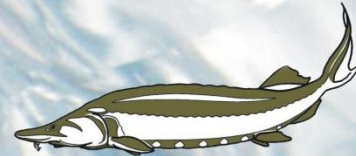




- Při odběrech vzorků se pozoruje, měří a zapisuje řada faktorů, které charakterizují situaci na lokalitě v době odběru a v době, která odběru předcházela. Většina těchto faktorů má charakter meteorologických parametrů a pomáhá objasnit příčiny chemických poměrů, které ve vodě vznikly.
- **Čas odběru** je důležitý údaj pro analýzu vzorku vody. Mají-li se srovnávat některé chemické faktory vody různých lokalit, pak u těch faktorů, které se během 24 hodin mění, je nutné odebírat vzorky pro stanovení **ve stejnou denní dobu** (pH, acidita, alkalita, kyslík, oxid uhličitý atp.)

# Teplota vody a vzduchu



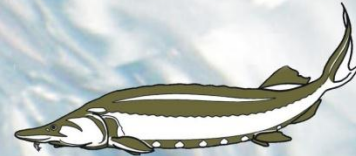
- Teplotní výkyvy jsou ve vodě daleko menší než ve vzduchu (vysoká měrná kapacita) a v důsledku toho působí větší nádrže v krajině jako jakési tepelné regulátory či moderátory klimatu okolní krajiny.
- Změny teploty v nádržích se časově opoždují za změnami teploty ovzduší a to tím více, čím je nádrž hlubší. U hlubokých údolních nádrží činí toto zpoždění až 1 měsíc.
- Teplotní výkyvy jsou ve vodě daleko menší než ve vzduchu (vysoká měrná kapacita).
- Molekulový přenos tepla vodou je bezvýznamný, téměř veškerý přenos pohybem (prouděním).

# Teplota vody a vzduchu



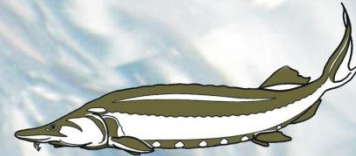
- Teplo do vody:
  - a) **sluneční radiace** (záření) – hlavně infračervená složka
  - b) **zemské nitro** (geotermální zdroj) – horké prameny, hluboká jezera
  - c) **lidská činnost** (antropický faktor) – elektrárny apod.
- Teplo z vody:
  - a) **termální radiací** (vyzařování tepla), omezené na několik cm při hladině
  - b) **konvekcí** (přenos tepla v pohybujícím se médiu)
  - c) **evaporací** (přeměnou vody v páru)
  - d) přechod tepla do dna

# Teplota vody a vzduchu



- Teplota vody přímo ovlivňuje množství plynů rozpuštěných ve vodě - čím je voda teplejší, tím méně se v ní plynů rozpustí, což platí absolutně.
- Teplota ovlivňuje rychlost chemických reakcí, jako jsou oxidace a rozkladné pochody v procesu samočištění.
- Změny teploty vody během roku v hlubokých nádržích pak ovlivňují nejen jejich tepelný, ale i chemický režim v důsledku střídajících se cyklů stagnace a cirkulace během roku.
- Sezónní střídání organismů v ekosystémech (sukcese) jak rostlinných, tak živočišných je přímo podmíněno teplotou.

# Teplota vody a vzduchu



- Teplota vody má důležitou úlohu při tření ryb a líhnutí jiker. Např. kapr se tře až tehdy, když teplota vody trvale vystoupí nad 15 °C. Při vyšší teplotě vody se i jikry líhnou rychleji.
- **Podzemní vody** mívají konstantní teplotu, jen málo závislou na ročním období a pohybuje se obvykle kolem 10 °C. Větší kolísání svědčí o rychlém pronikání povrchové vody do podzemí.
- Vody, které mají při vývěru teplotu vyšší než 25 °C se nazývají **vody termální**.
- Optimální teplota pitné vody je 8-12 °C . Voda o teplotě nad 15 °C již neosvěžuje a pod 5 °C může způsobit žaludeční potíže.

# Teplota vody a vzduchu



- Teplota vzduchu se měří rtuťovými, lihovými či odporovými teploměry, vždy ve stínu, asi 1 m nad zemí.
- Teplota vody se měří současně s odběrem vzorku, pokud možno přímo ponořením teploměru pod vodní hladinu, přičemž se musí vyloučit přímý sluneční svit.
- Pro stanovení procentického nasycení vody kyslíkem je nezbytné měřit teplotu vody s přesností na 0,1-0,2 °C. V jiných případech stačí dělení teploměru po 1,0 °C .
- Vztah mezi nejužívanějšími stupnicemi: (Celsiova, Fahrenheitova, Kelvinova)
  - $t_{C^{\circ}} = (t_F - 32) \cdot 5/9$
  - $t_{C^{\circ}} = t_K - 273,15$

# Teplota vody a vzduchu



- Rozhodující mechanickou silou podílející se na míchání vrstev vody je **vítr**. Třením o hladinu vyvolává horizontální proud, který se u břehů stáčí v hlubších vrstvách do protisměru.
- Na vodní hladinu se přenáší cca 4,3% energie větru. Na rychlosti, směru větru a teplotě svrchní vrstvy vody závisí jak rychle a jak hluboko bude voda promíchávána.
- **Konveční vertikální proudění** - vzniká střídavým oteplováním a ochlazováním svrchních vrstev vody během dne a noci.
- V závislosti na ročním období dochází ke změnám termiky nádrží, ke které přispívá i rozdílná hustota a viskozita různě teplých vrstev vody.



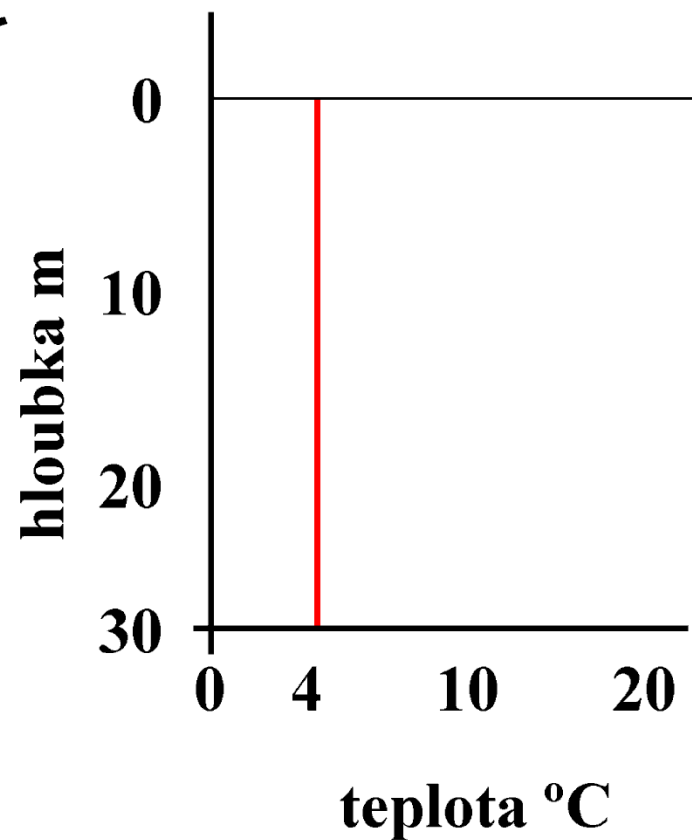
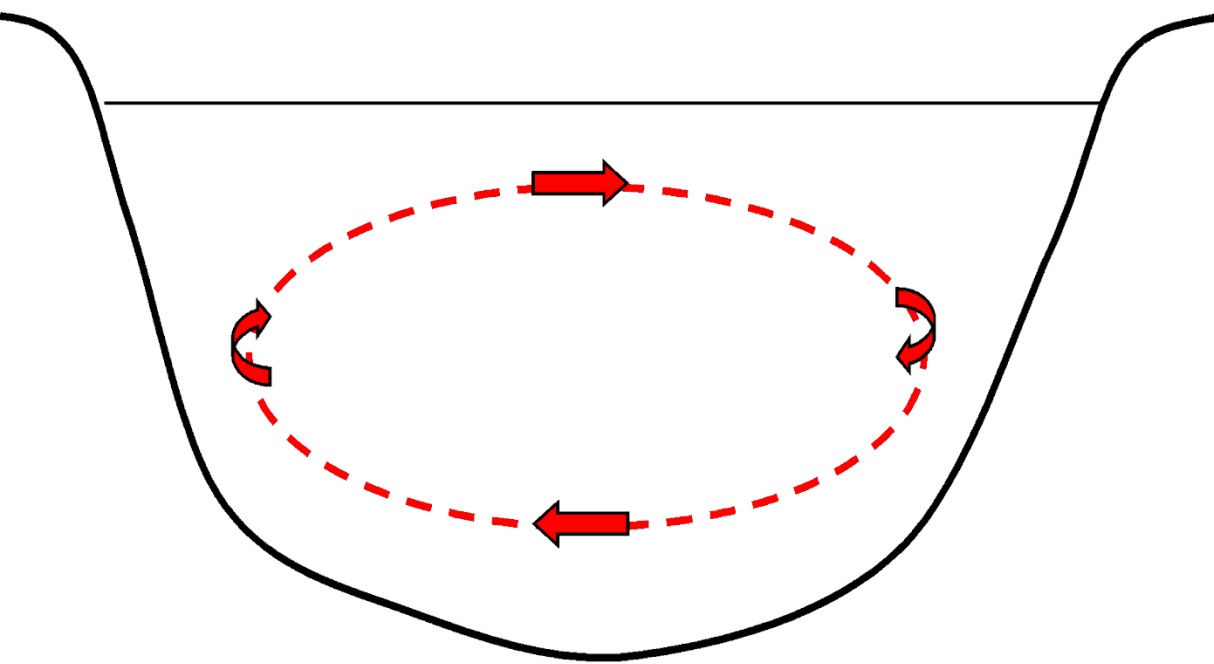
## **Závislost mezi rychlostí větru a rychlostí driftového proudu vody termálně nestratifikované nádrže**

| <b>Rychlost větru</b>                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>Promíchávaná vrstva<br/>(měřená)</b>       | <b>Driftová rychlost<br/>míchané vrstvy</b>                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 7,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$<br>$2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 7,2 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$<br>$5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 18 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$<br>$10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 36 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ | jenom u hladiny<br>1- 2 m<br>4- 7 m<br>6-12 m | $300 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1} = 7,3 \text{ km} \cdot \text{d}^{-1}$<br>$240 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1} = 5,7 \text{ km} \cdot \text{d}^{-1}$<br>$420 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1} = 10 \text{ km} \cdot \text{d}^{-1}$<br>$630 \text{ m} \cdot \text{h}^{-1} = 16 \text{ km} \cdot \text{d}^{-1}$ |

# SCHÉMA SEZÓNÍHO CYKLU TERMÍKY JEZERA



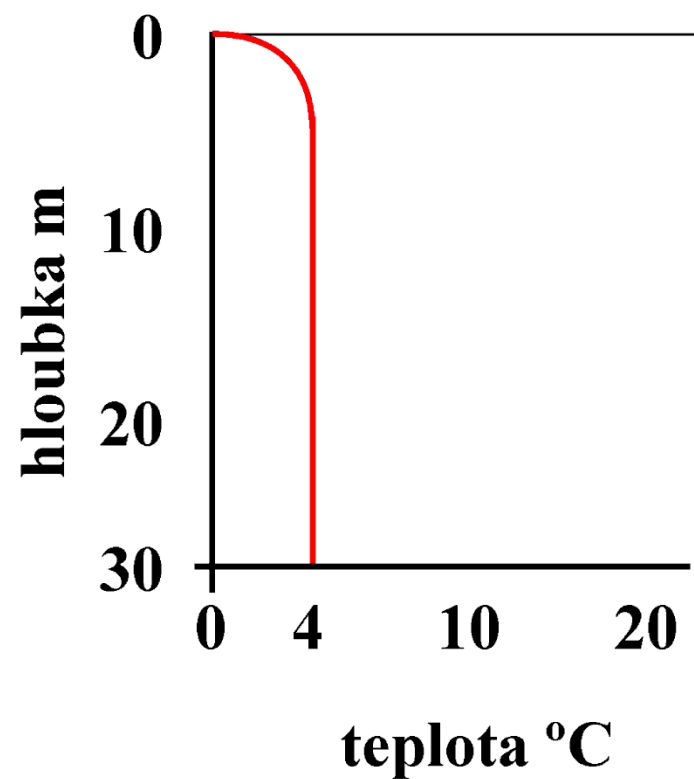
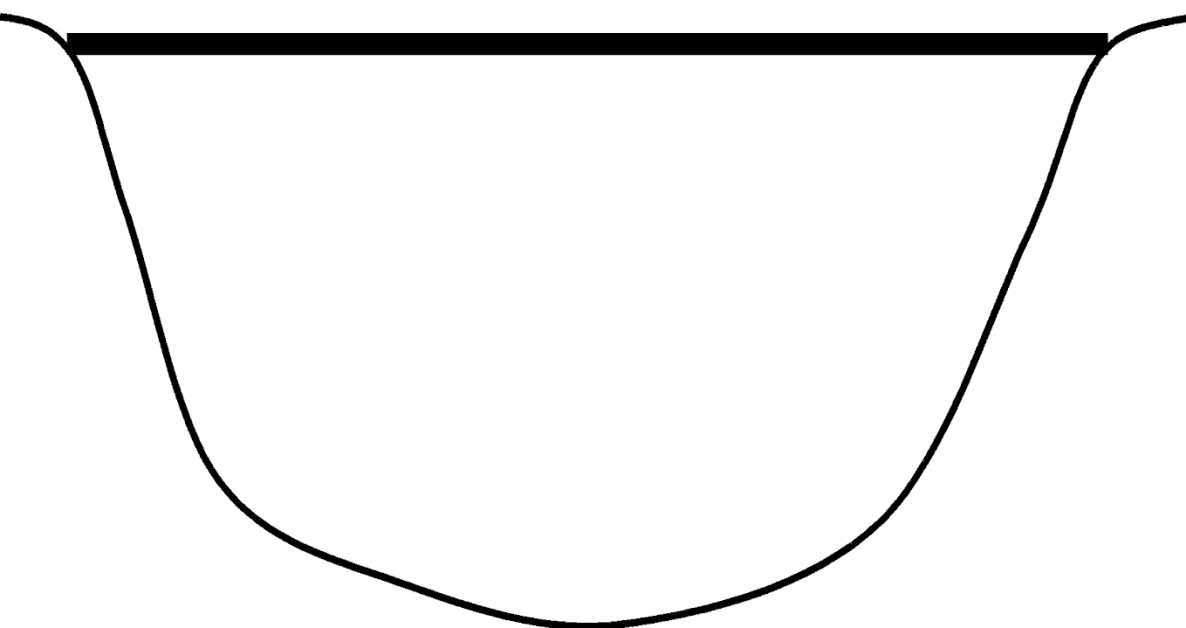
## PODZIMNÍ CÍRKULACE



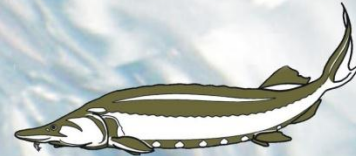
# SCHÉMA SEZÓNÍHO CYKLU TERMÍKY JEZERA



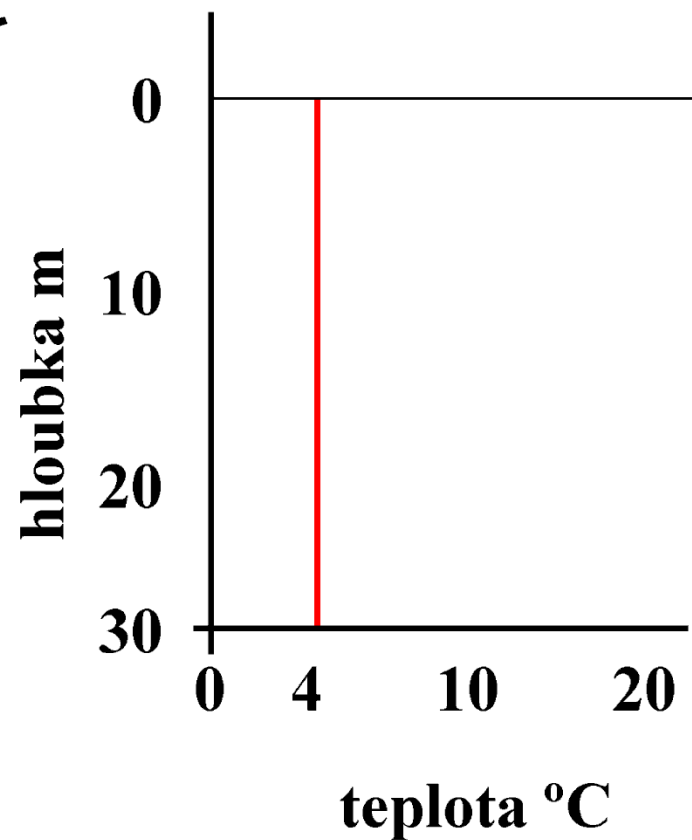
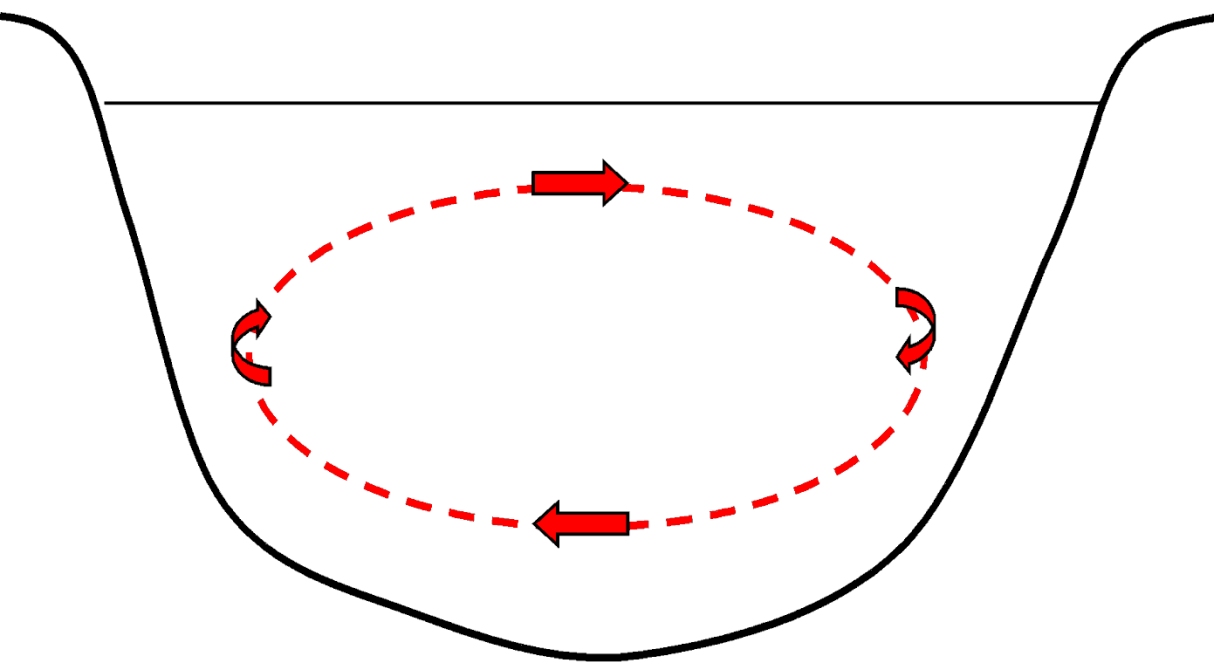
## ZIMNÍ STAGNACE



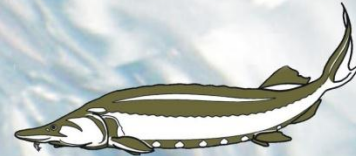
# SCHÉMA SEZÓNÍHO CYKLU TERMÍKY JEZERA



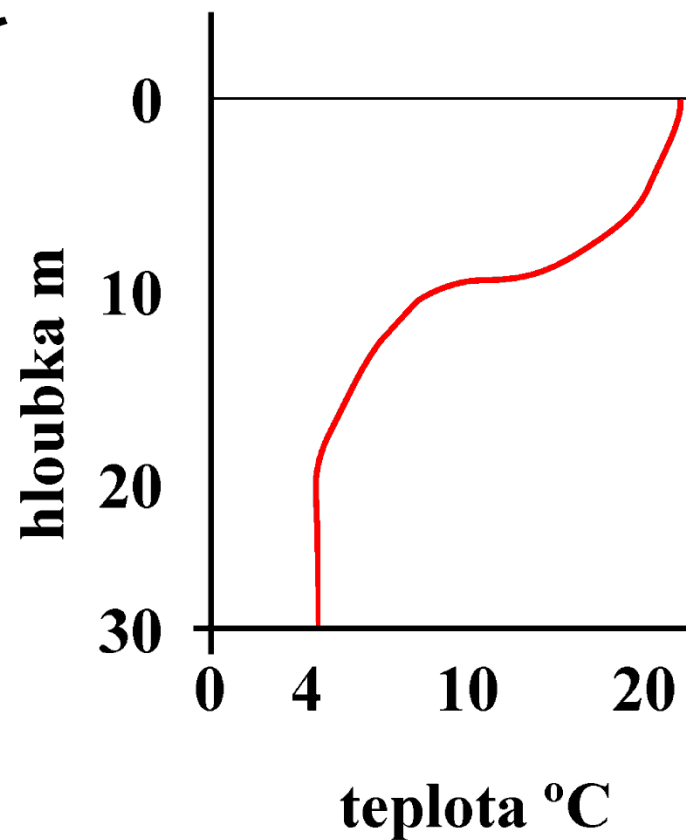
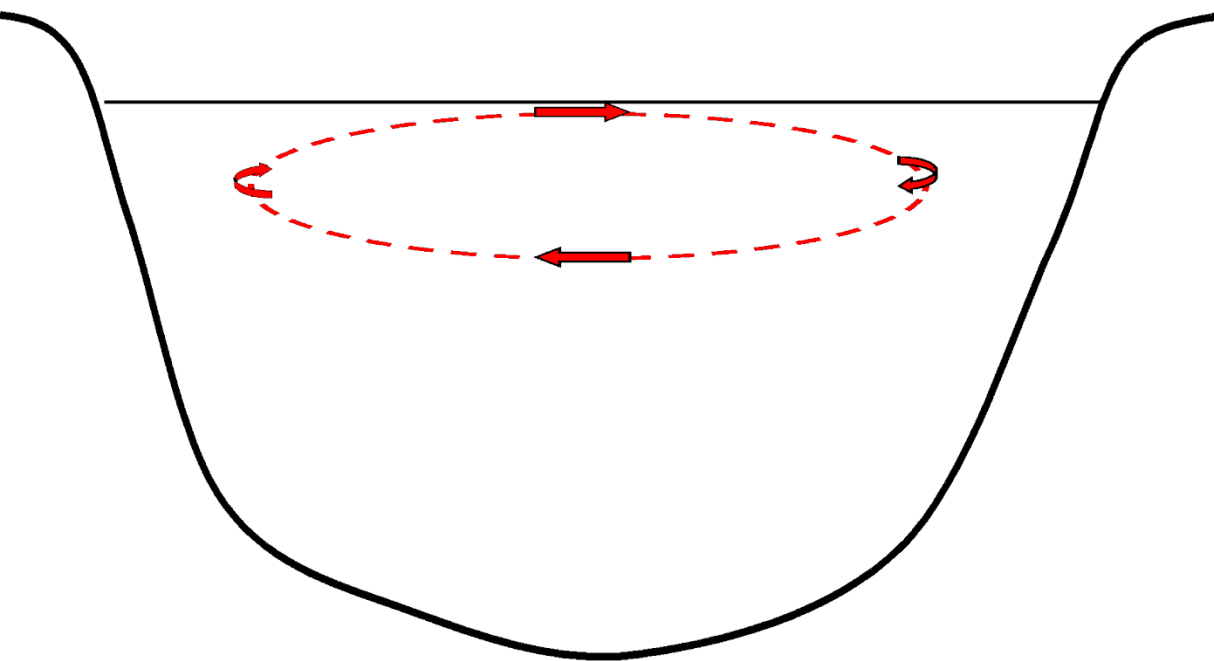
## JARNÍ CÍRKULACE

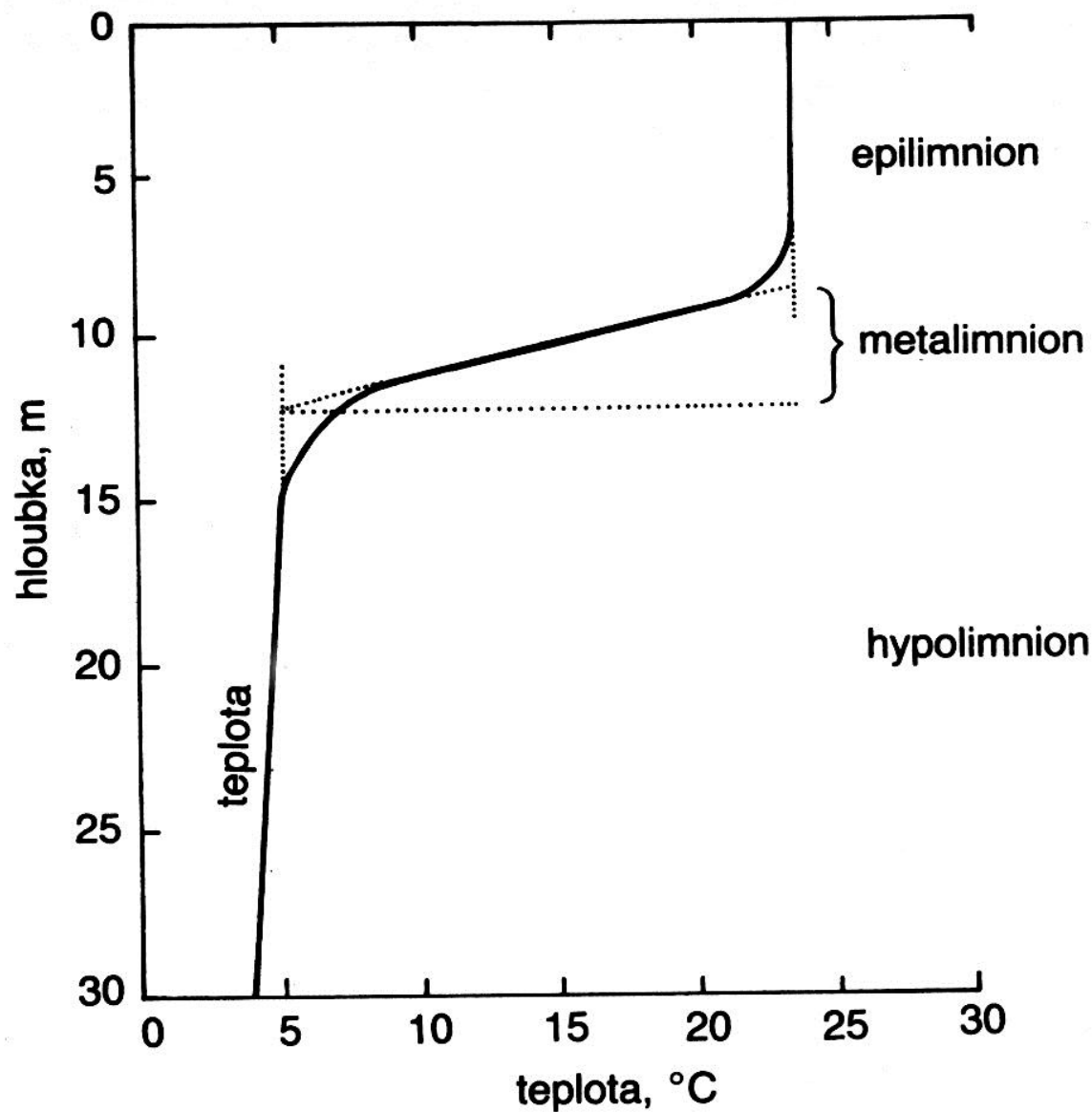


# SCHÉMA SEZÓNÍHO CYKLU TERMÍKY JEZERA



## LETNÍ STAGNACE



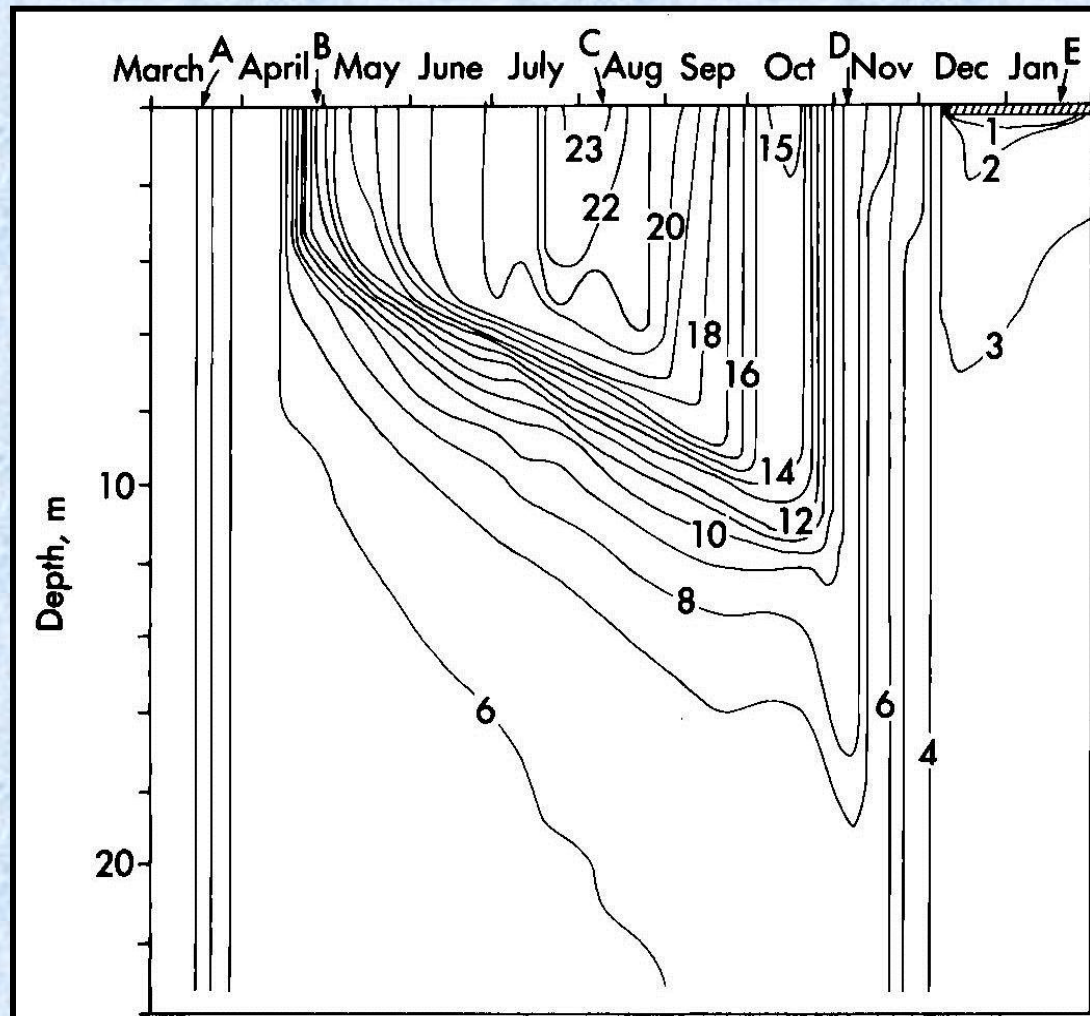


**Typické teplotní rozvrstvení vodních mas ve stratifikované nádrži. Skočnou vrstvou metalimnionu jsou v době letní stagnace odděleny svrchní oteplená vrstva epilimnionu od spodní chladnější vrstvy hypolimnionu**

# Roční cyklus – dimiktické jezero/nádrž

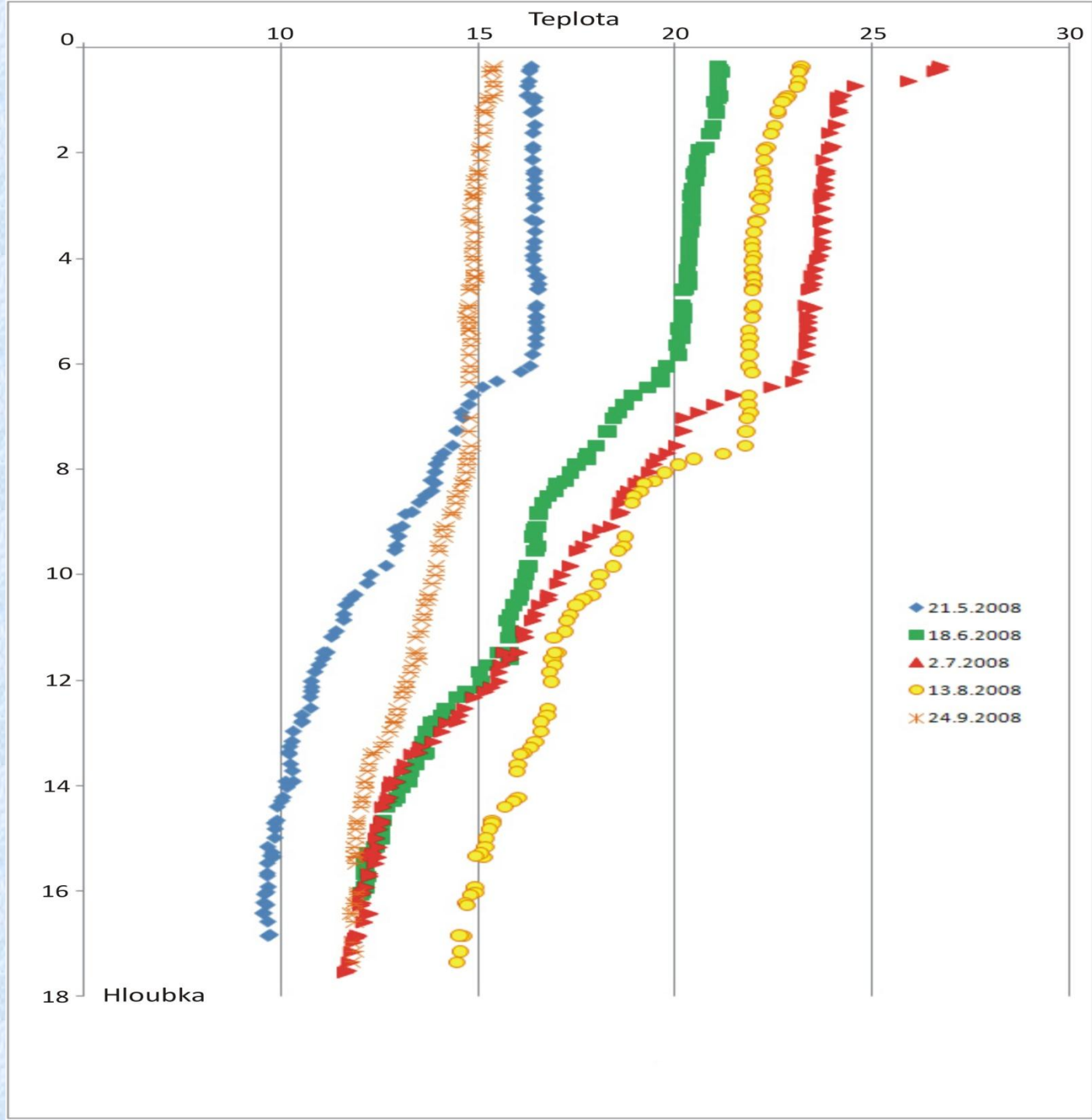


- A jarní míchání
- B začátek letní stratifikace
- C vrchol letní stratifikace
- D podzimní míchání
- E zimní (převrácená) stratifikace

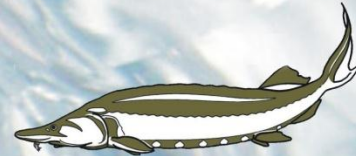


# Teplovní stratifikace na lokalitě

Brněnská přehrada  
– hráz v roce 2008



# Teplota vody a vzduchu



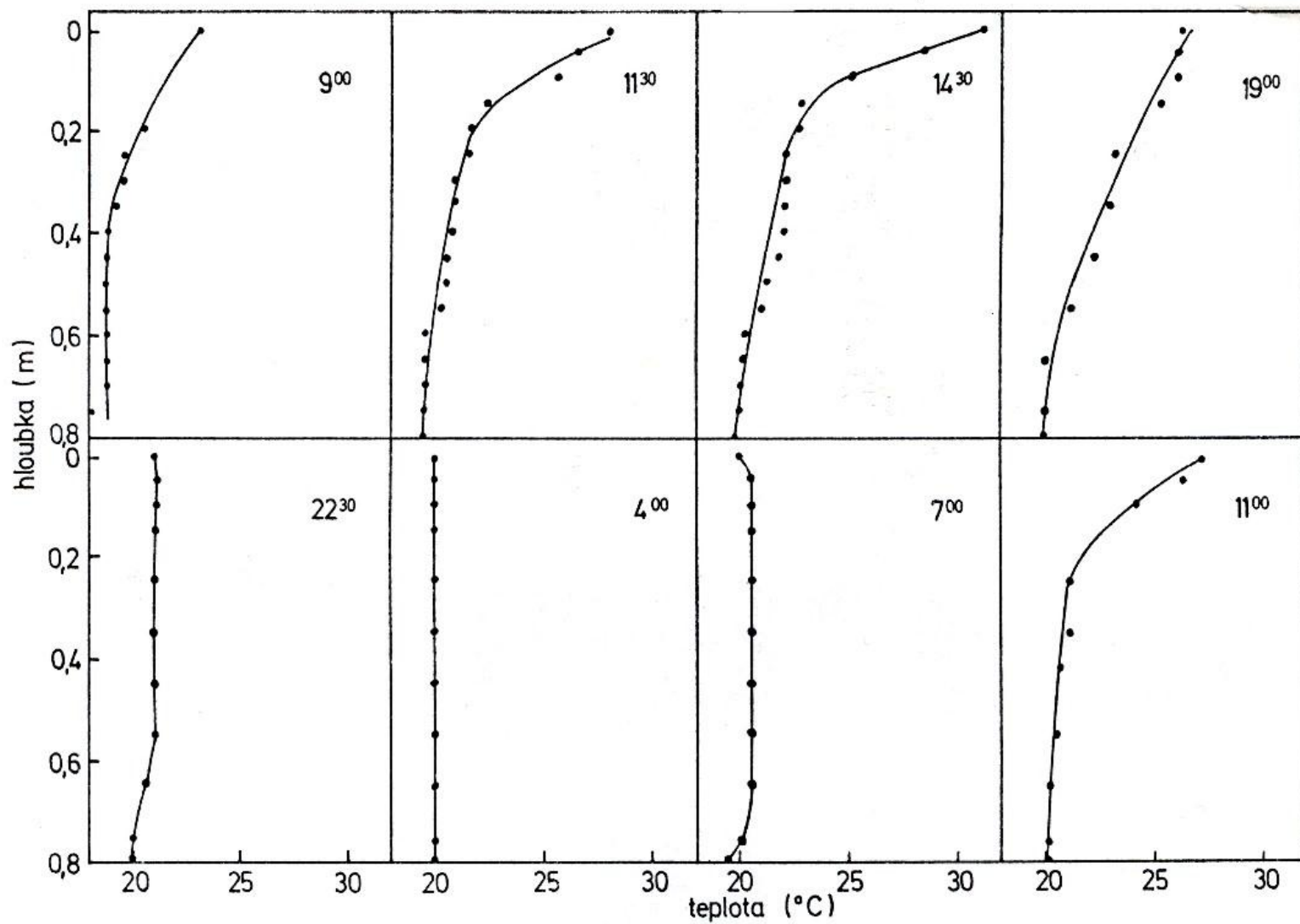
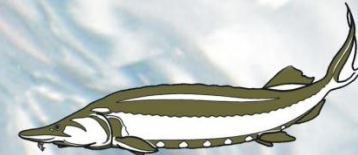
- Popsaný systém termiky je obvyklý pro vodní nádrže mírného pásu severní polokoule.
- **Dimiktická nádrž** - dochází ke dvěma cirkulacím během roku, zřetelná stratifikace (nádrže mírného pásma)
- **Holomiktická nádrž** - dochází alespoň v jedné cirkulaci k promísení celého vodního sloupce až ke dnu, nevytvářejí zřetelnou stratifikaci (polární a tropická jezera)

**Monomiktické** (u polárních v létě, u tropických v zimě)

**Polymiktické** (míchají se vícekrát během roku)

- **Meromiktická nádrž** - nedochází k promísení celého vodního sloupce (podmíněno morfologicky, topograficky, chemicky)
  - horní vrstva - **mixolimnion** (míchaná)
  - střední vrstva = **chemoklina** = haloklina = pyknoklina
  - spodní vrstva = **monimolimnion** = nepodléhají totální cirkulaci

# Změny během dne v mělkém rybníce



# Teplota vody a vzduchu



- **Roční tepelná bilance** — celkové množství tepla spotřebované k ohřátí vody z její minimální teploty v zimě na její maximální letní teplotu.
- V jezerech bývá v rozsahu  $1,2-1,7 \text{ MJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ , výjimečně vyšší (Bajkal)  $2 \text{ MJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ . V mělkých nádržích bývá nižší než  $1,2 \text{ MJ} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ .
- Ryby jsou poikilotermní, tzn. teplota jejich těla je shodná nebo se o  $0,5$  až  $1,0 \text{ }^{\circ}\text{C}$  liší od teploty okolní vody.
- Nebezpečné jsou teplotní šoky (změna teploty o  $8 - 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Nakrmené ryby do chladnější vody (o  $8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) zastavení trávení, autointoxikace amoniakem.
- Optimum pro růst u kaprovitých  $18-28 \text{ }^{\circ}\text{C}$  pro lososovité  $8-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

# Orientační hodnoty optimálních teplot pro ryby.

| <b>Druh ryby</b>        | <b>jikry</b> | <b>líhnutí</b> | <b>plůdek</b> | <b>odrostlé</b> |
|-------------------------|--------------|----------------|---------------|-----------------|
| <i>Kapr obecný</i>      | 12,5-30      | 17-32          | 23-25         | 20-29           |
| <i>Cejn velký</i>       |              | 8-23           | 8-23          | 8-28            |
| <i>Lín obecný</i>       |              |                | 19-25         | 20-26           |
| <i>Plotice obecná</i>   |              | 5-20           | 5-20          | 8-25            |
| <i>Štika obecná</i>     | 7-16         | 8-23           | 11-15         | 9-25            |
| <i>Candát obecný</i>    | 12-18        | 12-18          | 12-18         | 12-26           |
| <i>Pstruh potoční</i>   | 4-6          | do 12,4        | 0,5-9         | 10-17           |
| <i>Pstruh duhový</i>    | 6-14,4       | 8-14           | 6-19          | 10-18           |
| <i>Tolstolobik bílý</i> |              |                |               | 20-28           |
| <i>Karas obecný</i>     |              |                |               | 27              |
| <i>Úhoř říční</i>       |              |                |               | 22-23           |

# Srážky



- Dešťové srážky splachují s pozemků v povodí nejrůznější organické i anorganické látky. Zvláště silné jsou přínosy nejrůznějších forem dusíku.
- Množství oxidů dusíku strhávané z atmosféry může představovat přísun až  $40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  čistého N za rok.
- Prudký déšť strhává do vody i další plyny z atmosféry, zejména oxid uhličitý a kyslík a může v některých případech významným způsobem zmírnit některá kyslíková minima.
- Srážky v podobě sněhu mají negativní vliv na nádrž, pokryjí-li dosud průhlednou ledovou plochu.
- Byly pozorovány případy, kdy fytoplankton po dlouhodobější adaptaci byl schopen projevů fotosyntézy i pod 20 cm silnou sněhovou pokrývkou.

# Srážky



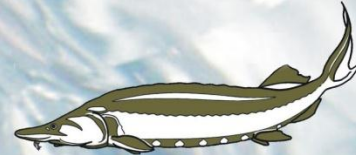
- Ve sněhu se během zimy hromadí kyselé produkty emisí, které pak při jarním rychlém tání mohou způsobit v nádržích náhlý pokles pH.
- Při zápisu srážek se uvádí, zda byl odběr uskutečněn za deště, nebo se uvádí množství srážek (v mm) a jejich intenzita v době před odběrem. Srážky se zpravidla zjišťují na nejbližší meteorologické stanici.
- Průměrné množství srážek v ČR za rok činí 679 mm
- Dešťová voda bez antropického ovlivnění má pH 5-6, v současnosti na rozsáhlých územích má pH 4,0-4,5, v ČR byla naměřena i hodnota pH kolem 2.

# Síla a směr větru



- Vítr promíchává vodu a tím ruší zonaci jednotlivých faktorů at' už chemických či fyzikálních nebo biologických a urychluje výměnu plynů mezi vodou a vzduchem.
- Negativně může působit hromadění velké biomasy sinic vodního květu v zátokách v důsledku nafoukání větrem. V takových zátokách pak dochází ke vzniku extrémních podmínek v chemismu vody.
- Sílu větru se zaznamená výrazy jako **bezvětrí, vánek, slabý vítr, silný vítr, velmi silný vítr.**
- Směr větru se vyjadřuje výrazy **severní (S), severozápadní (SZ), severoseverozápadní (SSZ)** atp.

# Průhlednost a zákal vody



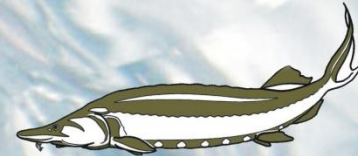
- Významná fyzikální vlastnost ovlivňující množství světla pronikajícího vodním sloupcem nádrží a toků.
- Na propustnosti vody pro světlo závisí hloubka tzv. **kompensačního bodu fotosyntézy**, v němž se intenzita fotosyntézy fytoplanktonu vyrovnává s intenzitou jeho dýchání (měřeno produkcí a spotřebou kyslíku).
- Průhlednost závisí především na zákalu (množství suspendovaných látek) a barvě vody.
- V rybnících vykazuje několik decimetrů a nanejvýš 1-2 metry, v jezerech několik metrů až desítek metrů (Bajkal - 40 m), v mořích a oceánech několik desítek až stovek metrů. V zimě bývá průhlednost větší než v létě, kdy je ovlivňována především intenzitou rozvoje fytoplanktonu (vegetační zákal).

# Průhlednost a zákal vody



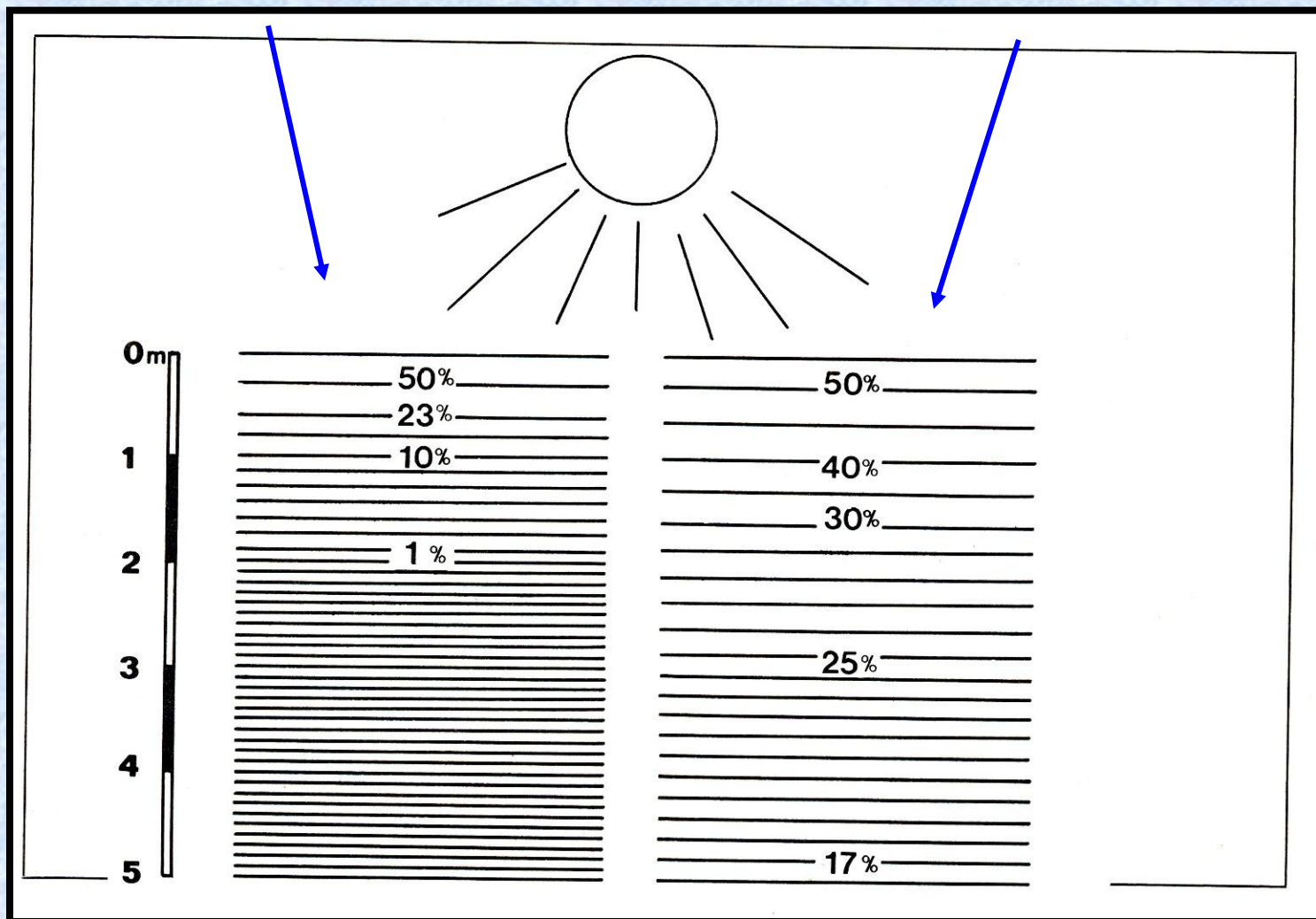
- Zákal vody může být způsoben buď neživými, jemně rozptýlenými částicemi (abiosestonem) nebo drobnými planktonními živými organismy (biosestonem).
- Rozlišení biogenního a nebiogenního zákalu je pro rybářskou praxi velmi důležité, poněvadž biogenní zákal nepřímo informuje o intenzitě primární produkce planktonu, kolísání obsahu  $O_2$  a  $CO_2$  a pH, i o dostatku biogenů v rybníce.
- Průhlednost vody určuje sílu **eufotické vrstvy**, tj. vrstvy vody, v níž probíhá fotosyntetická asimilace. Podle průhlednosti vody, pokud je funkcí rozvoje fytoplanktonu, je možno rozhodovat o nasazení či zastavení hnojení nádrže.

# Pronikání světla do hloubky vody



Rybník s hustým planktonem

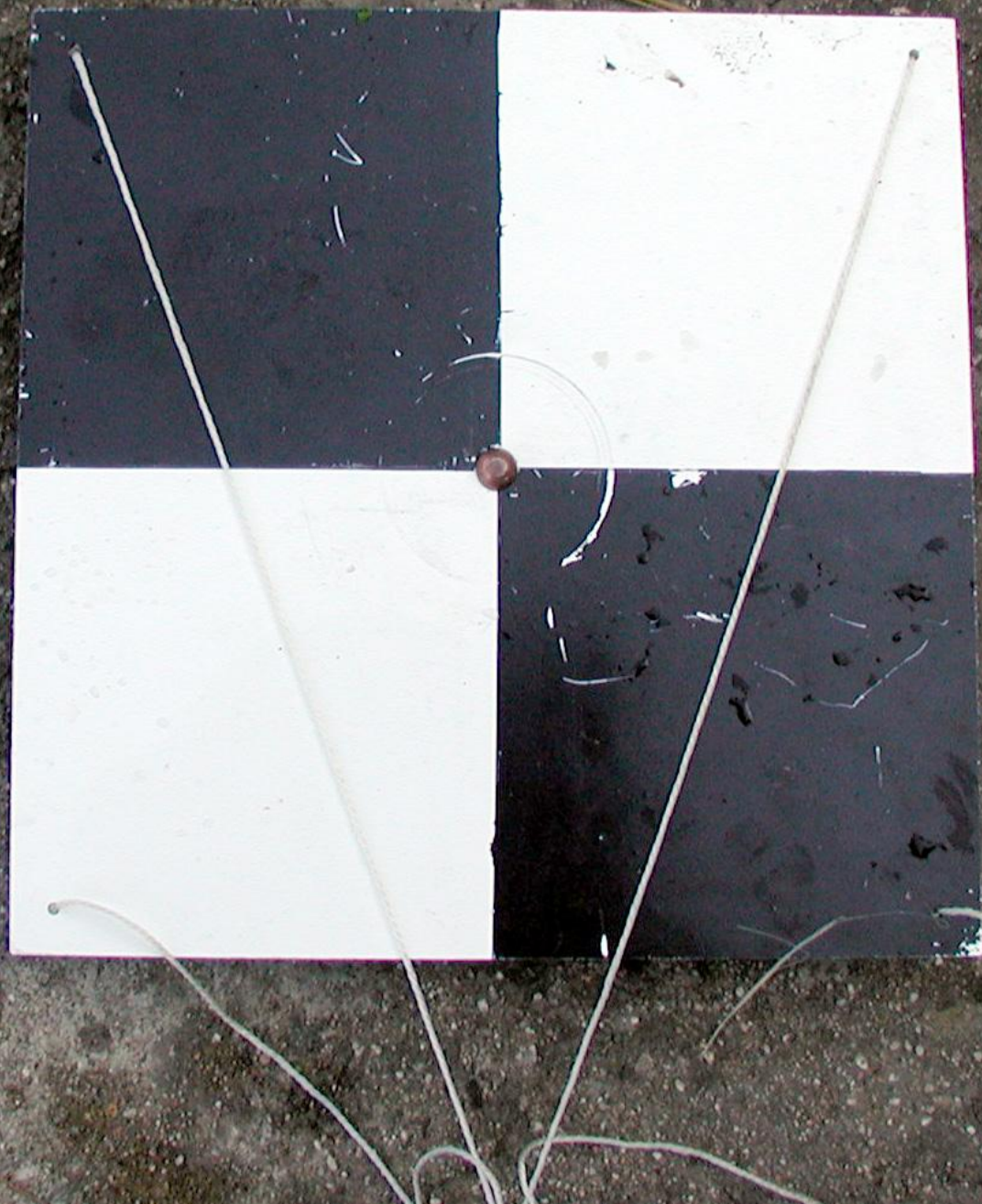
Horské jezero



# Průhlednost a zákal vody

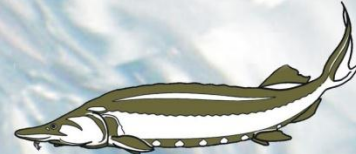


- Průhlednost vody se měří tzv. **Secchiho deskou**. Je to kotouč nebo čtverec o průměru 20-30 cm, rozdělený na kvadranty střídavě černé a bílé. Kotouč se spouští do vody na šňůře značkové po 10 cm tak dlouho, až zmizí rozdíly mezi bílými a černými kvadranty. Při ponořování desky je nutno eliminovat zrcadlení vodní hladiny.
- Průhlednost vody se dá stanovit i tzv. **čtecí zkouškou** (dle Snella). Skleněný válec o průměru 2,5 cm a výšce 50 cm s rovným, opticky upraveným dnem, dělený po centimetrech, se podloží vzorem písma vysokého 3,5 mm. Válec se naplní vzorkem a voda se odpouští dolním kohoutem, až je písmo čitelné. Pak se odečte výška vodního sloupce. Písmo musí být osvětleno nepřímým denním světlem.



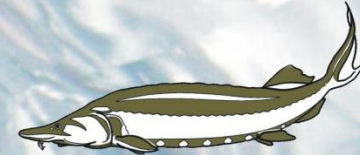


**Průměrná, minimální a maximální hodnota  
průhlednosti Zámeckého rybníka v Lednici na Moravě.**



| ROK  | průhlednost      |
|------|------------------|
|      | cm               |
| 2001 | 41<br>25 - 90    |
| 2002 | 45<br>0 - 150    |
| 2003 | 49<br>20 - 80    |
| 2004 | 148<br>110 - 150 |

# Hodnota průhlednosti soustavy lednických rybníků v průběhu vegetační sezóny roku 2001.



| <b>Datum</b> | <b>NESYT</b> | <b>HLOHOVECKÝ</b> | <b>PROSTŘEDNÍ</b> | <b>MLÝNSKÝ</b> |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 13.4.        | 25           | 65                | 160 (dno)         | 150 (dno)      |
| 30.4.        | 25           | 220 (dno)         | 160 (dno)         | 140            |
| 11.5.        | 20           | 120               | 160 (dno)         | 120            |
| 30.5.        | 20           | 100               | 160 (dno)         | 70             |
| 14.6.        | 20           | 110               | 160 (dno)         | 55             |
| 29.6.        | 15           | 60                | 160 (dno)         | 50             |
| 30.7.        | 25           | 100               | 150 (dno)         | 50             |
| 30.8.        | 15           | 50                | 90                | 40             |

# Vodivost (měrná vodivost - konduktivita)



- Vodivost je převrácená hodnota odporu a její jednotkou je 1 S (siemens).
- Destilovaná voda je prakticky nevodivá, voda se stává vodivou pro elektrický proud vlivem rozpuštěných minerálních látek.
- Vodivost vody závisí na:
  - koncentraci a disociačním stupni elektrolytů
  - nábojovém čísle iontů
  - pohyblivosti iontů v elektrickém poli
  - teplotě vody
- V hydrochemii se udává konduktivita v jednotkách  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  nebo  $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ , kdy  $1 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1} = 0,1 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$ .
- Pro měření konduktivity se používají **konduktometry**.

## Vodivost (měrná vodivost - konduktivita)



- Stanovená konduktivita vody nám dává informaci o obsahu aniontů a kationtů rozpuštěných ve vodě.
- Na základě výsledku lze odhadovat stupeň mineralizace vody, stanovení je vhodné pro kontrolu kvality destilované vody a při dlouhodobém sledování daného druhu vody, protože konduktivita prokáže změny v koncentraci rozpuštěných látek.
- Nejčistší voda má při 18 °C vodivost  $0,038 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , což je způsobeno disociací vody.
- Destilovaná voda má konduktivitu  $0,3\text{-}0,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , povrchové a spodní vody  $50\text{-}500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (s výjimkou minerálních).
- Změna teploty o 1 °C vyvolá změnu konduktivity asi o 2 %.

# Průměrné hodnoty konduktivity různých typů vod.



| <b>LOKALITA</b> | <b>VODIVOST</b> | <b>LOKALITA</b> | <b>VODIVOST</b> |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sykovec         | 74              | Vír             | 146             |
| Medlov          | 98              | Mostiště        | 284             |
| Jaroslavický    | 333             | Plumlov         | 298             |
| Zámecký         | 511             | Brněnská p.     | 320             |
| Lužický         | 680             |                 |                 |
| Dvorský         | 712             | Fryšávka        | 119             |
| Prostřední      | 1272            | Bečva           | 331             |
| Mlýnský         | 1364            | Dyje            | 381             |
| Hlohovecký      | 1502            | Loučka          | 384             |
| Nesyt           | 1870            | Bobrava         | 749             |





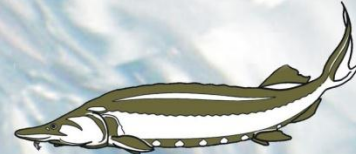


# pH vody - koncentrace vodíkových iontů



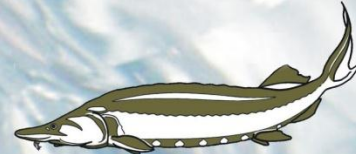
- Pro posouzení reakce vodných roztoků je významné, jaké koncentrace v nich dosahují vodíkové ionty. Tato koncentrace závisí jednak na povaze rozpuštěných látek, jednak na vodě samé.
- Část molekul vody je disociována na vodíkové a hydroxylové ionty  $\text{H}^+$  a  $\text{OH}^-$ . Ve zcela čisté vodě a ve zředěných roztocích lze koncentraci nedisociované vody považovat za konstantní.
- Molární koncentrace obou iontů se navzájem rovnají a mají při teplotě  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  hodnotu  $10^{-7}\text{ mol.l}^{-1}$ . Součin obou koncentrací má pak hodnotu  $10^{-14}\text{ mol.l}^{-1}$ . Tento součin zůstává konstantní i za přidání látek, které uvolňují vodíkové nebo hydroxylové ionty. Stačí proto určit koncentraci pouze jednoho z nich. V praxi se vžilo určování koncentrace  $\text{H}^+$  iontů.

# pH vody - koncentrace vodíkových iontů



- Kyselost vodných roztoků je způsobena nadbytkem vodíkových  $\text{H}^+$  iontů, zásaditost nadbytkem hydroxylových iontů  $\text{OH}^-$ . Koncentrace vodíkových iontů kolísá ve velmi širokém rozmezí mnoha řádů, proto se k vyjádření používá **záporně vzatý dekadický logaritmus jejich koncentrace (aktivity)**.
- $(a_{\text{H}^+}) = 10^{-\text{pH}}$
- $\text{pH} = -\log(a_{\text{H}^+})$
- Platí následující rovnice:  $\text{pH} + \text{pOH} = 14$
- Hodnota pH destilované vody zbavené rozpuštěného  $\text{CO}_2$  je při 20 °C 7,0. Destilovaná voda, která je v rovnováze s  $\text{CO}_2$  přítomným ve vzduchu (0,03%) obsahuje při 20 °C asi 0,55 mg.l<sup>-1</sup> rozpuštěného  $\text{CO}_2$ . Výsledné pH destilované vody pak vychází na 5,65.

## pH vody - koncentrace vodíkových iontů



- Dobrá rybniční voda má mít pH mezi 7,0 až 8,0, tj. slabě alkalickou reakci. O udržení pH v těchto mezích rozhoduje především dostatečné množství  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , který společně s  $\text{H}_2\text{CO}_3$  brání většímu kolísání pH.
- Nízké pH vody bývá nejčastěji tam, kde je ve vodě málo vápníku a kde se rozkládá mnoho organických látek (listí, jehličí, rašeliniště).
- Snížení pH povrchových vod bývá často způsobeno kyselými odpadními vodami, které nebyly dostatečně nebo vůbec neutralizovány, nebo kyselými dešti.
- Zvýšení pH je nejčastěji způsobeno intenzivní fotosyntézou vodních rostlin, sinic a řas.

# pH vody - koncentrace vodíkových iontů



- Aktivní reakce (pH) vody má velký vliv na fyzikálně-chemický režim vody. Ovlivňuje rozpustnost celé řady látek, které mají značný význam ve fyziologických procesech vodních organismů.
- S veličinou pH těsně souvisí rozpustnost solí železa a vápníku a rovněž tak i fosforu, které mají velký význam pro metabolismus řas.
- Při silné fotosyntéze řas a rostlin dochází k neustálému zvyšování hodnoty pH. Při dosažení hodnot pH kolem 10,5 však již přecházejí některé pro život řas důležité látky do nerozpustného stavu. Snižuje se též propustnost buněčné blány pro některé ionty a fotosyntéza u většiny rostlinstva je tak inhibována.

## pH vody - koncentrace vodíkových iontů



- Vody s pH menším než 5,5 a vyšším než 9,0 již nejsou vhodné pro chov ryb. Z rybářského hlediska lze tedy rozdělit vody podle hodnoty pH takto:
- méně než 5,5 - značně kyselé, často dochází k hynutí ryb, nevhodné k chovu
- 5,5 - 6,5 - slabě kyselé, často kontrolovat pH
- 6,5 - 7,5 - neutrální, dobré rybniční vody
- 7,5 - 8,5 - slabě alkalické, platí o nich totéž
- 8,5 - 9,5 - značně alkalické, zvláště v zarostlých rybnících hrozí hynutí ryb
- Stále je třeba mít na paměti, že pH vody se mění jak v průběhu roku, tak v průběhu 24 hodin.

# pH vody - koncentrace vodíkových iontů



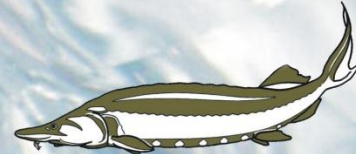
- pH pitné vody by se mělo pohybovat mezi 6-8. Při pH nad 9 již má voda alkalickou příchut’.
- V povrchových vodách využívaných jako zdroje pitné vody se připouští rozmezí pH 6,5-8,5.
- V povrchových vodách využívaných pro chov ryb se připouští rozmezí pH 6,0-9,0.
- Hodnota pH je vymezena i v požadavcích na jakost provozních vod v řadě průmyslových odvětvích.
- Průměrná hodnota pH mořské vody 7,5-8,5.
- Vodní organizmy můžeme rozdělit na *stenoiontní* (druhy snášející jen malé výkyvy pH vody) a *euryiontní* (druhy snášející velké výkyvy pH vody).

# Metody měření pH vody



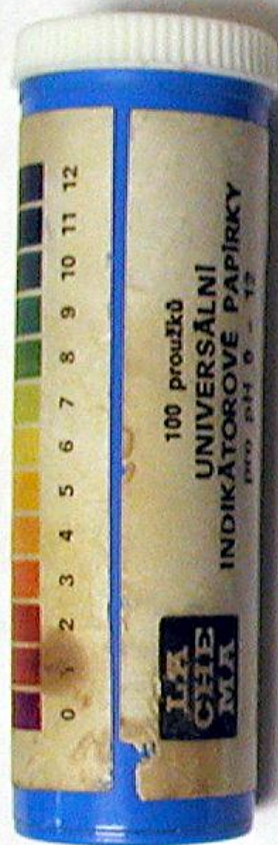
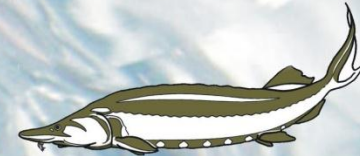
- Hodnota pH se určuje jednak kolorimetricky, jednak potenciometricky.
- **Kolorimetrické metody:**
  - Papírky pH-an
  - Univerzální indikátory
  - Komparátory
  - Tlumivé roztoky
- **Potenciometrické metody:**
  - Měrná skleněná elektroda, referenční kalomelová nebo argentchloridová elektroda
- **Optické metody**

# Metody měření pH vody



- **Papírky pH-an** - jsou úzké proužky filtračního papíru, napuštěné uprostřed indikátorem. Proužek ponoří na 1-3 sekundy do vzorku vody a po vyjmutí položí na bílou, nejlépe porcelánovou desku, opláchnutou vodou vzorku. Během 15 sekund se pak podle přiložené barevné tabulky standardů se odečte pH.
- Papírky pH-an se vyrábějí pro různé rozsahy pH, při čemž pro rybářské účely připadají v úvahu tyto rozsahy: 3,9 - 5,4; 5,2 - 6,7; 6,6 - 8,1; 8,2 - 9,7 a 9,2 - 11,0.
- Přesnost měření je udávána  $\pm 0,3$  pH, avšak chyba může dosáhnout až 1,0 pH, zvláště při použití starších a nevhodně skladovaných papírků. Proto se neužívají papírky starší 1/2 roku. Skladovat se musí v suchu, chladnu, ve tmě a stranou všech chemikálií.

# Metody měření pH vody

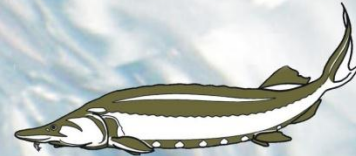


# Metody měření pH vody



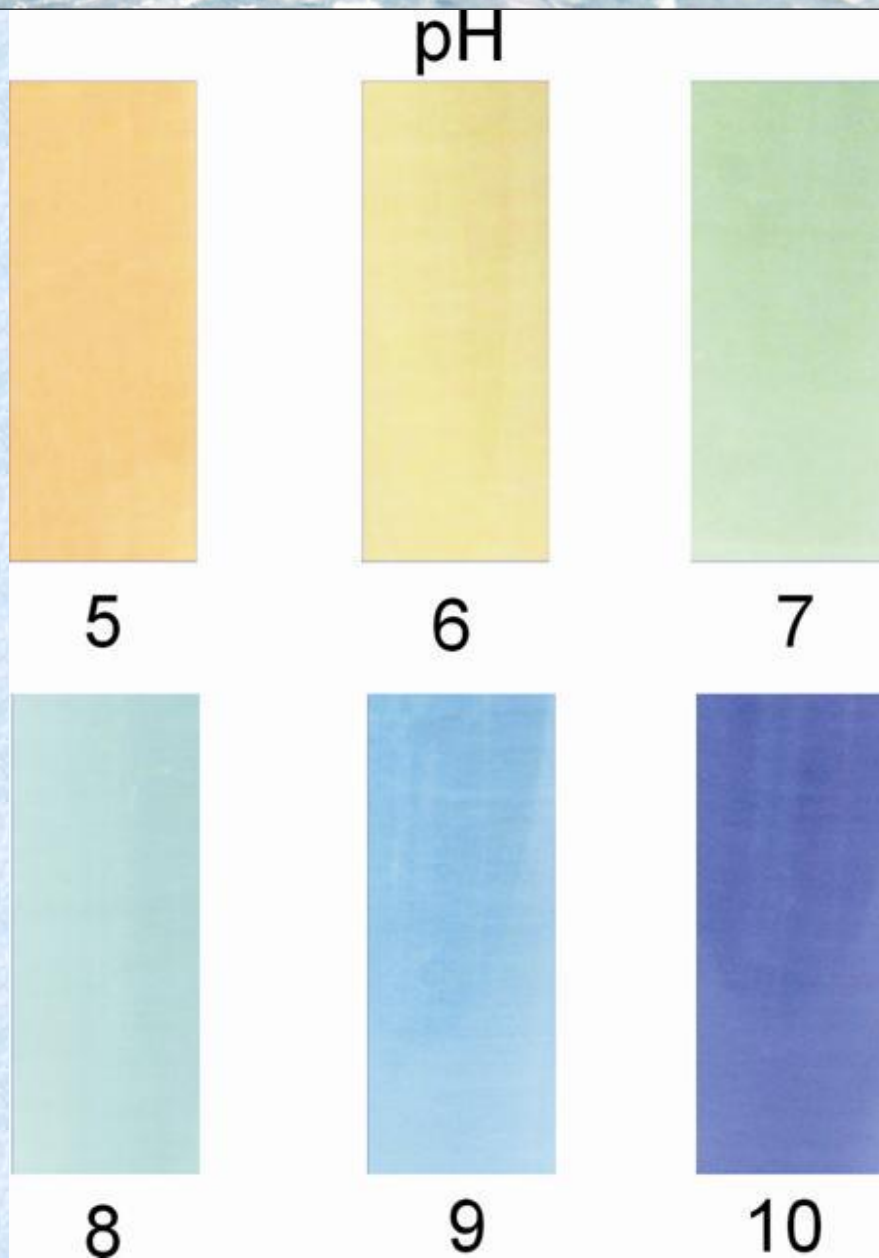
- ***Univerzální indikátor*** (např. Čúta-Kámen) - jedná se o kombinovaný indikátor (směs roztoků organických barviv), měřící pH v širokém rozsahu a pracující s přesností  $\pm 0,5$  pH.
- Výhodou stanovení je naprostá nenáročnost na zařízení (stačí zkumavka), rychlost a pohotovost.
- Indikátor se dodává v lahvičkách s kapací zátkou, provedenou jako zabroušená pipeta. Ke stanovení se užívá zkumavka (nejčastěji o průměru 13 mm), která se zatemní obalem z černého papíru tak, aby dno zkumavky zůstalo nezakryté (může se lišit dle výrobce).
- Po přidání indikátoru ke vzorku dle pokynů výrobce se výsledné zbarvení srovná s papírovou barevnou škálou.

# Metody měření pH vody

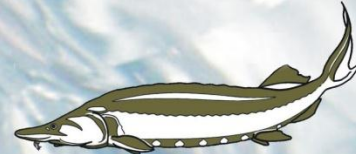


- pH – směsný indikátor
- Činidla:
- (1) *Indikátor – fenolftalein:* 0,2720 g
- (2) *Indikátor – orthokresolftalein:* 0,2290 g
- (3) *Indikátor – bromthymolová modř:* 0,7640 g
- (4) *Indikátor – methylčerveně:* 0,1682 g
- (5) *Indikátor – methylořanž:* 0,0644 g
- 
- Vše se rozpustí v **methanolu** a doplní do 1 litru.
- Správné zelené barvy indikátoru se docílí opatrným přidáváním hydroxidu sodného 4g **NaOH** rozpuštěného za tepla v 100 ml **ethanolu**.

# Metody měření pH vody

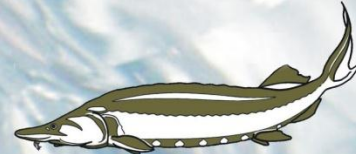


# Metody měření pH vody



- **Komparátor** (např. Helligeho) jde o jednoduchý optický přístroj, kdy do jedné přihrádky přístroje se vkládá kyveta s indikátorem, k němuž se přidá vzorek, do druhé se vkládá kyveta se vzorkem poněkud zředěným destilovanou vodou (4:1). Za touto kyvetou se vyměňují barevná skla kotouče srovnávacích standardů.
- Optickým systémem se pak vedou paprsky zbarveného vzorku a barevného skla (korigovaného zbarvením vody bez přidání indikátoru) do jednoho pole v okuláru, v němž se pak barvy obou polovin srovnávají.
- Přesnost je v nejlepším případě  $\pm 0,2$  pH.

# Metody měření pH vody



- ***Kolorimetrické stanovení s tlumivými roztoky*** je založeno na principu acidobazických indikátorů, tj. látek jejichž zbarvení závisí na hodnotě pH.
- Dosažitelná přesnost je v nejlepším případě  $\pm 0,1$  pH, rušivé vlivy (např. vysoká koncentrace solí) může zvýšit chybu až na jednotku pH.
- Ke stanovení hodnoty pH volíme indikátor, v jehož funkční oblasti leží pH zkoumané vody (zjistíme orientační zkouškou).
- Vzniklé zbarvení se porovnávají s barvou, která vznikla přidáním indikátoru k definovaným standardům (tlumivým roztokům).
- Stanovení s tlumivými roztoky jsou velmi pracná a dnes jsou vhodná jen jako náhradní laboratorní měření pH.

# Metody měření pH vody



- *Potenciometrické měření* je založeno na měření rozdílu potenciálů dvou elektrod, ponořených do měřené vody.
- Základem této metody je úkaz, že při ponoření elektrody do roztoku vzniká na rozhraní elektroda-roztok potenciální rozdíl elektrického napětí. Toto napětí se srovnává s napětím srovnávací elektrody, jež je stálé a neměnné. Tím se vytváří galvanický článek, jehož elektromotorickou sílu lze měřit citlivým galvanometrem.
- Při měření touto metodou neruší obsah oxidujících a redukujících látek. Elektrody lze použít téměř vždy, manipulace s přístrojem je jednoduchá, potenciál se ustanovuje rychle.

# Metody měření pH vody



- V současnosti se k měření pH téměř výhradně využívá skleněná elektroda nejčastěji ve tvaru baničky naplněná tlumivým roztokem.
- Skleněná elektroda pracuje v širokém rozsahu pH a je zatěžována pozitivní chybou (naměřená hodnota pH je nižší než skutečná) v alkalické oblasti (nad pH 10).
- V kyselé oblasti pozorujeme negativní chybu (naměřená hodnota je vyšší než skutečná).
- Referenční elektroda kalomelová je tvořena rtutí pokrytou vrstvičkou chloridu rtuťnatého, elektroda argentchloridová je tvořena postříbřeným Pt drátkem, povlečeným chloridem stříbrným. Oba typy jsou ponořeny nejčastěji do roztoku chloridu draselného.

# Metody měření pH vody

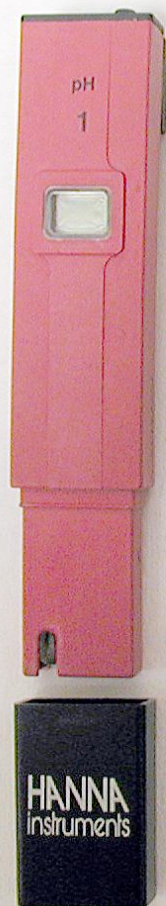


- Některé typy pH-metrů vyžadují namočení elektrody před prvním použitím nejméně na 24 hodin.
- Po „oživení“ elektrody by její měřicí část již nikdy neměla oschnout, neboť pak se již nemusí podařit uvést do provozu.
- Znečištění (zamaštění) elektrody je nutno čistit nejčastěji ethanolem, benzenem nebo se máčí v 2% HCl. Po čišťení je nutno vždy důkladně opláchnout v destilované vodě a znovu nakalibrovat.
- Kalibrace se provádí pomocí „pufrů“ tlumivých roztoků o známém pH. Tyto roztoky dodává přímo výrobce, nebo lze namíchat roztoky dle návodů v laboratorních tabulkách.

# Metody měření pH vody



- Přístroj se kalibruje na 2-3 roztoky o různém pH, nejlépe na tlumivé roztoky o hodnotách pH v kterých se budou měřené vzorky vody nejčastěji pohybovat.
- pH je ovlivněno teplotou, je nutno nastavit teplotní korekci (moderní přístroje automaticky).
- Před ponořením elektrody do tlumivého roztoku musí být elektroda důkladně očištěna destilovanou vodou a osušena filtračním papírem.
- Životnost skleněné elektrody je krátká (cca 1-3 roky).
- Mimo měření je vhodné uchovávat elektrodu v roztoku chloridu draselného.
- Přístroje při správném použití měří hodnotu pH i s přesností  $\pm 0,01$  pH.





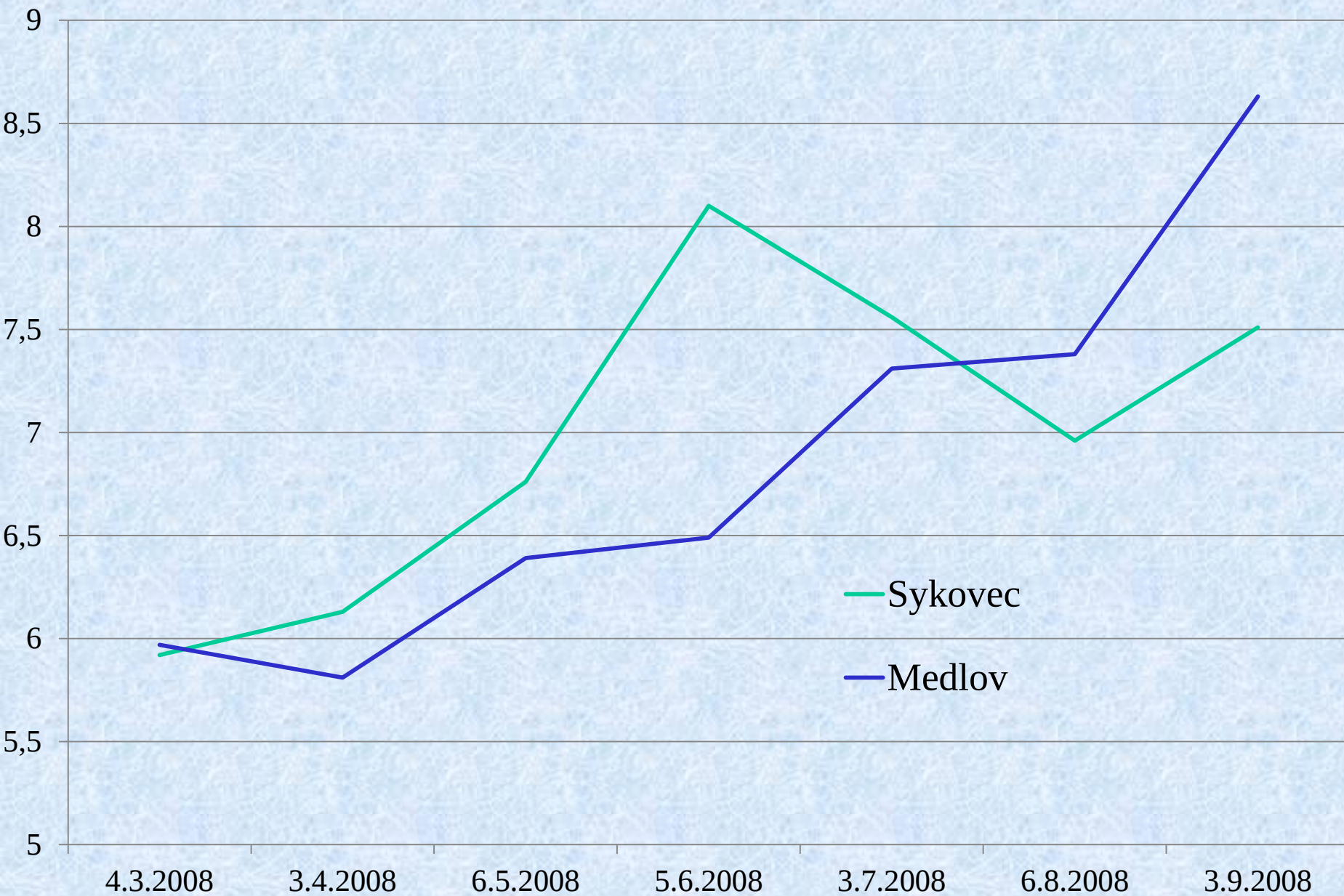
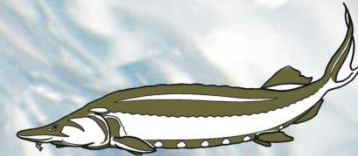
pH

6.28

25°C



# Hodnota pH v průběhu vegetační sezóny



**Průměrná, minimální a maximální hodnota pH  
Zámeckého rybníka v Lednici na Moravě.**

**Průměrná hodnota pH soustavy lednických  
rybníků v průběhu vegetační sezóny roku 2001.**

| <b>Datum</b> | <b>Nesyt</b> | <b>Hlohovecký</b> | <b>Prostřední</b> | <b>Mlýnský</b> |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 13.4.        | 8,86         | 8,85              | 8,93              | 8,55           |
| 30.4.        | 8,90         | 8,33              | 9,00              | 8,80           |
| 11.5.        | 8,63         | 8,60              | 8,56              | 8,53           |
| 30.5.        | 8,57         | 8,44              | 7,95              | 8,53           |
| 14.6.        | 8,66         | 8,56              | 7,84              | 8,80           |
| 29.6.        | 8,53         | 8,73              | 8,08              | 8,65           |
| 30.7.        | 8,77         | 8,81              | 8,33              | 8,81           |
| 30.8.        | 8,88         | 8,86              | 8,57              | 8,93           |

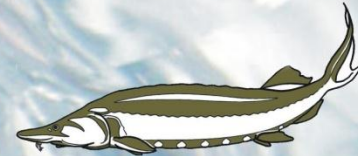
| <b>ROK</b>  | <b>pH</b>          |
|-------------|--------------------|
| <b>1996</b> | 8,22<br>7,0 - 8,9  |
| <b>1997</b> | 9,08<br>7,6 - 9,3  |
| <b>1998</b> | 8,33<br>7,9 - 8,7  |
| <b>2001</b> | 8,59<br>7,9 - 9,2  |
| <b>2002</b> | 8,68<br>7,6 - 10,3 |
| <b>2003</b> | 8,71<br>8,1 - 9,6  |
| <b>2004</b> | 8,65<br>7,8 - 10,2 |

# Rozpuštěný kyslík



- Kyslík je nejvýznamnější z rozpuštěných plynů ve vodě, která s ním netvoří iontové sloučeniny.
- Obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě se vyjadřuje hmotnostní koncentrací ( $\text{mg.l}^{-1}$ ) a v procentech nasycení vody kyslíkem, vztažených k rovnovážné koncentraci kyslíku ve vodě za dané teploty a daného atmosférického tlaku.
- U podzemních a pitných vod se obvykle nestanovuje, nemá význam ani hygienický ani chuťový.
- Množství kyslíku ve vodě značně ovlivňuje většinu biochemických procesů a často proto bývá limitujícím faktorem pro život různých organismů.

# Rozpuštěný kyslík



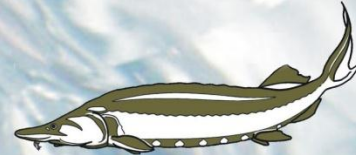
- Podle koncentrace rozpuštěného kyslíku řadíme povrchové vody do třídy čistoty.

**Klasifikace jakosti povrchové vody pro běžné hodnocení podle ČSN 83 0602**

| Ukazatel                                   | Třída jakosti vody |     |     |     |     |
|--------------------------------------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|
|                                            | Ia                 | Ib  | II  | III | IV  |
| rozpuštěný kyslík<br>(mg l <sup>-1</sup> ) | > 7                | > 6 | > 5 | > 3 | < 3 |

- Závažný ukazatel při vypouštění odpadních vod do vod povrchových, slouží i ke kontrole chodu čistíren odpadních vod.

# Rozpuštěný kyslík



- Množství rozpuštěného kyslíku ve vodě závisí na atmosférickém tlaku, množství rozpuštěných látek ve vodě a především na teplotě vody.
- S rostoucí teplotou, množstvím rozpuštěných látek ve vodě a rostoucím tlaku se ve vodě rozpouští stále méně kyslíku.
- Do vody se kyslík dostává jednak ze vzduchu, jednak z fotosyntézy vodních rostlin, řas a sinic.
- Kyslík je z vody spotřebováván na dýchání všech organismů a na veškeré oxidační procesy jak organických, tak anorganických látek.
- Vodu, která má obsah kyslíku odpovídající daným fyzikálním podmínkám (tj. tlaku a teplotě), označujeme jako vodu nasycenou kyslíkem na 100 %.

| Teplota<br>°C | Koncentrace rozpuštěného kyslíku<br>mg l <sup>-1</sup> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|--------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | 0,0                                                    | 0,1   | 0,2   | 0,3   | 0,4   | 0,5   | 0,6   | 0,7   | 0,8   | 0,9   |
| 0             | 14,65                                                  | 14,61 | 14,57 | 14,53 | 14,49 | 14,45 | 14,41 | 14,37 | 14,33 | 14,29 |
| 1             | 14,25                                                  | 14,21 | 14,17 | 14,13 | 14,09 | 14,05 | 14,02 | 13,98 | 13,94 | 13,90 |
| 2             | 13,86                                                  | 13,82 | 13,79 | 13,75 | 13,71 | 13,68 | 13,64 | 13,60 | 13,56 | 13,53 |
| 3             | 13,49                                                  | 13,46 | 13,42 | 13,38 | 13,35 | 13,31 | 13,28 | 13,24 | 13,20 | 13,17 |
| 4             | 13,13                                                  | 13,10 | 13,06 | 13,03 | 13,00 | 12,96 | 12,93 | 12,89 | 12,86 | 12,82 |
| 5             | 12,79                                                  | 12,76 | 12,72 | 12,69 | 12,66 | 12,62 | 12,59 | 12,56 | 12,53 | 12,49 |
| 6             | 12,46                                                  | 12,43 | 12,40 | 12,36 | 12,33 | 12,30 | 12,27 | 12,24 | 12,21 | 12,18 |
| 7             | 12,14                                                  | 12,11 | 12,08 | 12,05 | 12,02 | 11,99 | 11,96 | 11,93 | 11,90 | 11,87 |
| 8             | 11,84                                                  | 11,81 | 11,78 | 11,75 | 11,72 | 11,70 | 11,67 | 11,64 | 11,61 | 11,58 |
| 9             | 11,55                                                  | 11,52 | 11,49 | 11,47 | 11,44 | 11,41 | 11,38 | 11,35 | 11,33 | 11,30 |
| 10            | 11,27                                                  | 11,24 | 11,22 | 11,19 | 11,16 | 11,14 | 11,11 | 11,08 | 11,06 | 11,03 |
| 11            | 11,00                                                  | 10,98 | 10,95 | 10,93 | 10,90 | 10,87 | 10,85 | 10,82 | 10,80 | 10,77 |
| 12            | 10,75                                                  | 10,72 | 10,70 | 10,67 | 10,65 | 10,62 | 10,60 | 10,57 | 10,55 | 10,52 |
| 13            | 10,50                                                  | 10,48 | 10,45 | 10,43 | 10,40 | 10,38 | 10,36 | 10,33 | 10,31 | 10,28 |
| 14            | 10,26                                                  | 10,24 | 10,22 | 10,19 | 10,17 | 10,15 | 10,12 | 10,10 | 10,08 | 10,06 |
| 15            | 10,03                                                  | 10,01 | 9,99  | 9,97  | 9,95  | 9,92  | 9,90  | 9,88  | 9,86  | 9,84  |
| 16            | 9,82                                                   | 9,79  | 9,77  | 9,75  | 9,73  | 9,71  | 9,69  | 9,67  | 9,65  | 9,63  |
| 17            | 9,61                                                   | 9,58  | 9,56  | 9,54  | 9,52  | 9,50  | 9,48  | 9,46  | 9,44  | 9,42  |
| 18            | 9,40                                                   | 9,38  | 9,36  | 9,34  | 9,32  | 9,30  | 9,29  | 9,27  | 9,25  | 9,23  |
| 19            | 9,21                                                   | 9,19  | 9,17  | 9,15  | 9,13  | 9,12  | 9,10  | 9,08  | 9,06  | 9,04  |
| 20            | 9,02                                                   | 9,00  | 8,98  | 8,97  | 8,95  | 8,93  | 8,91  | 8,90  | 8,88  | 8,86  |
| 21            | 8,84                                                   | 8,82  | 8,81  | 8,79  | 8,77  | 8,75  | 8,74  | 8,72  | 8,70  | 8,68  |
| 22            | 8,67                                                   | 8,65  | 8,63  | 8,62  | 8,60  | 8,58  | 8,56  | 8,55  | 8,53  | 8,52  |
| 23            | 8,50                                                   | 8,48  | 8,46  | 8,45  | 8,43  | 8,42  | 8,40  | 8,38  | 8,37  | 8,35  |
| 24            | 8,33                                                   | 8,32  | 8,30  | 8,29  | 8,27  | 8,25  | 8,24  | 8,22  | 8,21  | 8,19  |
| 25            | 8,18                                                   | 8,16  | 8,14  | 8,13  | 8,11  | 8,10  | 8,08  | 8,07  | 8,05  | 8,04  |
| 26            | 8,02                                                   | 8,01  | 7,99  | 7,98  | 7,96  | 7,95  | 7,93  | 7,92  | 7,90  | 7,89  |
| 27            | 7,87                                                   | 7,86  | 7,84  | 7,83  | 7,81  | 7,80  | 7,78  | 7,77  | 7,75  | 7,74  |
| 28            | 7,72                                                   | 7,71  | 7,69  | 7,68  | 7,66  | 7,65  | 7,64  | 7,62  | 7,61  | 7,59  |
| 29            | 7,58                                                   | 7,56  | 7,55  | 7,54  | 7,52  | 7,51  | 7,49  | 7,48  | 7,47  | 7,45  |
| 30            | 7,44                                                   | 7,42  | 7,41  | 7,40  | 7,38  | 7,37  | 7,35  | 7,34  | 7,32  | 7,31  |

Rovnovážná  
koncentrace  
kyslíku v  
destilované  
vodě, která je ve  
styku se  
vzduchem  
(20,9% O<sub>2</sub>) za  
dané teploty a  
standardního  
tlaku (101,3  
kPa).

## Korekce nasycení vody podle tlaku

| výš<br>ka | tlak<br>v mm | faktor |
|-----------|--------------|--------|
| 0         | 760          | 1.00   |
| 100       | 750          | 1.01   |
| 200       | 741          | 1.03   |
| 300       | 732          | 1.04   |
| 400       | 723          | 1.05   |
| 500       | 714          | 1.06   |
| 600       | 705          | 1.08   |
| 700       | 696          | 1.09   |
| 800       | 687          | 1.11   |
| 900       | 679          | 1.12   |
| 1000      | 671          | 1.13   |
| 1100      | 663          | 1.15   |
| 1200      | 655          | 1.16   |
| 1300      | 647          | 1.17   |
| 1400      | 639          | 1.19   |
| 1500      | 631          | 1.20   |
| 1600      | 623          | 1.22   |

$$\% \text{ nasycení} = P_0 \cdot f$$

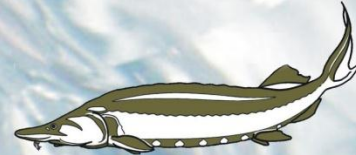
$P_0$  - % nasycení pro nadmořskou  
výšku v 0 metrech

$f$  - faktor

Rozpustnost kyslíku ze vzduchu v  $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$  ve vodě obsahující chloridy

| $c_m(\text{Cl}^-)$ v $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ | 5    | 10   | 15   |
|-----------------------------------------------------|------|------|------|
| 0 °C                                                | 13,8 | 13,0 | 12,1 |
| 5 °C                                                | 12,1 | 11,4 | 10,7 |
| 10 °C                                               | 10,7 | 10,1 | 9,6  |
| 15 °C                                               | 9,7  | 9,1  | 8,6  |
| 20 °C                                               | 8,7  | 8,3  | 7,9  |

# Rozpuštěný kyslík



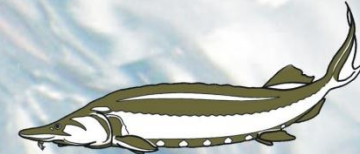
- Dojde-li k porušení rovnováhy, tj. stoupne-li nebo klesne-li množství kyslíku ve vodě nad nebo pod stupeň nasycení, dochází k pozvolnému vyrovnávání s atmosférou. Rychlost vyrovnávání je závislá na rozdílu hodnot nasycení, velikosti styčné plochy a rychlosti promíchávání vody a ovzduší.
- Kyslík ve stojatých vodách pochází nejčastěji z fotosyntézy rostlin, zatímco v tekoucích vodách převažuje kyslík atmosférického původu.
- V přírodních vodách dochází často ke značným odchylkám od 100 % hodnot nasycení, a to na obě strany. Tyto odchylky jsou tím větší, čím více organismů voda obsahuje.

# Rozpuštěný kyslík

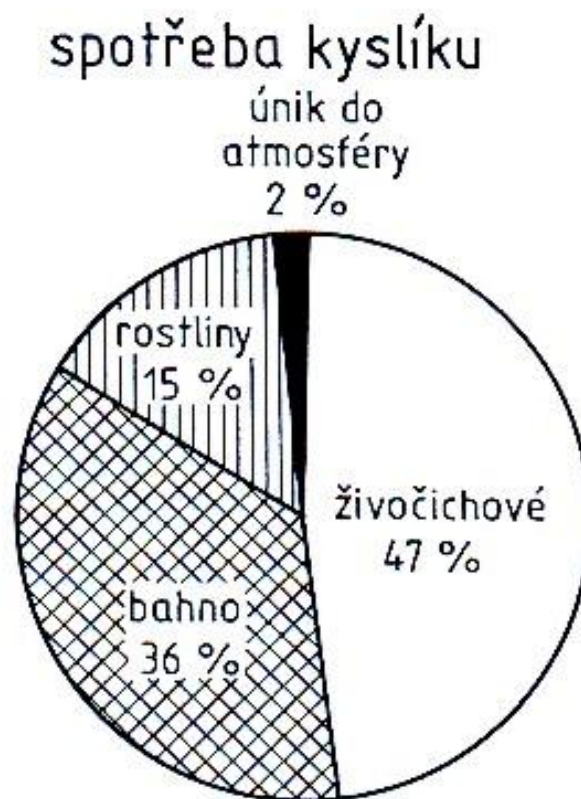
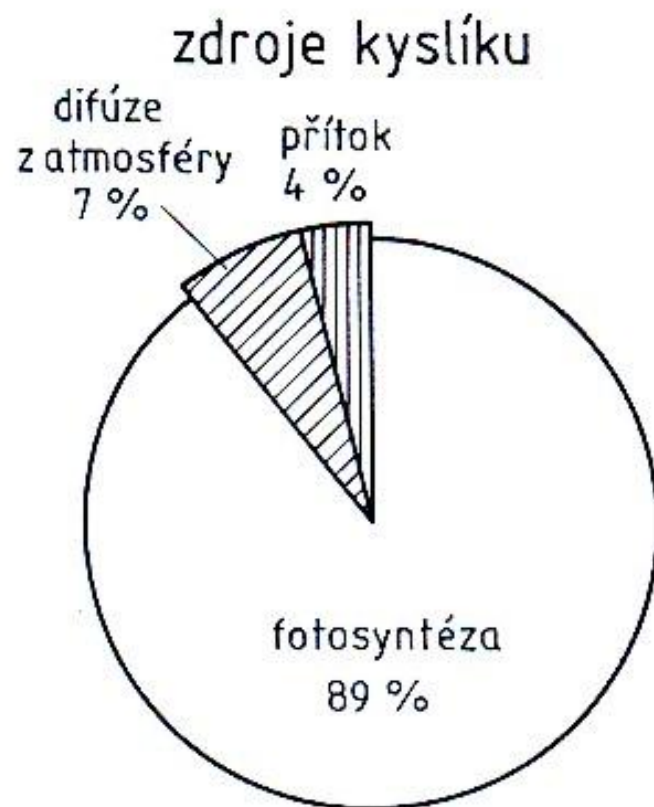


- V tekoucích neznečištěných vodách se nasycení vody kyslíkem pohybuje neustále kolem 85-100 %. Případné nedosycení nebo přesycení vody kyslíkem (přejevnaté úseky) je neustále vyrovnáváno pohybem vody, zejména jejím vířením.
- Množství kyslíku je přibližně stejné v celém vodním sloupci.
- Ve stojatých vodách je obsah kyslíku závislý především na fotosyntetické činnosti rostlin a dýchání všech organismů.
- Kolísání obsahu kyslíku během 24 hodin v nádrži i rozdíly v nasycení u hladiny a u dna je tím výraznější, čím je biotop na organismy bohatší.

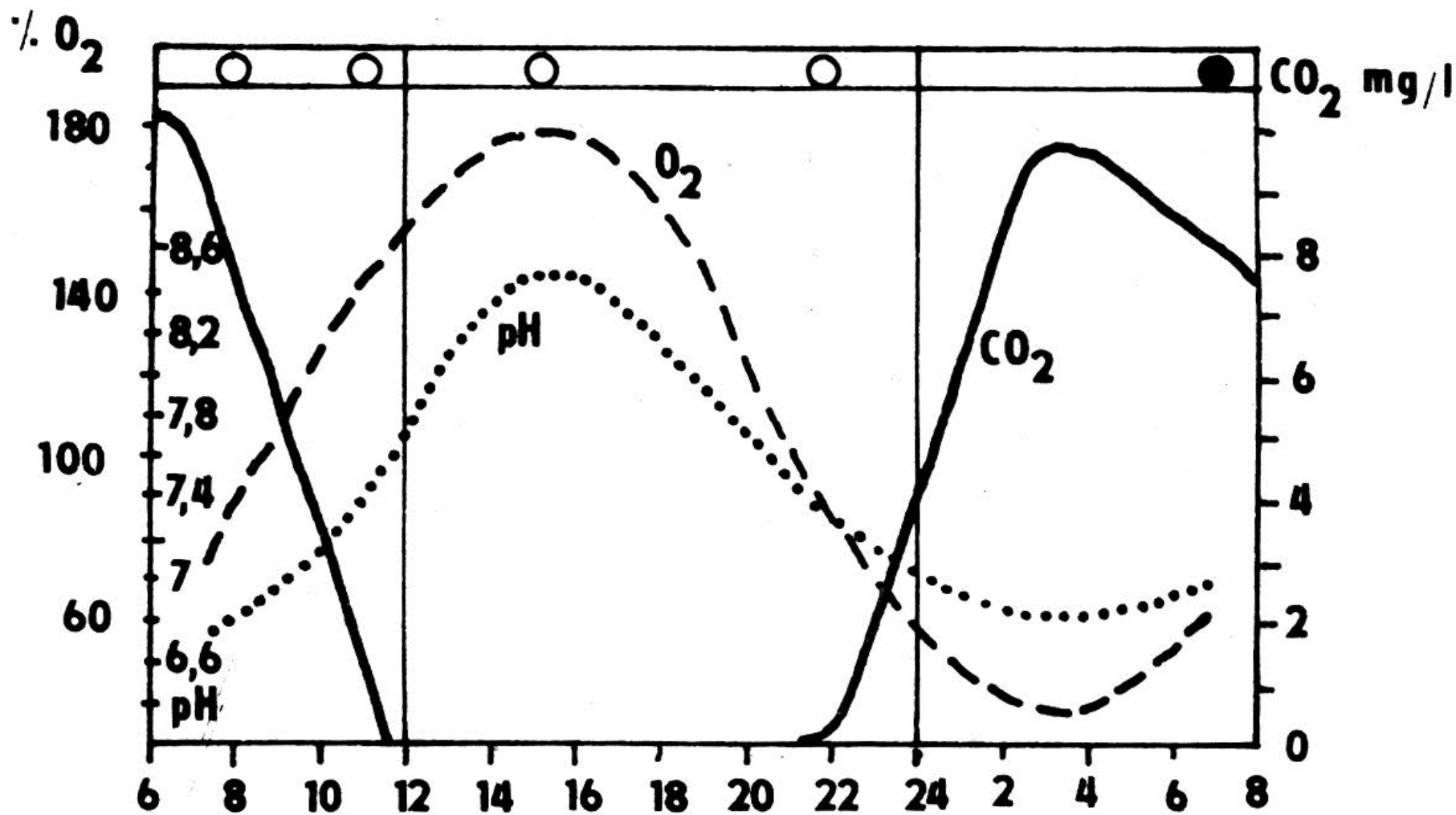
# Rozpuštěný kyslík



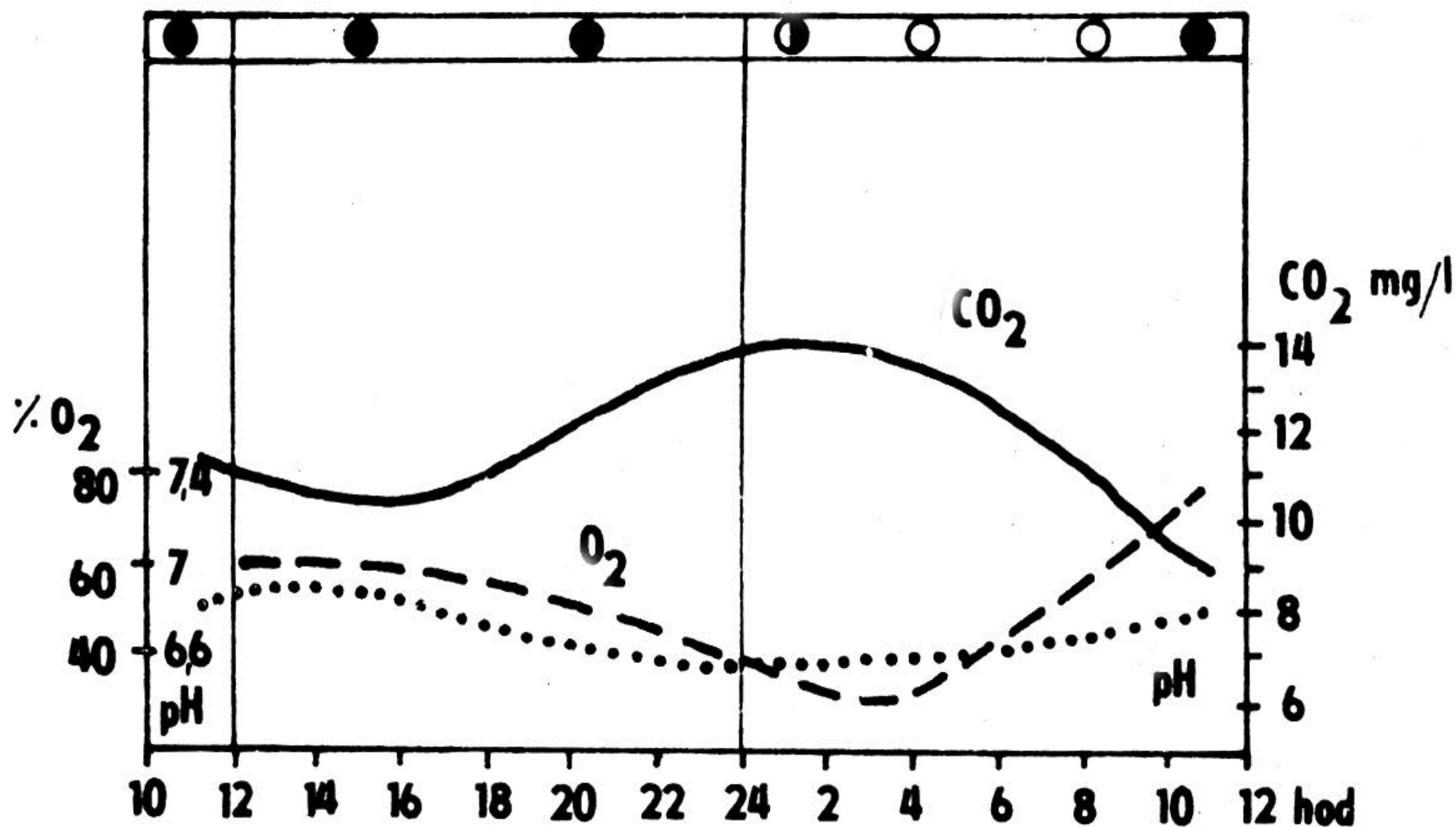
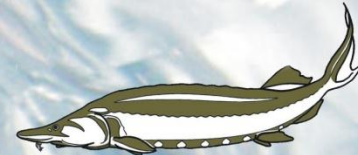
## Zdroje a spotřeba kyslíku v rybníčním ekosystému



Změny v obsahu rozpuštěného  $O_2$ , pH a  $CO_2$  během 24 hodin.



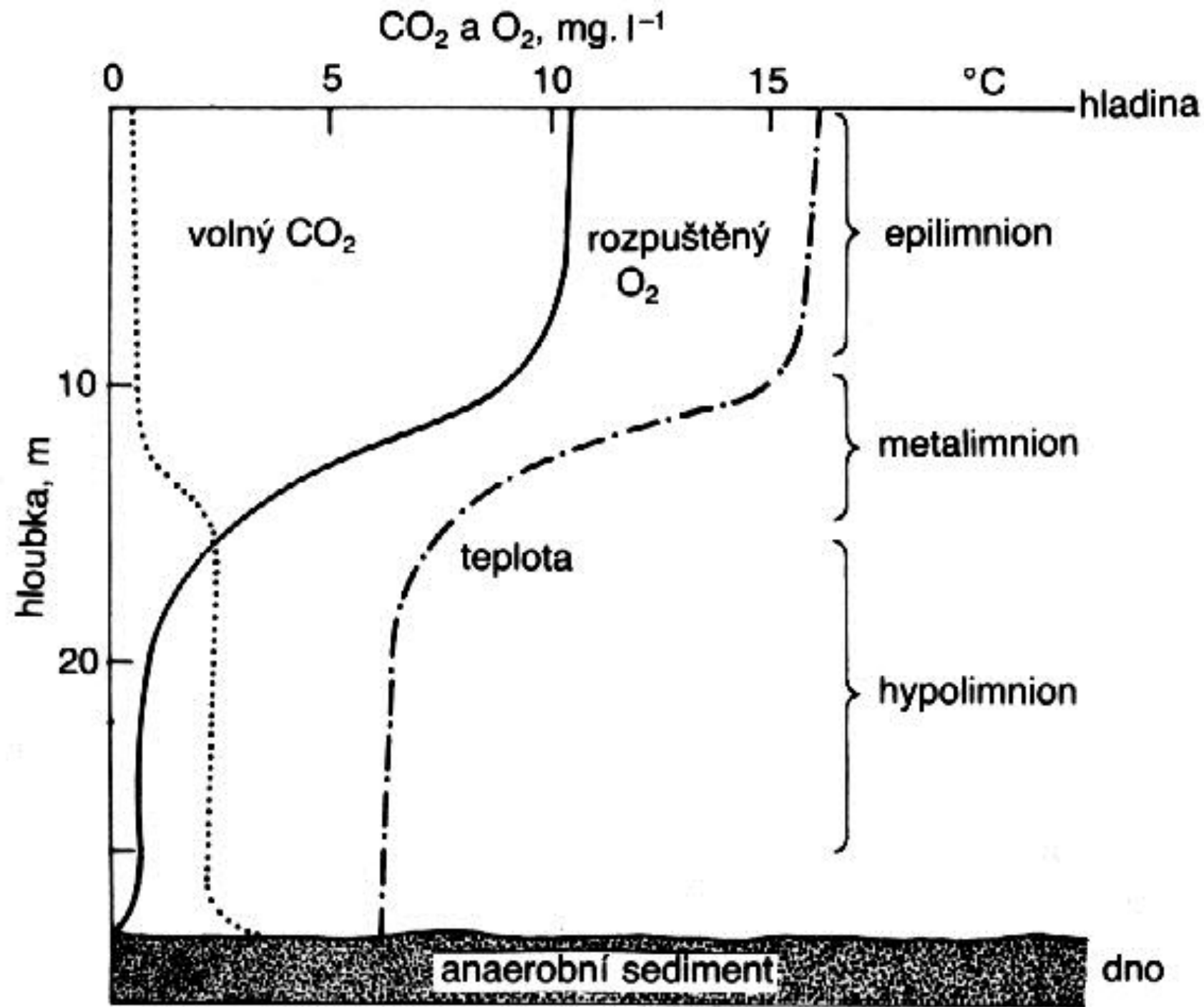
Změny v obsahu rozpuštěného  $O_2$ , pH a  $CO_2$  během 24 hodin.



# Rozpuštěný kyslík



- Hlavní příčinou různého obsahu kyslíku v různých vrstvách vody v hlubokých nádržích je skutečnost, že v důsledku vertikální tepelné stratifikace a vzniku letní stagnace se nemůže kyslíkem bohatá horní vrstva epilimnia smísit s hlubšími, na kyslík chudšími vrstvami.
- Zatímco povrchové vrstvy bývají přes den zpravidla kyslíkem výrazně přesyceny v důsledku asimilační činnosti fytoplanktonu, v hlubších vrstvách bývá kyslíku nedostatek, protože je tu málo světla a protože je tu větší množství organické hmoty podléhající oxidaci.
- Nedostatek kyslíku v hypolimniu hluboké nádrže může být způsoben tím, že jde o nádrž eutrofní, s bohatou sedimentací odumřelých těl hydrobiontů, nebo o nádrž oligotrofní, u níž objem epilimnia značně převyšuje objem hypolimnia.

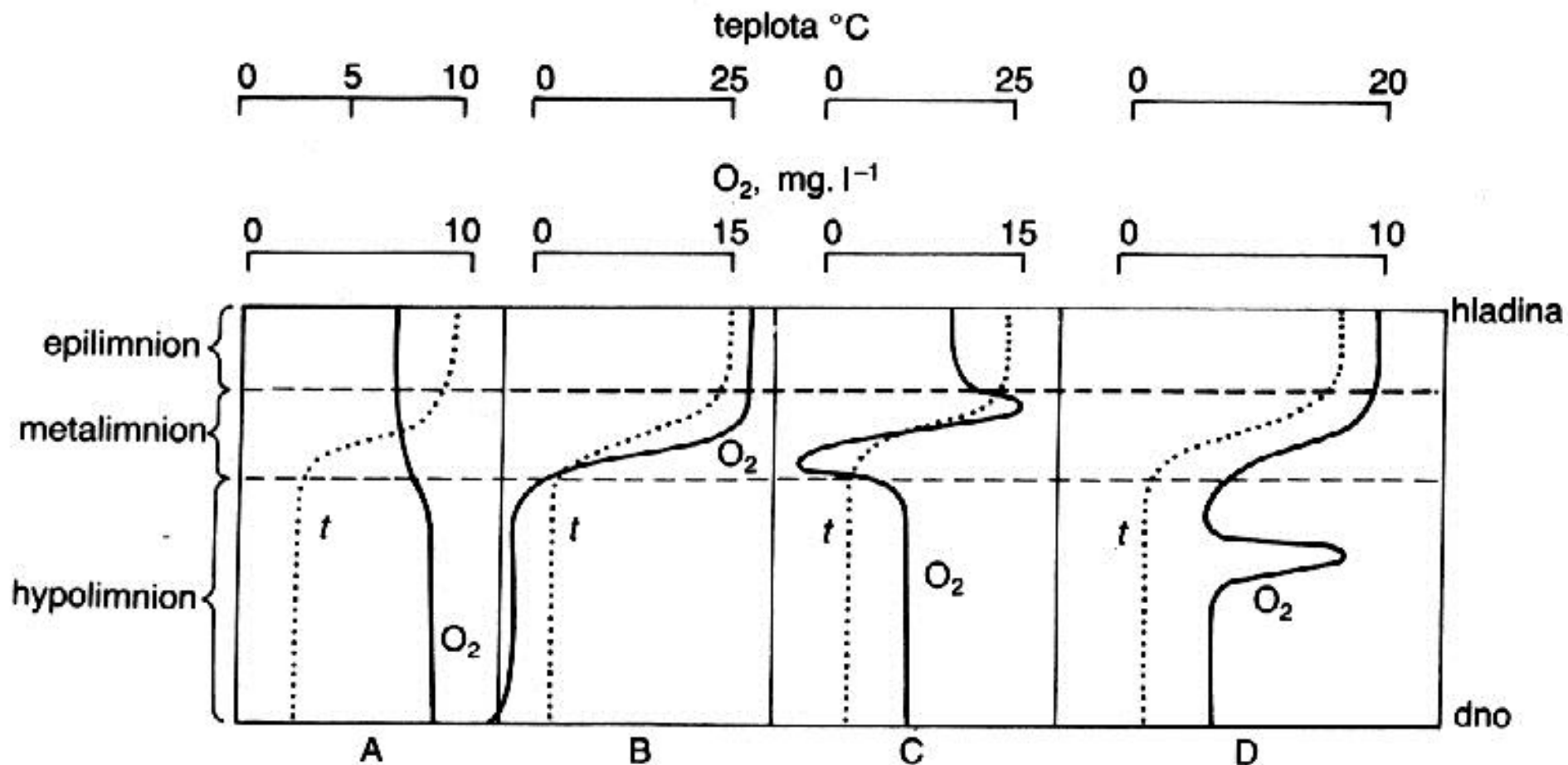


# Rozpuštěný kyslík



- U většiny oligotrofních jezer je obsah kyslíku v hypolimnionu vysoký i v období letní stagnace. Tento stav je způsoben nízkou produkcí organické hmoty v epilimniu, nebo když je objem hypolimnia značně větší než objem epilimnia. Tyto podmínky se vyskytují nejčastěji u oligotrofních jezer se srázně klesajícími břehovými svahy.
- V podzemních vodách bývá kyslíku vždy méně, než odpovídá 100 % nasycení a v některých případech klesá jeho obsah až na nulu. To souvisí s tím, že kyslík je postupně spotřebováván na oxidaci organických látek, jimiž se voda při prosakování půdou obohacila.

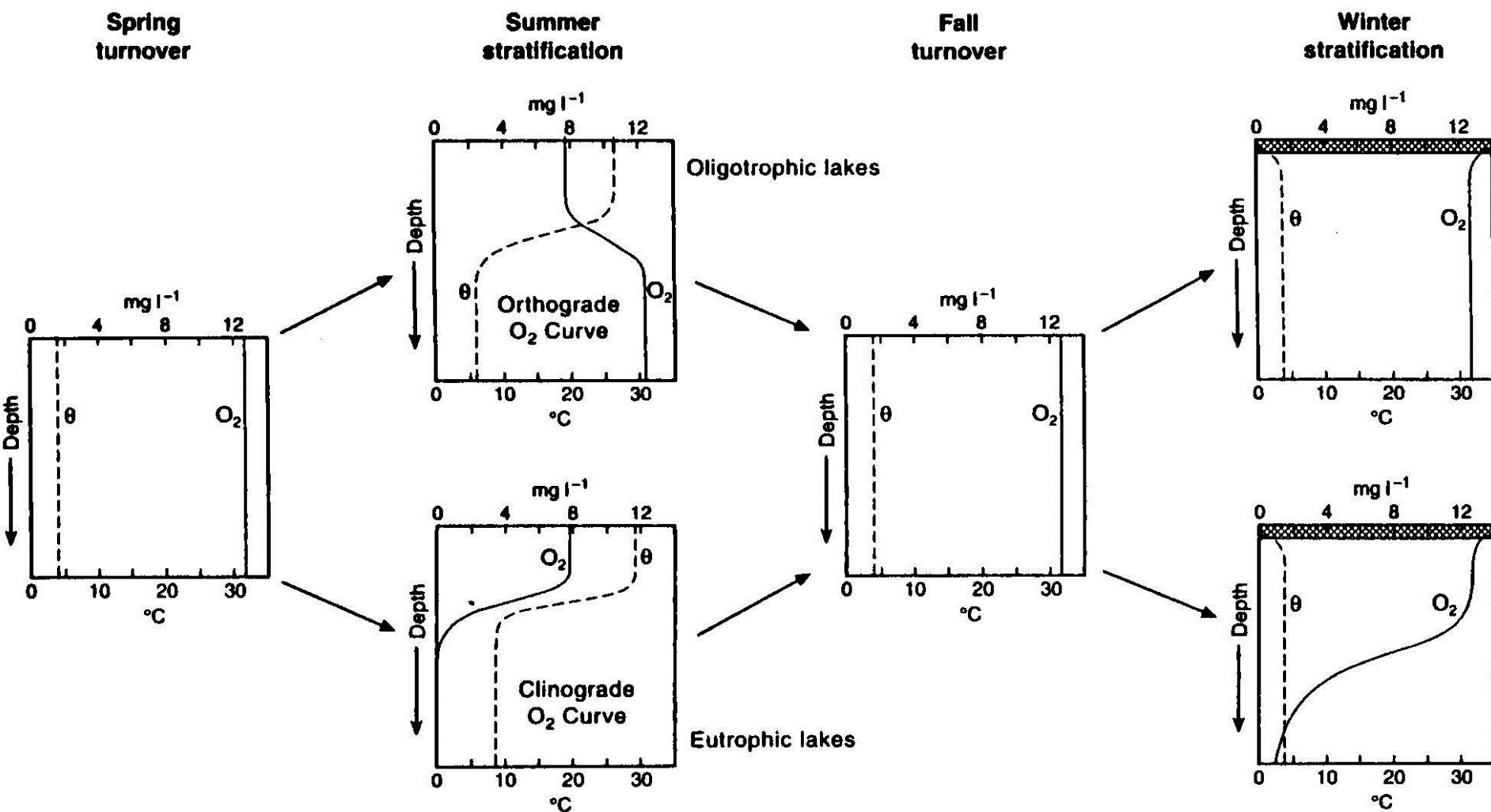
# Rozpuštěný kyslík



# Rozpuštěný kyslík



Roční průběh teploty a koncentrace kyslíku v oligotrofní a eutrofní nádrži.



# Rozpuštěný kyslík



- Podle vztahu ke kyslíku se dělí organismy na *euroxybiontní* a *stenoxybiontní*.
- Obsah kyslíku ve vodě je jedním z nejdůležitějších faktorů při chovu ryb. Časté, každoročně se opakující úhyny ryb, mají svou příčinu nejčastěji v nedostatku rozpuštěného kyslíku.
- Jednotlivé druhy ryb mají dosti odlišné nároky na obsah kyslíku ve vodě.
- Pro *lososovité* v letních měsících je kritické množství kyslíku 5,0 - 5,5 mg·l<sup>-1</sup>. Při 4,0 mg·l<sup>-1</sup> lze pozorovat obtíže při dýchání a při 1,0 - 2,0 mg·l<sup>-1</sup> již v krátkém čase hynou.

# Rozpuštěný kyslík



- Pro **kapra** je optimální obsah kyslíku během vegetačního období nad  $6,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , obsah kyslíku  $3,0 - 3,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  je již dlouhodoběji nepřijatelný. V zimním období nemá poklesnout obsah  $\text{O}_2$  pod  $3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .
- S růstem průměrné kusové hmotnosti se nárok na kyslík významně snižuje.  $K_1=1$ ,  $K_2=0,5-0,7$ ,  $K_v=0,3-0,4$
- Spotřeba kyslíku kaprem = 1, pstruh 2,83; peled' 2,20; candát 1,76; plotice 1,51; jeseter 1,50; okoun 1,46; cejn 1,41; štika 1,10; úhoř 0,83; lín 0,83.
- Obsah kyslíku ve vodě je důležitý i pro vývoj jiker. Lososovité ryby, žijící v chladné a na kyslík bohaté vodě, mají jikry poměrně velké, zatímco kaprovité ryby, které žijí ve vodách na kyslík chudších, mají jikry daleko menší, aby poměr objemu jikry k jejímu povrchu byl co nejvýhodnější a zásobování zárodku kyslíkem co nejlepší.

Kritické hodnoty nasycení vody kyslíkem pro různé druhy ryb při teplotách v rozmezí 5 – 28 °C (Kljaštorin 1982)

| Druh ryby        | Hmotnost<br>(g) | Kritické hodnoty obsahu O <sub>2</sub> (%nasycení) |      |      |      |      |      |
|------------------|-----------------|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
|                  |                 | 5°C                                                | 10°C | 15°C | 20°C | 25°C | 28°C |
| Kapr obecný      | 6-35            | 10,7                                               | 12,0 | 15,3 | 18,6 | 24,0 | 28,0 |
| Pstruh duhový    | 7,5-16          | 20,5                                               | 26,0 | 32,0 | 26,7 | 40,0 |      |
| Siven            | 22-32           | 22,6                                               | 22,6 | 26,2 | 36,5 | 41,5 |      |
| Štika obecná     | 4-7,5           |                                                    | 19,4 | 20,5 | 21,5 | 28,0 | 32,5 |
| Okoun říční      | 4-18            | 11,5                                               | 15,4 | 25,0 | 30,5 | 37,0 |      |
| Ježdík obecný    | 3-6,5           | 15,5                                               | 16,0 | 18,6 | 21,5 | 28,0 | 34,5 |
| Cejn velký       | 6-9             |                                                    | 14,6 | 18,6 | 24,0 | 29,5 | 33,0 |
| Cejn siný        | 2-5             |                                                    | 14,0 | 18,0 | 21,3 | 24,0 | 28,0 |
| Cejnek malý      | 2-5,5           |                                                    | 13,3 | 14,6 | 16,6 | 25,0 | 30,7 |
| Střevle potoční  | 1,8-4           | 12,0                                               | 16,0 | 20,0 | 22,5 | 28,5 | 33,0 |
| Jelec jesen      | 3,5-6           |                                                    | 8,0  | 10,6 | 13,3 | 18,6 | 18,6 |
| Plotice obecná   | 2-6,5           |                                                    | 8,0  | 8,5  | 12,0 | 20,0 | 30,5 |
| Tolstolobik bílý | 4-12            | 6,7                                                | 8,0  | 10,0 | 10,0 | 18,6 | 27,0 |
| Amur bílý        | 6-10            | 10,7                                               | 12,0 | 14,0 | 14,0 | 17,3 | 26,5 |

- kritická hodnota nasycení vody kyslíkem je hodnota, při níž kompenzační dýchací mechanismy vlivem nedostatku kyslíku nemohou zabezpečit úroveň látkové výměny a ta se začíná snižovat

Kritická hodnota přesycení vody kyslíkem z hlediska bezpečnosti pro ryby je 200 – 300%.

# Rozpuštěný kyslík



- Kritické stavy v obsahu kyslíku:
- V zimním období led a silná vrstva sněhu.
- V letním období v ranních hodinách v silně eutrofních vodách.
- V nádržích značně přesazených rybami nebo zaplněných zooplanktonem.
- Při náhlém odeznění vodního květu sinic.
- Při rozkladu herbicidem zasažených nebo posekaných vodních rostlin.
- Při zatížení nádrže odpadními vodami.
- Při přepravě většího množství ryb v malých nádržích.

# Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



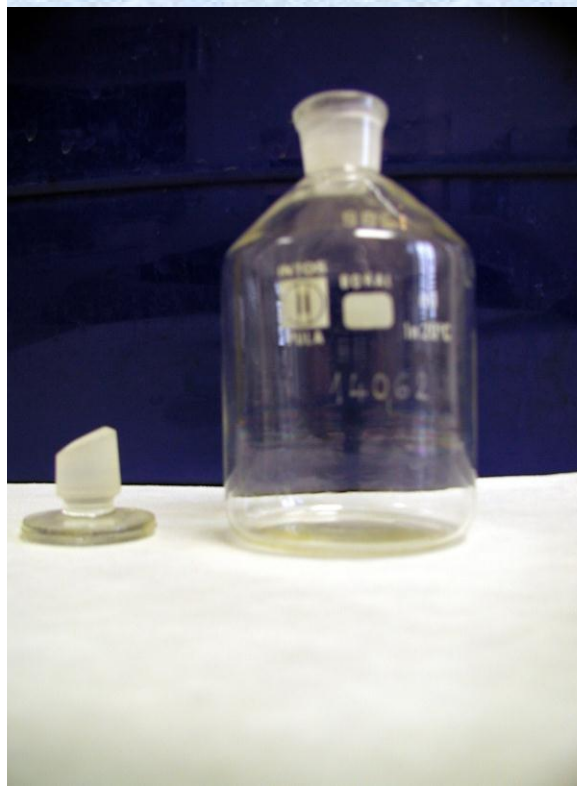
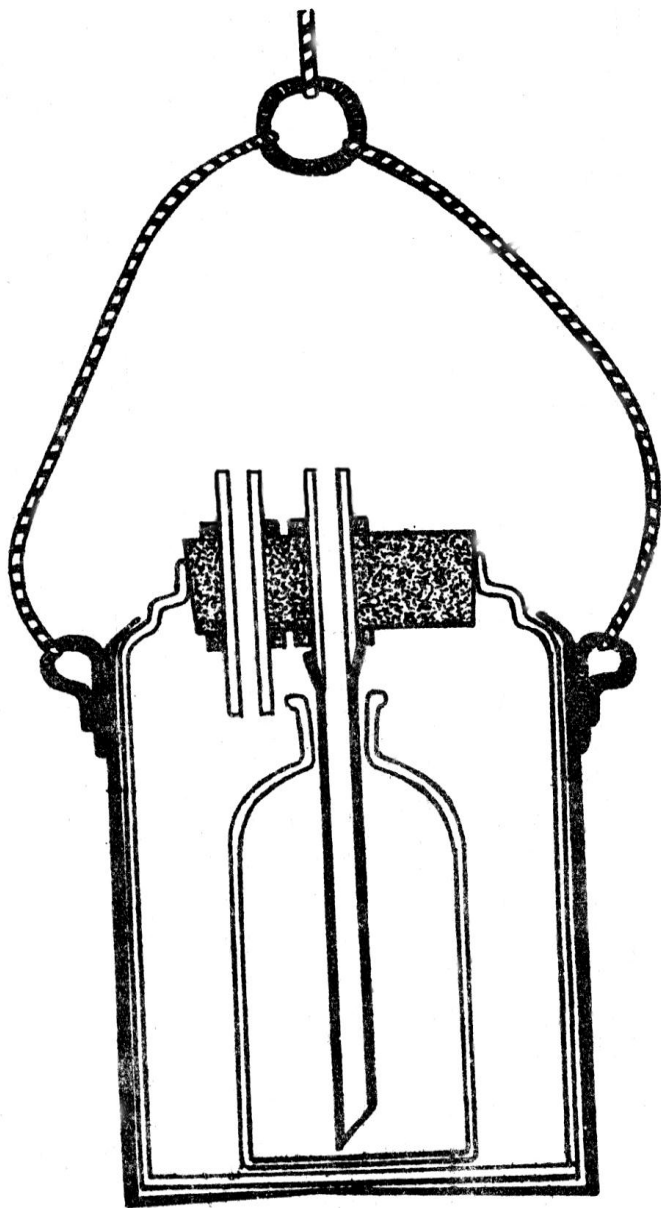
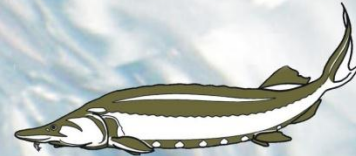
- **Winklerova metoda**
- Princip: Podstatou Winklerovy metody je oxidace hydroxidu manganatého na manganitý kyslíkem rozpuštěným ve vodě.
- Po okyselení vzorku se sraženina hydroxidu rozpustí a za přítomnosti přebytku jodidu (KI) se uvolní takové množství jódu, které je ekvivalentní množství rozpuštěného kyslíku obsaženého ve vodě.
- Uvolněný jód se titruje odměrným roztokem thiosíranu sodného za využití škrobu jako indikátoru.
- Kyslík se tedy stanovuje nepřímou, a to jako jód.

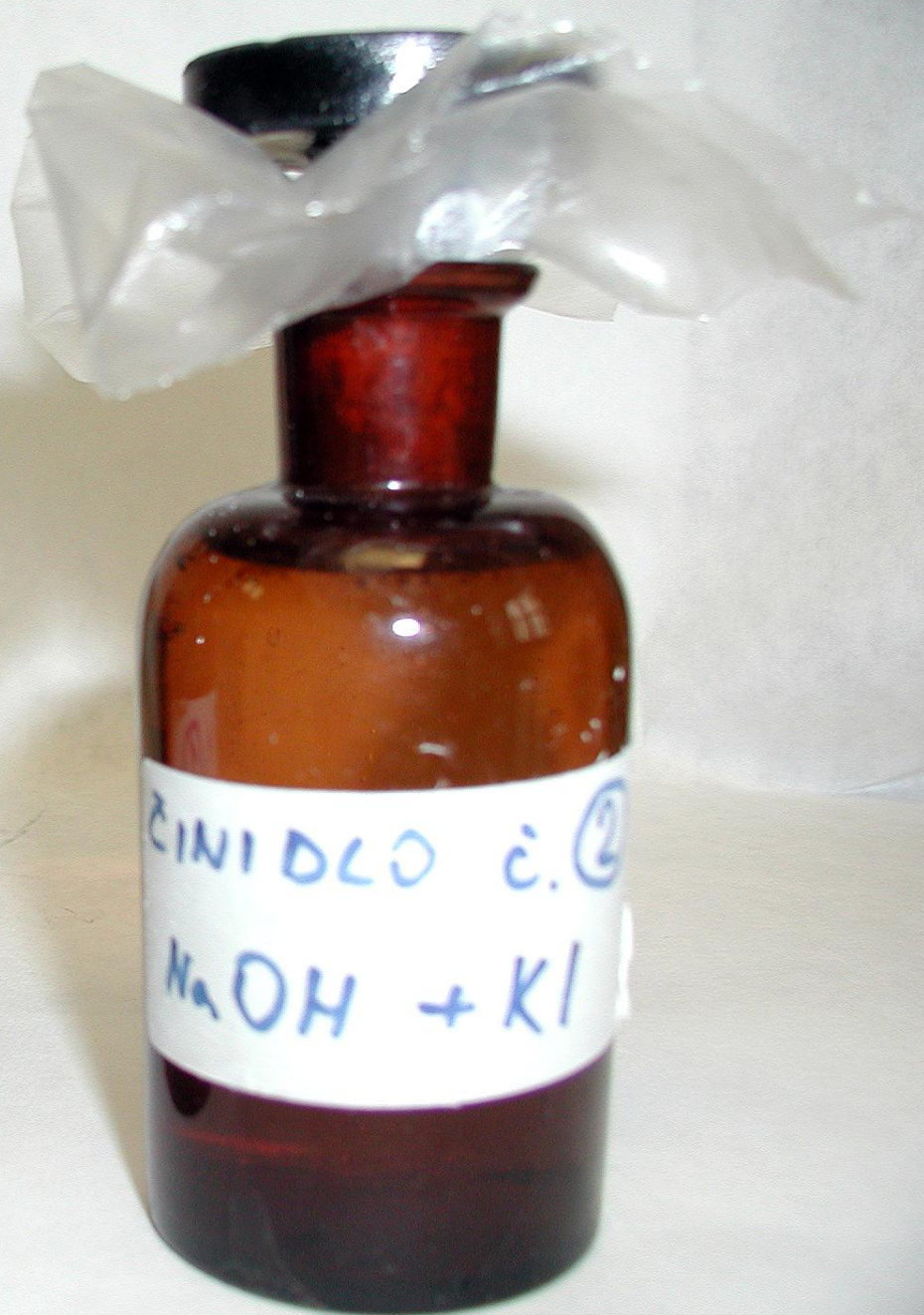
## Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



- a) Speciální odběr a fixace vzorku
- Vzorek vody se odebírá do speciální reagenční lahvičky - kyslíkovky, přesného objemu se zabroušenou šikmo seříznutou zátkou.
- Při odběru vzorku vody odběrákem se voda do kyslíkovky vypouští pomocí gumové hadičky, dosahující až ke dnu lahvičky. Voda se do kyslíkovky nechá proudit tak, aby se objem alespoň jednou vyměnil. Standardně se vzorek odebírá pomocí Hrbáčkovy lahve.
- Kyslíkovka se pak uzavře tak, aby pod zátkou nezůstala bublina. Zátka se znovu vyjme a pipetou se pod hladinu vzorku přidá 1 ml manganaté soli a další pipetou pod hladinu 1 ml hydroxidu. Kyslíkovka se uzavře a dobře promíchá. Vzniklá sraženina se nechá usadit .

# Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě







## Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



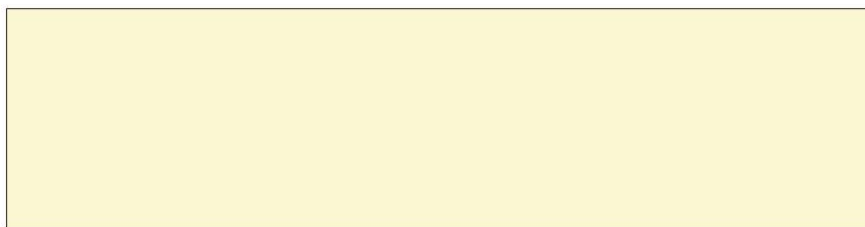
- Dle intenzity hnědavého zbarvení sraženiny hydroxidů manganu můžeme usuzovat na množství rozpuštěného kyslíku ve vodě.
- Bílá nebo jen nahnědlá barva signalizuje nízké koncentrace kyslíku, naopak silně rezavá barva dostatek kyslíku.
- Tato (Heyerova) metoda je pouze orientační a stanovuje obsah kyslíku s přesností  $\pm 2,0 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



# Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku (dle Heyera)

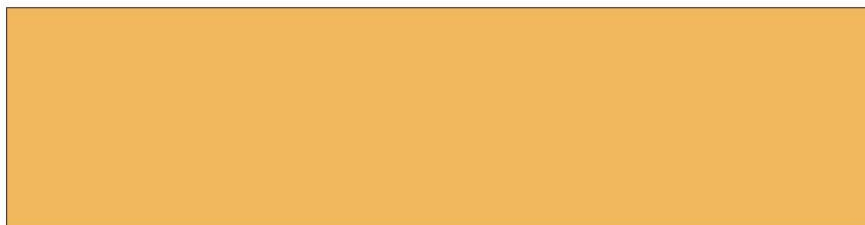
**2 mg/l**



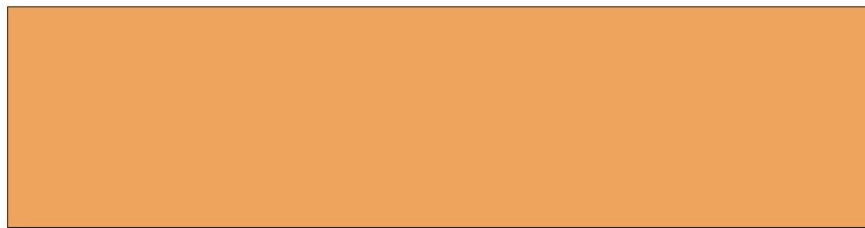
**4 mg/l**



**6 mg/l**



**nad 8 mg/l**



# Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



- b) Vlastní stanovení
- Část roztoku nad sraženinou se opatrně odlije a přidá se kyselina sírová v takovém množství, aby došlo k rozpuštění sraženiny.
- Obsah kyslíkovky se přelije do titrační baňky a titruje roztokem thiosíranu. Jakmile hnědé zbarvení přechází do žluté přidá se několik kapek škrobu (vznikne tmavě modré zbarvení) a vzorek se titruje do odbarvení. Vraccující se modré zbarvení se již nedotitrovává.
- Výpočet:
- rozpuštěný kyslík  $\text{mg.l}^{-1} = \frac{f \cdot a \cdot 160}{V - 2}$
- 
- $f$  - faktor thiosíranu,  $a$  - spotřeba 0,02M thiosíranu (ml),  $V$  - objem kyslíkovky (ml)

Stanovení koncentrace  
rozpuštěného kyslíku ve vodě



## Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



- **Membránovou elektrodou – sondou**
- Princip: metoda využívá sondy složené ze dvou elektrod (indikační a referenční), které jsou od měřeného prostředí odděleny pro plyny propustnou membránou z plastu.
- Kyslík difunduje membránou a na povrchu elektrody se redukuje na hydroxidové ionty.
- Elektroda je polarizována na potenciál difúzního proudu kyslíku.
- Proud procházející systémem je tak úměrný koncentraci kyslíku rozpuštěného ve vodě.
- Elektrický signál sondy je závislý na teplotě.
- Vlastní měření: ponoření sondy do měřeného prostředí a odečtení hodnoty po ustálení signálu.

## Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



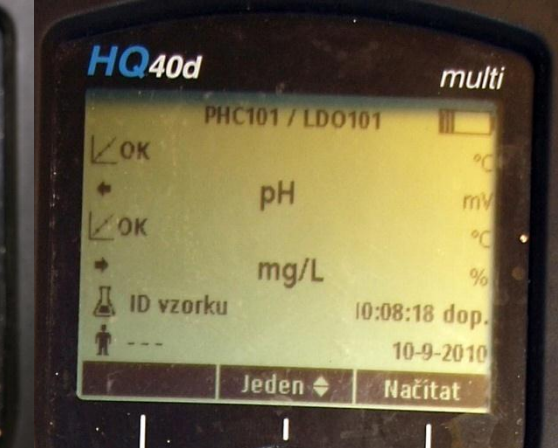
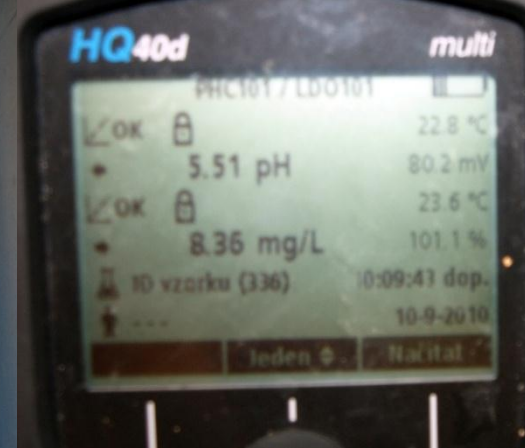
- Moderní přístroje mají zabudovanou automatickou kompenzaci na teplotu a možnost nastavení korekce na obsah solí.
- Kalibrace přístroje se provádí ve vzduchu nasyceném vodními parami.
- Při měření musí docházet k pohybu vody ( $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ )
- Sonda musí být určitou dobu (min. 1 minuta) ponořena do vody ,aby došlo k vyrovnání teplot.
- Po určité době je nutné vyměnit elektrolyt sondy a vyčistit jednotlivé elektrody.
- Pokud dojde k znečištění membrány je nutno ji rovněž vyčistit.



## Stanovení koncentrace rozpuštěného kyslíku ve vodě



- **Optickou elektrodou – sondou**
- Princip: Sondy LDO nemají membránu, ale dvě LED diody (červenou referenční a modrou excitační), které emitují světlo odrážené od molekul kyslíku a zaznamenávané měřicí fotodiodou.
- Čím víc  $O_2$  je přítomno ve vzorku, tím kratší je čas luminiscence červeného světla.
- Výhodou je minimální údržba optických sond, pouze jednou za 1-2 roky se vymění víčko sondy.
- Nemá elektroly, nemusí se kalibrovat a při měření není nutný pohyb vody kolem sondy
- Vlastní měření: ponoření sondy do měřeného prostředí a odečtení hodnoty po ustálení signálu.



## **Hodnoty nasycení vody kyslíkem na přítoku a odtoku z Jarohněvického rybníka**

| DATUM     | KYSLÍK (%) |       |
|-----------|------------|-------|
|           | PŘÍTOK     | ODTOK |
| 26.2.2002 | 67         | 133   |
| 5.3.2002  | 75         | 162   |
| 12.3.2002 | 82         | 63    |
| 20.3.2002 | 97         | 146   |
| 26.3.2002 | 107        | 111   |
| 2.4.2002  | 87         | 277   |
| 9.4.2002  | 94         | 141   |
| 17.4.2002 | 68         | 189   |
| 22.4.2002 | 81         | 58    |
| 30.4.2002 | 59         | 93    |

**Průměrná, minimální a maximální hodnota %  
obsahu rozpuštěného kyslíku Zámeckého rybníka v  
Lednici na Moravě.**

**Hodnota rozpuštěného kyslíku (mg.l<sup>-1</sup>) soustavy  
lednických rybníků v průběhu vegetační sezóny roku  
2001.**

| <b>Datum</b> | <b>Nesyt</b> | <b>Hlohovecký</b> | <b>Prostřední</b> | <b>Mlýnský</b> |
|--------------|--------------|-------------------|-------------------|----------------|
| 13.4.        | 11,5         | 17,5              | 16,6              | 9,6            |
| 30.4.        | 8,8          | 7,9               | 14,1              | 11,1           |
| 11.5.        | 13,1         | 8,7               | 7,7               | 8,7            |
| 30.5.        | 7,6          | 7,4               | 2,5               | 7,7            |
| 14.6.        | 9,3          | 10,5              | 4,2               | 13,9           |
| 29.6.        | 6,3          | 7,4               | 4,1               | 4,8            |
| 30.7.        | 9,4          | 15,2              | 8,3               | 12,2           |
| 30.8.        | 10,7         | 8,9               | 7,1               | 9,6            |

| <b>ROK</b>  | <b>O<sub>2</sub> (%)</b> |
|-------------|--------------------------|
| <b>1996</b> | <b>110<br/>65 - 169</b>  |
| <b>1997</b> | <b>125<br/>43 - 174</b>  |
| <b>1998</b> | <b>113<br/>58 - 159</b>  |
| <b>2001</b> | <b>107<br/>58 - 201</b>  |
| <b>2002</b> | <b>119<br/>41 - 335</b>  |
| <b>2003</b> | <b>81<br/>37 - 180</b>   |
| <b>2004</b> | <b>79<br/>40 - 173</b>   |