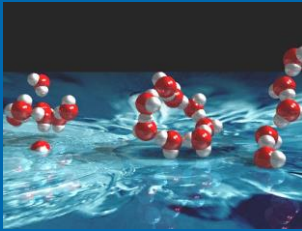


## Voda jako životní prostředí: fyzikální vlastnosti vody.



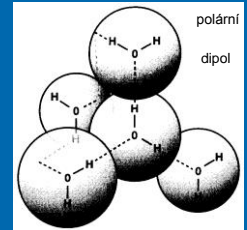
## VODA

- Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá.
- V přírodě se vyskytuje ve třech skupenstvích:
  - pevné – led a sníh
  - kapalné – voda
  - plynné – vodní pára.
- Její významné vlastnosti tvoří spolu se vzduchem (kyslíkem) a základní podmínky důležité pro život na Zemi.

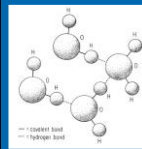
## Významné vlastnosti vody:

- Velká tepelná kapacita – **termohalinní výměník**
- Velká rozpouštěcí schopnost a malá reaktivita (**polární rozpouštědlo**)
- Vysoké povrchové napětí - **kapilární vzlinavost**

**Vodíkové můstky**  
ovlivňují významně  
vlastnosti vody  
kapalina při teplotách 0 - 100 °C  
H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, CH<sub>3</sub> plyny



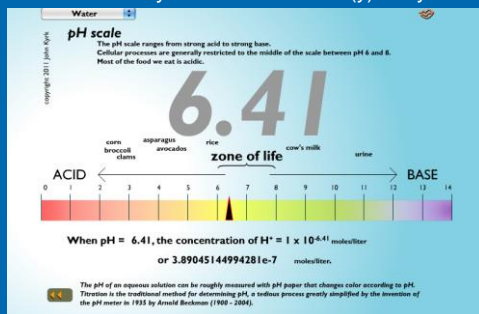
**Anomálie vody** ovlivňuje hustotu oproti jiným kapalinám



	CH <sub>4</sub>	NH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> Se	HF
Bod tání	-182.6	-77.7	-82.9	-64.0	-83
Bod varu	-161.4	-33.4	-59.6	-42.0	-19.4

Polarita - dobré rozpouštědlo pro soli, nepolární látky nerozpustné - hydrofobie

## Animace struktury a chování molekul(y) vody



V molekule vody jádro atomu kyslíku s 6 protony přitahuje 2 elektrony atomu vodíku silněji než jejich vlastní jádra, díky tomu sdílené elektrony stráví při oběhu více času na straně kyslíku a ten pak získává slabý záporný náboj, vodík vykazuje slabý náboj kladný; tento typ vazby se nazývá polární kovalentní vazba protože určité oblasti (póly) molekuly mají slabý pozitivní či negativní náboj.

## Fyzikální vlastnosti vody

- hustota
- teplota
- viskozita
- hydrostatický tlak
- průnik světla
- barva a zbarvení

## Hustota

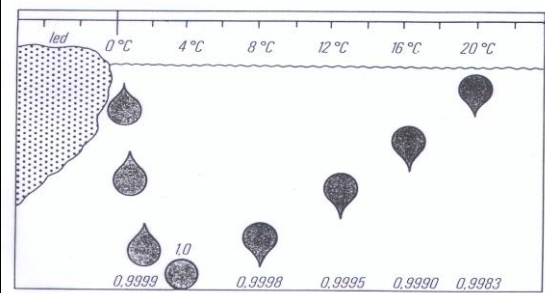
Závisí na množství rozpuštěných látek, na teplotě a na tlaku

- množství rozpuštěných látek ve vodě je obvykle  $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ , u nás  $0,1 - 0,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  (mořská voda  $35 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ )

Vliv teploty

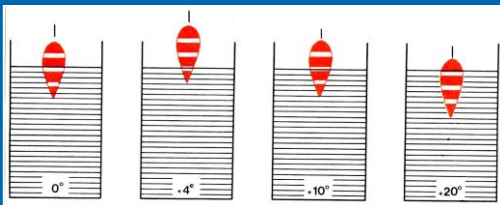
- **Voda má největší hustotu při  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  (přesněji  $3,94 \text{ }^\circ\text{C}$ )** ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )
  - Při zvyšující se i snižující se teplotě se měrná hmotnost vody snižuje a studenější a teplejší voda je proto „lehčí“
  - Při teplotě  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  jen  $997 \text{ kg/m}^3$
  - Proto se v nádržích tvoří led jen u hladiny a u dna se hromadí voda  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  teple

## Specifická hmotnost vody při různých teplotách



Specifická hmotnost vody při různých teplotách

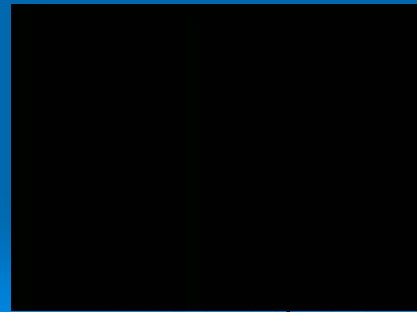
## Hustota



Za různé teploty je těleso o stejné objemové (měrné) hmotnosti různě ponořeno

Změna hustoty vody při  $0 - 4 \text{ }^\circ\text{C}$  je 30x menší než okolo  $20 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$ , studená voda stabilnější, dole v létě i v zimě

Vrstvení vody v závislosti na teplotě - [VIDEO](#)



## Teplota vody

- má zásadní význam
  - pro koloběh látek
  - pro intenzitu metabolismu vod. organismů
  - pro rozvoj přirozené potravy ryb
- Změny teploty vody během roku spolu se světelnou periodicitou nejvíce ovlivňují aktivitu a biorytmy vodních organismů a jejich vývojové cykly

## Teplotný režim vod

- **Teplotná radiace v nádrži pochází ze třech zdrojů**
  - **sluneční záření** – hlavně infračervená složka
  - **zemské nitro** (geotermální zdroj) – vřídla, horké prameny
  - **lidská činnost** – antropický faktor (chladicí systémy, vytápění)
- rel. málo významné je předávání tepla z ovzduší a částečně ze dna nádrže, resp. přítoku

## Teplota a tepelná kapacita

**Specifické teplo** (kolik energie (kJ) potřeba na ohřátí 1 kg vody o 1 °C) je relativně vysoké = voda má **vysokou tepelnou kapacitu** (mnohokrát větší než vzduch) – ohřáté masy vody působí jako akumulátor tepla

- Ochlazením vody o 1 °C voda teoreticky oteplí stejné množství vzduchu o 4 °C
- m<sup>3</sup> vody při 30 °C drží v sobě 500x více tepla než stejný objem vzduchu při stejné teplotě

**Odparné teplo** – též vysoké, působí proti přehřívání (odparem se snižuje energie a nezvyšuje se tolik teplota)

**Tepelná vodivost vody** je 25-30x vyšší než tepelná vodivost vzduchu - chladná voda daleko rychleji ochlazuje třeba živočicha než vzduch

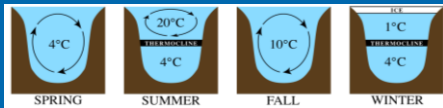
přesto molekulární přenos tepla vodou i na malé vzdálenosti je zcela bezvýznamný, téměř veškerý přenos se proto uskutečňuje pohybem (prouděním) vody (pořád 200x menší než třeba kovy)

## Rozvod tepla - proudění

- Hlavním zdrojem energie je sluneční radiace
- Teplota se šíří převážně prouděním
- Ke stabilitě termálního rozvrstvení přispívá rozdílná hustota a viskozita různých teplejších vrstev
- Střídavým oteplováním a ochlazením svrchních vrstev vody vzniká **konvekční vertikální proudění** jimž se pravidelně v denním rytmu (=cirkadiánně) promíchávají svrchní vrstvy (v noci ochladí vrchní vrstvy a klesají...)
- **Horizontální proudy (drift)** vytváří vítr
- Jarní a letní promíchávání se realizuje jen do hloubky, které ovlivňuje konvekční a driftové proudění, hranice se nazývá **skočná vrstva - termoklina**

## Sezónní rozvrstvení teploty

- Roční cyklus různorodé stratifikace vytváří specifické fyzikálně-chemické podmínky. Ovlivňuje koloběh látek i biotickou složku
- V různých podmínkách se kombinují různé typy termálních stratifikací a cirkulací
- Pro jezera a hluboké nádrže **mírného pásma** je běžné:
  - jarní a podzimní cirkulace, letní a zimní stagnace – nádrže **dimiktické**
  - pokud se aspoň jednou promísí celý vodní sloupec **holomiktické**, opak **meromiktické** (bez mísení)

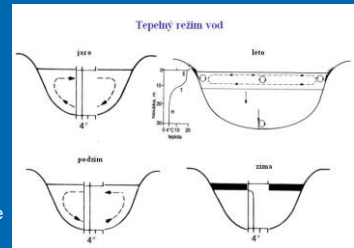


## Dimiktické jezero

jarní míchání (vliv větru)

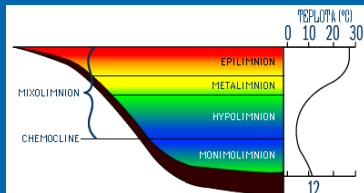
letní stratifikace  
podzimní míchání  
zimní (převrácená) stratifikace

mělká jezera a rybníky se promíchávají stále, stratifikace není nebo jen velmi krátce v létě



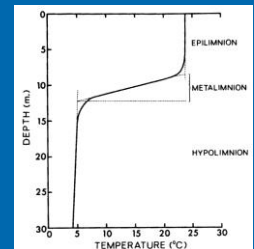
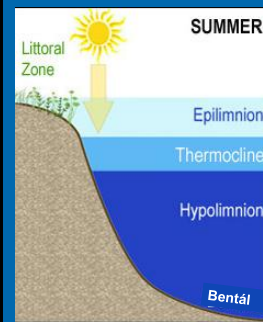
oteplení svrchních vrstev přes den a ochlazení přes noc, kdy klesá chladnější voda dolů (bezvětří)

Meromiktická nádrž má stabilní vrstvení



velmi hluboké, dole rozklad padajících látek, uvolňuje se spousta minerálních látek – voda s větší hustotou, která se nepromíchává (i po desetiletí)

Názvy jednotlivých vrstev



## Stratifikace dle podnebí a hloubky

zhruba směrem od pólu k rovníku jsou nádrže:

**amiktické** – trvale zamrzlé, není míchání

**studené monomiktické** – chladné oblasti v zimě led, 1x míchání v létě, když rozmrznou

**studené polymiktické** – mělké, led v zimě, léto bez ledu, patří tam i **naše rybníky**

**dimiktické** (hlubší nádrže v našich podmínkách)

**teplé polymiktické** – mělké, v zimě bez ledu, vícekrát se míchají

**teplé monomiktické** – hluboké, bez ledu, míchají se v zimě, kdy nemrzou

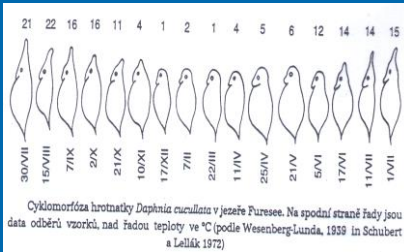
**oligomiktické** – míchají se v závislosti na podmínkách počasí každý rok jinak (Sev. Am. jezera míchají jen některé roky)

## Viskozita (vnitřní tření)

- vnitřní odpor molekul kapalin tj. odpor proti vlastnímu pohybu, který klade nejen sama sobě, ale i pohybu jiných částic včetně organismů
  - odpor, který klade voda tělesům, jež se v ní pohybují
- voda 100x větší než vzduch
- voda x olej
- s teplotou viskozita klesá
- voda při 25 °C poloviční než 0 °C
  - rychlejší pohyb, ale i sedimentace

## Viskozita (vnitřní tření)

ovlivňuje vznášení planktonních organismů v létě - jedna z teorií cyklomorfózy



## Viskozita – (Pa. s)

závisí na teplotě

je určující pro pohyb objektů v kapalině

má význam pro stratifikaci a proudění vody

## Hydrostatický tlak

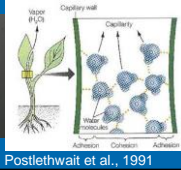
- na hladině tlak přibližně **101,3 kPa** (1,013 bar)
- s hloubkou roste tlak vody **na každých 10 m o 100 kPa** (1 bar)
- v 10 m je tedy dvojnásobný, ve 20 m trojnásobný...
  - úměrně tlaku se zmenšuje objem plynu (v 10 m poloviční) - Boyle-Mariottův zákon
  - voda však objem nezmenšuje - při tlaku 40 MPa (hloubka vody 4000 m) zmenší voda svůj objem pouze o 2 % (nestlačitelnost kapalin)
  - v hloubkách žijící organismy **nemají v těle prostory vyplněné vzduchem**
- ovlivňuje rozpouštění dusíku v krvi tzv. kesonová nemoc

## Hydrostatický tlak

- U organismů s plynovými vakuolami, ryb s plynovým měchýřem stejně jako u potápějících se ptáků a savců dochází při zvyšování tlaku k velkým změnám objemu vzduchu v souladu s jeho stlačitelností (podle Boyle-Mariottova zákona).
- Se zvyšujícím se tlakem se zvyšuje rozpustnost CO<sub>2</sub>, a ten zvyšuje rozpustnost vápníku ve vodě a tím se zvyšuje i stabilita systému uhličitán : hydrogenuhličitán. Hlubinní živočichové proto obtížně kryjí fyziologickou potřebu vápníku, což se projevuje redukcí jejich koster.

## Adheze a koheze

jev na hranici kapaliny a pevného předmětu  
 koheze soudržnost molekul  
 adheze přilnavost k povrchu pevné látky  
 převládá-li adheze je látka smáčlivá (hydrofilní), opak  
 hydrofobie - nesmáčlivost  
 hydrofobie nezbytná pro některé organismy (plastron,  
 vodní plíce), opak hydrofilní žábry



Postlethwait et al., 1991

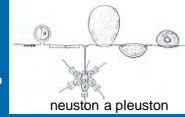
## Povrchové napětí

➤ Vytváří se zvýšenou soudržností molekul na rozhraní mezi kapalným a plynným prostředím

- povrch kapaliny se snaží dosáhnout stavu s co nejmenší energií
- molekuly na povrchu kapaliny působí na sebe silami a vzniká „membrána“ - zvýšená soudržnost molekul

➤ Vzniká tzv. **povrchová blanka**

- ta poskytuje řadě vodních organismů stabilizační plochu a oporu k trvalému nebo přechodnému pobytu



➤ Snížení povrchového napětí vody způsobují povrchově aktivní látky (**tenzidy**)

Ty mohou být původu:

- Přírodního
- Antropogenního (mycí prostředky - detergenty) - zvyšují smáčivost



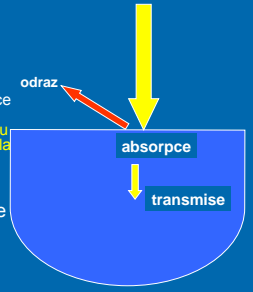
## Tenzidy

- neovlivňují kvalitu vody jen chemicky (svou vlastní toxicitou – narušují např. aktivitu dýchacích enzymů), ale i mechanicky:
  - pleuston se ve vodě utopí
  - dochází k hydrataci buněk a k jejich zvětšování – změny metabolismu, osmózy (žábry ryb)
  - narušují ochranné vrstvy, rozpouštění ochranné tukové, voskové slizové vrstvy, sliz, zrychlují pronikání toxinů pokožkou, brána pro patogeny...
- zhoršují samočisticí schopnosti vod

## Průnik světla do vody

Do vody neproniká veškeré dopadající světlo – množství odraženého světla závisí na úhlu dopadu

- Čím kolměji svítí slunce, tím menší odraz
- ráno, večer a v zimě odráží voda více světla
  - vodní hladina odráží v létě v průměru 2 %, v zimě 14 % dopadajícího světla



Vysoký rozptyl světla  
 Vysoká adsorpce (energie fotonů se přemění na teplo)

- čím delší vlnová délka, tím větší pohlcení (adsorpce)
- UV vysoké jen u barevných vod

➤ **Propustnost světla** se měří ponornými fotoelektrickými články

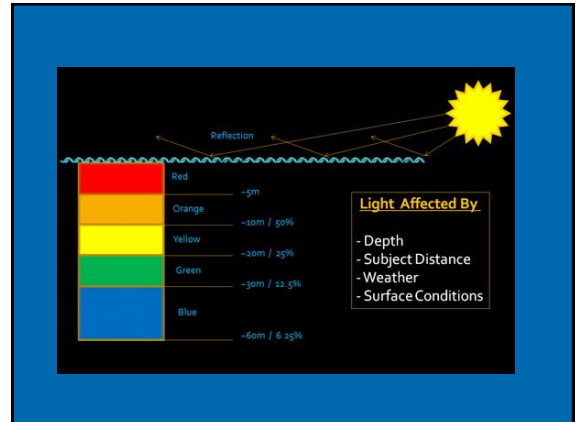
➤ Množství světla koriguje **průhlednost vody**

- Zjišťuje se pomocí **Secchiho desky**
- Průhlednost v rybnících – nejčastěji 1-2 m
- Pomocí Secchiho desky se též přibližně zjišťuje **koncentrace chlorofylu** ve vodě (ta je měřítkem množství **biomasy fytoplanktonu**)

Barva	Vlnová délka [nm]	Extinkční koeficient	Absorb. světlo v %·m <sup>-1</sup>
-	800	1,87	84,6
-	720	1,05	65,0
Red	720 nm	-	-
Orange	620 nm	0,25	22,2
Yellow	560 nm	0,043	4,2
Green	510 nm	0,010	0,9
Blue	460 nm	0,005	0,46
Violet	390 nm	0,010	0,9
Fialová	408	0,010	0,9
-	365	0,036	3,6

## Průnik světla o různých vln. délkách do vody

- V destilované vodě by nejdále pronikala modrá část světla (UV), má nejmenší vlnovou délku a nejméně pronikala červená část (IF), která je nejlépe pohlcena
- Modrá část je však (ačkoli není pohlcena) lehce rozptýlena a odražena a to třeba již rozpuštěnými částicemi solí, takže i v průhledné vodě naopak proniká nejméně, protože se první odráží vidíme čistou vodu jako modrou
- sebemenší množství částic modrou část spektra pohlcují (takže se nerozptýluje a neodráží) a voda se pak jeví zelená, jelikož to je to co proniká nejdále a pak se rozptýluje a je vidět odražené je zelená část (zelenohnědá)



## Průnik světla - eutrofní či zakalená nádrž

- Ve vodě s obsahem humusových látek, nebo ve vodě zakalené je krátkovlnné záření velmi rychle absorbováno.
- Výsledkem je, že ve větší hloubce převládá záření o delší vlnové délce – oranžové a červené (přibližně nad 600 nm).

## UV záření

- 1. nejhluběji **UVA**: 400 – 320 nm - méně nebezpečné (99% záření)
- 2. **UVB**: 320 - 280 nm – nebezpečné - mění DNA, filtrováno ozónem, proniká do hloubky několika metru
- 3. **UVC**: 290 – 100 nm – „nejtvrdší“ karcinogén, z O<sub>2</sub> tvoří ozón, je velmi nebezpečné

## Stratifikace světla

- Světlo podmínkou života autotrofů (resp. FAR – fotosynteticky aktivní radiace)
- Ve vodním sloupci převážně sinice a řasy
  - svrchní vrstva eufotická (trofogenní, syntetická)
  - kompenzační bod fotosyntézy, níže již tak málo světla, že fotosyntéza nestačí pokrýt vlastní respiraci
  - vrstva afotická převládají disimilační procesy
- Hloubka eufotická vrstvy se počítá z průhlednosti, násobené koeficientem dle množství částic rozptýlených ve vodě
  - závisí na turbiditě a trofii



Lom světla při průchodu vodním sloupcem způsobuje, že objekt pod hladinou vidíme v jiném místě, než skutečně je.

Světelný paprsek se při průchodu z prostředí řidšího (vzduch) do prostředí hustšího (voda) láme ke kolmici.



Nad vodou

Pod vodou

Objekt vidíme o cca 1/3 větší a o 1/4 blíže, než je ve skutečnosti

## Barva vody

- Pozorovaná barva vody je výsledkem rozptylu světla a absorpce
- Přesné posuzování – pomocí **spektrofotometru**
- Z přirozených sloučenin ovlivňují barvu hlavně:
  - **humínové kyseliny** které zbarvují vodu do žluta
  - **suspenze organických látek** (jíl, popele apod.), ty zbarvují vodu zpravidla do žlutočervena až hněda

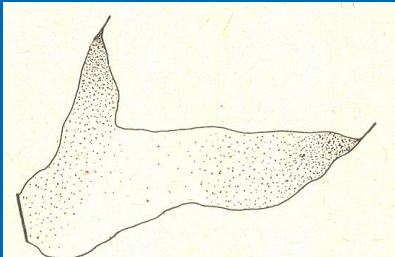
**Skutečná barva vody je dána jen rozpuštěnými látkami**

## Zbarvení vody

- Vyjadřuje **vizuální viem vyvolaný pohledem na bílou plochu**, ponořenou do nádrže (**Secchiho deska**)
- Je to charakteristika používaná zvláště v rybářství
- Kromě skutečné barvy vody vyvolané rozpuštěnými látkami zahrnuje také vliv:
  - suspendovaných látek (anorganický zákal např. při velké vodě)
  - vodních organismů (vegetační zákal)
  - rozpuštěných látek (humínové kyseliny)

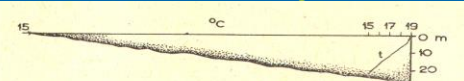
Zdánlivá barva vody: skutečná + posun daný okolím (odraz stromů, okolí) nebo částicemi ve vodě nerozpuštěnými

## Vliv přítoku na kvalitu vody

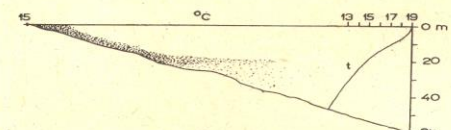


Obr. 5. Schematické znázornění vlivu bočního přítoku na kvalitu vody v nádrži (intenzita zákalu vyjádřena tečkováním)

## Postup kalné vody v nádrži



Obr. 6. Znázornění postupu zakalené přivalové vody v mělké proteplené nádrži  
t – křivka teploty vody



Obr. 7. Znázornění postupu zakalené přivalové vody v hluboké nádrži  
t – křivka teploty vody

## Pohyb vody

společným znakem je turbulence. Ta zahrnuje proudění:

- **laminární (přímocharé)** - skluz vrstev po sobě (ovl. viskozitou)
  - **turbulentní (vířivé) = jiné než přímocharé**
- Rozhodující vliv u stojatých vod má **vitr** - způsobuje rozvlnění hladiny
- Významný je též **přenos tepla** („tepelná výměna“)
- způsobující promíchávání vody při jarní a podzimní cirkulaci
- U tekoucích vod je **to spád, šířka toku aj.**, hybnou silou je **gravitace**
- Reakce vodních organismů – změny tvaru těla, přísavky, háčky, schránky apod.

## Chemické vlastnosti vody

- reakce pH
- redox potenciál
- konduktivita
- rozpustnost látek ve vodě

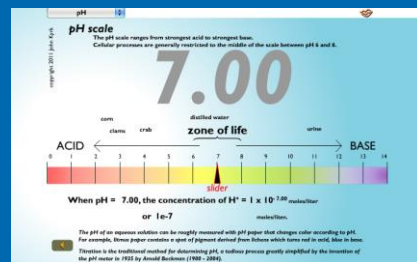
## pH - reakce vody

- Chemicky je pH definováno jako - záporná hodnota dekadického logaritmu aktivity vodíkových iontů v roztoku

$$\text{pH} = -\log(\text{H}^+)$$

- významný abiotický faktor životního prostředí, který určuje rovnovážný stav mezi  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  a  $\text{CaCO}_3$  ve sladkých vodách
- Pro ryby a většinu organismů je nevhodnější reakce mezi **6,5 - 8,5**
- Hodnoty pod 5 a nad 9,5 jsou pro ryby nebezpečné

## pH - animace



## pH - reakce vody

**Kdy a kde se objevuje nízké pH:**

- na jaře při tání sněhu
- v oblastech s kyselým geologickým podkladem
- v povodí se smrkovými monokulturami
- v místech vrchovištních rašelinišť

**Kdy vysoké pH:**

- objevuje se koncem jara a v létě v důsledku odčerpání volného  $\text{CO}_2$  a  $\text{HCO}_3^-$  fotosyntézou

**Významné:**

- při pH nad 8 se uvolňuje z amonných sloučenin  $\text{NH}_3$  což je nebezpečné pro ryby

## Možnosti úpravy pH

- slabě kyselé vody se upravují vápněním
- v rybnících je dobrá i aplikace močoviny
- přidávání uhličitanu amonného



## Koncentrace vodíkových iontů a systém rovnováhy forem oxidu uhličitého

pH - koncentrace aktivních vodíkových iontů je dána mírou disociace přítomných rozpuštěných látek:

- Ve vnitrozemských vodách je obvykle nejhojnějším typem iontů uhličitán
  - (některé z jeho forem:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , nedisociovaná  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , rozpuštěný (volně hydratovaný)  $\text{CO}_2$ )
  - proto stav tohoto systému (= míra disociace forem oxidu uhličitého) je neoddělitelně spjat s hodnotou pH vody

## Redox potenciál

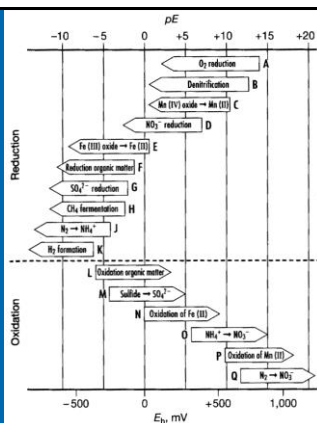
- Potenciál na který se nabíjí kovová (platinová) elektroda ponořená do roztoku s rozpuštěnými látkami
  - Např. hodnoty redox-potenciálu 0,2 V těsně nade dnem indukují redukcí nerozpustného  $\text{Fe}^{3+}$  na rozpustné  $\text{Fe}^{2+}$
  - Redox-potenciál je závislý na pH a koncentraci kyslíku
- poskytuje důležité informace o procesech ve vodních nádržích

## Redox potenciál

- Velmi důležitá složka chemizmu vody
- Voda funguje jako dvě látky, které oxidací a redukcí plynule přecházejí jedna v druhou
- Mluvíme o redoxní soustavě
  - REDUKCE přibírá elektrony
  - OXIDACE ztrácí elektrony
- U redox potenciálu se jedná o: „záporný logaritmus vodíkového tlaku v redoxním systému“.

## Redox potenciál

- Stoupající hodnota rH odpovídá stoupajícím oxidačním účinkům a naopak
- Např. rH = 0 silně redukované prostředí
- rH = 42 silně oksyložené prostředí
- Pro optimální růst rostlin se uvádí rH 27 – 36
- V přírodě registrujeme redox potenciálem schopnost prostředí redukovat nebo oxidovat substrát
- Měřicí technika často užívá zkratku **ORP** (Oxidačně Redukční Potenciál)



## Konduktivita

**vodivost** (konduktance)  
míra ionizovatelných anorganických a organických součástí vody  
jednotkou vodivosti je siemens (S)

**měrná vodivost** (konduktivita)  
Jednotkou je S/m, (v hydrochemii obvykle mS/m)  
1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  = 0,1 mS/m

## Konduktivita – měření a příklady

- ovlivňuje teplota, změna o 1 °C mění o 2 % (mění se pohyblivost iontů)
- přepočítává se na 25 °C (korekční faktory - norma ČSN EN 27 888)
  - např. korekce z 20 °C,  $K_{25} = 1,116 K_{20}$
- destilovaná voda 0,05 - 0,3 mS/m
- povrchové a podzemní vody 5 - 50 mS/m
- pitná voda do 40 mS/m
- kojenecká a stolní vody mají mezní hodnotu 100 mS/m

## Rozpustnost látek ve vodě

- Proces rozpouštění vyžaduje chemickou přitažlivost mezi rozpouštědlem a rozpuštěnou látkou. Polární (iontové) solvent tak nemůže rozpustit zcela neutrální látku a podobně nepolární solvent nerozpustí iontovou látku. Vzhledem k separaci náboje ve své molekule voda působí jako polární rozpouštědlo a atakuje iontové krystaly např. soli a převádí je do roztoku.
- Polární vlastnosti molekuly vody a náboje dalších prvků tedy do značné míry určují rozpustnost těchto látek. Odráží se to i ve výskytu anorganických látek ve vodě v přírodě, kdy nejčastěji nacházenými látkami jsou snadno rozpustné  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  a  $\text{Cl}^-$ .

Zdroj: <http://hg10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/>

## Rozpustnost plynů ve vodě

- Rozpustnost plynu za dané teploty je úměrná jeho parciálnímu tlaku nad roztokem (Henryho zákon)
  - v tlakovaných lahvích je ve vodě rozpuštěno více  $\text{CO}_2$  a po otevření je voda přesycená, objevují se unikající bublinky (sodovka)
- **S rostoucí teplotou rozpustnost plynů klesá**
  - Zahřejeme-li vodu na 50°C objeví se bublinky plynů, které byly rozpuštěny ve vodě za nižší teploty

## Rozpustnost plynů ve vodě

- Parciální tlak plynů na hladinu, vytvářený vzdušnou atmosférou je dle zastoupení ve vzduchu (dusík 78 %, kyslík 21 %,  $\text{CO}_2$  0,03 %...), normální atmosférický tlak je uvažován **101,3 kPa (0,1 Mpa)**
- rovnovážná koncentrace plynu ve vodě  $C = K_1 \cdot P$ 
  - $K_1$  - koeficient absorpce – konstanta rozpustnosti plynu za dané teploty
  - $P$  - parciální tlak plynu (dle zastoupení v atmosféře)
- Ve vodě je rovnovážný obsah plynů (% objemu jednotlivých plynů) 63% N, 35,6%  $\text{O}_2$ , 1,3%  $\text{CO}_2$

Rozdílná rozpustnost plynů ve vodě	poměr koeficientu rozpustnosti plynů při 10 °C vztažený k dusíku
dusík	1
kyslík	2,3
$\text{CO}_2$	100,4
	222,6
chlór	424,3

Např.  $\text{H}_2\text{S}$  je dobře rozpustný, ačkoli jeho tlak v atmosféře minimální, může být ve vodě

## KNK (Alkalita)

- kyselinová neutralizační kapacita:
- schopnost vody vázat určité látkové množství kyseliny do zvolené hodnoty pH (tj. **neutralizovat kyselinu**)
  - Jedná se o „puštrační schopnost vody“
- Hodnota KNK charakterizuje obsah rozpuštěného vápníku ve vodě a její ústojnou schopnost (tj. menší výkyvy v pH)
- Měřítkem alkality je množství desetimolární HCl spotřebované na 100 ml zkoumané vody pro posun k určité hodnotě pH
- Schopnost vody vázat kyseliny je v těsné souvislosti s obsahem  $\text{CO}_2$  ve vodě
- jednotka - mmol . l<sup>-1</sup>

## KNK (Alkalita)

- **Je závislá:**
  - na původu vody (voda dešťová, pramenitá aj.)
  - geologickém útvaru (podloží)
  - na obsahu  $\text{CO}_2$
- Přiměřená alkalita vody je předpokladem pro bohatý rozvoj nižších vodních organismů (potravní základna)
- **Optimum pro životní pochody ve vodě = 2 - 6**
- Na základě analýz KNK se v rybářství stanovuje aplikační dávka vápence nebo vápna

### Tvrdość vody

- > souhrn solí kovů alkalických zemín (především Ca a Mg s uhličitany, sírany, chloridy, apod.)

Rozlišuje se:

- > tvrdość celková - koncentrace kationtů dvojmocných kovů (Ca a Mg)
- > tvrdość uhličitánová - množství Ca a Mg ekvivalentní přítomným uhličitánům a hydrogenuhličitánům
- > tvrdość neuhličitánová - dána rozdílem celkové a uhličitánové
  - je to množství dvojmoc. kationtů (Ca a Mg) vázaných na sírany, chloridy, dusičnany...
- > tvrdość přechodná a trvalá

### Tvrdość vody – rozdělení do 5 tříd

- > voda velmi měkká (demineralizovaná, destilovaná, vyrobená pomocí reverzní osmózy) 0 – 1 °dGH (°N), nemá ani jiné soli
- > voda měkká (dešťová nebo z málorozpuštěného podloží či rašelinišť) 1(4) - 8 °dGH
- > voda polotvrdá (říční, většina povrchových vod) 8-12 °dGH
- > voda tvrdá (studniční spodní voda) 12-18 °dGH
- > voda velmi tvrdá (z vápencových oblastí) nad 18 °dGH

### Tvrdość vody

K stanovení celkové tvrdości se používala chelatometrická metoda, uhličitánová tvrdość se určila výpočtem na základě alkality

Dnes se od vyjadřování tvrdości vody ustupuje, nahrazuje se přímo stanovením vápníku a hořčíku

V normách se již pojem nevyskytuje, aby se chybně nepřisuzovaly Ca a Mg stejné chemické a biologické vlastnosti

### Vzájemný vztah jednotek tvrdości vody

Jednotka tvrdości	mval. .l <sup>-1</sup>	°N	°F	°A	ppm
mval.l <sup>-1</sup>	1	2,8	5,0	3,5	50
1°N	0,357	1	1,79	1,25	17
1°F	0,2	0,56	1	0,7	10
1°A	0,286	0,8	1,43	1	14,3
1 ppm	0,02	0,056	0,1	0,07	1

Pozn.: °N — německý stupeň, 10 mg CaO v 1 l;  
 °F — francouzský stupeň, 10 mg CaCO<sub>3</sub> v 1 l; °A — anglický stupeň, 1 grain CaCO<sub>3</sub> v 1 galonu; ppm — 1 mg CaCO<sub>3</sub> v 1 kg — platí pro vody s hustotou 1  
 ↓ 45°C (projeva) = 1/4 kg

Korelace mezi schopností vody vázat HCl a obsahem Ca, volně přináležející kyseliny uhličitě, kyseliny uhličitě vázané na hydrogenuhličitany a pH vody

Alkalita	Obsah vápníku v mg CaO	Hydrogenuhličitany v mg CO <sub>2</sub>	Volná přináležející kyselina uhličitá v mg CO <sub>2</sub>	Hodnota pH
0.5	14	22	0.1	8.3—8.0
1.0	28	44	0.6	
2.0	56	88	2.3	8.10
4.0	112	176	16.0	7.56
8.0	224	354	147.0	6.90

Alkalita nad 5 mval se vyskytuje zřídka. V rybníkářství platí hodnota alkality od 2 do 5 mval za velmi dobrou, protože za této alkality vody jsou při současně optimální zásobě kyseliny uhličitě velmi slabá kolísání hodnoty pH.

1 German degree of hardness, dH°	{ = 10 mg CaO liter <sup>-1</sup> = 7.14 mg Ca liter <sup>-1</sup> = 17.9 mg Ca(HCO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> liter <sup>-1</sup>
1 French degree of hardness, French H°	= 10 mg CaCO <sub>3</sub> liter <sup>-1</sup>
1 English degree of hardness, English H°	{ = 10 mg CaCO <sub>3</sub> liter <sup>-1</sup> = 0.8° dh
1° dh	{ = 1.25 English H° = 1.79 French H°
1 French H°	{ = 0.56 German dH° = 0.7 English H°
1 American degree of hardness	{ = 1 mg CaCO <sub>3</sub> liter <sup>-1</sup> = 0.056 German dH°
International degree of hardness, mval	{ = 1 meq liter <sup>-1</sup> = 2.8 German dH°

vztah s alkalitou