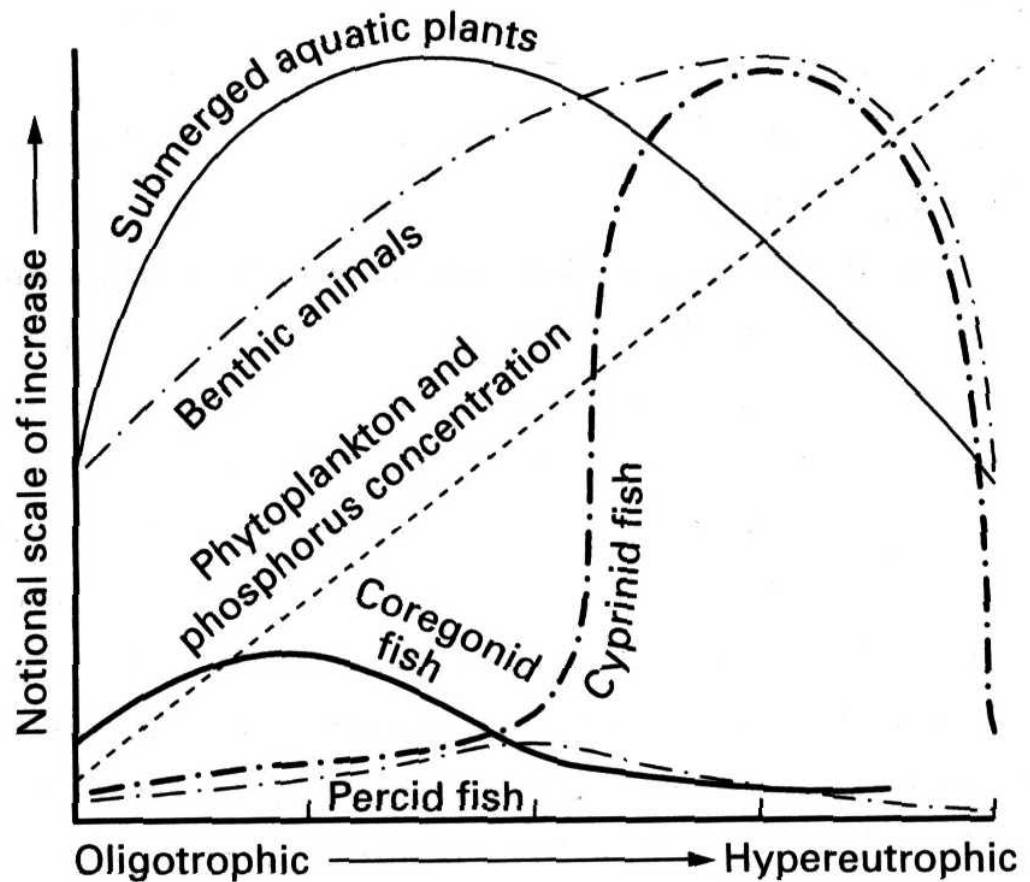


Fig. 6.29 Current understanding of the existence of alternative stable states in shallow-lake ecosystems.



**Fig. 6.31** General changes in north temperate lakes as they become eutrophicated. Changes in aquatic plants and benthic animals are considered in Chapter 8. In general, although yields of fish may increase, cyprinids are less desirable as a commercial catch than coregonids. (Based on Hartmann [387].)



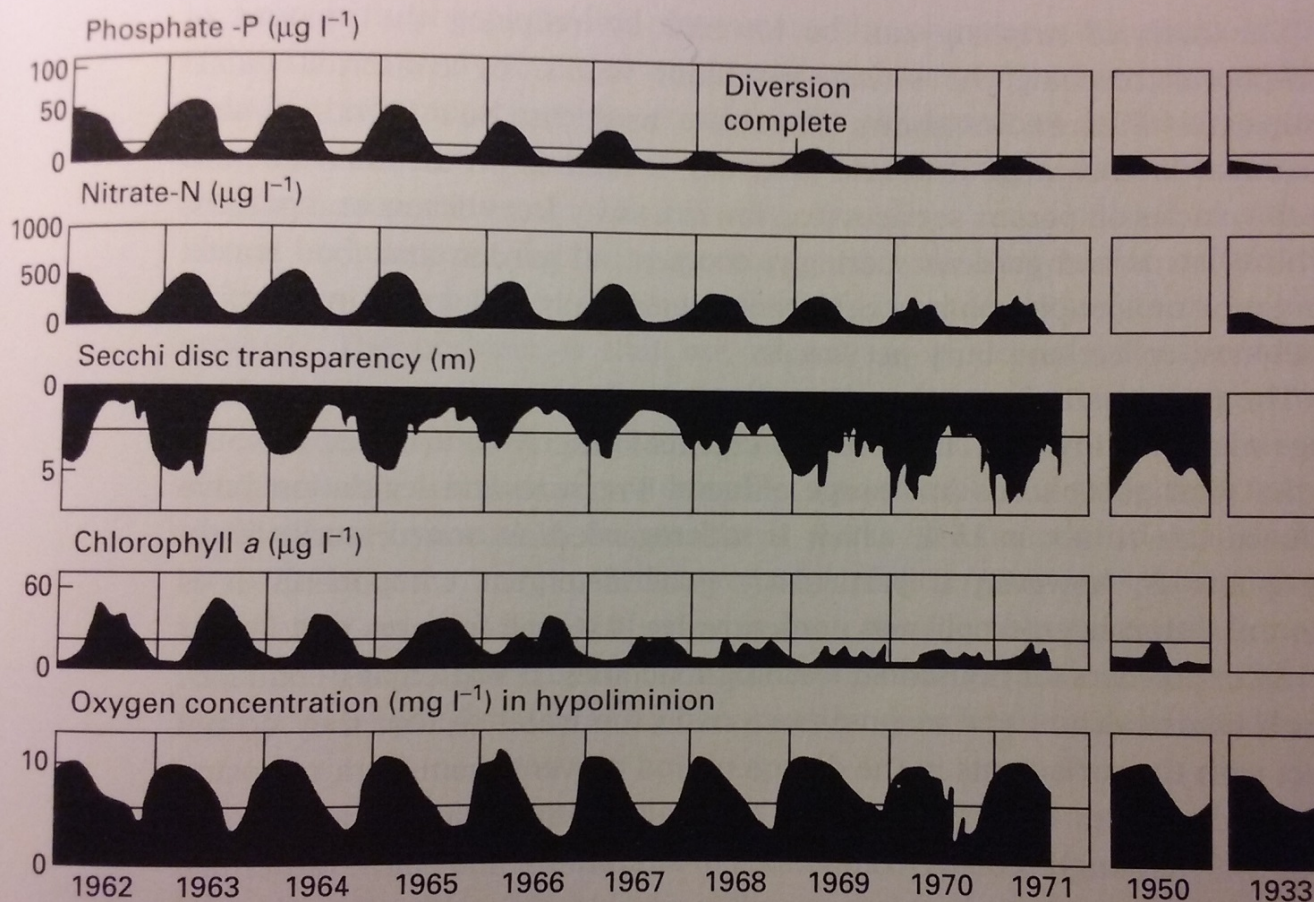


Fig. 6.35 Changes in Lake Washington between 1962 and 1981. Data for two earlier years are placed at the right side to suggest the possible end-point of the changes. The lines are smoothed to emphasize long-term trends. (After Edmondson [234].)

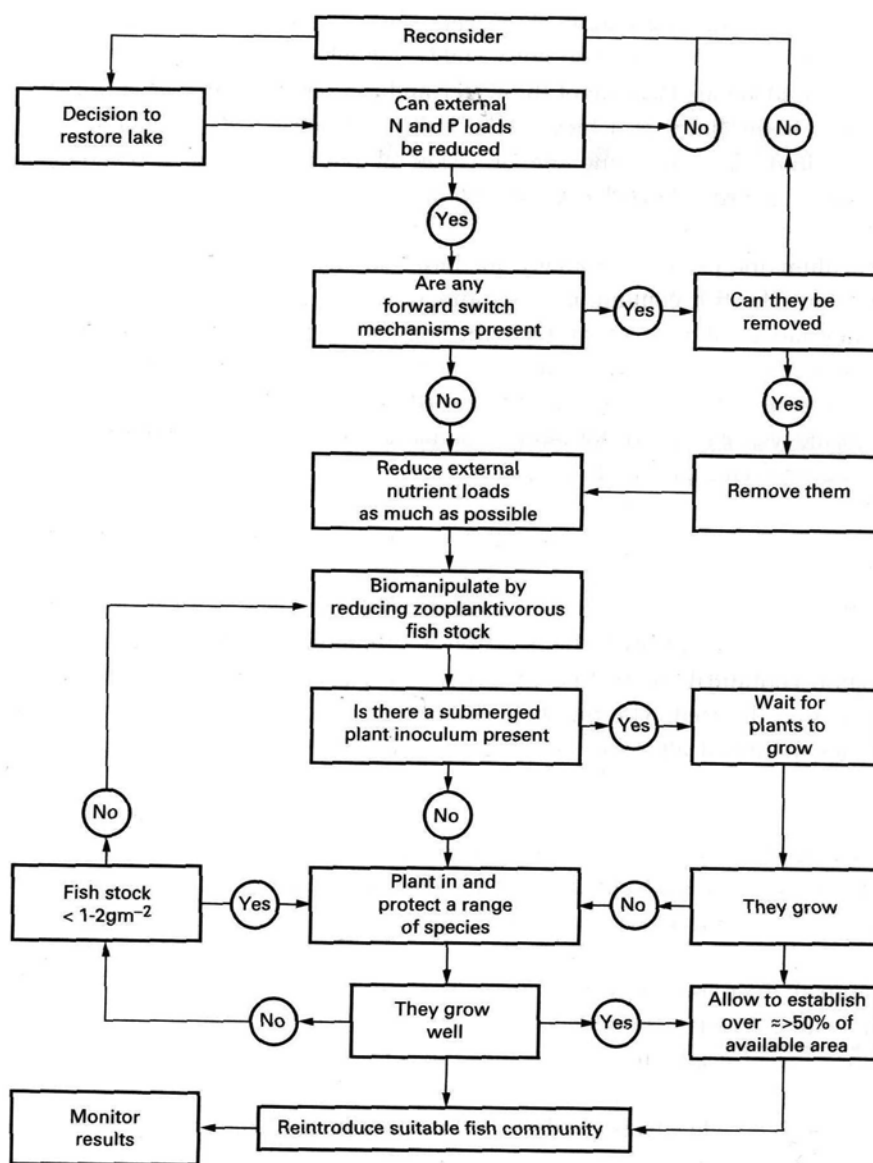
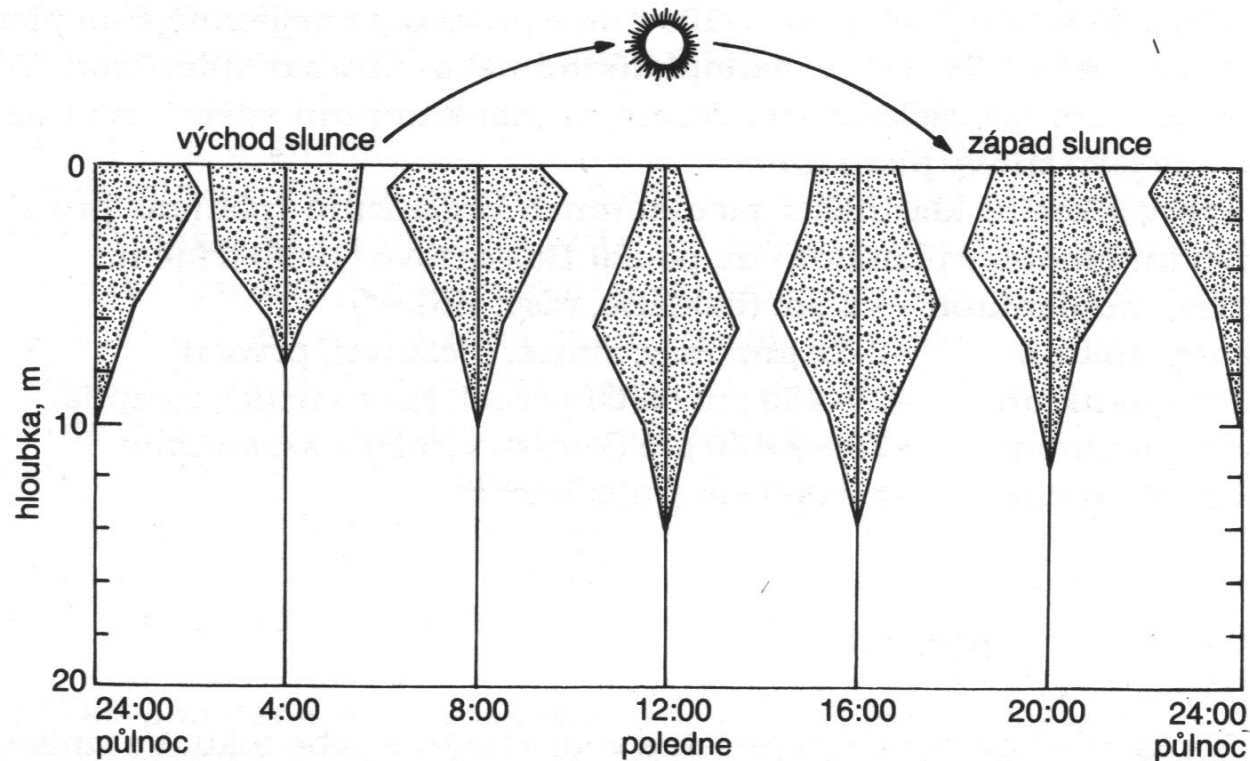


Fig. 6.39 Restoration strategy for shallow lakes.

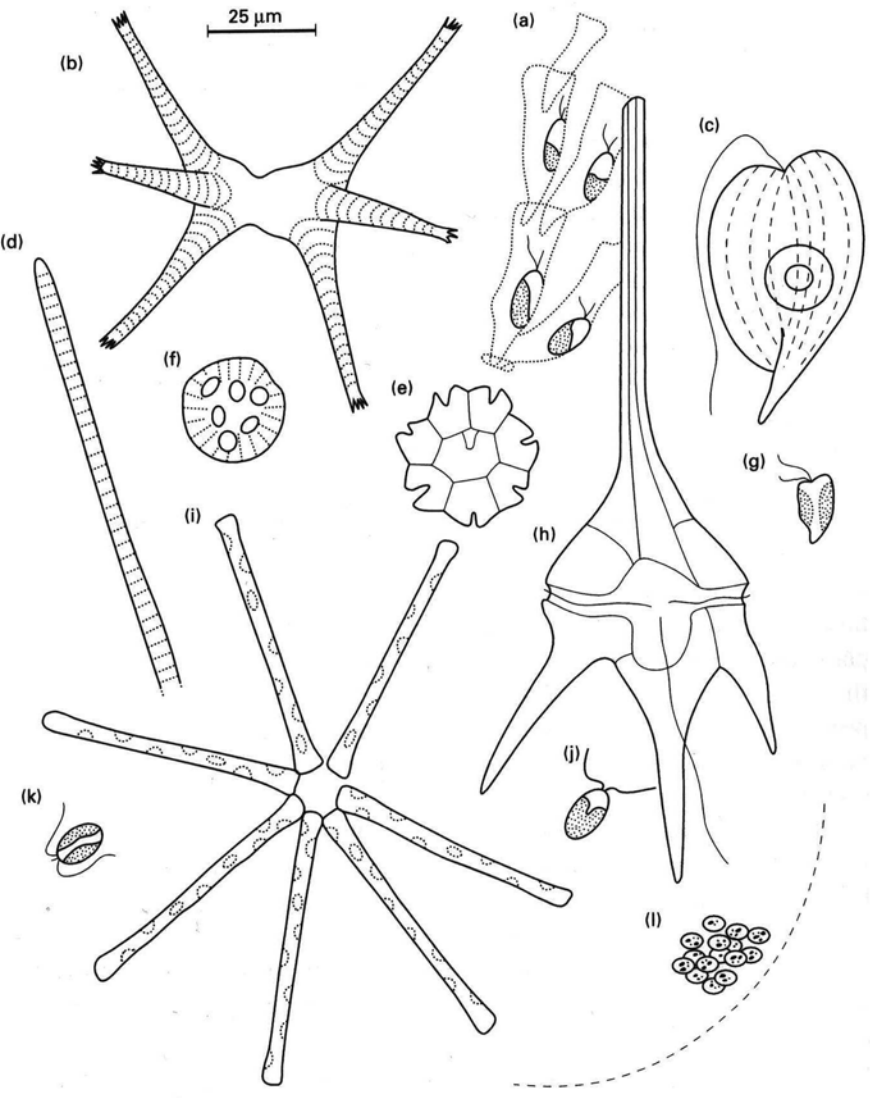


26. Vertikální cirkadianní migrace planktonních živočichů. Po setmění vyplouvají živočichové z hlubších vrstev vody k hladině a po rozednění naopak ze svrchních vrstev vody sestupují do hloubky. Šířka polygonů na grafu vyjadřuje relativní četnost jedinců v různých hloubkách - vztaženo na celou populaci planktonů (podle Whitakera, 1975)



# fytoplankton

Fig. 7.2 Some typical phytoplankton algae, drawn to the same scale as Fig. 7.1. Cyanophycota (blue-green algae): (d) *Oscillatoria*, (l) *Microcystis*; Chrysophyceae (yellow-green or golden algae): (a) *Dinobryon*; Chlorophycota (green algae): (e) *Pediastrum*, (b) *Staurastrum* (a desmid), (f) *Chlamydomonas*; Bacillariophyceae (diatoms): (f) *Cyclotella*, (i) *Asterionella*; Euglenophycota (euglenoids): (c) *Phacus*; Cryptophyceae (cryptomonads): (g) *Rhodomonas*; Dinophyceae (dinoflagellates): (h) *Ceratium*; Haptophyceae: (k) *Prymnesium*. *Microcystis* (l) is a very large algae, of which a diagram of the entire colony could occupy as much as this page. Only a few cells are shown.



# zooplankton

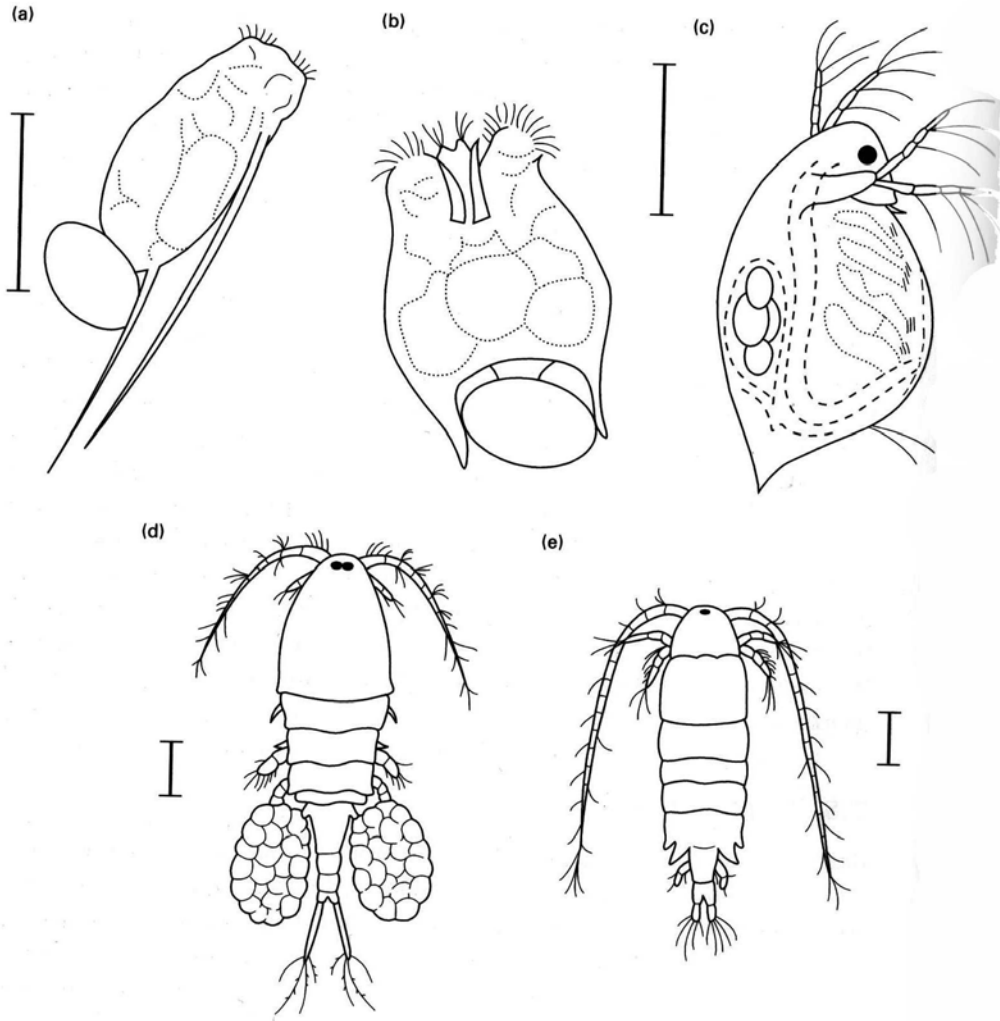
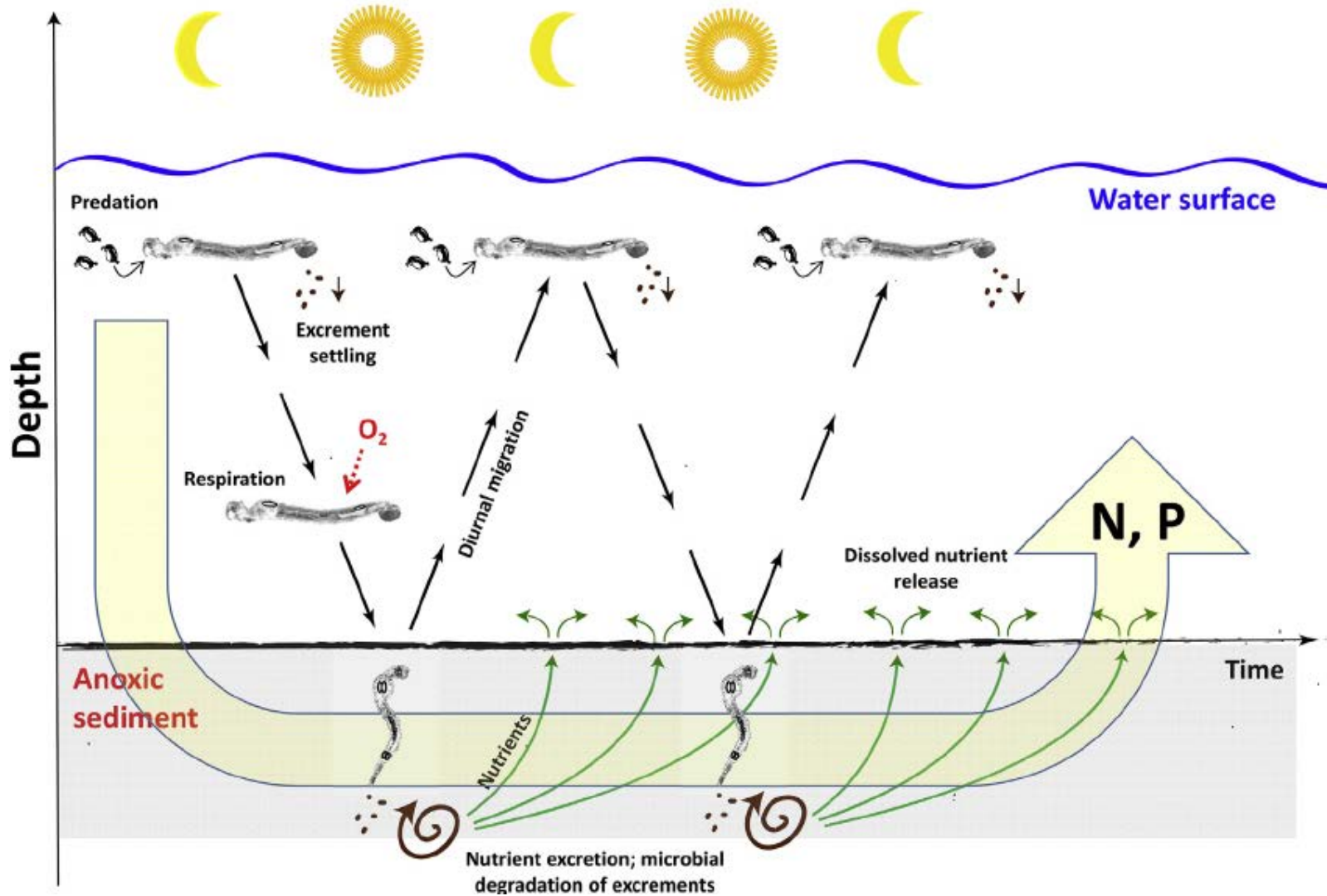


Fig. 7.12 Some representative zooplankters. In all cases, the length of the scale lines represents 100  $\mu\text{m}$ . Rotifera: (a) *Filina*, (b) *Brachionus*. The corona of cilia can be seen in each case and, at the rear, a single egg. Crustacea (Cladocera): (c) *Daphnia*. The filtering limbs are enclosed by the carapace, which also contains the egg pouch, containing a few eggs. Crustacea (Copepoda): (d) *Cyclops*. The egg sacs are paired and the antennae, the lower pair of appendages on the head, are not branched; (e) *Diaptomus*, a calanoid copepod, in which the antennae are branched. When the animal is carrying eggs, these are contained in a single egg sac, in contrast to the paired sacs of the cyclopoid copepods.



The Chlaenoborus pump: Migrating phantom midge larvae sustain hypolimnetic oxygen deficiency and nutrient internal loading in lakes  
 Kam W. Tang <sup>a,\*</sup>, Sabine Flury <sup>b,c</sup>, Hans-Peter Grossart <sup>d,e</sup>, Daniel F. McInnis <sup>b</sup>



Journal homepage: [www.elsevier.com/locate/watres](http://www.elsevier.com/locate/watres)  
 Water Research  
 Contents lists available at ScienceDirect



## podle přirozené produkce (Sládečková, Sládeček 1995)

- velmi úživné (přírůstek ryb 200-400 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>)
- úživné (100-200 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>)
- málo úživné (méně než 100 kg.ha<sup>-1</sup>.rok<sup>-1</sup>)

## podle hospodaření

- extenzivní (pod 0.5 t ryb na ha a rok)
- polointenzifikační a intenzifikační (hnojení, příkrmování)

**rybníky polní, lesní, luční, návesní, podvesní**



## funkce

- energetická
- vodárenská
- vodní doprava (splavnost)
- rekreační

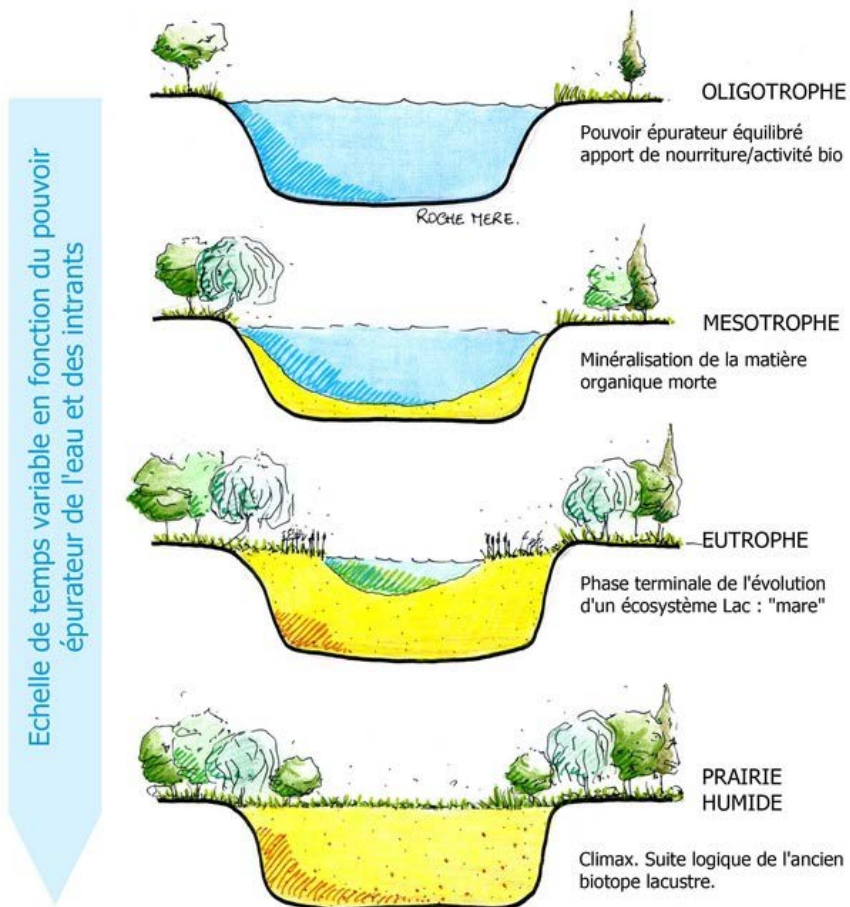
## trofie vod

- vnější faktory (nadmořská výška, tvar dna, charakter povodí, hydrologický režim, počasí)
- vnitřní faktory (rozvoj vodní vegetace, stáří přehrady)

## Trofický potenciál

- je ukazatel obsahu biologicky využitelných živin ve vodě
- **Oligotrofní vody** - málo živin, chudé na množství organismů, druhově velmi bohaté, průzračné, viditelnost i více než 3 m vodního sloupce.
- **Eutrofní vody** bohaté na živiny, vykazují značnou organickou produkci. Organismů je velké množství, voda je méně průhledná (méně než 2 m). V letním období se často vyskytuje vodní květ.
- **Dystrofní vody** – obsahují velké množství huminových kyselin a málo živin, vody na rašeliništích

## Evolution Naturelle d'un écosystème lentique



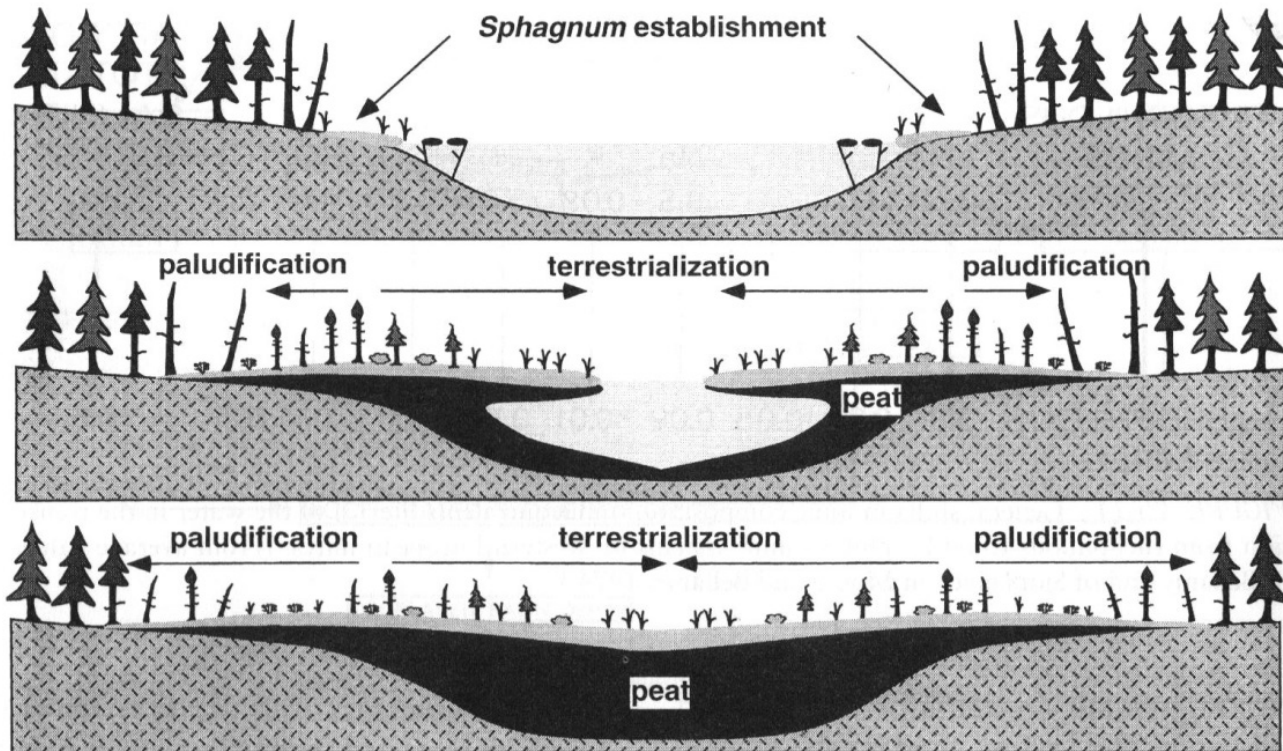


FIGURE 25-12 Bog climax model of succession whereby development of climax bog communities occurs via both terrestrialization and paludification beginning at the margins of a water body. Key stages in the succession involve (*upper*) establishment of peat-forming (e.g., *Sphagnum*) mosses along shore lines; (*middle*) peat accumulation via both terrestrialization and paludification, resulting in slight impoundment and a rise in water levels; and (*lower*) continued terrestrialization and paludification, resulting in the formation of an ombrotrophic bog. (From Klinger, L. F. 1996, reproduced by permission of the Regents of the University of Colorado. The myth of the classic hydrosere model of bog succession. *Arctic Alpine Res*, 28:1–9.)