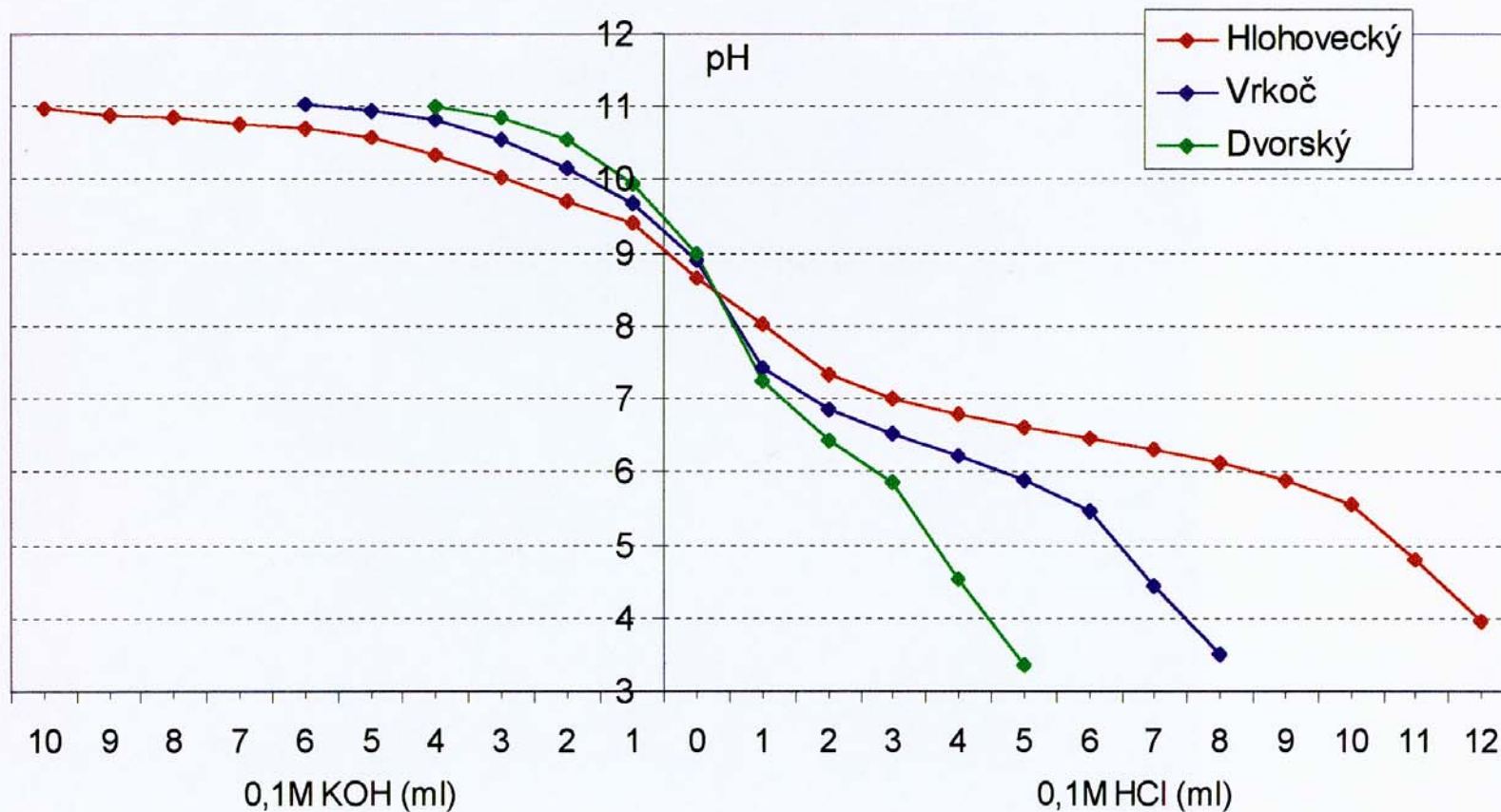


TLUMIVÁ KAPACITA (ústojnost vody)

- je schopnost vody tlumit změny pH po přidavku kyselin a zásad
- nejvýznamnější je uhličitanový tlumivý systém $\text{CO}_2 - \text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$
- další tlumivé systémy: fosforečnany, boritany, křemičitany, amoniakální dusík, sulfidy, organické zásady, některé minerály, dnové sedimenty, fotosyntéza a respirace mikroorganismů
- umožňuje přírodním vodám vyrovnat se do určité míry s kyselými nebo zásaditými odpadními vodami, aniž dojde k významnému poklesu nebo vzrůstu hodnot pH
- tlumivá kapacita je v přírodním prostředí vyšší než u vzorků odebraných pro analýzu

Graf 1. Křivky ústojnosti sledovaných vod



NEUTRALIZAČNÍ (acidobazická) KAPACITA

- je integrálem tlumivé kapacity ve zvoleném rozmezí pH
- kvantitativně vyjadřuje obecnou vlastnost vod vázat vodíkové nebo hydroxidové ionty
- jde o látkové množství silné kyseliny nebo silné zásady, které se spotřebuje na 1 litr vody pro dosažení určité hodnoty pH
- rozeznává se kyselinová neutralizační kapacita (KNK) – **alkalita** a zásadová neutralizační kapacita (ZNK) – **acidita**
- udává se v mmol.l^{-1} , hodnota pH se připojuje jako index
- většina přírodních vod reaguje alkalicky na methyloranž (4,4-4,5) a kysele na fenolftalein (8,3)

Pomocné schéma pro stanovení alkality a acidity



ACIDITA (ZNK)

- aciditu způsobují kyseliny a kyselé soli ve vodě jak přirozeného původu (huminové kyseliny) tak umělého (odpadní vody)
- zjevná acidita (pod pH 4,5) je dána silnými minerálními a organickými kyselinami a vliv CO_2 je zanedbatelný, voda zcela nevhodná pro chov ryb
- celková acidita (pH 4,5 – 8,3) je dána především koncentrací volného CO_2 a hydrogenuhličitanů
- u přírodních méně mineralizovaných vod s pH nad 4,5, které nepocházejí z rašelinných oblastí, lze z hodnoty celkové acidity vypočítat obsah volného CO_2
- volný CO_2 (mg.l^{-1}) = celková acidita (mmol.l^{-1}) . 44

ALKALITA (KNK)

- zjevná alkalita (nad pH 8,3) nemusí nutně být způsobena hydroxidy, ale může ji být dosaženo v důsledku intenzivní fotosyntézy vodních rostlin a řas
- celková alkalita (pH 8,3 – 4,5) je dána především koncentrací hydrogenuhličitanů
- hodnota alkality nás u většiny přírodních vod nepřímo informuje o množství rozpuštěného vápníku a hořčíku
- hodnoty 1 - 2 mmol.l⁻¹ – nebezpečí kolísání pH
- hodnoty 2 - 5 mmol.l⁻¹ – pH kolísá málo nebo vůbec
- hodnoty nad 5 mmol.l⁻¹ – pH se téměř nemění

- v přírodních vodách, kde hlavní protolytický systém tvoří CO₂ a jeho iontové formy, má z analytického hlediska největší význam stanovení KNK_{4,5}
- u odpadních vod má z technologického hlediska největší význam stanovení neutralizační kapacity do pH 7

Hodnoty KNK_{4,5} (mmol.l⁻¹) v letních měsících roku 2003 a 2004

BOBRAVA	4,11	4,05	3,34	2,15	6,58	7,02	5,91	2,79
STUDNY LEDNICKO	6,70	7,10	8,44	9,73	7,20	7,38		
LOUČKA	1,10	0,35	0,98	0,81	1,56	1,50	1,39	1,44
ZÁMECKÝ RYBNÍK	1,50	2,66	2,66	2,83	3,12	3,12	3,12	
PLUMLOV	2,08	2,31	1,62	1,38	1,61	1,50	1,33	1,39

Výpočet iontových forem CO₂ a OH⁻ z alkality

poměr zjevné a celkové alkality	kyselý uhlič. HCO ₃ ⁻ v mmol.l ⁻¹	normál. uhlič. CO ₃ ²⁻ v mmol.l ⁻¹	hydroxidy OH ⁻ v mmol.l ⁻¹
f = 0	m	0	0
2f < m	m - 2f	2f	0
2f = m	0	2f	0
2f > m	0	2(m - f)	2f - m
f = m	0	0	m

f = alkalita zjevná v mmol.l⁻¹

m = alkalita celk. v mmol.l⁻¹

1 mg HCO₃⁻ = 0,0164 mmol. HCO₃⁻

1 mmol HCO₃⁻ = 61,02 mg HCO₃⁻

1 mg CO₃²⁻ = 0,0167 mmol

1 mmol CO₃²⁻ = 60,01 mg CO₃²⁻

1 mg OH⁻ = 0,0588 mmol OH⁻

1 mmol OH⁻ = 17,01 mg OH⁻

Závislost jednotlivých forem CO₂ na pH vody v % při 25°C

pH	4	5	6	7	8	8,3	9	10	11
volný CO ₂	99,5	95,4	67,7	17,3	2,0	1,0	0,2	-	-
HCO ₃ ⁻	0,5	4,6	32,3	82,7	97,4	97,8	94,9	62,5	14,3
CO ₃ ²⁻	-	-	-	-	0,6	1,2	5,7	37,5	85,7

Stanovení acidity

- **ZNK_{4,5} (zjevná acidita)** – ke 100 ml vzorku se přidá 5 kapek methylované. Zbarví-li se vzorek žlutě, nemá zjevnou aciditu. Zbarví-li se červeně, pak se titruje roztokem NaOH (0,1M) do žlutého zbarvení.
- Výpočet: $\text{ZNK}_{4,5} (\text{mmol.l}^{-1}) = a \cdot f \cdot M \cdot 1000/V$
- **ZNK_{8,3} (celková acidita)** – ke 100 ml vzorku se přidá 5 kapek fenolftaleinu. Zbarví-li se vzorek růžově až červeně, nemá celkovou aciditu. Zůstane-li bezbarvý, titruje se roztokem NaOH (0,1M) do prvního růžového zbarvení. Při stanovení je nutno zamezit úniku CO₂
- Výpočet: $\text{ZNK}_{8,3} (\text{mmol.l}^{-1}) = b \cdot f \cdot M \cdot 1000/V$

Stanovení alkality

- **KNK_{8,3} (zjevná alkalita)** – ke 100 ml vzorku se přidá 5 kapek fenolftaleinu. Nezbarví-li se vzorek, jeho zjevná alkalita je nulová. Zbarví-li se růžově či červeně, pak se titruje roztokem HCl (0,1M) do odbarvení.
- Výpočet: $\text{KNK}_{8,3} \text{ (mmol.l}^{-1}\text{)} = a \cdot f \cdot M \cdot 1000/V$
- **KNK_{4,5} (celková alkalita)** – ke 100 ml vzorku se přidá 5 kapek methylované. Titruje se roztokem HCl (0,1M) až do barevného přechodu indikátoru (žlutá-cibulová). Stanovení může rušit vyšší obsah volného CO₂.
- Výpočet: $\text{KNK}_{4,5} \text{ (mmol.l}^{-1}\text{)} = b \cdot f \cdot M \cdot 1000/V$
- Při stanovení ZNK i KNK lze využít potenciometrické stanovení pH
- Nutno stanovit faktor titračních roztoků NaOH i HCl
- Pro stanovení ekvivalenčního bodu 4,5 se doporučuje využít Tashirův směsný indikátor se zřetelnějším barevným přechodem

Látky veškeré, rozpuštěné, nerozpuštěné, ztráta žiháním

- **Veškeré látky** – odpařením známého množství zhomogenizovaného vzorku na vodní lázni do sucha (sušina odparku by se měla pohybovat v rozmezí 10-250 mg) v porcelánové misce s glazurou (předem zvážené). Odparek se suší v sušárně při 105°C cca 2 hodiny a po vychladnutí v exsikátoru se zváží.
- Výpočet – veškeré látky v $\text{mg.l}^{-1} = (h_{\text{vm}} - h_{\text{m}}) \cdot 1000/V$
- **Nerozpuštěné látky** – stanovení spočívá v zachycení nerozpuštěných látek ze známého množství vzorku na filtru (membránové filtry typu S4, filtry ze skleněných vláken typu GD/B, papírové filtry typu Filtrak 390). Filtry se před použitím musí zbavit všech balastních látek a musí se zvážit. Po filtraci, vysušení (cca 2 hod. při 105 °C) a vychladnutí vzorku na filtru se filtr zváží.
- Připouští se použití filtrů o velikosti pórů 0,1 - 3 μm (opt. 0,45)
- Výpočet – nerozpuštěné látky v $\text{mg.l}^{-1} = (h_{\text{vf}} - h_{\text{f}}) \cdot 1000/V$

Látky veškeré, rozpuštěné, nerozpuštěné, ztráta žíháním

- **Rozpuštěné látky** – postup je stejný jako u látek nerozpuštěných, akorát se zpracovává filtrát. Obsah rozpuštěných látek nás informuje o obsahu rozpuštěných solí (mineralizaci) vody.
- Výpočet – rozpuštěné látky v $\text{mg.l}^{-1} = (h_{\text{vm}} - h_{\text{m}}) \cdot 1000/V$
- **Zbytek po žíhání a ztráta žíháním** – dochází k rozkladu především organických látek, některých anorganických (amonné soli) oxidaci, ztrátě krystalové vody, vypuzení plynů atd. Vzorek po stanovení veškerých, rozpuštěných nebo nerozpuštěných látek, vysušený a zvážený žíháme v muflové peci při $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ cca 2 hod. Po vychladnutí se vzorek znovu zváží
- Výpočet – zbytek po žíhání v $\text{mg} = h_{\text{miska po žíhání}} - h_{\text{čistá miska}}$
- Ztráta žíháním v $\text{mg} = h_{\text{miska s vysušeným vzorkem}} - h_{\text{miska po žíhání}}$
- Membránové filtry v peci vybuchují nutno přidat aceton!

Látky veškeré, rozpuštěné, nerozpuštěné, ztráta žíháním

- Koncentrace rozpuštěných a nerozpuštěných látek jsou důležitým ukazatelem jakosti vody
- U pitných vod patří obsah rozpuštěných látek mezi stanovené chemické ukazatele kvality pitné vody
- Nerozpuštěné látky nesmí pitná voda obsahovat
- U povrchových vod se podle obsahu rozp. a nerozp. řadí vody do tříd čistoty
- Při vypouštění odpadních vod do povrchových patří koncentrace rozpuštěných látek k důležitým ukazatelům
- U surových odpadních vod i při kontrole chodu čistírny patří stanovení obsahu rozp. a nerozp. látek k nezbytným chemickým údajům

Tvrdost vody

- název, který neodpovídá svým významem představě o skutečném chování vody a jsou problémy s přesnou definicí.
- pojmenování tvrdost vody vzniklo pravděpodobně v 18. století, kdy bylo známo, že zelenina vařená ve vodě s vysokou koncentrací Ca a Mg zůstává dlouho tvrdá.
- tvrdostí vody se rozumí obsah všech kationtů s nábojovým číslem větším než +1, nebo součet obsahu Ca + Mg + Sr + Ba, popřípadě jen Ca + Mg.
- u většiny přírodních vod tvoří tvrdost prakticky jen Ca + Mg a je vyjadřována v mmol · l⁻¹ nebo německých stupních tvrdosti
- tvrdost lze rozdělit na tvrdost přechodnou (uhličitanovou), kterou tvoří ionty Ca a Mg obsažené v kyselých uhličitanech, rozkládají se varem, jsou příčinou tvorby vodního (kotelního) kamene

Tvrdost vody

- uhličitanová (přechodná) tvrdost odpovídá celkové alkalitě přírodních vod
- tvrdost (trvalá) neuhličitanová, která je dána jinými solemi Ca a Mg, převážně sírany a chloridy
- rozdělení vod dle tvrdosti (rybářské hledisko)
 - tvrdost vody do $1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ($5,6^\circ\text{N}$) měkká voda
 - tvrdost vody $1-1,5 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ($5,6-8,4^\circ\text{N}$) mírně tvrdá voda
 - tvrdost vody $1,5-3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ ($8,4-16,8^\circ\text{N}$) tvrdá voda
 - tvrdost vody nad $3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (nad $16,8^\circ\text{N}$) velmi tvrdá voda
- nejměkčí je voda srážková, horská jezera $0,05-0,1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, říční vody $0,5-1 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, pitné vody, rybníky $1-3 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, povrchová voda na vápencovém podloží $4-8 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, v blízkosti slanisek $8-15 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$ (již projímavé účinky)

Tvrdost vody

- rybám svědčí vždy lépe voda měkká
- nebyla pozorována škodlivost vody s vysokou tvrdostí na ryby
- na tření a kulení jiker některých ryb je nutná měkká voda
- neověřené údaje o vyšších ztrátách při sádkování dravých ryb ve vodě s vysokou tvrdostí
- podstatou stanovení tvrdosti je reakce mezi chelatonem 3 a dvojmocnými kationty Ca^{2+} a Mg^{2+} v silně alkalickém prostředí. Dosažení ekvivalentního bodu indikuje přidavek eriochromové černi T (modrá barva)
- titrace se musí provádět ihned po přidání činidel
- nutno stanovit faktor chelatonu 3 a kontrolovat tlumivý roztok pH 10