

pH kolem nás

Testování vody v okolí Plzně



UNIwersytet
KOMISJI EDUKACJI NARODOWEJ
W KRAKOWIE
Kraków 2024

pH kolem nás - testování vody v okolí Plzně

pH kolem nás - testování vody v okolí Plzně

Vědecká úprava

dr hab. Małgorzata Nodzyńska-Moroń prof. UKEN

**Uniwersytet Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie
Kraków 2024**

Autoři:

dr hab. Małgorzata Nodzyńska-Moroń prof. UKEN,

Mgr. Jitka Štrofová, Ph.D.,

PaedDr. Vladimír Sirotek, CSc.,

doc. PaedDr. Jiří Rychtera, Ph.D.,

Ing. Jan Hrdlička, Ph.D.,

Mgr. Milan Klečka, Ph.D.,

Mgr. Alena Šrámová,

Bc. Marcela Doležálková

Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta pedagogická, Katedra
chemie, Plzeň, Česká republika

RNDr. Jindřich Duras, Ph.D.

Povodí Vltavy, státní podnik, Plzeň, Česká republika

RNDr. Zdeňka Chocholoušková, Ph.D.

Národní pedagogický institut České republiky, Krajské
pracoviště Plzeň, Česká republika

Vědecká úprava: dr hab. Małgorzata Nodzyńska-Moroń prof. UKEN

Recenze: RNDr. Mgr. Radovan Sloup, Ph.D.

doc. RNDr. Jarmila Kmet'ová, PhD., MBA

Složení pro tisk: Ing. Jan Hrdlička, Ph.D.

Návrh obálky: dr. Paweł Cieśla

ISBN: 978-83-68-020-34-2

e-ISBN: 978-83-68020-35-9

DOI: 10.24917/9788368020342

Printing and blinding

Zespół Poligrafii Wydawnictwa Naukowego

UKEN

Obsah

1. Úvod – proč je pH důležité?	8
2. pH a venkovní vzdělávání	11
3. Měření pH vody ve venkovním prostředí	16
3.1. Praktické aspekty potenciometrického měření pH v terénu	18
3.2 Příprava vzorku půdy k rozborům	20
3.3 Stanovení specifické hmotnosti půdy	22
3.4 Půdní reakce.....	24
3.4.1 Stanovení aktivní reakce půdy (pH/H ₂ O).....	25
3.4.2 Stanovení výměnné reakce půdy (pH/KCl).....	26
3.4.3 Stanovení hydrolytické reakce půdy (H _a ; mmol H ⁺ ve 100 g půdy)	27
3.5 Důkazové reakce různých sloučenin	29
3.6 Závěr	31
4. Vody v okolí Plzně	34
4.1. Hromnické jezírko	34
4.1.1. Pracovní list Hromnické jezírko	36
4.2. NPR Kladské rašeliny.....	38
4.2.1. Pracovní list Kladské rašeliny	40
4.3. CHKO Český kras	41
4.3.1. Pracovní list Český kras	45
4.4 “Návrh zahrady” – projekt s debatou.....	46
4.5 Závěr	48
5. Testování pH vody (různé techniky a metody v závislosti na věku žáků).....	50
5.1. Definice pH.....	50
5.2. pH vody ve výuce na ZŠ a SŠ	52
5.3. Jaké pH má voda – experimentální část	54

5.3.1. Vzorky vody	54
5.3.2. Příprava acidobazického indikátoru z červeného zelí	56
5.3.3. Určování pH s využitím acidobazických indikátorů	57
5.3.4. Měření pH vody pH-metrem	58
5.4. Závěr.....	59
6. pH vody – rostliny a živočichové v ní žijící, pH vody a rybníční ekosystémy	63
6.1. Úvod.....	63
6.2. Metody a lokalita.....	65
6.3. Výsledky.....	68
6.4. Diskuse.....	75
6.5. Závěr.....	76
7. pH v akváriích – monitoring vodního prostředí v akváriu a výuka chemie.....	79
7.1. Úvod.....	79
7.2. Akvárium jako muzeum	80
7.3. Subjekty vzdělávání a akvárium	82
7.4. Aplikovaná chemie nebo projekt „Akvárium“	84
7.5. Projekt „Akvárium“	86
7.6. Akvárium a hodnota pH	90
7.7. Hodnota pH a koloběh dusíku.....	90
7.8. Tlamovci z jezera Malawi	92
7.9. Hodnota pH a oxid uhličitý	94
7.10. Závěr.....	95
8. Co víme o pH vody? – testování znalostí studentů	98
8.1. Teoretický rámec výzkumu	98
8.2. Obsahová analýza učebnic k tématu pH	98
8.3. Účel výzkumu, výzkumná hypotéza	99
8.4. Výzkumné metody a nástroje	100

8.5. Výsledky výzkumu	100
8.6. Diskuse a závěry z výzkumu	113
9. Závěr	119
Příloha.....	121

1. Úvod – proč je pH důležité?

Małgorzata Nodzyńska-Moroń

pH je chemický pojem, který má pro společnost velký význam (de Souza Pereira & Fernandes, 2021). Změny pH ovlivňují kvalitu distribuce pitné vody, absorpci potravin a léků v tenkém střevě (Fondriest Environmental, Inc. 2013) a řadu chemických syntéz (Skeist, 1990). pH je také velmi důležité pro biologické systémy, protože může ovlivnit strukturu a aktivitu makromolekul, jako jsou proteiny. Kromě toho dýchání souvisí s rozpouštěcí rovnováhou oxidu uhličitého v krvi (Nelson & Cox 2012). Změny koncentrace vodíkových iontů ovlivňují enzymatické reakce.

Sladká voda musí mít pH mezi 6 a 9, aby byla vhodná pro život. Ačkoli jsou některé vodní druhy odolnější než jiné, extrémní hodnoty pH řek mohou zabít ryby a bezobratlé (Holden, 2014; Fondriest Environmental, Inc., 2013). Lidský trávicí systém lépe snáší změny hodnot pH, a to v rozmezí od 4 do 11, což způsobuje minimální podráždění trávicího traktu (Fondriest Environmental, Inc., 2013). Na druhé straně otrava jídlem je vážným zdravotním problémem u dětí a seniorů. Otrava jídlem je nejčastěji způsobena konzumací potravin nebo vody kontaminované mikroorganismy. Mikroorganismy a jejich množení jsou také ovlivněny pH. Když Heinz vyvinul svůj slavný kečup z rajčat, použil přírodní konzervant, ocet (Butler, 2019), který inhibuje růst mikroorganismů (Levine & Fellers, 1940). Proces inhibice nebo zabíjení mikroorganismů při kyselém a alkalickém pH může být podobný jako u jiných metod dezinfekce, tj. v důsledku denaturace proteinů buněčné membrány, perforace buněčné stěny a úniku cytoplazmatického obsahu buňky ven. (CDC, Centers

for Disease Control and Prevention. National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases, 2016). V současné době svět zažívá pandemii Covid-19 kvůli SARS-CoV-2 (Severe Acute Respiratory Syndrome – Coronavirus – 2) (Evropské centrum pro prevenci a kontrolu nemocí (ECDC REPORT), 2020; Xu et al., 2020). V roce 2004 vědci ukázali, že SARS-CoV, prekursor současného koronaviru, byl inaktivován při kyselém (<3) a alkalickém (>12) pH (Darnell et al., 2004).

Jak ukazují výše uvedené úvahy, znalost pojmu pH je potřebná v každodenním životě i k pochopení souvislostí mezi různými jevy.

Bibliografie

Butler, S. (2019). *The Surprisingly Ancient History of Ketchup*. The HISTORY Channel. <https://www.history.com/news/ketchup-surprising-ancient-history>

CDC, Centers for Disease Control and Prevention. National Center for Emerging and Zoonotic Infectious Diseases. (2008). *Chemical Disinfectants - Guideline for Disinfection and Sterilization in Healthcare Facilities*. <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/disinfection/disinfection-methods/chemical.html>

Darnell, M. E. R., Subbarao, K., Feinstone, S. M. & Taylor, D. R. (2004). Inactivation of the coronavirus that induces severe acute respiratory syndrome, SARS-CoV. *Journal of Virological Methods* 121(1), 85–91. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2004.06.006>

European Centre for Disease Prevention and Control Report (ECDC REPORT). (2020). *Coronavirus disease (COVID-2019) and supply*

of substances of human origin in the EU/EEA - first update.
Stockholm.

Fondriest Environmental, Inc. (2013). *pH of Water. Fundamentals of Environmental Measurements*. <https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/p>

Holden, J. (2014). *Water resources – an integrated approach*.
Routledge-Taylor & Francis Group.

Levine, A. S. & Fellers, V. (1940). Inhibiting Effect of Acetic Acid upon Microorganisms in the presence of Sodium Chloride and Sucrose. *Journal of bacteriology* 40(2), 255–69. doi: <https://doi.org/10.1128/jb.40.2.255-269.1940>.

Nelson, D. L. & Cox, M. M. (2012). *Lehninger Principles of Biochemistry. 6th ed.* W. H. Freeman, Inc.

Skeist, I. (1990). *Handbook of adhesives. 3rd ed.* Chapman & Hall.

de Souza Pereira, W. & Fernandes, J. C. B. (2021). An interdisciplinary activity to teach the concept of pH in chemistry. *Science Activities, Projects and Curriculum Ideas in STEM Classrooms* 58(4), 143–150. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00368121.2021.1977225>

Xu, X., Chen, P., Wang, J., Feng, J., Zhou, H., Li, X., Zhong, W. & Hao, P. (2020). Evolution of the novel coronavirus from the ongoing Wuhan outbreak and modeling of its spike protein for risk of human transmission. *Science China. Life Sciences* 63(3), 457–460. doi: <https://doi.org/10.1007/s11427-020-1637-5>.

2. pH a venkovní vzdělávání

Małgorzata Nodzyńska-Moroń

Outdoorové vzdělávání je organizovaný proces učení žáků prostřednictvím nezávislého pozorování, prožívání a experimentování při outdoorových aktivitách. V případě outdoorových vědeckých aktivit je příroda prostředkem, zázemím a záminkou k učení. Podle Hofmanna (2011, s. 310–311) je outdoorové vzdělávání „Ucelená forma výuky zahrnující různé výukové metody, mezi které patří např. pozorování, experiment, metoda navrhování, kooperativní metody a metody empirické pedagogiky. Z hlediska organizační formy využívá výuka v přírodě terénní cvičení, vycházky do přírody, exkurze, tematické výlety a expedice, přičemž význam takové výuky spočívá především v práci žáků v terénu, mimo školu“.

Termín „vzdělávání v přírodě“ je někdy chápán velmi široce. To zahrnuje jak skutečné outdoorové aktivity, např. exkurze, návštěva zoologických a botanických zahrad nebo naučných zahrad, pohybové aktivity (např. plavání, horolezectví, lyžování). Vzdělávání v přírodě je ale chápáno také jako vzdělávání mimo zdi školy (např. návštěva muzeí, památek, vědeckých center).

Vědecké výzkumy ukazují, že venkovní vzdělávání může u studentů přispět k mnoha pozitivním změnám. Outdoorové vzdělávání tedy zlepšuje výsledky učení – byly zaznamenány zvýšené výsledky testů, lepší vztah žáků ke škole, lepší školní chování, lepší docházka a celkově lepší výsledky žáků. Outdoorové vzdělávání navíc účinně zapojuje inteligenci dětí a přispívá ke zvýšení efektivity výuky. (American Institutes for Research, 2005; Blair, 2009; Dymont, 2005; Lieberman & Hoody, 1998). Německý výzkum prokázal výrazné

zlepšení v učení se čtení, psaní a matematice u dětí navštěvujících „lesní školku“ (Gorges, 2011). Outdoorové vzdělávání má také pozitivní dopad na rozvoj dovedností kritického myšlení chápaných jako proces záměrného seberegulačního hodnocení a rozhodování, tedy dovednosti řešit problémy zahrnují schopnost studentů interpretovat, analyzovat, hodnotit, usuzovat, vysvětlovat a seberegulovat (Ernest & Monroe, 2004).

Podle výzkumu venkovní vzdělávání také zlepšuje fyzické, duševní a sociální zdraví studentů a snižuje úroveň stresu studentů a učitelů (Bell & Dymont, 2006; BTCV, 2009; Dymont & Bell, 2008; Kuo & Faber Taylor, 2004; Muñoz, 2009; Wells & Evans, 2003).

Outdoorové vzdělávání podporuje emocionální, behaviorální a intelektuální rozvoj žáků. Výzkum ukázal, že studenti, kteří se učí venku, rozvíjejí: sebeúctu, nezávislost, sebedůvěru, kreativitu, schopnost rozhodování a řešení problémů, empatii k ostatním, motorické dovednosti, sebekázeň a iniciativu (Chawla, 2006; Kellert, 2005; Lester & Maudsley, 2006). Výzkum Blaira (2009) a Dymenta (2005) ukázal, že studenti preferují tento typ učení před tradičním učením.

Outdoorové vzdělávání pomáhá studentům lépe porozumět jejich přírodním a lidským komunitám, což vede k pocitu místa, rozvíjí silnější environmentální postoje a občanské chování (Chawla, 2006; Wells & Lekies, 2006).

Jak je patrné z krátkého přehledu literatury, vzdělávání v přírodě přináší studentům mnoho výhod.

Bibliografie

American Institutes for Research. (2005). *Effects of outdoor education programs for children in California*. Palo Alto, CA.

Bell, A. C. & Dymont, J. E. (2006). *Grounds for action: Promoting physical activity through school ground greening in Canada*. Evergreen.

Blair, D. (2009). The child in the garden: an evaluative review of the benefits of school gardening. *Journal of Environmental Education*, 40(2), 15-38.

Barn is a quarterly published by the Norwegian Centre for Child Research at the Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.

BTCV. (2009). *Evaluation findings: Health and social outcomes*. BTCV.

Chawla, L. (2006). Learning to love the natural world enough to protect it. *Barn*, 2, 57-58.

Chroustová, K., Bílek, M. & Šorgo, A. (2015) Development Of The Research Tool To Identify Factors Affecting The Use Of Chemistry Educational Software. *Problems Of Education In The 21st Century*, 68(6).

Dymont, J. (2005). *Gaining ground: The power and potential of school ground greening in the Toronto District School Board*. Evergreen.

Dymont, J. E., & Bell, A. C. (2008). Grounds for movement: Green school grounds as sites for promoting physical activity. *Health Education Research*, 23(6), 952-962.

- Ernest, J. & Monroe, M. (2004). The effects of environment-based education on students' critical thinking skills and disposition toward critical thinking. *Environmental Education Research*, 10(4), 522.
- Gorges, R. (2013, 24. ledna). *Waldkindergartenkinder Im Ersten Schuljahr*. YUMPU. <https://www.yumpu.com/de/document/view/8576558/waldkindergartenkinder-im-ersten-schuljahr>
- Hofmann, E., Trávníček, M. & Soják, P. (2011). Integrovaná terénní výuka jako systém. In *Smišený design v pedagogickém výzkumu: Sborník příspěvků z 19. výroční konference České asociace pedagogického výzkumu*.
- Kellert, S. R. (2005). Nature and childhood development. In *Building for Life: Designing and Understanding the Human-Nature Connection*. Island Press.
- Kuo, F. E. & Faber Taylor, A. (2004). A potential natural treatment for attentiondeficit / hyperactivity disorder: Evidence from a national study. *American Journal of Public Health*, 94(9).
- Lieberman, G. A. & Hoody, L. L. (1998). *Closing the achievement gap: Using the environment as an integrating context for learning*. SEER: Poway.
- Lester, S. & Maudsley, M. (2006). *Play, naturally: A review of children's natural play*. Children's Play Council.
- Muñoz, S. A. (2009). *Children in the outdoors: A literature review*. Sustainable Development Research Centre.

Rosdiana, A. F., Busono, R. R. T. & Yosita, L. (2020) Student learning motivation on Actionbound application implementation in construction and building utilities subject. *ICIEVE 2019, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 830*. IOP Publishing.

Wells, N. M. & Evans, G. W. (2003) Nearby nature: A buffer of life stress among rural children. *Environment and Behavior, 35*(3), 311-330.

Wells, N. M. & Lekies, K. S. (2006). Nature and the life course: Pathways from childhood nature experiences to adult environmentalism. *Children, Youth and Environments, 16*(1).

3. Měření pH vody ve venkovním prostředí

Jan Hrdlička, Alena Šrámová

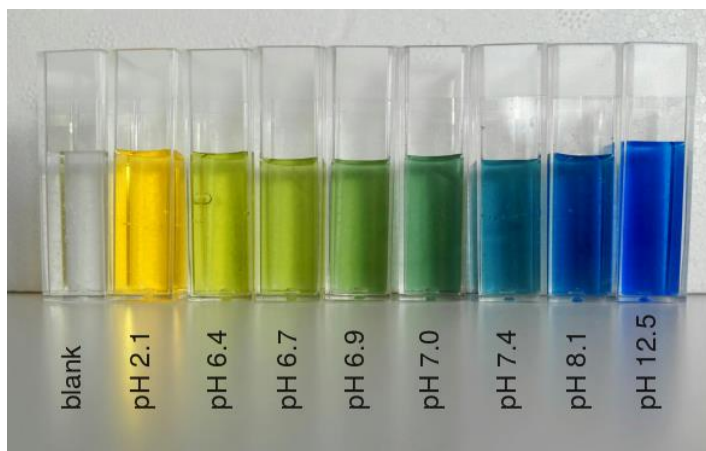
pH a venkovní vzdělávání je spojení, které se pro učitele přírodovědných předmětů přímo nabízí. Pokud využijeme vhodného pojetí, je tento pojem žákům srozumitelný, ať už s využitím představy barevné škály univerzálního indikátoru, nebo jako stupnice „kyselosti – zásaditosti“ s rozsahem od 0 do 14 jednotek. Vlastní měření pH je velmi jednoduché a díky tomu můžeme měření provádět in-situ. Jediným omezením je nutnost měření pH v roztocích.

Pokud budeme provádět měření pH ve venkovním prostředí, nabízí se nám k měření voda. Reálně měření připadá v úvahu v dostupných vodách, tj. vodách povrchových nebo vývěrech pramenů. V tomto prostředí musíme při přípravě experimentů vzít do úvahy vlastnosti těchto typů vod. Obecně platí, že v přírodních vodách nelze očekávat extrémní hodnoty pH. Acidobazická rovnováha je totiž poměrně stabilní díky tzv. uhličitanovému pufrčnímu systému. Ten je dán rovnováhou mezi rozpuštěným vzdušným CO₂, a hydrogenuhličitanovým a uhličitanovým aniontem v roztoku. Tuto rovnováhu vyjadřuje schéma 1.



Tento pufrční systém omezuje hodnoty pH ve vodě, která je v přímém kontaktu s atmosférou na hodnoty přibližně od pH=5 (nasyčený roztok CO₂ ve velmi měkké vodě s nízkým obsahem rozpuštěných anorganických solí) do hodnoty pH asi 7,5. Toto pH odpovídá rovnováze mezi hydrogenuhličitanem a uhličitanem

v tvrdých vodách. (Sýkora et al., 2016; Hrdinka et al., 2013) Příkladem těchto krajních hodnot mohou být například rašeliniště pro nízké pH nebo prameny v krasových oblastech s vápencovým či dolomitickým podložím pro vyšší hodnoty pH. V tomto rozmezí nelze smysluplně využít univerzálního indikátoru, protože barevné změny jsou v tomto relativně úzkém rozmezí nevýrazné. Ze stejných důvodů není optimální ani indikátor Tashiro nebo podobné další směsné indikátory, např. často využívaný indikátor založený na ethanolovém výluhu anthokyanů z červeného zelí. Bylo by možné využít vhodný dvoubarevný indikátor, který má v tomto rozmezí svoji oblast přechodu. Jako příklad takového indikátoru se nabízí bromthymolová modř (obr. 1.). Ale i zde by pravděpodobně působil odhad barvy a tím i pH určité problémy.



Obr. 1. Barevné změny indikátoru bromthymolové modři v závislosti na pH
(By GregorTrefalt – This photo was taken at the chemistry lab during preparation for student lab course., CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56871912>)

Z těchto úvah pak vychází jako jediná vhodná metoda potenciometrické stanovení pH s využitím skleněné elektrody. Přes výše uvedené výhrady lze barevné indikátory také použít, ale je nutné

korigovat subjektivní odhadované hodnoty pH a srovnávat je s objektivní hodnotou získanou pomocí pH-metru.

3.1. Praktické aspekty potenciometrického měření pH v terénu

Dostupné jsou dnes různé typy pH-metrů v různých cenových i výkonnostních hladinách. V rámci dostupné nabídky je velký výběr přenosných modelů s bateriovým napájením, který si přímo říká o využití při terénních měřeních. Velkou výhodou potenciometrické metody stanovení pH je pak okamžitý výsledek. Tento výsledek je přitom ve formě čísla na stupnici pH. Pro další využití ve výuce není pro studenty nezbytné znát Nernstovu rovnici a její aplikaci nebo vztah pro výpočet pH z aktivity vodíkových iontů, ale postačí jim znalost významu jednotlivých hodnot pH.

Tyto teoretické základy jsou však nutnou znalostí pro vyučující. Bez nich totiž nelze správným způsobem získávat a vyhodnocovat data. Pro získání co nejsprávnějších hodnot je také nutné mít určité znalosti týkající se problematiky takových měření. Klíčovým prvkem je zde nutnost kontroly správného nastavení pH-metru, tj. jeho kalibrace. Další nutnou věcí je pravidelná kontrola funkčnosti čidel, protože pH elektrody nemají neomezenou životnost a po určité době (řádově několik málo let) začínají poskytovat nesprávné výsledky. Pak je nutné zakoupit čidla nová. Tuto životnost lze výrazně ovlivnit péčí. Kritickým místem pH senzoru je především vlastní skleněná elektroda, obvykle je provedena ve formě skleněné baňky s vnitřním elektrolytem a tzv. svodnou elektrodou, která je pak zapojena do měřicího obvodu. Klíčovou roli hraje především vnější povrch baňky. Ten je při přípravě nové elektrody k měření obvykle aktivován – chemicky upraven. Cílem těchto postupů je získání tenké povrchové vrstvičky

hydratovaného SiO_2 , v němž jsou vazná místa umožňující interakci s vodíkovými ionty v měřeném roztoku. Tato interakce je pak z měřené hodnoty potenciálu na povrchu skleněné baňky převedena pH-metrem na číslo – hodnotu pH. Tato aktivní vrstva je nicméně značně citlivá. Proto je nevhodné nechat skleněnou baňku na povrchu oschnout. Je nutné elektrodu mimo měření uchovávat ve vhodném roztoku. Obvykle se jedná o roztok KCl o koncentraci $1\text{--}3 \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$. Dále je nutné zabránit mechanickému poškození, není proto dobře skleněnou baňku jakkoliv mechanicky otírat, a to ani šetrnými materiály, jako například vatou. Příпустné je pouze oplachování.

Pro získání správných hodnot je nutné mít přístroj správně zkalibrovaný. Jako vhodné lze doporučit komerčně dostupné tlumivé roztoky – pufrы – o hodnotách pH kolem 4 (obvykle tzv. ftalátový pufr) a kolem 7 (tzv. fosfátový pufr). Tyto hodnoty nejlépe pokrývají oblast očekávaných hodnot pH. Co se týká četnosti kalibrací, je z teoretického hlediska nejlepší kalibrovat co nejčastěji. V praxi lze s ohledem na požadovanou přesnost a správnost měření pro výuku doporučit kalibraci alespoň dvakrát či třikrát ročně. Je také nutné upozornit na omezenou životnost používaných standardů, která bývá maximálně tříletá.

Dalším hlediskem pro kalibraci by měla být co největší podobnost podmínek s podmínkami při reálném měření. Zde hraje poměrně významnou roli teplota. V tabulce 1 jsou ukázány z Nernstovy rovnice vypočtené hodnoty pH při různých teplotách, pokud bude kalibrace provedena při laboratorní teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$ (tab. 1). Z těchto hodnot je vidět, že teplota měřené vody může mít značný vliv. Tento lze pominout, pokud používáme dražší přístroj s elektronickou teplotní

kompenzací. Ta však u jednodušších variant přístrojů nebývá k dispozici. Pokud však měříme vody s podobnou teplotou (např. vývěry pramenů, případně povrchové vody za stálejšího počasí), můžeme s určitou opatrností hodnoty zjištěné při podobné teplotě porovnávat mezi sebou.

Tab. 1. Srovnání závislosti hodnot pH na teplotě při stejném naměřeném potenciálu skleněné elektrody

Teplota / °C	pH
25	7
20	7,11
15	7,23
10	7,35

Protože vlastní měření pH je obvykle velmi rychlé a výsledky jsou okamžitě k dispozici, je vhodné připravit další aktivity, které souvisí s pH a doplní nám činnosti v rámci projektu tak, aby byl plně a vhodně využit čas. Pokud by byl projekt navržen jako multioborový, nabízí se také další aktivity související např. s biologií, geografii či fyzikou.

3.2 Příprava vzorku půdy k rozborům

K další práci v laboratoři můžeme se žáky odebrat vhodné vzorky, a to jak vzorky vody, tak i vzorky půdy, jejíž vlastnosti bývají v přímém vztahu s vlastnostmi vody. Podle Pavla (Pavel et al., 1984), Sáňky (Sáňka et al., 2018), Zbírala (Zbíral et al., 2011) nebo Zoubkové (2014) byly vybrány a zpracovány postupy pro tyto rozborů půdy.

Odběry vzorků vody i půdy podléhají určitým pravidlům a doporučením. Vzorek, který pak dále zpracováváme v laboratoři, by měl svými vlastnostmi reprezentovat celek z něhož byl odebrán.

U vzorků vody obvykle stačí zabránit při odběru tomu, abychom odebírali i kal ze dna, případně nečistoty z hladiny. U vzorků půdy je situace složitější, neboť půda je obecně materiál heterogenní. Proto je vhodné odebrat několik dílčích vzorků z různých míst a z nich pak připravit směsný vzorek. Směs vzorků z více odběrů není homogenní a obvykle bývá i poměrně velké množství takového směsného vzorku. Ke zmenšení objemu a zároveň i k homogenizaci slouží tzv. kvartace. Směsné vzorky promísíme na rovném povrchu (např. na archu igelitové fólie). Směsný vzorek rozprostřeme do tvaru čtverce a dvěma úhlopříčnými liniemi rozdělíme na čtvrtiny (proto je tento proces také nazýván kvartace). Dvě čtvrtiny v protilehlých rozích odstraníme a ze zbylých dvou připravíme směsný vzorek pro analýzy. Pokud by byl objem směsného vzorku stále příliš velký, lze kvartaci zopakovat. Směsný vzorek necháme v laboratoři na kusu filtračního papíru vyschnout.

Přírozně vysušené a homogenizované vzorky půdy se v laboratoři analyzují ve dvou formách, a to:

- jemnozeme I – průměr částic menší než 2 mm

Z vysušeného vzorku se odstraní větší částice skeletu, rostlinné a živočišné zbytky a poté se vzorek ručně proseje pomocí síta s velikostí ok 2 mm tak, aby nebyly rozdraceny částice skeletu. Tato forma se používá pro stanovení půdní reakce, kationtové a aniontové půdní kapacity podle Mehlicha, zrnitostní analýzy, stanovení měrné hmotnosti a podílu fyzikálního jílu, stanovení sorpčního komplexu nekarbonátových půd podle Kappena, stanovení ztráty žíháním a pro stanovení humusových látek vázaných a poměru huminových kyselin a fulvokyselin.

- jemnozemě II – průměr částic menší než 0,25 mm.

Pro získání jemnozemě II použijeme zeminu z jemnozemě I, kterou opět upravíme pomocí síta, tentokrát o průměru ok 0,25 mm. Tato forma vzorku se používá pro stanovení procentického obsahu oxidovatelného uhlíku a pro stanovení celkového dusíku.

Pro naše účely vyhoví příprava tzv. jemnozemě I, dále uváděné postupy stanovení jsou prováděny právě s tímto typem vzorku.

3.3 Stanovení specifické hmotnosti půdy

Měrná (specifická) hmotnost půdy je dána hmotností 1 cm³ půdy zcela zbaveného plynné i kapalně fáze. Měrná hmotnost je jednou ze základních fyzikálních charakteristik půdy, která stoupá se stoupajícím obsahem prvků o vysoké atomové hmotnosti a klesá s podílem vody ve vzorci daného horninového minerálu.



Obr. 2. Pycnometr

Pro účely laboratorních cvičení je vhodné měrnou hmotnost zjišťovat pycnometricky. Pycnometr (obr. 2.) je přesně kalibrovaná tenkostěnná skleněná nádobka s úzkým hrdlem a zabroušenou skleněnou zátkou s kapilárním otvorem. Jeho velikost je úměrná objemu analyzovaného

vzorku – při vlastní analýze je pyknometr pevným vzorkem zaplněn asi do jedné čtvrtiny své výšky.

Pečlivě vyčištěný a očíslovaný pyknometr se zváží (hmotnost si zapíšeme jako hodnotu A). Po zvážení se doplní po okraj destilovanou vodou. Zátka se zasune tak, aby přebytečná voda vytekla kapilárou. Pyknometr se pečlivě zvenku osuší a opět zváží (hodnota B). Poté se voda vylije a pyknometr se umístí na 10 minut do sušárny předeřháté na 105 °C. Po uplynutí doby se nechá pyknometr vychladnout v exsikátoru se silikagelovou náplní.

Mezitím se odváží 10 g na vzduchu vyschlého vzorku jemnozeme I, který se do vychladlého pyknometru nasype a společně zváží (hodnota C). Poté se pyknometr naplní cca do poloviny destilovanou vodou a bez vážení se zahřívá ve vodní lázni až k varu. Při zahřívání je nutno dbát na nevzkyplení jeho obsahu. Souběžně s pyknometrem se zahřívá čistá destilovaná voda v kádince (100 ml). Ta se po zahřátí přikryje hodinovým sklíčkem a nechá se zchladnout na laboratorní teplotu. Zahříváním se docílí vypuzení vzduchu (převážně CO₂) jak ze vzorku, tak z vody. Protože při vysušení do konstantní hmotnosti byla ze vzorku odstraněna tekutá půdní fáze, tak je obsah pyknometru nyní tvořen pouze pevnou půdní fází. Pyknometr se nechá vychladnout na laboratorní teplotu a doplní se upravenou destilovanou vodou, opět zazátkuje tak, aby byla kapilára plná a zvenku osuší. Pyknometr se vzorkem a vodou se zváží (hodnota D). Ze zjištěných hmotností se určí specifická hmotnost pomocí jednoduchého výpočtu (vzorec I), přičemž pro zjednodušení považujeme hustotu vody rovnou 1 g/cm³ a ve vztahu ji tak nepoužijeme. Výsledná hodnota specifické hmotnosti půdy má jednotku g/cm³.

$$\rho_z = (C-A) / (B+(C-A)-D) \quad \text{I}$$

Pokud není k dispozici pyknometr, lze jej nahradit odměrnou baňkou vhodné velikosti, obvykle 50 nebo 100 ml. Hodnoty získané při použití odměrné baňky mají pro účely výuky uspokojující přesnost výsledků. Obecně je měrná hmotnost nižší v půdních horizontech s vyšším obsahem organické hmoty, tedy u humusových (drnových) horizontů zemědělských půd a nadložních organických horizontů lesních půd, které jsou považovány spíše za kyselejší. Vyšší pak bývá v hlubších minerálních horizontech a půdách s malým obsahem humusu, jež bývají obecně spíše alkaličtější.

3.4 Půdní reakce

Půdní reakce je základní fyzikálně-chemická vlastnost půdy. Je dána poměrem mezi koncentrací hydroxoniových a hydroxidových iontů v půdní suspenzi. Tento poměr je vyjádřen hodnotou pH. Její přímé působení spočívá v ovlivňování základních biochemických půdních procesů a procesů příjmu živin jednotlivými autotrofními organismy.

Rozeznáváme tři základní formy půdní reakce:

- půdní reakce aktivní (pH/H₂O)
- půdní reakce potenciální výměnná (pH/KCl)
- půdní reakce potenciální hydrolytická (H_a; mmol H⁺ ve 100 g půdy)

3.4.1 Stanovení aktivní reakce půdy (pH/H₂O)

Aktivní reakce udává koncentraci vodíkových iontů ve vodním výluhu nebo v suspenzi půdy.

Do 50 ml kádinky se naváží 10 g na vzduchu vyschlé jemnozemi I a přidá se 25 ml destilované vody, která se před tím nechala 5 minut povařit a vychladnout (pro odstranění rozpuštěného CO₂). Suspenze se 5 minut míchá skleněnou tyčinkou a poté se nechá 2 hodiny odstát. Rozsah doby extrakce se připouští od 2 do 24 hodin. Po uplynutí doby se do suspenze vloží kombinovaná elektroda pH-metru a výsledná hodnota se zapíše s přesností na jedno desetinné místo. Aktivní půdní reakce se vyhodnocuje na základě tabulky 2.

Tab. 2. Hodnocení acidobazických vlastností půdy na základě hodnoty aktivní půdní reakce

Hodnota pH/H ₂ O	Označení typu půdy
< 4,9	silně kyselá
5,0-5,9	kyselá
6,0- 6,9	slabě kyselá
7,0	neutrální
7,1- 8,0	slabě alkalická
8,1 - 9,4	alkalická
nad 9,5	silně alkalická

3.4.2 Stanovení výměnné reakce půdy (pH/KCl)

Výměnná reakce je charakterizována jako schopnost půdy měnit pH roztoků neutrálních solí (elektrolytů). Dochází při ní k výměně vodíkových iontů, poutaných sorpčním komplexem, za ionty roztoku neutrální soli, kterou se na půdu působí. Nejčastěji se k vytěsnění používá roztok KCl o koncentraci 1 mol/dm³ nebo roztok CaCl₂ o koncentraci 0,01 mol/dm³. Podle použitého činidla se potom výměnná reakce označuje symboly pH/KCl nebo pH/CaCl₂.

Výměnná reakce se stanovuje změřením pH suspenze, nebo titrací výluhu. V našem případě se bude jednat o první jmenovaný způsob. Výměnná reakce dosahuje ve srovnání s aktivní reakcí nižších hodnot, protože se spolu s volnými vodíkovými ionty v roztoku/suspenzi stanoví také vodíkové ionty vázané sorpčním komplexem.

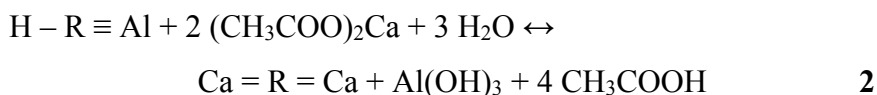
Do kádinky o objemu 50 ml se odváží 10 g na vzduchu vyschlé jemnozeme I a přelije se 25 ml roztoku KCl. Obsah se promíchá skleněnou tyčinkou (cca 5 minut) a nechá se stát do druhého dne. Po cca 24 hodinách se do suspenze vloží kombinovaná elektroda pH-metru a po ustálení se zapíše jako hodnota pH/KCl. Doba ustalování hodnoty pH většinou nepřekročí 30 – 45 s. S těmito relativně dlouhými časy je nutné počítat zvláště při stanovování hodnot půdní reakce potenciální výměnné u alkalických půd. Výměnná půdní reakce se vyhodnocuje na základě tabulky 3.

Tab. 3. Hodnocení acidobazických vlastností půdy na základě hodnoty výměnné půdní reakce

pH/KCl	Označení
< 4,5	silně kyselá
4,6-5,5	Kyselá
5,6 - 6,5	slabě kyselá
6,6 - 7,2	Neutrální
> 7,3	Alkalická

3.4.3 Stanovení hydrolytické reakce půdy (H_a ; mmol H^+ ve 100 g půdy)

Hydrolytická reakce je definována jako schopnost půdy měnit reakci hydrolyticky štěpitelných solí. K jejímu stanovení se nejčastěji používá octan sodný nebo vápenatý. Při reakci vždy vzniká málo disociovaná kyselina octová a rovnováha reakce se posunuje na pravou stranu reakce vyjádřené ve schématu 2. Proto se reakce stanovuje titračně a ne měřením pH, jako tomu bylo v případě reakcí aktivní a výměnné.



Při stanovení výměnné reakce neutrální sůl vytěsňuje ze sorpčního komplexu pouze část vodíkových iontů, jelikož velké množství H^+ brání, po ustavení rovnováhy, průběhu reakce až do konce. V případě

octanu jsou vytěsněny téměř všechny vodíkové ionty (vznik málo disociované kyseliny octové) a pouze malé množství H^+ dovolí průběh reakce téměř až do konce. Z toho důvodu je hodnota hydrolytické reakce většinou vyšší než hodnota reakce výměnné.

V ojedinělých případech může dojít k opačnému stavu, kdy je hodnota hydrolytické reakce nižší. Příčinou je sorpce aniontů kyseliny octové půdou, výměnou za hydroxidové anionty, čímž dochází ke snížení kyselosti daného výluhu.

K přípravě roztoku octanu sodného o koncentraci 1 mol/dm^3 se musí navážít 136,08 g. soli $CH_3COONa \cdot 3H_2O$, která se rozpustí v 1 litru destilované vody. Hodnota pH musí být 8,2. K dosažení této hodnoty se používá úprava pH kyselinou octovou nebo hydroxidem sodným na fenolftalein (indikací správné hodnoty je první slabě růžové zbarvení roztoku).

Navážka 40 g zeminy se vsype do PVC lahve o objemu 500 ml, přidá se 100 ml octanu sodného, lahev se uzavře a 1 hodinu se třepe. Poté se obsah lahve přefiltruje a 50 ml filtrátu se odpipetuje do titrační nebo Erlenmayerovy baňky. Přidají se 2–3 kapky fenolftaleinu a titruje se roztokem NaOH do slabě růžového zbarvení (nesmí zmizet do 1 min.) Hydrolytická kyselost (H_a) v mmol H^+ iontů na 100 g půdy se poté vypočítá podle vzorce II,

$$H_a = (V_{\text{tit}} \cdot c(\text{NaOH}) \cdot 100 \cdot K) / m \quad \text{II}$$

kde V_{tit} je spotřeba hydroxidu při titraci (cm^3), $c(\text{NaOH})$ je molární koncentrace hydroxidu ($0,1 \text{ mol/dm}^3$), m je navážka zeminy v g, 100 je přepočítání na 100 g zeminy, K je koeficient pro korekci neúplného

působení octanu na zeminu ($K = 1,75$ pro octan sodný, $K = 1,5$ pro octan vápenatý)

3.5 Důkazové reakce různých sloučenin

Ve vodách lze obvykle pomocí chemických reakcí prováděných ve zkumavce nebo na kapkovací destičce dokázat některé kationty nebo anionty. Pokud chceme posoudit přítomnost iontů rozpustných solí ve vzorku půdy, je potřeba připravit tzv. vodný výluh. Navážíme si 10 g jemnozeme I a přidáme asi 50 ml destilované vody. Suspenzi necháme za občasného promíchání stát do druhého dne. Pokud vybereme vhodné reakce s ohledem na bezpečnost při transportu chemikálií a náročnost na vybavení, lze pak reakce provádět přímo na místě spolu se stanovením pH. Podle Okáče (1956), Kraitra (1965), Simona & Doležala (1989), Volky (Volka a kol. 1997) nebo Záruby (Záruba a kol. 2016) lze použít například následující reakce. Pokud není uvedeno jinak, jsou činidla 10%, tj. připravíme je rozpuštěním 10 g pevné látky v 90 ml vody.

Důkazy uhličitanů ve vzorku zeminy

Všechny používané metody stanovení uhličitanů jsou založeny na uvolnění oxidu uhličitého (CO_2) působením vhodné kyseliny, nejčastěji HCl . Při reakci se rozkládají všechny uhličitaný a hydrogenuhličitaný přítomné ve vzorku. Některé sloučeniny se rozkládají jen velmi pomalu, resp. pouze za zvýšené teploty. Uhličitaný jsou v půdě zastoupeny především uhličitanem vápenatým (CaCO_3). Jejich zjišťování se provádí odhadem podle intenzity a délky trvání šumění zeminy, která byla pokapána zředěnou HCl (cca 10%).

Odhad se provádí následovně:

- šumění slabé až znatelné, krátce trvající – 0,3 až 3 % CaCO_3
- šumění silné a déle trvající – více než 3 % CaCO_3 ;

Důkazy vybraných aniontů ve vodě či výluhu

Chloridové anionty dokážeme pomocí AgNO_3 v kyselém prostředí (2 až 3 kapky 10% HNO_3). Přítomnost chloridů se projeví vznikem bílé sraženiny.

Síranové anionty lze dokázat barnatou solí, např. pomocí roztoku BaCl_2 v kyselém prostředí (2 až 3 kapky HCl) vysrážíme síran barnatý jako bílou sraženinu. Lze použít i roztoku $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$. Síranové ionty lze dokázat také přidáním roztoku $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ za vzniku bílé až nažloutlé sraženiny.

Přítomnost hydrogenuhličitanů a uhličitanů se projeví typickým perlením po přidání kyseliny, např. HCl do roztoku. V případě nižších koncentrací nebo nízké teploty roztoku se mohou jemné bublinky pomalu objevovat na stěnách zkumavky.

Humínové látky, což je souhrnný název pro fulvinové kyseliny, huminové kyseliny a huminy, jsou chemicky polyhydroxysloučeniny. Jako takové tvoří fialově zabarvené komplexy s železitémi ionty. Jejich přítomnost dokážeme přidáním několika kapek roztoku Fe^{3+} za vzniku nafialovělého zabarvení roztoku.

Důkaz vybraných kationtů ve vodě

Železité ionty lze dokázat v kyselém roztoku (pH se případně upraví přidáním několika kapek 10% HCl) pomocí roztoku $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Vznikne modrá sedimentace, případně intenzivně modře zbarvený roztok berlínské modři – $\text{Fe}_4^{3+}[\text{Fe}^{2+}(\text{CN})_6]_3$. Reakce je pro svou výraznost průkazná i při současném průběhu rušících reakcí ve směsi iontů.

V kyselém roztoku se železité ionty dokazují také thiokyanatanem draselným za vzniku intenzivního červenohnědého zbarvení $\text{Fe}[\text{Fe}(\text{SCN})_6]$, které je při povaření roztoku stálé. Dalším činidlem pro důkaz železitých iontů může být také kyselina acetylsalicylová. Činidlo připravíme tak, že v třecí misce rozdrtíme tloučkem alespoň dvě tablety acylpyrinu, zalijeme asi 10 ml destilované vody, důkladně promícháme a směs zfiltrujeme. Poté lze činidlo využít k důkazové reakci, v přítomnosti železitých iontů se roztok fialově zbarví vznikajícím komplexem.

Vápenaté ionty můžeme dokázat roztokem mýdla. Ten připravíme z 10 g nastrohaného pracího mýdla (velmi dobře funguje Jelen) zalitím 200 ml horké vody. Směs mícháme a po vychladnutí zfiltrujeme. Ke vzorku přidáme několik kapek připraveného roztoku a v uzavřené láhvi protřepeme. Pokud se netvoří pěna a naopak vzniká zákal, jedná se o tvrdou vodu s obsahem vápenatých iontů. Stejně se projevují některé další ionty, například hořečnaté. Pro specifitější důkaz můžeme použít kyselinu šťavelovou. Ke zkoumanému roztoku přidáme několik krystalků kyseliny šťavelové. Pokud se v okolí krystalků začne pomalu vylučovat bílý zákal, roztok obsahuje vápenaté ionty.

3.6 Závěr

Výše uvedená doporučení ohledně stanovení pH v přírodních vodách a doplňující stanovení vlastností půd je vhodné kombinovat jednak podle vybavení jež máme k dispozici, dále také s ohledem na věk a schopnosti žáků. Určitě je nutné brát v úvahu i situaci na místě, vybíráme si jednotlivé úkoly s ohledem na vlastnosti vody a půdy a předpokládané výsledky. Vzhledem k tomu, že tyto vlastnosti se mění

i s ohledem na další přírodní vlivy, jako je roční období nebo množství srážek v poslední době, je vhodné si výsledky jednotlivých stanovení předem ověřit.

Bibliografie

Hrdinka, T., Šobr, M., Fott, J. & Nedbalová, L. (2013). The unique environment of the most acidified permanently meromictic lake in the Czech Republic. *Limnologica* 43, 417-426.

Kraitr, M. (1965) *Příručka pro laboratorní cvičení z analytické chemie*. PF Plzeň.

Okáč, A. (1956) *Analytická chemie kvalitativní*. Nakladatelství ČSAV Praha.

Pavel, L. a kol. (1984). *Geologie a půdoznalství*. Videopress MON.

Sáňka, M., Vácha, R., Poláková, Š. & Fiala, P. (2018). *Kritéria pro hodnocení produkčních a ekologických vlastností půd*. Ministerstvo životního prostředí.

Simon, V. & Doležal, J. (1989). *Chemická analýza kvalitativní*. Univerzita Karlova Praha.

Sýkora, V., Kujalová, H., Pitter, P. (2016). *Hydrochemie: pro studenty bakalářského studia*. VŠCHT Praha

Volka, K. a kol. (1995 (dotisk 1997)). *Analytická chemie I*. VŠCHT Praha.

Záruba, K. a kol. (2016). *Analytická chemie 1. díl*. VŠCHT Praha. ISBN 978-80-7080-950-1

Zbíral, J., Malý, J., Váňa, M. a kol. (2011). *Jednotné pracovní postupy – Analýza půd III*. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský Brno.

Zoubková, L. (2014). *Návody k laboratorním cvičením z pedologie.*

Univerzita Jan Evangelisty Purkyně Ústí nad Labem.

http://envimod.fzp.ujep.cz/sites/default/files/skripta/22e_final_tisk.pdf

k.pdf

4. Vody v okolí Plzně

Alena Šrámová, Jan Hrdlička

Na základě úvah diskutovaných ve třetí kapitole byly vytipovány lokality dosažitelné pro studenty z Plzně, které mají natolik výrazné vlastnosti, aby poskytly dostatečně odlišné hodnoty různých stanovovaných parametrů a ukázaly tak značnou rozmanitost přírodních lokalit nejen z hlediska biologie a geografie, ale také chemie.

4.1. Hromnické jezírko

Nedaleko Plzně u obce Hromnice se nachází jezírko, doslova propadlé do okolní krajiny. Před více než sto lety vzniklo samovolným zaplavením břidlicového lomu. Za příznivých podmínek vynikne jeho nápadně červené zbarvení. Dnes je jezírko nejen přírodní památkou a připomínkou bývalé významné chemické výroby, ale pro extrémní kyselost své vody velmi zajímavým přírodovědeckým stanovištěm.



Obr. 3. Pohled na Hromnické jezírko z vyhlídky

Přírodní památka Hromnické jezírko (vyhlášená 1975) se nachází na území o rozloze 12,20 ha a je zde chráněn zatopený bývalý lom na „vitriolovou“ břidlici. Geologický podklad území je tvořen chloriticko-seritickými břidlicemi. (Hrdinka et al., 2013; Laška, 1973) Ty se zde těžily od 16. století, do 18. století se z břidlic vyráběl kamenec. Ve 2. polovině 19. století se břidlice používala k výrobě tzv. dýmové kyseliny sírové, tj. olea. Horníci kopali břidlici a vršili ji na jílový podklad. Po několika letech postupně vzdušný kyslík zoxidoval pyrit na síran železnatý. Haldy potom prolévali vodou a ta prosakovala k jílovému podloží, na své cestě rozpouštěla síran železnatý a vzniklý roztok byl odváděn do nádrží. Odpařováním vznikl tzv. vitriolový kámen. Ten se dál zpracovával na v tzv. galejních pecích na kyselinu sírovou. Od roku 1880, kdy byl objeven levnější způsob výroby kyseliny sírové, byla těžba snižována a v roce 1896 byla úplně zastavena. (Kraitr et al., 2004) Po ukončení těžby došlo k zavalení odvodňovací štoly a v bezodtoké proláclině vzniklo na dně odklizu jezero, které má v současné době plochu 5 hektarů a hluboké je až 15 m. Obsahuje srážkovou vodu, která prošla haldami břidlic a je tedy obohacena především o síranové a železnaté ionty. Ty se pak postupně oxidují vzdušným kyslíkem na ionty železité. (Gaigerová, 2010) Díky tomu má voda velmi nízké pH a žije v ní jen několik druhů odolných organismů, většinou jednobuněčných. Podle různých autorů se pH pohybuje v hodnotách od 2,6 (Hrdinka et al., 2013) asi do 3,7 (Laška, 1973; Gaigerová, 2010). My jsme v povrchové vrstvě vody naměřili hodnotu 3,52. Velké rozdíly v publikovaných hodnotách pH jsou pravděpodobně důsledkem přítomnosti několika vrstev vody o rozdílných vlastnostech, které se mezi sebou za určitých podmínek

promíchávají (Hrdinka et al., 2013) a také volbou místa odběru vzorku či měření. Podle místní tradice má voda v jezírku díky vysokému obsahu síranů léčivé účinky na některé kožní problémy (Gaigerová, 2010).

Výše uvedené vlastnosti jsou dány především tím, že je jezírko bezodtoké a dochází zde k zakoncentrování rozpuštěných solí. Pro zajímavost lze uvést, že důlní voda vytékající z obdobného, dnes již opuštěného lomu na kyzovou břidlici v blízkosti Chrástu u Plzně má pH v podstatě neutrální 6,65 a obsah solí nedosahuje zdaleka tak vysokých hodnot. (Blahetová, 2014)

Haldy vytěžených břidlic jsou velmi chudé na živiny a prakticky neobsahují organické látky. Díky tomu jsou porostlé jen pionýrskými dřevinami, především břízou bělokorou (*Betula pendula*), borovicí lesní (*Pinus sylvestris*), osikou (*Populus tremula*) nebo krušinou olšovou (*Frangula alnus*). Z bylin se zde vyskytují metlička křivolaká, vřes obecný, pavinec horský, mateřídouška nebo brusnice brusinka a borůvka. (Zahradnický & Mackovčín, 2004)

4.1.1. Pracovní list Hromnické jezírko

1. Jaké **pH vody** (kyselé/ neutrální/ zásadité) očekáváte v dané lokalitě?
2. Proč si myslíte, že právě v této lokalitě je pH kyselé/ neutrální/ zásadité?
3. Změřte pH vody různými způsoby a zapište do tabulky A naměřené hodnoty.

Tabulka A

Činidlo/sonda	Naměřená hodnota pH
pH sonda	
univerzální indikátorový papírek	
roztok anthokyanů z červeného zelí	

4. Myslíte si, že voda v dané lokalitě je **tvrdá nebo měkká**?

5. Do tabulky B napište, co si myslíte, že budete pozorovat, pokud vodu odpaříte; pokud přidáte roztok thiokyanatanu draselného; pokud přidáte roztok hexykyanoželeznatanu draselného; pokud přidáte roztok barnaté soli. Následně pokusy proveďte a výsledek zapište do stejné tabulky B.

Tabulka B

Pracovní úkon	Očekávání	Pozorování
odparek		
přidání roztoku thiokyanatanu draselného		
přidání roztoku hexykyanoželeznatanu draselného		
přidání roztoku barnaté soli		

6. Jaké **rostliny** očekáváte, že budou růst v dané lokalitě. Svoji odpověď zdůvodněte.

4.2. NPR Kladské rašeliny

Oblast Slavkovského lesa se nachází mezi třemi nejznámějšími lázeňskými centry České republiky: Karlovými Vary, Mariánskými Lázněmi a Františkovými Lázněmi. Vrchovina je tvořena především krystalickými hrubozrnnými žulami krušnohorského typu. Chráněná krajinná oblast (CHKO) Slavkovský les byla vyhlášena 3. května 1974 na ploše 610 km². (Zahradnický & Mackovčín, 2004)

Nejvyšším vrcholem Slavkovského lesa je Lesný (983 m n. m.), který se nachází v západní části. Území Slavkovského lesa je lesnaté, tvořené převážně bučinami a podmáčenými smrčínami s rozlehlými rašeliništi vrchovištního typu s porosty borovice blatky (*Pinus rotundata*) a břízy pýřité (*Betula pubescens*). Ze vzácné a chráněné květeny je nejvýznačnější endemický rožec kuřičkolistý (*Cerastium alsinifolium*), vrba borůvkovitá (*Salix myrtiloides*), dále pak prha arnika (*Arnica montana*), která je i ve znaku CHKO. Zaznamenán zde je i výskyt masožravých rostlin rosnatky okrouhlolisté (*Drosera rotundifolia*) či tučnice obecné (*Pinguicula vulgaris*). (Nesvadbová & Sofron, 1992; Tájek, 2008)

Díky redukčnímu prostředí, ve kterém rašelina vzniká, dochází k velmi kyselému rozkladu a vyplavování živin. Existence rašeliniště je závislá na trvale vysokém a stabilním stavu vody (terénní deprese, bezodtoké pánve, říční či potoční nivy, prameniště, břehy rybníků, horské pláně atp.) a specifickém typu vegetace.

V oblasti osady Kladská nad Lázněmi Kynžvart jsou některá rašeliniště a s nimi související jevy dále chráněny vyhlášením národní přírodní rezervace Kladské rašeliny. Rezervace má celkem pět částí, které chrání nejvýznamnější rašeliniště v oblasti. (Chocholoušková, 2019) Z hlediska stanovení pH vody jsou zde zajímavé lokality. Jedná se především o tzv. Kyselý rybník, jehož voda má velmi nízké pH. Další možností je pak využít naučnou stezku, která vede kolem Kladského rybníka. Zde můžeme srovnat pH ve vlastním rybníce a v některém z četných malých potůčků, které do rybníka vtékají z rašeliniště (obr. 4). Rozdíl hodnot pH bývá zřetelný, obvykle jde o rozdíl 0,5 až 0,7 jednotek pH. Nelze jej ovšem zjistit jinak, než měřením s využitím pH-metru, indikátory pH založené na různých barevných sloučeninách takto malé rozdíly nemohou za obvyklých podmínek zaznamenat.



Obr. 4. Odvodňovací kanál přivádějící vodu z rašeliniště do Velkého rybníku

Ač je okolí Kladské zdánlivě prakticky nedotčenou krajinou, ve skutečnosti bylo osídleno už ve středověku a oblast byla

hospodářsky využívána. Nadmořská výška 820 m n. m. a soustava deseti rybníků ho později předurčila k pomoci s rozvojem hornictví na Slavkovsku. Protože tamní zdroje neměly dostatek vody na vypírání horniny, byla v letech 1531–36 vybudována tzv. Dlouhá stoka. Ta brala vodu právě z Kladské soustavy rybníků a přiváděla ji do Krásna a Horního Slavkova. Na svou dobu to bylo jedinečné dílo co do rozsahu i způsobu provedení a dodnes je stoka v krajině patrná v celé své délce 24 km. (Slavkovský les, n. d.)

4.2.1. Pracovní list Kladské rašeliny

1. Jaké **pH vody** (kyselé/ neutrální/ zásadité) očekáváte v dané lokalitě?

2. Proč si myslíte, že právě v této lokalitě je pH kyselé/ neutrální/ zásadité?

3. Změřte pH vody různými způsoby a zapište do tabulky A naměřené hodnoty.

Tabulka A

Činidlo/sonda	Naměřená hodnota pH
pH sonda	
univerzální indikátorový papírek	
roztok anthokyanů z červeného zelí	

4. Myslíte si, že voda v dané lokalitě je **tvrdá nebo měkká**?

5. Do tabulky B napište, co si myslíte, že budete pozorovat pokud vodu odpaříte; pokud přidáte roztok železité soli; pokud přidáte roztok jádrového mýdla. Následně pokusy proveďte a výsledek zapište do stejné tabulky B.

Tabulka B

Pracovní úkon	Očekávání	Pozorování
odparek		
přidání roztoku železité soli		
přidání roztoku jádrového mýdla		

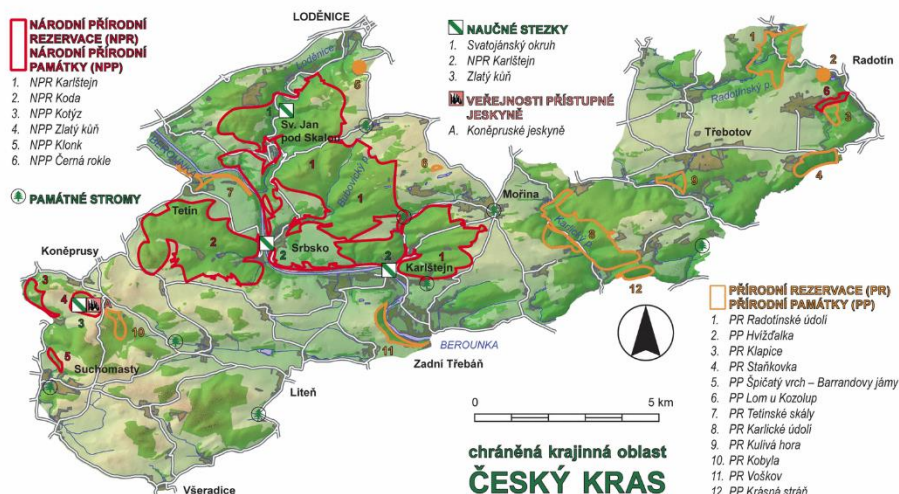
6. Jaké **rostliny** očekáváte, že budou růst v dané lokalitě. Svoji odpověď zdůvodněte.

4.3. *CHKO Český kras*

Český kras je oblast nacházející se ve Středočeském kraji mezi Prahou (Radotínem) a Berounem. Na území Českého krasu byla vyhlášena v roce 1972 chráněná krajinná oblast (CHKO) za účelem ochrany nejcennější části barrandienské pánve. (Ložek et al., 2005)

Rozsah a lokalizace CHKO Český kras je uvedeno na obr. 5. Český kras je jedinečné území z hlediska světové geologie, stratigrafie siluru a devonu a výzkumu vývoje života v těchto obdobích historie Země. Je to rovněž největší vápencové území v Čechách se zachovalými rozsáhlými plochami společenstev skalních stepí, lesostepí a listnatých lesů s velmi bohatou květenou a zvířenou. Pestrost přírody je zde

výrazně ovlivněna říčním a krasovým fenoménem. Pro mnoho druhů rostlin a bezobratlých živočichů je Český kras jediným místem jejich výskytu v Čechách (CHKO Český kras, 2023).



Obr. 5. Mapa CHKO Český kras (https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/%C4%8Cesk%C3%BD_kras_mapa.gif)

Rozsah a lokalizace CHKO Český kras je uvedeno na obr. 5. Český kras je jedinečné území z hlediska světové geologie, stratigrafie siluru a devonu a výzkumu vývoje života v těchto obdobích historie Země. Je to rovněž největší vápencové území v Čechách se zachovalými rozsáhlými plochami společenstev skalních stepí, lesostepí a listnatých lesů s velmi bohatou květenou a zvěřenou. Pestrost přírody je zde výrazně ovlivněna říčním a krasovým fenoménem. Pro mnoho druhů rostlin a bezobratlých živočichů je Český kras jediným místem jejich výskytu v Čechách (CHKO Český kras, 2023).

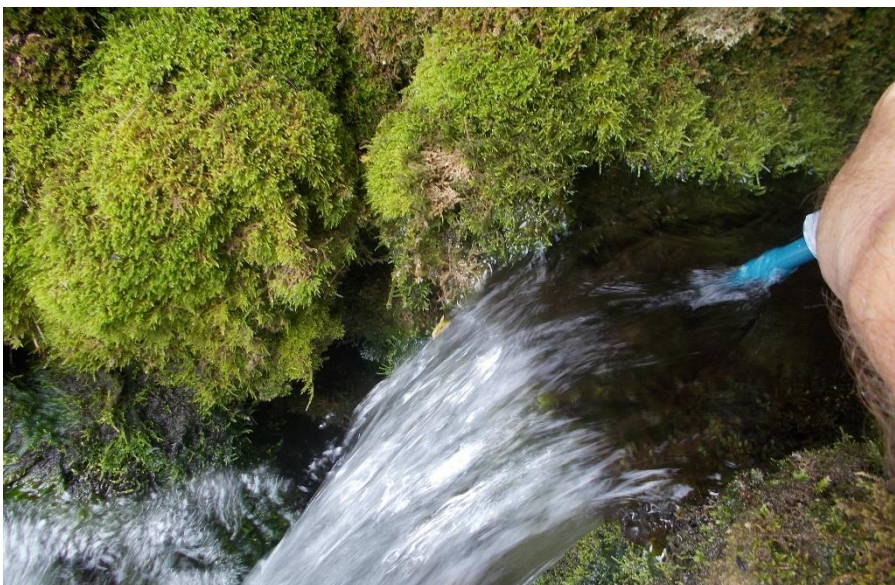
Český kras se rozkládá na usazeninových prvohorních břidlicích a vápencích. Velká pestrost místní vegetace je dána jak různorodým geologickým podkladem, členitostí krajiny a dlouhodobou lidskou činností – hospodařením v lesích a pastvou. Typicky se tu vyskytují

především teplomilné a suchomilné druhy rostlin. Na některých jižních svazích se díky velmi teplému mikroklimatu a velice mělké půdě nemohou trvale udržet dřeviny, a tak tu přetrvalo přirozené bezlesí. Proto jsou zde skalní stepi, suchomilné trávníky a mozaiky lesostepí. Několik desítek zdejších druhů patří mezi ohrožené či kriticky ohrožené. Z nejvzácnějších je včelník rakouský (*Dracocephalum austriacum*), roste na skalních stepích a skalách. Vápnomilný devaterník šedý (*Helianthemum canum*) tu má jednu ze svých pouhých dvou lokalit v Česku, také stojí za zmínku hlaváček jarní (*Adonis vernalis*) a koniklec luční český (*Pulsatilla pratensis subsp. bohemica*), zvonovec liliolistý (*Adenophora liliifolia*), kapradinka podmrsvka hadcová (*Notholaena marantae*) se schovává ve štěrbinách ultrabazických hornin s převahou hořčíku – zde roste na vyvěřelé hornině jménem pikrit. V Českém krasu se nachází i řada vzácných orchidejí jako je vstavač nachový (*Orchis purpurea*) či rudohlávek jehlancovitý (*Anacamptis pyramidalis*). (Ložek et al., 2005; CHKO Český kras, 2023)

Fauna Českého krasu je velmi bohatá. Velké zastoupení mají především živočišné druhy obývající stepi a lesostepi a druhy obývající krasové dutiny, jeskyně a štoly. Na území CHKO je v současné době potvrzen výskyt 165 zvláště chráněných druhů živočichů, z toho je 23 druhů ohrožených kriticky. Velmi významný je především výskyt letounů – netopýrů a vrápenců, kterých zde žije 21 druhů, což jsou ¾ ze všech druhů ČR. Díky přítomnosti stepí a zachovalých listnatých lesů tu žije řada jedinečných druhů bezobratlých. (Kočí & Hušková, 2017)

Nedaleko Berouna se vyskytují vápencové lomy Čertovy schody. Těžba a zpracování vápence je pro tuto lokalitu historicky významná a ovlivňuje místní faunu a floru.

V některých případech se vyvěrající vody hromadí na dnech opuštěných lomů, jindy jsou přístupné jako prameny. Díky přítomnosti uhličitanu je vyvěrající voda poměrně tvrdá, má vyšší obsah především vápenatých iontů. S tím souvisí i pH, které může dosahovat až hodnot mezi 7–8. Vodivost se pohybuje díky rozpuštěným solím ve vyšších desítkách mS/m. Jako příklad pramenů v Českém krasu lze uvést třeba vývěr Koda blízko horního Kodského mlýna (obr. 6). Tento pramen má pH asi 7,1. Jen několik kilometrů daleko v obci Sv. Jan pod skalou je další významný pramen, jehož pH těsně přesahuje hodnotu 7,0. Zajímavostí je, že poměrně vysoké pH má i řeka Berounka, která tvoří osu CHKO. Při našem experimentu byla hodnota pH vody v řece v obci Srbsko dokonce 7,2.



Obr. 6. Měření pH ve vyvěrače Koda

4.3.1. Pracovní list Český kras

1. Jaké **pH vody** (kyselé/ neutrální/ zásadité) očekáváte v dané lokalitě?
2. Proč si myslíte, že právě v této lokalitě je pH kyselé/ neutrální/ zásadité?
3. Změřte pH vody pomocí různých činidel a zapište do tabulky A naměřené hodnoty.

Tabulka A

Činidlo/sonda	Naměřená hodnota pH
pH sonda	
univerzální indikátorový papírek	
roztok anthokyanů z červeného zelí	

4. Myslíte si, že voda v dané lokalitě je **tvrdá nebo měkká**?
5. Do tabulky B napište, co si myslíte, že budete pozorovat po přidání roztoku jádrového mýdla; pokud vodu odpaříte; pokud přidáte 20% kyselinu sírovou; přidáním krystalu kyseliny šťavelové. Následně pokusy proveďte a výsledek zapište do stejné tabulky B.

Tabulka B

Pracovní úkon	Očekávání	Pozorování
odparek		
přidání roztoku 20% kyseliny sírové		
přidání krystalu kyseliny šťavelové		
přidání roztoku jádrového mýdla		

6. Jaké **rostliny** očekáváte, že budou růst v dané lokalitě. Svoji odpověď zdůvodněte.

4.4 “Návrh zahrady” – projekt s debatou

Stali jste se zahradními architekty a vaším úkolem je navrhnout zahradu v dané lokalitě. Musíte respektovat pH půdy, výskyt vzácných živočichů a rostlin a lokalizaci. Budete navrhovat zahradu o ploše 100 m² pro čtyřčlennou rodinu, která chce mít na zahradě umístěno jezírko, dětský koutek a gril. Zbylé parametry zahrady si volíte sami.

Cíl projektu:

Projekt je úzce spjat s každodenním životem žáků, otevírá jim možnost k využití běžně dostupných informací k realizaci vlastního projektu. Žáci nesou odpovědnost za svoji práci a musejí být schopni jednotlivé části návrhu uvést do souladu s dostupnými zkušenostmi a doporučeními.

Projekt je zakončen debatou, ve které se žáci učí obhájit svůj názor a výstupy své práce a zároveň hledat, zpracovávat a používat informace ke kritickému zhodnocení práce svých spolužáků.

Díky projektu dochází k rozvoji klíčových kompetencí – komunikativní, k řešení problémů, sociální a personální a k učení.

Realizace:

Časový harmonogram – 2 vyučovací hodiny – zadání + příprava zahrady, 1 hodina představení projektů, 1 hodina debata a zhodnocení.

Realizace projektu

Předpokládáme třídu s 24 studenty. Při jiných počtech studentů přizpůsobujeme velikost skupin tak, aby byl skupin sudý počet a nebylo jich více než šest.

Studenti se rozdělí do šestičlenných skupin. Učitel každé skupině přidělí “soupeřící” skupinu. Každá skupina si vybere jednu zajímavou lokalitu, na které bude realizovat zahradu (nebo může lokality skupinám přidělit učitel).

Pokyny pro studenty

Než začnete realizovat návrh zahrady, zjistěte si, jaké je pH půdy ve vaší lokalitě.

Vyhledejte informace o zásobování pitnou vodou (podzemní, městská...) a změřte pH této vody.

Zjistěte si, jak je nakládáno s užitkovou vodou v dané lokalitě. A jaké jsou přírodní zdroje vody.

Vypracujte návrh projekt zahrady a připravte si argumenty proč jste se rozhodli umístit jednotlivé prvky tak, jak jste je umístili a proč je vaše řešení **ideální**.

Následně představte svůj projekt ostatním skupinám.

Každá skupina si připraví argumenty a data pro to, proč **nelze** realizovat zahradu “soupeřící” skupiny.

Na debatu má každá dvojice skupin 10 minut (5+5 minut). Ostatní skupiny poslouchají a na závěr hlasují, která z daných skupin obhájila svůj návrh zahrady lépe.

4.5 Závěr

Bylo zpracováno několik lokalit, které připadají v úvahu k využití pro projekt zaměřený na pH. Pro každou z lokalit byla provedena stručná charakteristika, historie oblasti a byla zde provedena měření pH. Pro každý diskutovaný případ byl navržen pracovní list, který může posloužit jako základ pro zadání úkolů školního projektu zaměřeného na pH. Jako další možná aktivita je uveden projekt návrhu zahrady. Tato aktivita může navazovat na jeden z předchozích projektů pro upevnění získaných poznatků, ale lze ji použít i samostatně.

Bibliografie

- Blahetová, T. (2014). *Rozbor vody z dolu sv. Víta jako téma pro výuku chemie* [diplomová práce]. Západočeská univerzita v Plzni.
- Gaigerová, A. (2010). *Hromnické jezírko jako téma pro výuku chemie* [diplomová práce]. Západočeská univerzita v Plzni.
- Hrdinka, T., Šobr, M., Fott, J. & Nedbalová, L. (2013). The unique environment of the most acidified permanently meromictic lake in the Czech Republic. *Limnologica* 43, 417-426.
- CHKO Český kras (2023, 15. září). *Charakteristika oblasti*. <https://ceskykras.nature.cz/charakteristika-oblasti>
- Chocholoušková, Z. (2019). Slavkovský les a SOOS – exkurze. In: *Sborník – Odborný přírodovědný kemp 26. - 30. srpna 2019*
- Kočí, K. & Hušková, B. (2017). *Koncepce práce s návštěvnickou veřejností CHKO Český kras*. ACTAEA – společnost pro přírodu a krajinu, z.s.

- Kraitr, M., Sirotek, V. & Ríchtr V. (2004). Z historie termického způsobu výroby kyseliny sírové v Čechách. In: *CHEMIE XX Sborník katedry chemie Západočeské univerzity v Plzni*.
- Laška, J. (1973) Chemická exkurse na Hromnické jezírko u Plzně. In: *Chemie IX Sborník PF v Plzni*.
- Ložek, V., Kubíková, J., Špryňar, P. a kol. (2005). *Chráněná území ČR, svazek XIII. Střední Čechy*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Praha.
- Nesvadbová, J. & Sofron, J. (1992) Vegetace státní přírodní rezervace Holina ve Slavkovském lese. *Erica*, 1992(1), 9–15.
- Slavkovský les. (n. d.). *Dlouhá stoka*. <https://www.slavkovsky-les.cz/zajimava-mista-slavkovskeho-lesa/dlouha-stoka/>
- Tájek, P. (2008). *Křížky a Upolínová louka pod Křížky*. Mariánské Lázně: ZO ČSOP Kladská.
- Zahradnický, J. & Mackovčín, P. (eds.) a kol. (2004). *Chráněná území ČR, svazek XI. Plzeňsko a Karlovarsko*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno.

5. Testování pH vody (různé techniky a metody v závislosti na věku žáků)

Jitka Štrofová, Marcela Doležálková, Milan Klečka

5.1. Definice pH

Voda může mít více různých přívlastků, voda povrchová, podzemní, mořská, srážková, minerální, pitná, užitková atd. Ve všech uvedených příkladech jsou však kromě molekul vody přítomny i molekuly dalších rozpuštěných látek. Z toho důvodu se nejedná o chemicky čisté látky, ale v podstatě o vodné roztoky. Rozpuštěné látky a jejich množství ovlivňují vlastnosti a využití daného druhu vody. Za chemicky čistou vodu, tedy látku obsahující pouze molekuly H₂O, můžeme považovat vodu destilovanou nebo demineralizovanou.

Voda je nezbytná pro existenci života na Zemi. Je důležitá pro všechny organismy a pro člověka samozřejmě také. Tělo dospělého člověka je průměrně tvořeno ze 60 % právě vodou, její obsah se mění s věkem, největší podíl je u dětí (novorozenec 75–80 %) a postupně se snižuje, ve stáří může tvořit 45–50 % tělesné hmotnosti (Masopust & Průša, 2004). Ve vodě je rozpustná většina živin, je vhodným prostředím pro řadu dějů probíhajících v lidském organismu, roli hraje také při termoregulaci. Vlastnosti vody mají vliv na rovnováhu celého organismu a tím na naše zdraví. Jednou z těchto vlastností je pH, které vyjadřuje kyselost či zásaditost daného prostředí.

Kyselost či zásaditost roztoku závisí na obsahu iontů H₃O⁺ a OH⁻. Je-li v roztoku koncentrace H₃O⁺ vyšší než koncentrace OH⁻, je tento roztok kyselý. V zásaditém roztoku naopak převažují ionty OH⁻. Jsou-li koncentrace obou iontů stejné, jedná se o roztok neutrální. Jaká je

situace v případě chemicky čisté vody? Voda je slabý elektrolyt, což znamená, že velmi malá část molekul H_2O se štěpí na ionty a ve vodě probíhá tzv. autoprotolýza:



Mezi ionty a nedisociovanými molekulami se ustavuje rovnováha (Novák et al., 2005). Stejně jako pro jakoukoliv jinou rovnováhu, lze i pro tuto reakci pomocí aktivit (a) vyjádřit rovnovážnou konstantu K .

$$K = \frac{a_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot a_{\text{OH}^-}}{a_{\text{H}_2\text{O}}^2}$$

Aktivita i -té látky a_i je definována následujícím vztahem

$$a_i = \frac{c_i}{c^{\text{st}}} \cdot \gamma_i$$

kde c_i je molární koncentrace i -té látky, c^{st} standardní koncentrace, $c^{\text{st}} = 1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ a γ_i je aktivitní koeficient i -té látky, který vyjadřuje odchylky od ideálního chování. V případě nízkých koncentrací ($c_i \rightarrow 0$) se aktivitní koeficient blíží k jedné.

Vzhledem k tomu, že molekuly vody jsou oproti iontům ve velkém nadbytku, je její aktivita rovna jedné. Takto získaná rovnovážná konstanta se označuje jako iontový součin vody K_V .

$$K_V = a_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot a_{\text{OH}^-}$$

Koncentrace iontů H_3O^+ a OH^- jsou velmi nízké, proto můžeme aktivity obou iontů nahradit přímo jejich koncentracemi (c).

$$K_V = c_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot c_{\text{OH}^-}$$

V čisté vodě jsou koncentrace obou iontů stejné a roztok je neutrální. Při teplotě $25 \text{ }^\circ\text{C}$ je koncentrace H_3O^+ i OH^- $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ a hodnota

iontového součinu vody pak má hodnotu 10^{-14} . Z praktických důvodů byla zavedena logaritmická stupnice a pH, které je definováno:

$$\text{pH} = -\log a_{\text{H}_3\text{O}^+}$$

Zohledníme-li vztah mezi aktivitou H_3O^+ a jeho koncentrací, bude pro pH platit následující vztah

$$\text{pH} = -\log c_{\text{H}_3\text{O}^+}$$

Obdobně pro pOH a $\text{p}K_{\text{v}}$ platí:

$$\text{pOH} = -\log c_{\text{OH}^-}$$

$$\text{p}K_{\text{v}} = -\log K_{\text{v}}$$

Pokud platí, že $c(\text{H}_3\text{O}^+) = c(\text{OH}^-)$, je $c(\text{H}_3\text{O}^+) = 10^{-7} \text{ mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ a $\text{pH} = 7$. Obecně se uvádí, že roztoky kyselá mají $\text{pH} < 7$, zásadité $\text{pH} > 7$. Roztoky, jejichž $\text{pH} = 7$, se označují jako neutrální. Měli bychom si ale uvědomit, že každá rovnovážná konstanta je závislá na teplotě. Nejinak je tomu i v případě iontového součinu vody. Při teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$ má hodnotu $1,25\cdot 10^{-15}$ a při teplotě $100 \text{ }^\circ\text{C}$ hodnotu $9,81\cdot 10^{-13}$. Z toho důvodu i pH závisí na teplotě. Konstatování, že neutrální roztok má $\text{pH} = 7$, je pravdivé pro teplotu $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Při teplotě $0 \text{ }^\circ\text{C}$ bude mít neutrální roztok $\text{pH} = 7,45$ a při teplotě $100 \text{ }^\circ\text{C}$ to bude 6. Vzhledem k tomu, že závislost pH na teplotě není příliš strmá, budou odchylky pH roztoků při teplotách $25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ zanedbatelné.

5.2. pH vody ve výuce na ZŠ a SŠ

Jak již bylo uvedeno v předchozí kapitole, je voda nezbytnou podmínkou života všech organismů. Člověk se s ní setkává v různých podobách od narození a používá ji v běžném životě každý den. Z toho důvodu je součástí výuky již na prvním stupni ZŠ (NPI, 2021) v předmětu prvouka (1.–3. ročník) a přírodověda (4.–5. ročník). Výuka vychází ze zkušeností žáků z běžného života, postupuje se

od konkrétních pojmů k obecnějším. Do značné míry je založena na praktických činnostech samotných žáků. V tématu voda a její druhy se nabízí zařazení jednoduchých pokusů s vodou, aby si žáci uvědomili, že „není voda jako voda“.

K porovnání různých druhů vod můžeme využít právě pH, jehož hodnota se liší podle obsahu rozpuštěných látek. Někteří žáci se s pojmem pH již mohli setkat např. v reklamě, v souvislosti s akvaristikou nebo péčí o vodu v domácím bazénu. Samotný pojem je pro žáky příliš abstraktní a pro jeho pochopení nemají dostatečné znalosti. Mohou mít ale praktické zkušenosti např. s určováním hodnoty pH pomocí indikátorových papírků. Pro tuto věkovou kategorii žáků doporučujeme k porovnání různých druhů vody využít acidobazické indikátory ve formě roztoků nebo indikátorových papírků. Můžeme využít komerčně dodávané indikátory ve formě roztoků nebo indikátorových papírků. Můžeme si ovšem připravit i vlastní indikátor z přírodních materiálů. Osvědčený je univerzální indikátor z červeného zelí (viz kap. 5.3.2).

Na druhém stupni ZŠ se s pojmem pH žáci seznamují v rámci předmětu chemie (8.–9. ročník). Definice pH, jak je uvedena v kap. 5.1, se pochopitelně nezavádí. Žáci by měli chápat rozdíl mezi kyselým, neutrálním a zásaditým roztokem, měli by vědět, jaké pH takové roztoky mohou mít a měli by umět prakticky použít stupnici pH k určení kyselosti či zásaditosti daného roztoku. V této věkové kategorii lze k určení pH použít jak acidobazické indikátory, tak pH-metry.

Se zjednodušenou definicí pH pomocí koncentrací iontů H_3O^+ a OH^- , autoprotolýzou vody a iontovým součinem vody se žáci setkávají až

na střední škole, a to v podstatě pouze na gymnáziích (edu.cz, 2021), středních školách s chemickým zaměřením nebo na vybraných oborech s vyšší hodinovou dotací chemie, jako jsou např. některé zdravotnické nebo veterinární obory.

5.3. Jaké pH má voda – experimentální část

V následujícím textu jsou popsány jednoduché experimenty, při nichž žáci porovnávají různé vzorky vody na základě pH. Jsou zde uvedena doporučení týkající se výběru vzorků, postup přípravy indikátoru z červeného zelí, interpretace získaných výsledků a náměty na zařazení do výuky pro různé věkové kategorie žáků.

5.3.1. Vzorky vody

Optimální počet vzorků vody je 5-7. Vždy by mezi nimi měl být vzorek pitné vody (z veřejné vodovodní sítě nebo z vlastní studny), destilované vody, vody sycené CO₂ a několika neperlivých minerálních vod. Ty vybíráme tak, aby se v nich výrazně lišil obsah jednotlivých iontů. My jsme měli k dispozici tyto minerální vody: Mattoni, Magnesia (obě výrobce Mattoni 1873, a.s.) a Zaječická hořká (výrobce BHMW – Bohemia Healing Marienbad Waters a.s.), vše v PET lahvích. Obsah iontů v použitých minerálních vodách je uveden v tabulce 4, zpracované dle výběru z chemické analýzy výrobce. V případě vody sycené oxidem uhličitým můžeme použít libovolnou balenou perlivou vodu, ale ideální je, když ji můžeme čerstvě připravit z pitné vody s použitím sifonové lahve a bombiček s CO₂.

Tab. 4. Obsah iontů ve vybraných minerálních vodách (zpracováno dle údajů na obalu)

	Mattoni [mg/l]	Magnesia [mg/l]	Zaječická hořká [mg/l]
Kationty			
Li ⁺			4,420
Na ⁺	69,900	5,200	1 550,000
K ⁺			768,000
Mg ²⁺	25,000	172,000	5 260,000
Ca ²⁺	84,500	35,700	487,000
Zn ²⁺			0,036
Anionty			
F ⁻			3,790
Cl ⁻	12,000		279,000
Br ⁻			1,550
I ⁻			0,778
SO ₄ ²⁻	40,000	10,200	23 100,000
HCO ₃ ⁻	528,000	950,000	2 590,000

V destilované vodě se rozpouští CO₂ ze vzduchu, proto je její pH mírně kyselé. Abychom se přiblížili neutrálnímu pH, musíme destilovanou vodu převařit, a ještě za horka přelít do menší baňky. Baňku plníme až po okraj a ihned uzavřeme zátkou, abychom zabránili přístupu vzduchu a tím i CO₂. Převařenou destilovanou vodu zchladíme pod tekoucí vodou. Takto připravený vzorek použijeme k vlastnímu měření pH. To musíme provést co nejrychleji, aby se ve vodě nerozpustilo další množství oxidu uhličitého, které by vedlo ke snížení pH.

5.3.2. Příprava acidobazického indikátoru z červeného zelí

Acidobazický indikátor z červeného zelí můžeme připravit dvěma způsoby (Richtr, 1993; Richtr et al., 2008). První možnost je list čerstvého červeného zelí povařit 10-15 minut ve vodě. Takto získaný výluh je po ochlazení určený k okamžité spotřebě.

Časově náročnější, avšak trvanlivější, je příprava lihového extraktu. Červené zelí nakrájíme na malé kousky, nasypeme do skleněné nádoby, zalijeme lihem a uzavřeme. Zelí necháme několik dní louhovat na chladném a tmavém místě. Poté lihový extrakt slijeme do tmavých lahví a dobře uzavřeme. Takto připravený indikátor můžeme uchovávat i po několik let v mrazáku nebo lednici.

Další možnou variantou je příprava vlastních indikátorových papírků. Arch filtračního papíru napustíme lihovým extraktem a necháme volně sušit na vzduchu. Po vysušení arch nastříháme na úzké proužky, které skladujeme na suchém a tmavém místě.

Při určování pH roztoků pomocí indikátoru z červeného zelí budeme potřebovat barevnou škálu (viz obr. 7). Doporučujeme ji ihned po vytištění zalaminovat, abychom ji mohli použít opakovaně. Při pokusech využijeme také barevnou stupnici pro univerzální indikátor, která je na obr. 8.



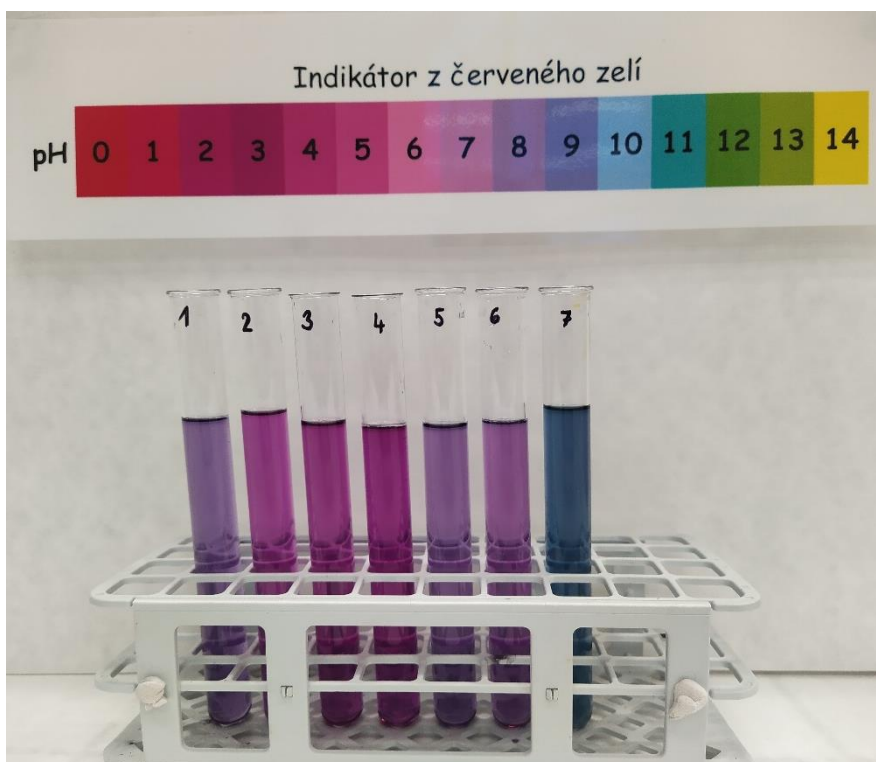
Obr. 7 Barevná škála acidobazického indikátoru z červeného zelí



Obr. 8. Barevná škála univerzálního acidobazického indikátoru

5.3.3. Určování pH s využitím acidobazických indikátorů

Pro tento experiment budeme potřebovat sadu zkumavek, stojánek na zkumavky, kádinku (50 cm³), plastovou pipetu (1 cm³), skleněnou tyčinku, vzorky vody (viz kap. 5.3.1), indikátor z červeného zelí, univerzální indikátorové papírky, barevnou škálu indikátoru z červeného zelí a univerzálního indikátoru a lihový fix.



Obr. 9. Vzorky vody po přidání indikátoru z červeného zelí

1 – pitná voda, 2 – destilovaná voda, 3 – destilovaná voda převařená,
4 – voda sycená CO₂, 5 – Mattoni, 6 – Magnesia, 7 – Zaječická hořká

Do očíslovaných zkumavek nalijeme jednotlivé vzorky vody. Zkumavky plníme asi do jedné poloviny až dvou třetin, hladina by ve všech zkumavkách měla sahat přibližně do stejné výše. Indikátor z červeného zelí odlijeme do kádinky. Plastovou pipetou přidáme ke každému vzorku 1 cm³ indikátoru. Pozorujeme zbarvení

jednotlivých vzorků a podle přiložené barevné stupnice se pokusíme určit, který vzorek vody je mírně kyselý, neutrální nebo mírně zásaditý. Zbarvení jednotlivých vzorků vody po přidání indikátoru z červeného zeli je patrné z obr. 9.

Celý postup můžeme zopakovat, ale místo indikátoru z červeného zeli použijeme univerzální indikátorový papírek.

5.3.4. Měření pH vody pH-metrem

K měření pH různých vzorků vody potřebujeme pH-metr, my jsme používali pH-metr Vernier (PH-BTA), který jsme připojili přes rozhraní Go!Link k notebooku s nainstalovaným softwarem Logger Lite nebo Logger Pro (vše Vernier). Dále potřebujeme sadu zkumavek (volíme širší zkumavky, aby se do nich vešlo čidlo na měření pH), stojánek na zkumavky, kádinku (250–300 cm³), stříčku s destilovanou vodou, filtrační papír, nůžky, pufrы ke kalibraci pH-metru (pH 4–8) a samozřejmě vzorky vody stejné jako v pokusu popsáném v předchozí kapitole.

Nejprve provedeme kalibraci pH-metru (Hagarová, 2015). Spustíme program Logger Lite (Logger Pro), na kartě *Experiment* zvolíme *Kalibrovat* a následně *pH*. Do dvou označených zkumavek nalijeme vzorky pufrů. Měření spustíme tlačítkem *Kalibrovat teď*. Senzor vyjmeme ze skladovacího roztoku, omyjeme destilovanou vodou, osušíme filtračním papírem a ponoříme ho do zkumavky s prvním pufrém. Hodnotu pH prvního pufru zapíšeme do tabulky *Nastavení senzorů* a hodnotu uložíme tlačítkem *Uchovat*. Senzor znovu opláchneme destilovanou vodou, osušíme a celý postup opakujeme s druhým pufrém. Kalibraci ukončíme volbou *Hotovo*. V nouzovém případě můžeme kalibraci provést pouze s jedním pufrém, v tom

případě v tabulce *Nastavení senzorů* zaškrtneme políčko *Jednobodová kalibrace*.

Před samotným měřením musíme ještě nastavit parametry sběru dat. Na kartě *Experiment* zvolíme *Sběr dat*, vybereme mód *Události se vstupy* a doplníme název sloupce (Vzorek). Nastavení ukončíme tlačítkem *Hotovo*.

Do očíslovaných zkumavek rozlijeme vzorky vody, zkumavky plníme zhruba do poloviny. Vlastní měření zahájíme zeleným tlačítkem *Sběr dat* na horní nástrojové liště. Sensor ponoříme do zkumavky s prvním vzorkem. Na obrazovce se zobrazí hodnota jeho pH. Pro uložení aktuální hodnoty pH stiskneme na horní nástrojové liště modré tlačítko *Zachovat*. Otevře se okno, do kterého zapíšeme číslo daného vzorku a potvrdíme *OK*. Sensor opláchneme destilovanou vodou, osušíme filtračním papírem a celý postup opakujeme se všemi vzorky. Celou sérii měření ukončíme červeným tlačítkem *Ukončit*.

Tab. 5. Naměřené hodnoty pH různých vzorků vody

Vzorek	pH
Pitná voda	6,51
Destilovaná voda	6,38
Destilovaná voda převařená	7,00
Voda sycená CO ₂	5,17
Mattoni	6,67
Magnesia	6,45
Zaječická hořká	7,53

5.4. Závěr

Výše popsané experimenty jsou časově a materiálově nenáročné. Jsou bezpečné, jednoduché na provedení, bez problémů je zvládnou i žáci

na ZŠ. Při zařazení uvedených pokusů, ale hlavně při interpretaci jejich výsledků, je třeba zvážit věk žáků, jejich znalosti, vědomosti a dosavadní zkušenosti z praktického života.

Pro žáky na prvním stupni ZŠ by bylo možné v rámci tématu Voda použít zjednodušenou variantu pokusu 5.3.3. V tomto případě vynecháme vzorek převařené destilované vody a také není nutné uvádět pojem pH. Žáci by si na základě různého zbarvení indikátoru z červeného zelí ve vybraných vzorcích měli uvědomit, že existuje více druhů vody, které se liší svým složením.

Žáci druhého stupně ZŠ se s pojmem kyselý, neutrální a zásaditý roztok setkávají v rámci výuky chemie. Experimenty s vodou by měly být zařazeny až po vysvětlení základních pojmů a praktických ukázkách určování pH vybraných roztoků různých látek, se kterými se mohou žáci setkat v běžném životě (Štrofová & Vonešová, 2012), např. různé nápoje nebo úklidové prostředky v domácnosti a podobně. Rozhodneme-li se uvedené pokusy s vodou zařadit do výuky, položíme v úvodu hodiny žákům otázku, jaké si myslí, že bude mít voda pH. Svůj počáteční odhad si mohou nejdříve ověřit pomocí indikátoru. Vzhledem k nepatrným rozdílům ve zbarvení jednotlivých vzorků bude hodnota pH pouze orientační a bude třeba ji zpřesnit následným měřením pH-metrem. V tomto případě doporučujeme zařadit měření pH převařené destilované vody. To může provést pouze jedna skupina žáků nebo samotný učitel. Důvodem je skutečnost, že je třeba pH změřit okamžitě po otevření lahve s tímto vzorkem, abychom zabránili rozpouštění CO₂ v daném vzorku vody. Měření můžeme po chvíli opakovat a obě hodnoty porovnat, dojde k mírnému snížení pH. Tím

můžeme vysvětlit skutečnost, že ani destilovaná voda nemá $\text{pH} = 7$, jak by se dalo očekávat.

Studenti na SŠ by měli být schopni oba experimenty provést bez větších problémů v plném rozsahu. Rozdíly pH mezi jednotlivými vzorky by měli dokázat vysvětlit sami na základě porovnání pH daného roztoku a v něm rozpuštěných látek. Využit mohou složení minerálních vod, které uvádí výrobce na obalu.

Při hledání odpovědi na otázku „Jaké pH má voda?“ musíme již předem počítat s tím, že rozdíly mezi jednotlivými druhy vody budou minimální. Použijeme-li acidobazický indikátor, nebudou barevné změny příliš výrazné. Jak vyplývá z výsledků měření, pohybují se hodnoty pH v rozpětí 5–8. Přitom se ke krajním hodnotám blíží jen dva vzorky, a to voda sycená oxidem uhličitým a minerální voda Zaječická hořká. Množství rozpuštěného oxidu uhličitého rozhoduje o tom, jak moc bude daný roztok kyselý. V případě vody sycené CO_2 se pH blíží k hodnotě 5. Oxid uhličitý je také příčinou toho, že i destilovaná voda je mírně kyselá. Jak již bylo popsáno v kap. 5.3.1, je dosažení neutrálního pH destilované vody problematické. Naopak vzorek, jehož pH se významněji liší od ostatních, je minerální voda Zaječická hořká. Její pH je kolem 7,5. Příčinou je velké množství rozpuštěných solí, především obsah hořečnatých a také sodných iontů je výrazně vyšší než u dalších dvou minerálních vod (viz tab. 5). U všech ostatních vzorků se pH pohybuje ve velmi úzkém rozpětí 6–7.

Bibliografie

edu.cz (2021). *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia*. MŠMT.
<https://www.edu.cz/rvp-ramcove-vzdelavaci-programy/ramcove-vzdelavaci-programy-pro-gymnazia-rvp-g/>

Hagarová, M. (2015). *Praktické úlohy zaměřené na protolytické reakce a jejich aplikace ve výuce chemie* [Diplomová práce]. Západočeská univerzita v Plzni.

Masopust, J. & Průša, R. (2004). *Patobiochemie metabolických drah* (s. 170-171). Univerzita Karlova.

Novák, J., Bartovská, L., Cibulka, I., Dohnal, V., Chuchvalec, P., Kolafa, J., Malíjevský, A., Matouš, J., Řehák, K., Šobr, J. & Voňka, P. (2005). *Fyzikální chemie: bakalářský kurz*. VŠCHT Praha.

NPI, Národní pedagogický institut České republiky (2021). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání 2021*. <https://www.npi.cz/ramcove-vzdelavaci-programy-zakladni-vzdelavani>.

Richtr, V. (1993). Atraktivní pokusy ve výuce chemie. In *Chemie XIV* (s. 65-81). Západočeská univerzita v Plzni.

Richtr, V., Štrofová, J. & Kraitr, M. (2008). Atraktivní pokusy ve výuce chemie V. In *Chemie XXII* (s. 65-75). Západočeská univerzita v Plzni.

Štrofová, J. & Vonešová, S. (2012). Kyselé a zásadité roztoky. In *Enviroexperiment. Metodické materiály Chemie 2. stupeň ZŠ*. Západočeská univerzita v Plzni.

6. pH vody – rostliny a živočichové v ní žijící, pH vody a rybníční ekosystémy

Jindřich Duras, Zdeňka Chocholoušková, Vladimír Sirotek

Hodnota pH patří k základním parametrům charakterizujícím vodní prostředí. Na příkladu Velkého boleveckého rybníka, kde od roku 2006 probíhá projekt zaměřený na zlepšení kvality vody, je snaha ukázat nejen působení pH na život v rybníce, ale také vliv biotických (fotosyntéza, respirace) a abiotických (kyselá podzemní voda) faktorů na utváření acidobazické rovnováhy ve vodě. Ve vodních ekosystémech je provázanost organismů a jejich prostředí velmi těsná, proto se změna jednoho parametru děje vždy se změnami parametrů dalších. Z výsledků je zřejmé, že jakkoli jsou základní principy obecně platné, chování každého ekosystému je specifické a nelze jej jednoduše generalizovat.

6.1. Úvod

Při snaze porozumět procesům ve vodním prostředí je třeba nejen si všimnout vlivu fyzikálních a chemických faktorů na druhové složení či prosperitu společenstev vodních organismů, ale je nezbytné vidět i proces opačný: vodní organismy mají schopnost měnit prostředí, ve kterém žijí. To platí i pro acidobazickou rovnováhu, která je nejčastěji charakterizována hodnotou pH a nejlépe současně i hodnotou $KNK_{4,5}$ (kyselinová neutralizační kapacita do pH 4,5), která vypovídá o odolnosti proti změnám pH (záleží dominantním způsobem na obsahu uhličitanů a hydrogenuhličitanů ve vodě).

Vzhledem k hodnotě pH vody jsou rozlišovány na jedné straně organismy acidofilní na druhé bazofilní a zároveň nás zajímá, zda se jedná o druhy euryekní (polyvalentní, snášející široké spektrum

podmínek) či stenoekní (stenovalentní, tolerující pouze úzké rozmezí vybraných parametrů prostředí). Například rašeliništní rostliny (Navrátilová & Navrátil, 2005) jsou vázány na nízké pH vody. Nároky rostlin na pH prostředí jsou uvedeny v publikaci Indikační hodnoty rostlin Střední Evropy (Ellenberg et al., 2001). Stenovalentní druhy jsou pak použitelné pro indikaci podmínek prostředí, oproti druhům euryvalentním.

Vodní organismy působí na acidobazickou rovnováhu ve vodách vícero způsoby, ale zdaleka nejvýznamnější jsou dva: fotosyntéza a respirace (např. Kalf, 2002).

Fotosyntetizující vodní organismy spotřebovávají CO_2 rozpuštěný ve vodě, čímž se pH zvyšuje a uhličitan-hydrogenuhličitanový systém se posunuje směrem ke tvorbě uhličitanů, které se mohou v tvrdých uhličitanových vodách dokonce srážet do pevné fáze. V učebnicích hydrobiologie je často citovaným příkladem negativní zpětné vazby situace, kdy intenzivní fotosyntézou fytoplanktonu dojde ve vodním sloupci k precipitaci uhličitanu vápenatého, přičemž jeho část začne krystalizovat na vnějších strukturách buněk fytoplanktonu, které zatíží a donutí odsedimentovat na dno. Zároveň dojde ke koprecipitaci rozpuštěných fosforečnanů, takže eufotická vrstva se silně ochudí jak o buňky fytoplanktonu, tak o fosfor, tedy klíčovou živinu. Z vody se silným vegetačním zákalem se stane voda průhledná. Zvyšování hodnoty pH fotosyntézou je i faktorem kompetice jednotlivých druhů fytoplanktonu o anorganický uhlík (CO_2) – platí, že druhy adaptované na nadbytek dostupných živin, tedy na život při vysokých hodnotách pH, jsou schopné využívat i hydrogenuhličitanu a částečně i uhličitanu jako zdroj uhlíku. A nezbyvá než doplnit hledisko hygienické:

pro koupání je optimální voda s pH v kyselé oblasti, protože pokožka a sliznice jsou samy o sobě kyselým prostředím a zásadité prostředí jim nedělá dobře. Pro koupání se doporučuje pH do hodnoty 9,0. Sinicové vodní květy ale dokáží zvýšit hodnotu pH na 11 či dokonce ještě o několik málo desetin více.

Respirace (dýchání) je proces, při němž se uvolňuje CO₂. Tím se snižuje hodnota pH a uhličitany se rozpouštějí. Respirují jednotlivé organismy, včetně fytoplanktonu a vodních rostlin, ale za respiraci můžeme označit i procesy mineralizace (rozkladu) organických látek ve vodním ekosystému heterotrofy, především bakteriálními společenstvy. Míra respirace daného ekosystému záleží především na dostupnosti snadno rozložitelných organických látek. Ty se do vodního prostředí mohou dostat buď zvenčí (spadané listí, odpadní vody) nebo vznikají za dostatku živin fotosyntézou přímo ve vodních ekosystémech v podobě biomasy planktonu, nárůstu či makrofyt a mineralizovány jsou odumřelé organismy.

Jako praktický příklad vztahu mezi vodními organismy a jejich prostředím jsou prezentovány výsledky získané zejména při monitoringu Velkého boleveckého rybníka v Plzni.

6.2. Metody a lokalita

Terénní průzkum flóry Velkého boleveckého rybníka byl prováděn v letech 2015–2022 během vegetační sezóny od dubna do října. Vodní makrofyta byla zkoumána broděním v mělké vodě, pozorováním z lodi s využitím polarizačních brýlí (hrubé měřítko rozsahu porostů), akvaskopu (podrobnější rozlišení druhového složení porostu). Často byla využívána metoda potápění na nádech, kdy lze vyhledávat řidčeji zastoupené druhy rostlin a odebírat jejich vzorky k detailní determinaci

a pořizovat fotodokumentaci. Podrobný průzkum z lodi s potápěním probíhal v měsících červenec a srpen, vždy v několika termínech (viz Chocholoušková & Duras, 2015–2022). Botanická nomenklatura byla sjednocena podle Klíče ke květeně České republiky (Kaplan et al., 2019).

Jakost vody je dlouhodobě sledována vodohospodářskou laboratoří státního podniku Povodí Vltavy. Odběr vzorků se provádí obvykle z požeráku, vzorkovačem na 3 m dlouhé teleskopické tyči, odběry ve vertikále se provádějí hloubkovým vzorkovačem typu Friedinger, základní měření v celém vodním sloupci (teplota, pH, konduktivita, koncentrace rozpuštěného kyslíku) se prováděly přímo v terénu multiparametrickou sondou. Průhlednost vody byla měřena Secchiho deskou.

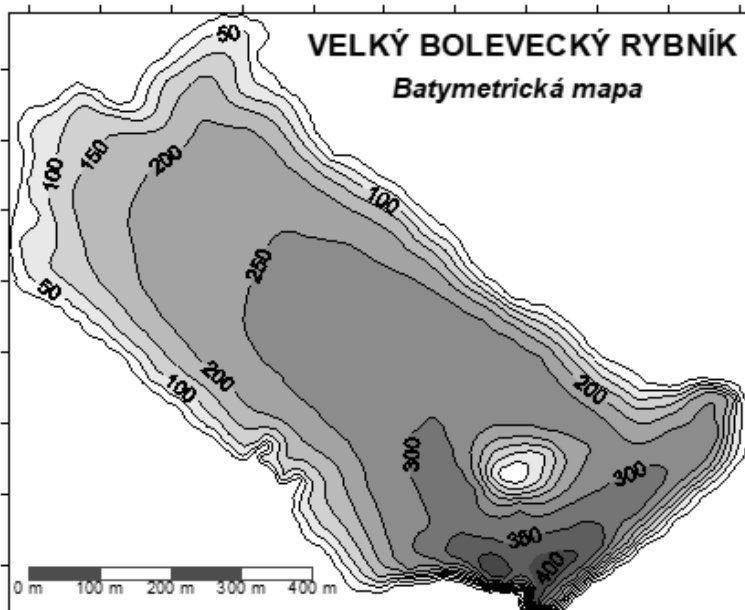
Lokalita

Velký bolevecký rybník (43 ha) leží na severovýchodním okraji města Plzně. Je posledním a největším rybníkem v Bolevecké rybníční soustavě. Povodí je budováno neúživnými rozpadavými pískovci, takže komunikace rybníků s podzemní vodou je běžná a důležitá věc: přirozené živinové pozadí pro povrchové i podzemní vody je velmi nízké. Hloubkové poměry ve Velkém boleveckém rybníce ukazuje mapka na obr. 10. Rybník má tvar umyvadla s poměrně strmými břehy (písčité až tvrdé dno) a s rozsáhlou téměř vodorovnou plochou dna (bahnitý sediment).

Celá soustava patří do kategorie málo úživných (mezotrofních) rybníků, kde se nikdy intenzivně rybářsky nehospořádalo. Ve Velkém boleveckém rybníce, který podlehl sinicím až kolem roku 2000, byl v roce 2005 zahájen projekt zlepšení kvality vody založený na principu

biomanipulace (redukce rybí obsádky, podpora submerzní vegetace) a ekotechnologie (aplikace hlinitého koagulantu kvůli omezení dostupnosti fosforu pro vodní biotu), který vedl k ústupu sinic a fytoplanktonu obecně a k výraznému zvýšení průhlednosti vody (Duras, 2006; Chocholoušková & Duras, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021 a 2022). Aplikační přípravky byly velmi kyselé (PAX na bázi chloridu a síran hlinitý), takže jednak snižovaly hodnotu pH a jednak vyčerpávaly přirozenou pufrční schopnost charakterizovanou alkalitou, tedy $KNK_{4,5}$.

Rybník po sérii zásahů přešel od dominance fytoplanktonu k dominanci ponořené vegetace, která začala mít v průhledné vodě výborné světelné podmínky pro svůj růst: většina plochy dna leží v hloubce 1,5–3,0 m (obr. 10). V některých letech (např. 2013) došlo ke hromadnému úhynu vodního moru (*Elodea nuttalli*) s následným rozkladem jeho biomasy, což dramaticky měnilo poměr fotosyntézy a respirace v rybníce. Od roku 2013 byla fytomasa submerzní vegetace sklízena speciální vyžínací lodí s proměnlivou intenzitou, což se nutně odráželo v intenzitě fotosyntézy. Velký bolevecký rybník tedy prodělával – z pohledu spotřeby a produkce CO_2 – velmi různé situace. V sérii suchých let od roku 2015 docházelo k silnému zaklesávání hladiny a kritická situace trvala i ve srážkově příznivějších letech 2020–2022. Tím se výrazně posílil vliv infiltrující podzemní vody: kyselé, železité a s vysokým obsahem síranů a vápníku. Hydrologická bilance byla od září 2020 zlepšována čerpáním upravené vody z řeky Berounky, která je neutrální až mírně alkalická. Velký bolevecký rybník tak zasáhly zásadní změny acidobazických poměrů i vlivem vnějších faktorů.



Obr. 10. Velký bolevecký rybník – batymetrická mapka. Hloubka je udána v cm, vztaženo k rovině hrany přelivu. Podle Duras, 2004.

Z uvedeného je zřejmé, že pro demonstraci proměnlivosti acidobazické rovnováhy ve vodě je Velký bolevecký rybník velmi vhodnou lokalitou.

6.3. Výsledky

Pro tento článek byly vybrány parametry, které nejtěsněji váží na vývoj hodnoty pH. Průhlednost vody vypovídá nejen o stavu fytoplanktonu, ale také o světelném klimatu pod hladinou, které ovlivňují růst submerzní vegetace. Koncentrace chlorofylu a charakterizuje fotosynteticky aktivní biomasu fytoplanktonu, tedy řas a sinic. Jako Ca + Mg se označuje celková tvrdost vody, tedy sumární obsah vápníku a hořčíku, přičemž nezáleží na aniontu. Hodnota $KNK_{4,5}$ ale záleží pouze na tvrdosti uhličitanové.

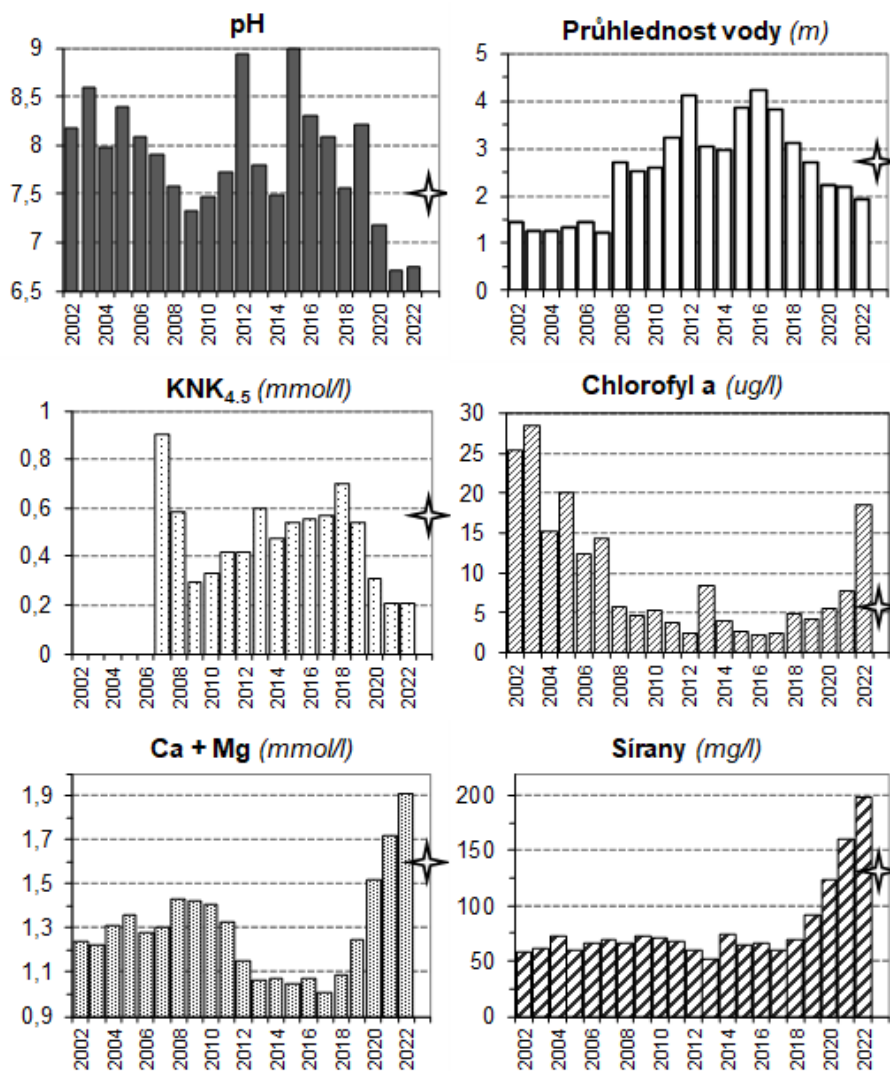
Dlouhodobý vývoj

Ponořená vegetace započala svoji éru v rybníce růstem několika druhů: parožnatek (*Nitella flexilis*), stolítku klasnatého (*Myriophyllum spicatum*), vodního moru kanadského (*Elodea canadensis*) – postupně se prosadil zřejmě i vodní mor americký (*E. nuttallii*), dále byl přítomen rdest kadeřavý (*Potamogeton crispus*) lakušník štítnatý (*Ranunculus peltatus*), několik druhů tenkolistých rdestů, úpory (*Elatine* sp. div.) a další. V posledním desetiletí se objevila morovinka hustolistá (*Egeria densa*), zavlečená sem zřejmě z akvária a k dominanci se dostával růžkatec ostnitý (*Ceratophyllum demersum*). Grafy vývojových trendů vybraných parametrů jakosti vody (obr. 11) jsou svými pestrými průběhy zajímavé už na první pohled.

Období „předbiomanipulační“, do roku 2005 včetně + další dva roky, kdy projekt už probíhal, ale ekosystém ještě setrval v původním stavu a žádné významnější změny se neprojevovaly. pH vody bylo v režii fytoplanktonu, jakkoli jeho množství bylo v porovnání s dnešními produkčními rybníky 3x–10x nižší. Poměrně dobře je vidět, že v letech s vyšší biomasou fytoplanktonu (koncentrace chlorofylu a charakterizuje jeho fotosynteticky aktivní biomasu) byla zaznamenávána i vyšší hodnota pH (2003, 2005).

Období do silného zaklesnutí hladiny vody v důsledku suchých let, tedy do roku 2019 včetně. Přelomové byly roky 2008–2010, kdy fytoplankton už výrazně ustoupil, ale submerzní rostliny teprve v čiré vodě posilovaly své pozice, takže pH zůstávalo poměrně nízké. Hodnota pH byla dramaticky ovlivňována aktivitou ponořené vegetace až od roku 2012. Silný vliv vodních makrofyt indikuje i vysoká průhlednost vody, která na jedné straně umožňuje prosvětlení vodního

sloupce a intenzivní fotosyntézu, ale zároveň je právě vysoká průhlednost vody dílem porostů vodních rostlin.



Obr. 11. Dlouhodobý vývoj vybraných parametrů kvality vody ve Velkém Boleveckém rybníče. Průměrné hodnoty za vegetační sezónu (IV.-IX.). Situace v roce 2022 je podle výsledků za období IV.-VIII. Vyznačena čtyřčipou hvězdičkou.

V grafech tedy vidíme, že nejvyšších hodnot pH bylo dosahováno v letech s nejvyšší průhledností vody (2012, 2015, 2016). Výraznou

reakci hodnot pH na odnímání CO₂ fotosyntézou umožnila snížená alkalita, kterou vyčerpaly opakované dávky kyselých koagulantů, a která se obnovovala jen velmi pomalu, přestože byly tyto přípravky po roce 2013 používány jen ve velmi malém množství.

Zajímavé byly roky 2013 a 2014 (viz také obr. 12). V létě 2013 na velké ploše uhynuly husté porosty vodního moru a v teplé vodě začaly podléhat bakteriálnímu rozkladu. Výrazně se v měřítku celého rybníka snížil výkon fotosyntézy a zvýšila se intenzita respirace. Hodnota pH tedy logicky výrazně klesla (dobře patrné na obr. 12) a alkalita se zvýšila. Živiny uvolněné rozkladem biomasy využil fytoplankton (vyšší koncentrace chlorofylu a snížená průhlednost vody). Rok 2014 byl ve znamení postupné obnovy porostů na holém dně, proto i celková úroveň výkonu fotosyntézy v rybníce byl nízká a nevedla k většímu nárůstu hodnot pH.

Období se silným vlivem podzemní vody je dobře indikováno zvyšováním koncentrací síranů: začalo naplno v roce 2020 a postupně končilo v roce 2023. Vstup kyselé síranové podzemní vody nejen přímo snižoval hodnotu pH rybníční vody, ale vyčerpala se rychle i její schopnost pufovat (KNK_{4,5}). Navíc dramatická změna chemismu znamenala zastavení růstu ponořené vegetace: v roce 2020 a 2021 přetrvávala jako silně neprosperující těsně při dně a v roce 2022 téměř vymizela. Tím ztratil fytoplankton silnou konkurenci a vytvořil nebývale vysokou biomasu vedoucí ke snížené průhlednosti vody. Hodnotu pH ale nebyl schopen v silně kyselém prostředí zvýšit.

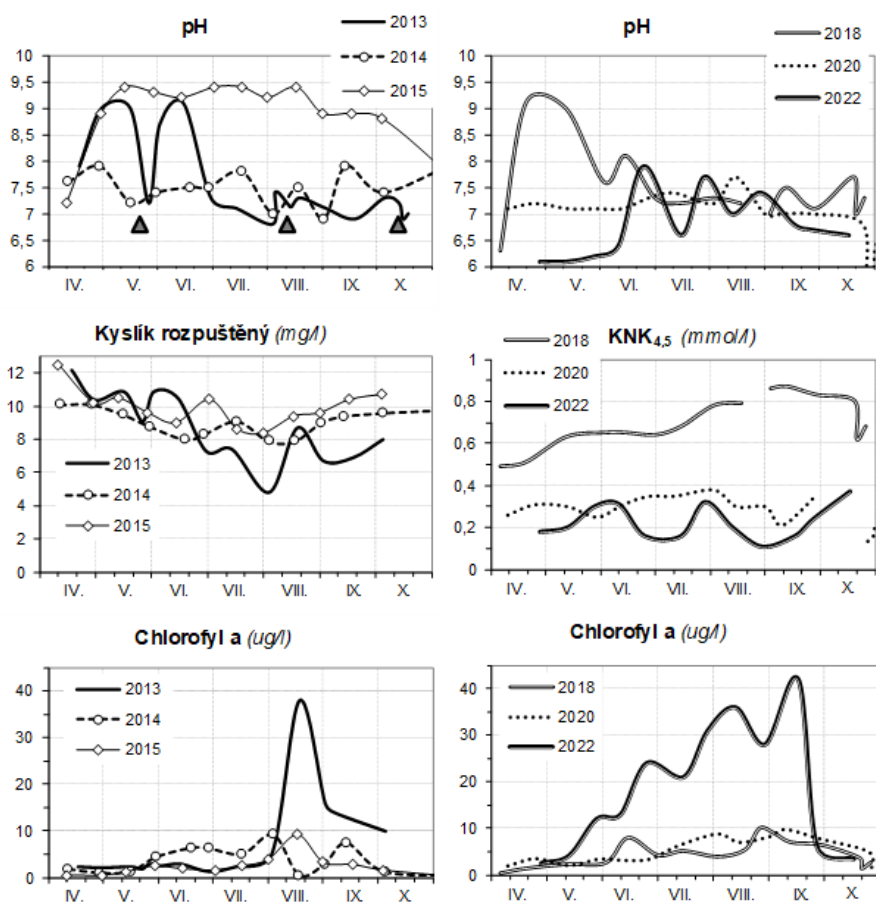
Přelomem bylo čerpání upravené vody z řeky Berounky, které jednak znamenalo významný vnos vody slabě alkalické, ale také zvýšení hladiny rybníka, které v zásadě ukončilo infiltraci kyselé vody

podzemní. Změna chemismu umožnila na holém dně rychlý rozmach parožnatky z bohaté semenné banky. Parožnatky dosáhly pokryvnosti dna >90 % a podpořily fotosyntézou zvýšení pH, omezily resuspenzi jemných částíček sedimentů a byly silnou konkurencí pro fytoplankton: zvýšila se průhlednost vody a koncentrace chlorofylu a se vrátila k minimálním hodnotám. Ekosystém rybníka se vrátil pod taktovku submerzní vegetace, včetně acidobazické rovnováhy. Otevřená zůstává ovšem otázka, jak bude vypadat další vývoj (sukcese) ponořených makrofyt. Zdá se, že invazně se chovající morovinka zmizela úplně, vymizel i vodní mor. Naopak se při dně zachovaly regenerující rostlinky růžkatce, který možná završí svou nadvládu v rybníce a bude novou výzvou pro sklizení biomasy vyžínací lodí.

Grafy na obr. 12 ukazují situaci v hladinové vrstvě vody ve vybraných letech. Levý sloupec grafů ilustruje rok 2013 a navazující období. Levý sloupec ukazuje změny po infiltraci kyselé podzemní vody.

V roce 2013 se na jaře intenzivně rozběhla fotosyntéza ponořené vegetace a hodnoty pH vyšplhaly nad 9,0. Plošná květnová aplikace kyselého koagulantu pH krátkodobě výrazně snížila, ale vliv procesu fotosyntézy rychle opět převážil. Velkoplošný úhyn vodního moru koncem června (konec růstového cyklu) a rozklad jeho biomasy vedl ke snížení pH, také ke snížení obsahu rozpuštěného kyslíku a v srpnu k prudkému rozvoji fytoplanktonu. Ten měl sice ambice hodnotu pH opět zvýšit, ale aplikace kyselého koagulantu nejen přímo ovlivnila pH, ale odebrala planktonním řasám fosfor a jejich vrchol rychle pominul. Rok 2014 se vyznačoval pomalou obnovou ponořené vegetace. Zároveň byl růst fytoplanktonu silně limitován

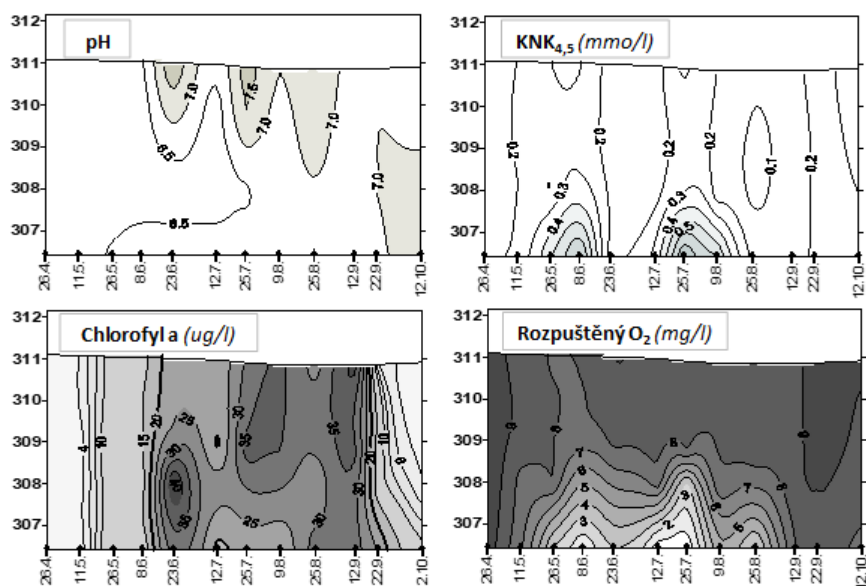
(ne)dostupností fosforu a intenzivní mineralizace loňské odumřelé biomasy byla minulostí: pH se drželo v mírně alkalické oblasti.



Obr. 12. Sezónní průběh vybraných parametrů kvality vody v povrchové vrstvě vody ve Velkém Boleveckém rybníce. Symbol trojúhelník se vztahuje k roku 2013 a ukazuje den, kdy byl aplikován síran hlinitý pro udržení nízkých koncentrací fosforu.

Rok 2015 byl už opět plně ve znamení intenzivního růstu hustých makrofytových porostů: hodnota pH dosahovala 9,5, obsah kyslíku byl vysoký a fytoplankton se vyskytoval jen nepatrně. V roce 2018 začala vegetační sezóna rychlým růstem ponořené vegetace a pH se vlivem intenzivní asimilace rychle vyšplhalo nad 9,0. Další vývoj byl ve znamení intenzivního sklizení rostlinné biomasy, takže úroveň

fotosyntézy se celkově velmi snížila a objevil se i alespoň malý prostor pro fytoplankton. Rok 2020 už vykazuje znaky vlivu kyselé podzemní vody (snížené $\text{KNK}_{4,5}$), ale vodní rostliny ještě asimilují a udržely pH v neutrální až slabě alkalické oblasti. V roce 2022 už změna chemismu nejen dále snížila $\text{KNK}_{4,5}$, ale úplně vyřadila z činnosti ponořená makrofyta, čímž se otevřel prostor pro fytoplankton. Ten velmi efektivně využil veškeré dostupné živiny a dosáhl neobvykle vysoké biomasy, dokonce s krátkodobě významným vlivem na hodnotu pH (epizodické zvyšování).



Obr. 13. Rok 2022 - sezónní průběh vybraných parametrů kvality vody ve svislici u požeráku Velkého Boleveckého rybníka. Osa y – hloubka udaná jako nadmořská výška. Vyznačeny změny výšky hladiny, kóta 312,15 odpovídá hraně přelivu.

Na příkladu Velkého boleveckého rybníka, který je u hráze poměrně hluboký, lze ukázat i proměnlivost acidobazických poměrů v hloubkovém profilu (obr. 13). Na izočárových grafech z roku 2022, kdy byl rybník pod silným vlivem podzemních vod, je vidět mírně zvýšené pH u hladiny v souvislosti s fotosyntézou fytoplanktonu,

naopak u dna je pH trvale v mírně kyselé oblasti, k čemuž přispívala mineralizace organických látek s produkcí CO₂, jak nám ukazují zvýšené hodnoty KNK_{4,5} a samozřejmě také nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku, který byl spotřebován dekompozicí.

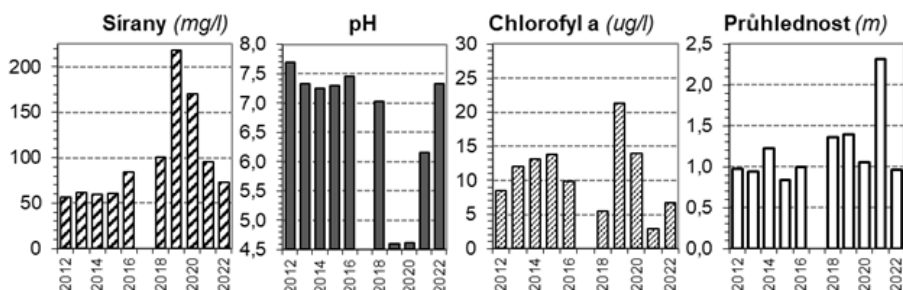
6.4. Diskuse

Změny probíhající rychle, a navíc oběma směry v rozmezí několika let, je obtížné doložit z jiných lokalit. V plzeňské soustavě boleveckých rybníků ale překotný vývoj acidobazického stavu postihl všechny rybníky, přičemž reakce každého z nich byla specifická. Pro srovnání uvádíme vývoj na Seneckém rybníce (5,9 ha).

Senecký rybník se choval po celou dobu sledování (od r. 1998) zhruba v mezích naznačených v grafu na obr. 14 v letech 2012–2016. Po vypuštění kvůli odtěžení sedimentů se v suchých letech nedařilo rybník znovu napustit, a tak od roku 2019 naprosto převládl vliv podzemní vody. Hned po napuštění se sice začala rozvíjet akvatická vegetace, ale nedokázala ještě významněji zasáhnout do acidobazické rovnováhy. Dramatické snížení hodnoty pH v letech 2019 a 2020 zhubilo velmi řídkou rybí obsádku a také zooplankton: prostor se otevřel pro planktonní řasy, které neměly ani konkurenci ani nepřítele (poměrně vysoké koncentrace chlorofylu a, nevysoká průhlednost vody).

Přestože v Seneckém rybníce byly acidobazické podmínky zřetelně vyhraněnější než v rybníce Velkém boleveckém, vegetace neustoupila. Byla totiž tvořena acidofilnějšími a acidotolerantnějšími druhy už před okyselením: sítina cibulkatá (*Juncus bulbosus*), bublinatka jižní (*Utricularia australis*), lesklenka (*Nitella*), úpor šestimužný (*Elatine hexandra*), bahnička jehlovitá (*Eleocharis acicularis*) a rdest

redsnolistý (*Potamogeton polygonifolius*). Specifické podmínky v Seneckém rybníce naopak spustily dynamický růst bublinek, jejichž porosty v roce 2021 dosáhly masového rozvoje a došlo tak k botanicky ojedinělému a také divácky atraktivnímu úkazu.



Obr. 14. Senecký rybník: sezónní průběh vybraných parametrů kvality vody.

V r. 2017 byl rybník vypuštěn kvůli odbahnění.

V roce 2021 už po srážkách získal rybník značnou část chybějící vody přítokem vody povrchové, takže zooplankton získal podmínky vhodné k životu. Akvatická vegetace přispěla spolu s přítokem povrchové vody ke zvýšení hodnoty pH a zooplankton zlikvidoval planktonní řasy (minimální koncentrace chlorofylu a). Na podzim 2021 správci vysadili novou rybí obsádku a v roce 2022 se rybník doplnil povrchovou vodou. Hodnota pH se zvýšila, bublinatky ustoupily a skoro vymizely a rybí obsádka do značné míry zdecimovala filtrující zooplankton (otevřel se prostor pro fytoplankton) a aktivitou na dně snížila i průhlednost vody.

6.5. Závěr

pH vody je jedním z důležitých faktorů, které ovlivňují fungování vodních a mokřadních ekosystémů, ale zároveň jednotlivé složky ekosystému významně ovlivňují výsledné pH. Ve vodních ekosystémech se jedná vždy o nějakou formu dočasné rovnováhy,

na níž se – často s proměnlivou intenzitou – podílejí vlivy abiotické i biotické: a také naše snahy o management vodního prostředí.

Příkladem takového vícevrstvého chování je Velký bolevecký rybník v Plzni, kde dramatické změny chemismu vlivem kyselé podzemní vody infiltrující v době výrazného zaklesnutí hladiny vody do rybníka naprosto změnilly stav ponořené vegetace. Po odeznění suché periody začíná sukcese rostlinného společenstva téměř od nuly. Je pravděpodobné, že během několika málo let vznikne opět stabilní společenstvo, ale odlišného druhového složení a patrně budou i odlišné nároky na správce lokality, který se snaží ponořené rostliny regulovat. Na srovnání se Seneckým rybníkem je ukázáno, že na změnu důležitých faktorů prostředí (pH) reagují jednotlivé rybníční ekosystémy velmi specificky, a proto není dobře možné jednoduše generalizovat získávané poznatky.

Bibliografie

- Duras, J. (2004). Bathymetrie a mocnost sedimentů Velkého boleveckého rybníka. Zpráva pro Správu veřejného statku města Plzně. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Duras, J. (2006). Projekt: „Zlepšení jakosti vody Velkého boleveckého rybníka“. Návrh systému opatření. Zpráva pro oponentní řízení, 40 s. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2015). Flóra Velkého Boleveckého rybníka. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2016). Flóra Velkého Boleveckého rybníka. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.

- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2017). Flóra Velkého Boleveckého rybníka. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2018). Flóra Velkého Boleveckého rybníka. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2019). Flóra Velkého Boleveckého rybníka. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2020). Flóra Velkého Boleveckého rybníka. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2021). Flóra Velkého Boleveckého rybníka a Chobotu. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Chocholoušková, Z. & Duras, J. (2022). Flóra Velkého Boleveckého rybníka a Chobotu. Závěrečná zpráva. Depon. In. Správa veřejného statku města Plzně.
- Ellenberg, H., Düll, R., Wirth, V., & Werner W. (2001). *Indicator values of plants in Central Europe*. Verlag Erich Golze, Göttingen.
- Kalf, J. (2002). *Limnology: inland water ecosystems*. Prentice Hall, Inc.
- Kaplan, Z., ed. (2019): *Klíč ke květeně České republiky*. Academia.
- Navrátilová, J. & Navrátil, J. (2005). Stanovištní nároky některých ohrožených a vzácných rostlin rašelinišť Třeboňska. *Zprávy České botanické společnosti*. (40), 279–299.

7. pH v akváriích – monitoring vodního prostředí v akváriu a výuka chemie

Jiří Rychtera, Vladimír Sirotek, Jitka Štrofová

Kyslík, oxid uhličitý, amoniak, dusitany, dusičnany, uhličitany, hydrogenuhličitany, fosforečnany, sírany a další látky lze počítat mezi reaktanty, produkty či meziprodukty složitých biochemických procesů, které se odehrávají v každém biosystému. Jejich přítomnost případně výrazné změny koncentrace signalizují stavy, které se odrážejí ve kvalitě a stabilitě životních procesů sledovaného systému. Za jeden z takových více či méně uzavřených a izolovaných biosystémů lze považovat akvárium. Přímý či zprostředkovaný monitoring těchto látek v akváriu může tedy posloužit nejen jako příklad uplatňování badatelských metod v praxi, ale i jako základ pro aplikovanou výuku chemie.

7.1. Úvod

Současné školství provází řada změn souvisejících především s kurikulární přestavbou. Smyslem této přestavby je mj. „podpora komplexních přístupů k realizaci vzdělávacího obsahu, včetně možnosti jejich vhodného propojování, a předpokládá volbu různých vzdělávacích postupů, odlišných metod, forem výuky a využití všech podpůrných opatření ve shodě s individuálními potřebami žáků“ (Jeřábek et al., 2007).

Znamená to ovšem, že podporu výuky (především její stránku materiální), úzce korespondující s vytvářením konkrétních představových struktur, související i s pozitivní motivací žáků a zabezpečující aplikativní stránku učiva, je nutné hledat i mimo školní

výuku, mimo školní kabinetů a prostory, např. v zařízeních, která jsou pro účely vzdělávání záměrně zřizována. Mezi taková zařízení lze počítat např. muzea, experimentária, technické herny případně podobně koncipovaná zařízení, mající charakter sbírek různých předmětů či pomůcek k experimentování určitého druhu, v nichž je zpravidla inkorporován i historický aspekt a která představují významný a často málo využívaný gnoseologický potenciál. V uvedeném kontextu se nabízí ihned několik otázek: Proč jsou tato zařízení tak málo využívána přes nesporný přínos poznávací? Co tyto formy představují pro žáky a jsou dostatečně propracovány metodické postupy? Jsou přínosem i pro vyučování chemii?

7.2. *Akvárium jako muzeum*

Samotný pojem „Muzeum – ústav shromažďující, uchovávající a trvale vystavující sbírky předmětů jistého druhu“ (Klimeš, 1981), je pravděpodobně odvozen z řecké mytologie od slova „Músaí“. Músaí byly dcery Dia a bohyně paměti Mnémosyné, „byly prý vševědoucí a např. slova veršů či písní diktovaly umělcům tak zblízka – že pak vznikla představa, že jim polibkem na čelo vdechovaly nápady a tvůrčí elán“ (Wikipedie, 2023). Budeme-li volně manipulovat uvedeným pojmem „muzeum“ mohlo by se jednat o místo dobrých nápadů, místo vyvolávající tvůrčí aktivity, což takové sbírky zpravidla představují a z obsahu pojmu podle Klimeše (1981), je možné anticipovat, že se jedná zpravidla o sbírky vytvořené s vysokou mírou profesionality, sbírky s atributy úplnosti, neopakovatelnosti, běžné nedostupnosti a specifičnosti informací, které z nich lze účelově získávat. Jak jsme již uvedli, mají muzea výrazný poznávací potenciál a z toho důvodu je nezbytné jejich návštěvu organizovat cílevědomě, s plným využitím

teoretických zásad platných pro efektivní poznávání, např. zásad uplatňovaných při organizaci odborných exkurzí. Muzea současnosti jsou stejně jako ostatní vzdělávací instituce výrazně ovlivňována společenským vývojem. Jejich přeměna ze statických sbírek sloužících pouze k „prohlížení“, ve sbírky využívající vrozenou dětskou aktivitu zaslouží významné pozornosti školských zařízení. Interaktivita dnes představuje jeden z nejefektivnějších postupů při manipulaci s informacemi a při jejich následném získávání a uchovávání v paměťových strukturách („Interaktivní – umožňující vzájemnou komunikaci, tj. přímý vstup do činnosti stroje nebo programu“ (Jeřábek et al., 2007)). Není třeba zvlášť zdůrazňovat, že interaktivní přístupy charakterizuje spoluúčast celého spektra smyslů na poznávací činnosti a spolu se zabezpečováním fixace získaných informací prostřednictvím různých typů zpětnovazebních prostředků se stávají muzea místem vzdělanosti především pro školní mládež. Nápad využívat muzea jako prostředek vzdělávání není nový, a proto byly koncipovány vědní disciplíny, které se danou problematikou zabývají podrobněji a systematictěji jako např. „muzejní pedagogika“ případně její subdisciplína „muzejní didaktika. Bílek (2009) k této problematice uvádí: *„Muzejní didaktika je vedle „obecné koncepce muzejní pedagogiky“, „historie muzejně pedagogické teorie a praxe“, „komparativní muzejní pedagogiky“ a „obsahově pojaté muzejní pedagogiky“ jednou ze subdisciplín muzejní pedagogiky. Zabývá se vzdělávacím procesem v muzeích, zvláště otázkami specifických forem a metod práce s veřejností a aspektům stimulujícím učení muzejního publika“*. Znamý český pedagog V. Jůva (2008) dělí muzejní didaktiku na dva základní přístupy, a to na:

1) výstavní muzejní didaktiku (tzn. participaci na koncipování a realizaci expozice a výstavy), kdy jde o funkční propojování vybraných muzejních exponátů s dalšími komunikačními prostředky – texty, obrazy, schémata, grafy, multimédií atd.,

2) prezentační muzejní didaktiku, zaměřenou na využívání a rozvoj řady specifických metod a forem práce – např. prohlídky, workshopy, inscenační hry, projekty atd.

Z hlediska didaktických prostředků spočívá nejvýraznější specifikum muzejní didaktiky v exkurzi jako jedné z organizačních forem vyučování. Jde o formu výuky, která se opírá zejména o řízené pozorování v originálních „provozních“ podmínkách, v takovém prostředí, které by se studujícím jen obtížně jiným způsobem přibližovalo nebo které má podporovat prohloubení teoretických poznatků a konfrontovat je s praxí. V přírodovědném a technickém vzdělávání jsou doporučovány exkurze do různých profesionálních stanic, laboratoří nebo provozů, do výzkumných ústavů, do podniků na zpracování nejrůznějších produktů, do podniků se špičkovou technologií apod. Významný podíl by měla mít i přírodovědně a technicky zaměřená muzea.

Po podrobné analýze uvedených myšlenek lze konstatovat, že koncepčně budované akvárium může ve školních podmínkách beze zbytku plnit jak výstavní, tak prezentační funkci a nabízí takové možnosti vzdělávání, že vybrané z nich budeme v dalším textu tohoto příspěvku diskutovat podrobněji.

7.3. Subjekty vzdělávání a akvárium

Téměř každé dítě (z našeho pohledu vzdělávající se subjekt) v období svého vývoje prochází stadiem, kdy touží mít doma kousek přírody.

„Většinou zájem o kousek přírody náhle vzplane a pak někdy rychle zhasne. Tak si děti zkoušejí, co je osloví. Získávají informace o svém budoucím uplatnění. Každá zkouška, i „neúspěšná“, má pro jejich vývoj význam. Nedopustíme, abychom na takovém neúspěchu měli nechtěně i svůj podíl. Důvodem může být náš problém s nedostatkem času. Chybí nám trpělivost a schopnost vcítit se do myšlení dětí, abychom byli schopni učit se s nimi a prožívat jejich úspěchy a neúspěchy. Pokud děti nemají podporu rodičů, mohou ztratit zájem už po prvních neúspěších.“ (Plecitý et al., 2008) Autor citace spatřuje nezastupitelnou roli rodiče v procesu vývoje dítěte a naznačuje jeho významný podíl na vzdělávání. Je však obecně známo, že rodiče musí naplnit především ekonomické požadavky rodiny a akvárium v tomto slova smyslu je zpravidla náročnou a nadbytečnou investicí. Řešení nabízí další pokračování citace: *„Za nejúčinnější výchovný prvek u dětí považuji tvůrčí akvaristiku ve skupině. Umožňuje sdílet radost z výsledků vlastní práce a komunikovat i případné životní problémy. Ušlechtilé aktivity dítěte zaměřené na hlubší poznání přírodních zákonitostí, usnadňují a rozšiřují komunikaci ve skupině o neverbální složky, přináší uvolnění od každodenní rutiny a stresu všedního života. Pomocí akvaristiky získávají děti inspiraci pro smysluplné využití volného času, akvaristika pomáhá dítěti objevovat vlastní schopnosti a rozšiřuje tak repertoár jeho dovedností.“* (Plecitý et al., 2008) Zcela evidentní náznak pro vybudování akvária ve školních podmínkách, založení kroužku, který bude prostřednictvím vedoucího integrovat školní vzdělávání do praxe. Předměty ve školách pak budeme moci v rámci ŠVP nazývat „aplikovaná chemie“ „aplikovaná fyzika ... biologie, geografie“. Filozofování nad perspektivami akvaristiky

ve vztahu ke školnímu vzdělávání lze uzavřít další citaci od Plecitého et al. (2008): *„Tvořivost je považována za jednu z nejvýznamnějších lidských potřeb, která je v dnešní době hodně zanedbávána. Děti mají málo skutečně tvořivých zálib a koníčků, často jsou spíš konzumenty a pasivně čekají, že je bude bavit někdo jiný. Málo si uvědomují svou identitu, málo se radují. Tvořivý proces je pro člověka, a především pro dítě a dospívající mládež, přirozeným prostředkem vyjadřování vlastních pocitů, postojů ke světu i k sobě samému, je to způsob sebepoznávání. Akvaristika s tímto přirozeným projevem člověka umí zacházet tak, že zde přirozené nadání či nacvičená zručnost ustupují do pozadí a tím elementárním se stává fantazie, dobrodružství poznávání něčeho nového a odvaha projevit se tvořivě.“*

7.4. Aplikovaná chemie nebo projekt „Akvárium“

Jeví se zcela logické, že akvaristiku lze považovat za podpůrný prostředek výuky biologie. Umožňuje poznávání cizokrajných rostlin a živočichů, ale především umožňuje poznávání jejich životního prostředí, životních projevů včetně rozmnožování v podmínkách dynamické rovnováhy vytvořeného systému a další náležitosti charakterizující život jako jsou onemocnění a jejich léčení, sociální vztahy v rámci druhu i vztahy mezidruhové apod. Metodika vzdělávání v uvedených podmínkách je už rozpracovaná a uplatňují se zde především pozorování nebo demonstrace, tak jak je popisuje Králíček a Bílek (Bílek, 2009): *„Věci nebo jevy, které pozorujeme, musíme často popsat. Je třeba vést žáky a studenty k důkladnému pozorování a následnému vyjádření pozorovaného tak, aby popis nebyl živelný nebo se netýkal jen nejnápadnějších jevů, které ani nemusí být podstatné. Vést je také k podrobnému pozorování, aby se vyhnuli*

povrchnímu popisu, aby si všimli i na první pohled nenápadných znaků.” Jednu z podob takové výuky můžeme pozorovat na obr. 15, kde skupina studentů ze Siamu provádí pozorování mořských živočichů v 83 m dlouhém podmořském tunelu (Slaboch, 2010). Zjednodušeně řečeno akvárium a výuka biologie patří k sobě.

Méně už se ví, že totéž vyjádření platí i pro chemii. Vezměme v úvahu jen obyčejnou výměnu vody, která k akvaristice nezbytně patří. Hieronymus (2010) např. uvádí: „*Často se zapomíná na to, že výměna vody v sobě skrývá i určitá nebezpečí. Kromě již zmíněného možného poškození rybích sliznic při příliš rozsáhlé výměně je to především nebezpečí otravy amoniakem. Hrozí zejména v případě, kdy se výměna vody dlouho odkládala. Jak už jsme uvedli, hodnota pH akvarijní vody často zcela přirozeně klesá. Při rozkladu bílkovin vzniká amoniak NH_3 , resp. amonný kation NH_4^+ . Jestliže je pH vody nižší než 7, vyskytuje se v akváriu téměř výlučně nejedovatý amonný kation. Při pH nad 7 se ho však část mění ve vysoce jedovatý amoniak tím více, čím zásaditější pH je. Některé úhyny ryb po větší výměně vody nejsou způsobeny případnými jedovatými látkami ve vodovodní vodě, nýbrž vzniklým amoniakem. Především v nádržích s velkým množstvím ryb je proto vhodné změřit před výměnou vody její pH. Jestliže je vyšší než 7, měli byste pH po výměně opět upravit na hodnotu kolem 7.*“ Z citace je možné usuzovat, že akvaristika je tedy také chemie minimálně na středoškolské úrovni a není možné se divit, že chce-li být někdo úspěšným akvaristou, musí zvládnout i základy přírodovědných disciplín, chemii nevyjímaje.



Obr. 15. Výuka školáků ve skleněném „podmořském“ tunelu v Siamu (Foto: Roman Slaboch (Slaboch, 2009))

7.5. Projekt „Akvárium“

V důsledku předcházejících úvah, rozebereme možnosti, které nám nabízí takový projekt z hlediska poznávacího. Už jsme hovořili o tom, že prvotní se jeví informace z oblasti biologie. Poznávání života ryb je v tom nejobecnějším smyslu slova to, co spatřujeme na první pohled. Skutečnost, že existují významné rozdíly mezi chovem ryb sladkovodních a mořských není nutno zdůrazňovat. Dokazuje to jen důležitou informaci, že prvotním aspektem, který je třeba vnímat je globální pohled na vodu, jako životní prostředí ryb. K této problematice je vhodné využít slova známého českého přírodovědce a akvaristy Franka: *„A že není voda jako voda, každého brzy přesvědčí první úspěchy či neúspěchy při chovu rybek v akváriu. K nejdůležitějším fyzikálně chemickým faktorům ovlivňujícím ryby patří světlo, teplota, proudění, vodivost, obsah solí rozpuštěných ve vodě, hodnota pH, obsah kyslíku a kysličníku uhličitého, obsah*

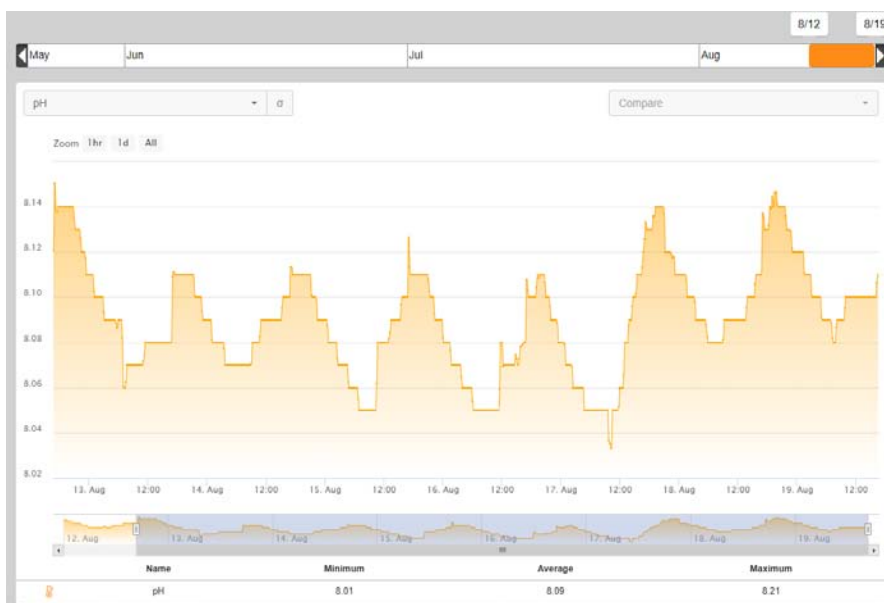
pH kolem nás - testování vody v okolí Plzně

dušíkatých látek a barva vody.“ (Frank, 1984, s. 8) V této citaci potvrzujeme značnou rozmanitost pohledů, které je třeba uplatnit a poznat, chceme-li být úspěšní. Za potřebnými poznatky je třeba do biologie, fyziky, chemie, geografie i historie. V takovém případě nás nemůže překvapit, že se najde škola, která vybuduje v rámci „Projektu Akvárium“ a pro výukové účely pak provozuje akvárium, dokonce vzhledem k atraktivnosti barev, málo známých ryb, korálů a nevšedního prostředí, akvárium mořské (VOSŽ a SZŠ Trutnov, 2018). V našich vnitrozemských podmínkách nelze využívat při výuce podmořského tunelu, jako vidíme na obr. 15. A co považujeme za nejdůležitější – toto akvárium je materiálním prostředkem výuky se všemi atributy moderního zařízení osazeného a ovládaného informačně komunikačními technologiemi. Panel nad akváriem umožňuje soustavné sledování spotřebované elektrické energie, teploty vody, hustoty, hodnoty pH a hodnoty rH (viz obr. 16).



Obr. 16. Panel sledovaných veličin v mořském akváriu (vlevo číselně vyjádřená okamžitá spotřeba (amp), salinita (salt) oxidačně-redukční potenciál (ORP), hodnota pH (pH), teplota (TMP).

Od okamžiku vzniku akvária jsou uváděné veličiny zaznamenávány a je možné do nich nahlédnout, případně je zpětně vyvolat, a tím i hledat příčinu nesrovnalostí při jakékoliv „havárii“ v akváriu. Postačuje „kliknout“ na příslušnou veličinu a objeví se nám grafický záznam sledované veličiny (viz obr. 17).

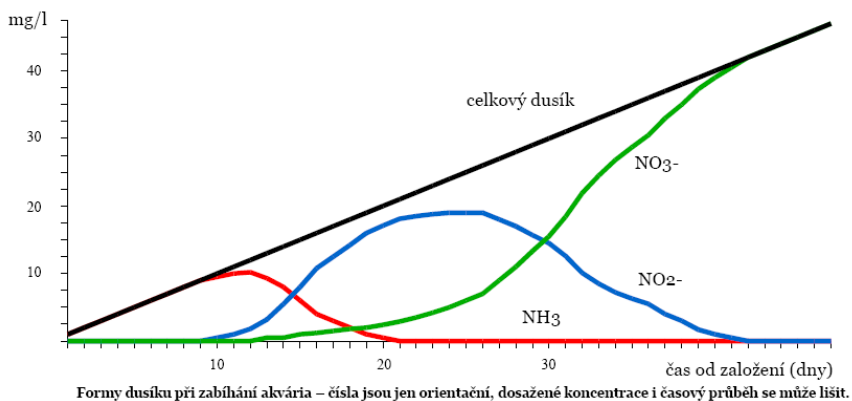


Obr. 17: Grafický záznam hodnoty pH v akváriu ve dnech 12. 8. – 19. 8. 2022

O podobné laboratoři hovoří např. Bílek (2009): „*Digitální či virtuální zpřístupňování informací o sbírkových předmětech, památkových objektech, historických technikách, technologiích, dobových pracovních postupech či konzervátorských a restaurátorských metodách odborné i široké laické veřejnosti je především nástrojem pro propagaci kultury, kulturních institucí a jejich sbírek, pro podporu výzkumu, pedagogické činnosti a také rozvoje cestovního ruchu.*“ Je už lhotežné, zda budeme v tomto případě hovořit o „Projektu Akvárium“ nebo o výuce aplikované chemie, důležité však je, že necháme studentům nahlédnout do principů dynamických dějů, jako jsou

koloběh dusíku v uzavřeném biosystému, sledování vlivu sloučenin dusíku na růst rostlin, na zdraví rybiho osazenstva, na monitorování přeměn sloučenin dusíku při zakládání akvária apod. Pro zajímavost si uvedme grafické vyjádření zákonitostí souvisejících s nabíhající nitrifikací při založení akvária tak, jak jej uvádí Rejlková (2007) – viz obr. 18.

Samozřejmě nás napadá otázka související se značnou hodnotou tak náročného zařízení jako je mořské akvárium. Ne každá škola si může dovolit něco podobného budovat. Pak se nabízí další možnost, a to využití vybudovaného zařízení jako tzv. „vzdálené laboratoře“. Bílek (2011) k tomuto problému uvádí: „Vzdálená laboratoř představuje v edukativním pojetí otevřenou, vzdáleně přístupnou databázi objektů využitelných pro experimentální činnost studentů a učitelů“. Dále je uvedeno: „ve většině případů se jedná o zpřístupnění průběžně snímaných dat (např. meteorologické družice, seismografy, hmotnostní spektrografy, výkonné spektrální přístroje aj.), zřídka může vzdálený uživatel i ovlivňovat uspořádání měřicího systému a snímání dat podle vlastních potřeb“.



Obr. 18. Změny sloučenin dusíku provázející vodu v akváriu při založení nové nádrže (Rejlková, 2007)

7.6. Akvárium a hodnota pH

Ve výše uváděném textu zmiňujeme možnosti monitoringu fyzikálních a chemických veličin, jejichž hodnoty ovlivňují nativitu vodního prostředí pro ryby i ostatní organismy v nádrži. O každé z těchto veličin by bylo možné napsat značné množství informací, ale to bychom opustili pedagogické prostředí a stali se akvaristy. Akvárium by tak přestalo být dynamickým prostředkem sloužícím k přírodovědnému vzdělávání, ale bylo by pouze prostředkem zábavy. Co však představuje, sledování uváděných veličin pro život v akváriu, si ukážeme na příkladu jedné z nich, a to hodnoty pH.

7.7. Hodnota pH a koloběh dusíku

„Okrem uvedených reakcií prípravy amoniaku, časté sú reakcie rozkladu dusíkatých organických látok, pri ktorých vzniká amoniak“ (Gažo, 1981, s. 345). K této citaci připojíme upřesnění specifikované pro prostředí v akváriu. *„Odkud se berou dusíkaté látky v akváriu? Jejich stálými dodavateli jsou především exkrementy a moč ryb, odumřelé části rostlin, kořeny a větve stromů mnohdy nadměrně a neúčelně umístované v akváriu, a dále zbytky potravy při překrmování ryb“* (Frank, 1984, s. 22). Tyto dusíkaté látky postupně zpracovávají nitrifikační bakterie a vznikají látky obsahující amoniový kation (NH_4^+), např. uhličitán amonný $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, a z něho potom čpavek (NH_3). Čpavek je pro ryby extrémně jedovatý a nebýt skutečnosti, že je jinými bakteriemi přeměňován na dusitany a následně na dusičnany, které spotřebovávají rostliny, byl by život v akváriu bez rostlin nemožný. Takhle hrozí nebezpečí hlavně v okamžiku založení nové nádrže (tzv. syndrom nově založené nádrže) viz obr. 18, kdy nejsou nitrifikační bakterie v nádrži ještě v činnosti

a dostatečném množství. Druhý nebezpečný moment nastává v okamžiku výměny velkého množství vody v již zaběhnuté nádrži, protože se může výrazně změnit pH. Jak jsme uvedli v kapitole 7.4., při hodnotě pH 7 existuje v nádrži především kation (NH_4^+) a ten není pro ryby škodlivý, změna pH na hodnotu větší jak 7 znamená pro ryby nebezpečí v podobě uvolněného amoniaku NH_3 . (Frank, 1982, s. 50) tyto údaje ještě upřesňuje: „*Při náhlém dolití čerstvé vodovodní vody, dosáhne-li hodnota pH vody v akváriu 7, se z amoniového kationtu vytvoří asi 1 % čpavku (NH_3), při pH 8 by vzniklo 5 % a při pH 9 už dokonce 30 % čpavku!*“ Autor dále poznamenává: „*A nyní příklad: uvažujme, že při pH 6,5 je v akváriu obsaženo třeba 10 mg NH_4^+ /l, což je zcela neškodné. Při zvýšení pH vody na 8 se však vytvoří 0,5 mg/l amoniaku, který v uvedené koncentraci působí smrtelně na všechny ryby. Čpavek je totiž nejen nervový jed, ale poškozuje i sliznici, žábry a červené krvinky, způsobuje vnitřní krvácení ryb a lapání po dechu u hladiny, kde nakonec v křečích hynou.*“

Každý správný chovatel usiluje nejen o uchování vzhledově atraktivních akvarijských ryb, ale také o jejich rozmnožení, protože teprve odchov dokazuje, že jsme vytvořili organismu takové podmínky, které odpovídají prostředí přirozenému. V padesátých letech minulého století se objevily v nádržích chovatelů atraktivní červené neonky (*Paracheirodon axelrodi*) – viz obr. 19. Velká řada chovatelů chtěla využít nebývalé poptávky a ryby rozmnožit. Odchovat neonky se příliš nedařilo, protože nebyly dost přesně známé parametry, které by charakterizovaly životní podmínky, ve kterých se ryby vyskytují. V takovém případě jde i přátelství mezi chovatelem stranou a získané poznatky se tají.



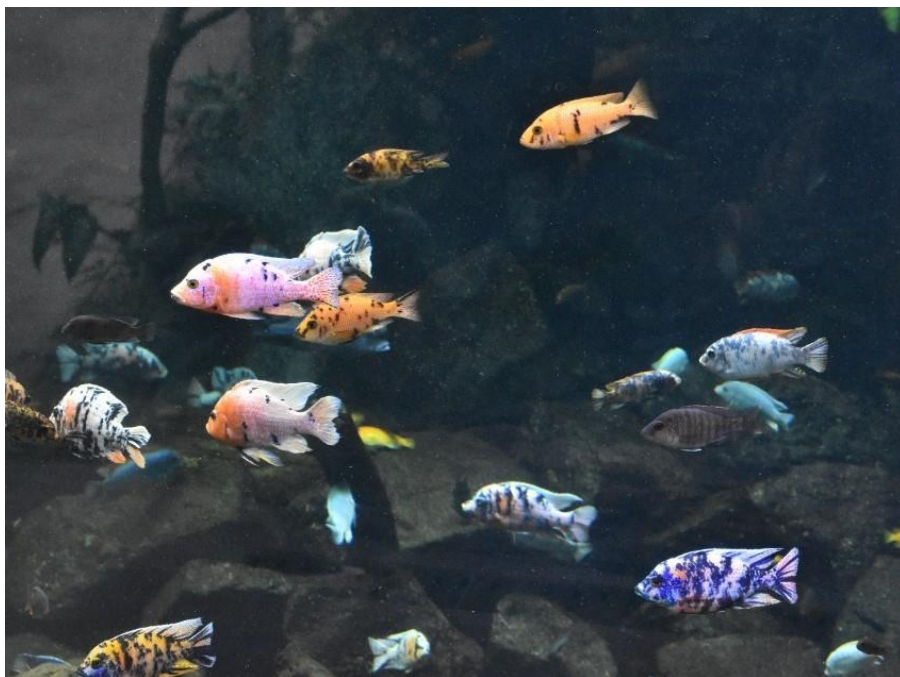
Obr. 19. Paracheirodon axelrodi (červená neonka) (zdroj fotografie Wikipedia, 2022)

Dnes už víme, že vody řeky Orinoko a řeky Rio Negro mají v době záplav téměř nulovou tvrdost a jejich pH je ovlivňováno humifikací organických látek z pralesního prostředí. Neonkám tedy vyhovuje pH mezi 5–6, tzn. k životu i k rozmnožování potřebují kyselou vodu. Jinak přes malý rozměr (cca 4,5 cm) jsou to ryby nezvykle plodné – kladou cca 500 jiker a ročně se jich dováží z domoviny do Evropy desítky milionů kusů. Díky těmto poznatkům je dnes už také mnozí každý chovatel, který se té složitosti chce věnovat. Není jednoduché totiž sehnat „prachovou potravu“ pro potěr.

7.8. Tlamovci z jezera Malawi

Jiná situace nastane, chceme-li pěstovat tlamovce z jezera Malawi nebo Tanganyika. Tato jezera se nacházejí ve „Velké příkopové propadlině“, tedy ve východní části Afriky. Tito tlamovci jsou po stránce barevnosti velmi odlišní, jsou teritoriální, žijí ve skupinách a teritorium samci

brání – viz obr. 20 a 21. Jen v samotném jezeře Malawi jich žije 900 druhů.



Obr. 20. Vybrané druhy tlamovců z jezera Malawi (Foto: Vojtěch Reš)



Obr. 21. Jeden z 900 druhů tlamovců z jezera Malawi (Foto: Vojtěch Reš)

Mají však zvláštní způsob odchovu mláďat – v případě jakéhokoliv nebezpečí sbírá samice jikry nebo potěr do tlamy, a tak zabraňuje jeho požívání jinými rybami, tedy zbytečným ztrátám. Akvárium s těmito rybami vypadá velice atraktivně, ale musíme se smířit se skutečností, že pH vody se musí pohybovat mezi 7,5 až 8,5, tak jako tomu je v jejich domovině. Tedy voda s minimem dusíkatých látek (výměna jednou za sedm až deset dní a úprava na příslušné pH hydrogenuhlíčanem sodným NaHCO_3).

7.9. Hodnota pH a oxid uhličitý

Oxid uhličitý vydechují ryby a je obecně známo, že jej spotřebovávají rostliny, které mají schopnost při fotosyntéze vytvářet látky nezbytné pro jejich růst. Výjimečně nastane stav rovnováhy, že by rostliny spotřebovaly všechnen oxid uhličitý vyprodukovaný rybami. Pokud zůstane v nadbytku, reaguje částečně na kyselinu uhličitou a přechodně dochází ke snížení hodnoty pH. Dokonce v tzv. akváriích holandského stylu se dávkuje CO_2 do nádrže v nadbytku, protože tato akvária upřednostňují pěstování rostlin před rozmanitostí ryb. Samozřejmě se množství dávkovaného oxidu uhličitého musí hlídat, aby nedošlo k poškození rybiho osazenstva. Z rozboru evidentně dynamické situace, která se mění nejen v důsledku střídání dne a noci, ale i umělým zásahem člověka je sledování hodnoty pH v nádrži důležitým atributem rovnováhy. K tomuto problému se podrobněji vyjadřuje (Frank, 1982, s. 51): *„V přírodě je trvalá závislost mezi obsahem kyslíku, kysličníku uhličitého a hodnotou pH. Stále probíhá denní a noční rytmus mezi poměrem obsahu kyslíku, kysličníku uhličitého a uhličitánu vápenatého ve vodě. Během dne přibývá rozpuštěného kyslíku, hodnota pH klesá, a naopak v noci ubývá kyslíku a hodnota pH*

stoupá.“ Tím se také vysvětluje tzv. „biologické odvápnování vody“, neboť za normálních podmínek rostliny odnímáním CO₂ způsobují přeměnu Ca(HCO₃)₂ na CaCO₃ a tím se může hodnota pH zvyšovat.

Z popisovaných čtyř příkladů je možno usuzovat, že úspěšný chovatel nemůže zanedbávat sledování změn v nádrži (platí nejen pro hodnotu pH) a proto naznačená cesta, popisovaná v kap. 7.5. představuje nejen modernizační prvek, ale je základem vydařeného chovu. Ve školních podmínkách pak představuje paradigma badatelského chování a úspěšného objevování nových poznatků.

7.10. Závěr

„Prostřednictvím vnitřně pochopeného vědeckého poznání můžeme dosáhnout osvobození od pout malichernosti a sobectví, dosáhnout zduchovnění našeho chápání světa a zušlechtění vzájemných vztahů mezi sebou i k živé a neživé přírodě.

Když se člověk v mládí vydává na cestu poznání, neví a neumí skoro nic. Má jen hlavu otevřenou a v srdci touhu poznat a pochopit všechno. Pak celý život zvolna chodí po břehu oceánu neznámého a skromně sbírá střípky poznání.“ (Ullman, n. d.)

Bibliografie

Bílek, M. a kol. (2009). *Muzejní didaktika přírodovědných a technických předmětů*. Gaudeamus Hradec Králové.

Bílek, M. a kol. (2011). *K virtualizaci školních experimentálních činností: reálný a virtuální experiment – možnosti a meze jejich kombinace v počáteční přírodovědné výuce*. M&V Hradec Králové.

Frank, S. (1984). *Akvaristika*. Práce.

- Frank, S., Rataj, K., Zukal, R. (1982). *333x Jak a proč*. Svépomoc Olomouc
- Gažo, J. a kol. (1981) *Všeobecná a anorganická chémie*. Alfa SNTL.
- Hieronymus, H. (2010). Čerstvá voda pro ryby. *Aquaristik*, 2(1).
- Jeřábek, J., Lisnerová, R., Smejkalová, A., Tupý, J. a kol. (2007, 1. září). *Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání*. VÚP Praha. http://www.rvp.cz/soubor/RVPZV_2007-07.pdf
- Jůva, V. (2006). Dětská muzea jako nová forma edukace. *Pedagogika*, 56(4), 395–404.
- Jůva, V. (2008). *Vývoj edukační funkce muzea a vznik muzejní pedagogiky*. Masarykova univerzita. <http://www.fsps.muni.cz/~juva/MuzejniP/4VyvojMP.ppt>
- Klimesš, L. (1981). *Slovník cizích slov*. SPN Praha.
- Plecitý, V., Ždichynec, B., Nácovský, P. (2008). *Akvárium doma*. Aeskulapus KS Praha.
- Rejlková, M. (2007, 5.březen). Téma: dusík v akváriu. *Akvárium*, (4), 12–24. <http://e-akvarium.cz/casopis/akvarium04.pdf>
- Slaboch, R. (2009, 7.září). Siam ocean world. *Akvárium*, (19), 21–23. <http://e-akvarium.cz/casopis/akvarium19.pdf>
- Ullmann, V. (n. d.). *RNDr. Vojtěch Ullmann*. astronuklfyzika.cz. <http://astronuklfyzika.cz/autor.htm>
- Vyšší odborná škola zdravotnická, Střední zdravotnická škola a Obchodní akademie, Trutnov. (2018, 26. června). *I-KAP KHK I – Akvárium*. <http://www.szstrutnov.cz/projekt/i-kap-khk-i/348-akvarium>
- Wikipedie, otevřená encyklopedie (2022, 25. května). *Neonka červená*. https://cs.wikipedia.org/wiki/Neonka_%C4%8Derven%C3%A1

pH kolem nás - testování vody v okolí Plzně

Wikipedie, otevřená encyklopedie (2023, 24. ledna). *Políbila ho múza*.

http://cs.wikipedia.org/wiki/Pol%C3%ADbila_ho_M%C3%BAza

8. Co víme o pH vody? – testování znalostí studentů

Małgorzata Nodzyńska-Moroń, Vladimír Sirotek, Jitka Štrofová

8.1. Teoretický rámec výzkumu

V současné době snad každý člověk má povědomí o existenci termínu pH. I když nezná přesnou definici, ví (např. z reklamy), že „po jídle roste pH v ústech“, mýdla nebo kosmetika by měla mít „neutrální pH“ a „alkalická voda o pH 9 zrychluje detoxikaci a urychluje regeneraci.“ Tato prohlášení nejsou sice pravdivá, ale zavedla do každodenního života vědecký termín – pH. To je pravděpodobně jeden z nejčastěji zmiňovaných technických termínů souvisejících s chemií: medicína se zabývá pH moči nebo krve, biologové sledují vliv pH půdy na rostliny, které v ní rostou, reklama se zabývá přirozeným pH pokožky, pH mořské vody ovlivňuje její interakce s atmosférickým CO₂, která má podle většinového názoru současných vědců významný dopad na pozorované klimatické jevy ... Určitě by každý našel další příklady ve svém okolí, ve kterém je termín pH zmíněn. V souvislosti s těmito skutečnostmi je zajímavé prozkoumat, co jsou si absolventi středních škol o tomto tématu vědomi, zejména proto, že termín pH zná většina studentů už ze základní školy.

8.2. Obsahová analýza učebnic k tématu pH

Na základní škole je aktuálně k dispozici pouze jedna hodina věnovaná informacím o pH na téma „Neutralizace“ a žáci se naučí základní stupnici pH a její význam. Na střední škole je rozsah vyučovaných znalostí mnohem větší. Dále jsou uvedeny přibližné názvy tematických

celků, kdy by každému z nich měla být věnována vyučovací hodina: Kyseliny a zásady, Brønstedtova teorie kyselin a zásad, Autoprotolýza vody, neutrální, kyselé a zásadité roztoky, Hodnota pH a hydrolyza solí. V závěrečné hodině se studenti naučí vypočítat hodnoty pH a pOH.

Diskuze o kurikulu a učebnicích na různých stupních vzdělávání a v sylabech pro obecnou chemii na VŠ ukazuje, že ve výuce na téma pH v zásadě nejsou významné rozdíly. Od mateřské školy až po první rok studia na středních školách se se stupnicí pH zachází jako s nominální stupnicí související s barevnou stupnicí pH (např. univerzální indikátorové papírky) nebo se odečítá číselná hodnota z pH-metru. Teprve v pozdější fázi studia chemie se objevuje úplná, moderní definice pH. Zdá se, že koncepty pH v jejich propedeutické podobě lze zavádět i v mateřské škole. To nezpůsobí mylné konotace v myslích studentů a nezabrání lidem, kteří neusilují být chemiky, v dalších stupních chemického vzdělávání. Zavedení stanovení pH ve zjednodušené podobě na nižších stupních vzdělávání umožní studentům nejen rozvoj kompetencí souvisejících s vědeckým myšlením, ale umožní jim také porozumět částem okolního světa souvisejícím s tímto tématem. Zároveň to může být zajímavým a atraktivním vzdělávacím prvkem. Rozsáhlou diskuzi na toto téma lze nalézt v monografii *Metody a techniky stanovení pH – od mateřské po vysokou školu* (Nodzyńska-Moroń et al., 2023).

8.3. Účel výzkumu, výzkumná hypotéza

Bylo rozhodnuto prověřit znalosti studentů bakalářského studia ohledně pH různých druhů vod. Předpokladem tohoto šetření bylo, že

4–5 let studia chemie na základních a středních školách by mělo vyústit v dobrou praktickou znalost skutečností týkajících se pH vody.

Hypotéza H_0 = studenti budou schopni správně odpovědět na praktické otázky o pH vody.

8.4. Výzkumné metody a nástroje

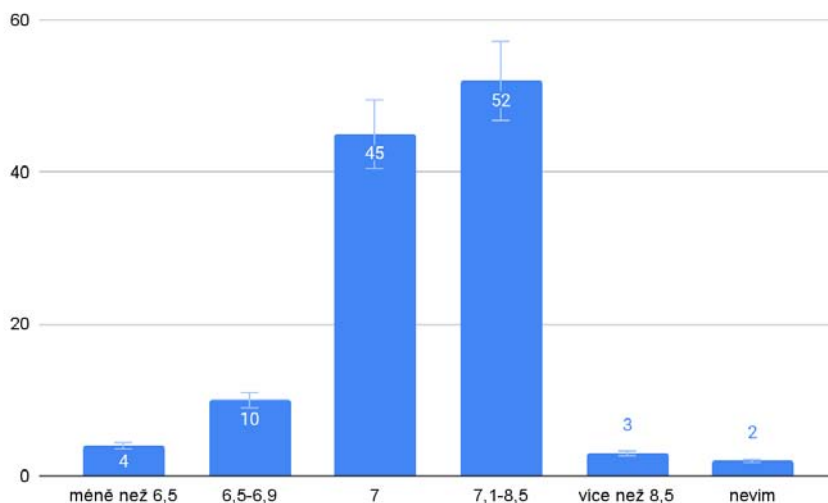
Pro výzkum byl použit online dotazník (Západočeská univerzita v Plzni, n. d.). Studentům bylo položeno 13 otázek o pH vody. Pět otázek bylo otevřených, sedm bylo uzavřených. Dotazník použitý při výzkumu je v příloze.

8.5. Výsledky výzkumu

Průzkum týkající se pH dokončilo 116 studentů Západočeské univerzity v Plzni. Byli to především studenti Fakulty pedagogické (92, což je 79,3 % respondentů), ale zúčastnili se i studenti Fakulty zdravotnických studií (23 – 19,8 %) a jeden student z Fakulty aplikovaných věd. Drtivou většinu (114 – 98,3 %) studentů tvořili studenti bakalářského studia, pouze dva studenti magisterského studia. Většina respondentů (85 – 73,3 %) nestudovala chemii, pouze 31 (26,7 %) studentů studovalo program Chemie se zaměřením na vzdělávání.

První otázka byla otevřená a zněla: *1. Jaké je ideální pH vody, kterou máme pít? Zadejte číslo s přesností na 1 desetinné místo.* Podle nařízení vlády (Vyhláška 252/2004 Sb., 2023), u vody určené k pití by se hodnota pH měla pohybovat v rozmezí 6,5 - 9,5. Pitná voda má však nejčastěji pH kolem 7,5 (Sýkora et al., 2016). Většina respondentů uvedla rozmezí mezi 6,5 a 8,5, pouze 4 osoby uvedly nižší pH, 3 osoby uvedly vyšší pH a 2 osoby uvedly, že neví. Nejnižší uvedené pH bylo

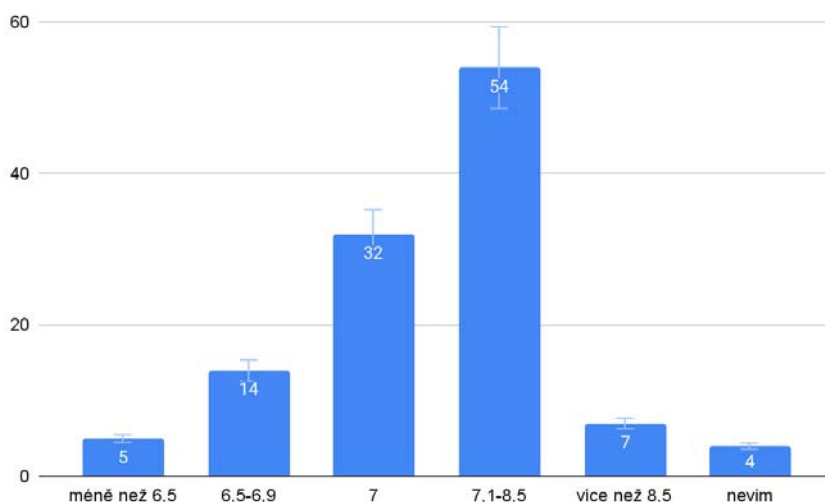
4,5 a nejvyšší 9. Lze tedy konstatovat, že většina respondentů odpověděla na tuto otázku správně. Odpovědi studentů byly seskupeny do 6 kategorií (obr. 22).



Obr. 22. Odpovědi studentů na otázku 1. Jaké je ideální pH vody, které máme pít? Zadejte číslo s přesností na 1 desetinné místo.

Druhá otázka byla otevřená a zněla: 2. *Jaké je pH vody z vodovodu? Zadejte číslo s přesností na 1 desetinné místo.*

Vodovodní voda splňuje zákonné normy (Vyhláška 252/2004 Sb., 2023), ale pH se obvykle pohybuje kolem 7,5 (Sýkora et al., 2016). V této otázce se počet nesprávných odpovědí zvýšil na 10 (4 pod 6,5 a 6 nad 9,5). Zvýšil se také počet odpovědí nevím – na 4. Nejnižší uvedená hodnota pH byla 3,3 a nejvyšší 10. I v tomto případě byly odpovědi studentů seskupeny do 6 kategorií (obr. 23).

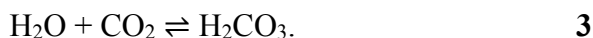


Obr. 23. Odpovědi studentů na otázku 2. Jaké je pH vody z vodovodu? Zadejte číslo s přesností na 1 desetinné místo

Je vidět, že procento odpovědí v konkrétních skupinách se mezi první a druhou otázkou příliš neliší.

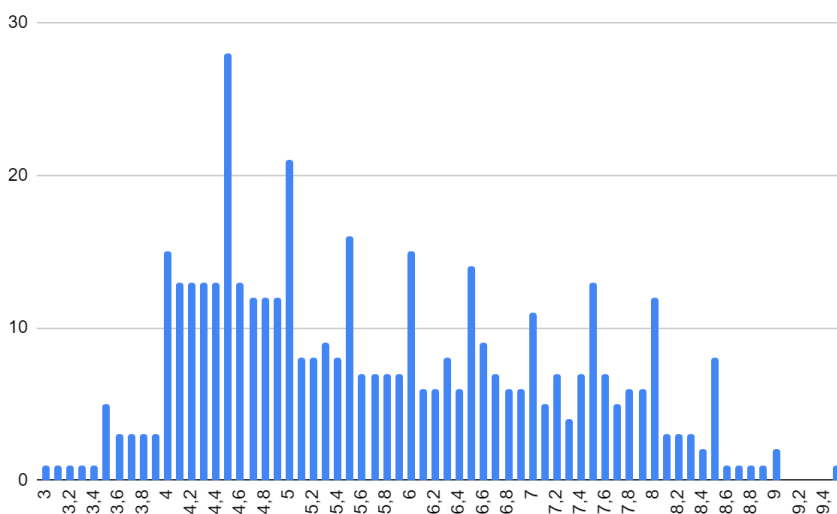
Třetí otázka byla otevřená a zněla: 3. *Jaké pH má perlivá minerální voda? Zadejte rozsah s přesností 0,5.*

Odpověď na tuto otázku není jednoznačná, protože pH sycené minerální vody závisí na jejím složení. Plynný oxid uhličitý rozpuštěný ve vodě v nízké koncentraci (0,2–1,0 %) vytváří kyselinu uhličitou (H_2CO_3) (www.office.com. n.d.) podle následující reakce:



Kyselina dává sycené vodě mírně nakyslou chuť. Její pH je mezi 5 a 6 (Reddy et al., 2016). Normální, zdravé lidské tělo si udržuje rovnováhu pH prostřednictvím acidobazické homeostázy a nebude nepříznivě ovlivněno konzumací čisté sycené vody (Jampolis, 2011). Na druhou

stranu alkalické soli, jako je hydrogenuhličitan sodný, hydrogenuhličitan draselný nebo citrát draselný, zvýší pH. Odpovědi na tuto otázku studenti vyjádřili buď jako konkrétní hodnotu, nebo jako rozsah hodnot. Odpovědi byly vyhodnoceny tak, že byl do grafu pro danou hodnotu pH vynesena počet studentů, kteří danou hodnotu přímo zvolili, nebo spadá do jimi zvoleného intervalu.



Obr. 24 Odpovědi studentů na otázku 3. Jaké pH má perlivá minerální voda? Zadejte rozsah s přesností 0,5.

Ačkoli pH perlivé minerální vody závisí na jejím složení, pH vyšší než 7 a méně než 4 je nesprávná odpověď – to představuje 26,3 % odpovědí studentů.

Čtvrtá otázka byla otevřená a zněla: 4. *Voda Mrtvého moře má pH = 6–6,5. Co to ovlivňuje?*

Mrtvé moře obsahuje různé soli, mj. chlorid sodný, chlorid hořečnatý a chlorid vápenatý, jejichž koncentrace je nezanedbatelná. Tyto solné sloučeniny mohou přispět ke změnám v acidobazické rovnováze vody.

V důsledku toho má naměřené pH obvykle hodnoty 6–6,5. Mrtvé moře je napájeno řekou Jordán a dalšími sezónními přítoky. Dalším zdrojem vody jsou nečetné srážky. Díky horkému klimatu je odpařování vody z povrchu velmi intenzivní a často vyšší, než je přítok. Z tohoto důvodu se koncentrace soli ve vodě neustále zvyšuje, což přispívá k stabilizaci hodnoty pH. Region Mrtvého moře leží v geologicky aktivní oblasti, což souvisí s výskytem jedinečných minerálů v okolních horninách. Vykrytalizované minerály se mohou v případě srážek rozpouštět a obohatit tak vodu v Mrtvém moři a tím tak dále ovlivňovat hodnotu pH. Vysoká koncentrace solí ztěžuje podmínky v Mrtvém moři pro většinu forem života, což vede k nedostatku rostlin a živočichů. Tím pádem je zde velmi omezený přísun odpadních produktů metabolismu, které by mohly pH také ovlivňovat a posouvat je k vyšším hodnotám (Oren, 1998; Golana et al., 2016).

Odpovědi studentů byly velmi různorodé, proto byly rozděleny do 20 skupin.

Takto seříděné otázky pak byly rozděleny do tří kategorií: správné odpovědi, potencionálně správné odpovědi, nesprávné odpovědi nebo odpovědi mimo téma.

Správně odpovědělo 19 studentů (16,4 %). 68 odpovědí (58,6 %) bylo klasifikováno jako „možná správné“, protože nevíme, v jakém kontextu studenti termín „sůl“ použili. Pokud mysleli kuchyňskou sůl (NaCl), odpověď není správná, ale pokud mysleli sůl jako obecný pojem pro sloučeninu tvořenou kationtem kovu a aniontem kyseliny, lze tuto odpověď považovat za správnou. 29 studentů (25 %) odpovědělo špatně nebo mimo téma. Jak je vidět, studentům chybí

schopnost aplikovat své znalosti k vysvětlení hodnoty pH Mrtvého moře (tab. 6).

Tab. 6. Odpovědi studentů na otázku 4: Voda Mrtvého moře má pH = 6–6,5. Co to ovlivňuje?

Správné odpovědi		Potencionálně správné odpovědi		Nesprávné odpovědi a odpovědi mimo téma	
obsah mineralů	15	obsah soli	16	nevím	5
obsah minerálů a soli	4	salinita	22	žádný život	5
		sůl	24	hustota	4
		usazeniny	3	zásaditost	4
		salinita a hustota	1	okyselení	3
		složení vody	1	nedá se plavat	2
				obsah kyslíku a CO ₂	1
				biologické procesy	1
				rozklad CO ₂	1
				teplota vody	1
				výživa buněk	1
				korály	1
SUMA	19		68		29

Pátá otázka byla uzavřená s volbou jedné odpovědi a týkala se obrázku láhve minerální vody s pH 8,5 (obr. 25) a zněla: 5. Na obrázku je tzv. "alkalická voda" s pH = 8,5 (dle výrobce). Je zdravá?



Obr. 25. Etiketa láhve s „alkalickou vodou“

V obchodech jsou reklamy na tzv. „alkalickou vodu“. Výrobci píší: "Chemicky čistá voda má pH 7, to znamená, že reaguje neutrálně, zatímco alkalická voda má pH nad 7,5 (obvykle asi 9). Léčivé vlastnosti alkalické vody byly oceněny asi před 50 lety v Japonsku. Pití takové vody se doporučuje lidem, kteří bojují s překyselením organismu.“ (Dar Nature, 2017). Lékařské kruhy však tato odhalení nepotvrzují (Wasilonek et al., 2019).

Většina respondentů se domnívala, že tato voda je zdravá – 53,4 % a pouze 19 % ji považovalo za nezdravou. Žádný názor nemělo 27,6 % respondentů. Opět vidíme, že studenti nejsou schopni převést své teoretické znalosti o pH do praktických dovedností.

Šestá otázka byla uzavřená s možností výběru z více možností:

6. *Identifikujte všechny faktory, které mohou ovlivnit pH tekoucí vody.*

Celkem studenti vybrali 767 odpovědí, z toho 541 správných a 226 nesprávných (Sýkora et al., 2016; AtlasScientific, 2021). Lze si všimnout, že když mají studenti možnost vybrat si odpovědi, procento správných odpovědí se zvyšuje (tab. 7).

Tab. 7. Odpovědi studentů na otázku 6: Identifikujte všechny faktory, které mohou ovlivnit pH tekoucí vody.

Správné odpovědi		Nesprávné odpovědi	
přítomnost vápenatých iontů	97	množství rozpuštěného dusíku ve vodě	65
typ podloží, po kterém voda teče	87	množství rozpuštěného kyslíku ve vodě	54
přítomnost hořečnatých iontů	82	přítomnost olovnatých iontů	42
přítomnost organických látek	76	přítomnost stříbrných iontů	38
přítomnost hydrogenuhličitanových iontů	72	velké množství ozónu ve vzduchu	15
velké množství oxidu uhličitého ve vzduchu	50	velké množství prachu ve vzduchu	12
velké množství oxidu siřičitého ve vzduchu	39		
teplota vody	38		
SUMA	541		226

Sedmá otázka byla uzavřená s volbou jedné odpovědi: 7. *Je pH mořské vody obvykle vyšší nebo nižší než pH sladké vody?*

pH mořské vody je obvykle vyšší než pH většiny suchozemských vod, kvůli přítomnosti rozpuštěných minerálů a solí (Ruda, n. d.). Podzemní

voda v závislosti na svém původu může mít reakci blízkou neutrální, i když se může měnit pod vlivem různých faktorů prostředí.

Naprostá většina (87,9 %) respondentů odpověděla správně. Snad správnou odpověď ovlivnila dřívější otázka o pH Mrtvého moře.

Osmá otázka byla uzavřená otázka s možností výběru z více možností:

8. Jaké faktory mohou ovlivnit změny pH mořských vod?

Celkem studenti vybrali 328 odpovědí, z toho 215 správných a 113 nesprávných (Ruda, n. d.). Lze si opět všimnout, že když mají studenti možnost vybrat si odpovědi, procento správných odpovědí se zvyšuje. Analogický jev byl pozorován už v šesté otázce.

Tab. 8. Odpovědi studentů na otázku 8: Jaké faktory mohou ovlivnit změny pH mořských vod?

Správné odpovědi		Nesprávné odpovědi	
obsah rozpuštěných solí – slanost vody	108	mořské proudy	51
obsah rozpuštěného oxidu uhličitého	76	obsah rozpuštěného kyslíku	44
teplota vody	31	zeměpisná šířka	18
SUMA	215		113

Devátá otázka byla otevřená: *9. Proč mají některé stolní minerální vody nízké pH? Jaké faktory to mohou ovlivnit?*

Na tuto otázku studenti dávali mnoho různých odpovědí. Odpovědi byly seskupeny podle klíčových slov a rozděleny do 3 typů odpovědí, jako správné byly hodnoceny ty, kde byl alespoň naznačen jeden ze dvou zásadních vlivů.

Vysoký obsah oxidu uhličitého: Některé minerální vody přirozeně obsahují vysokou koncentraci oxidu uhličitého, což způsobuje, že voda je kyselá. Když se oxid uhličitý rozpustí ve vodě, vytváří kyselinu uhličitou, která snižuje pH vody.

Přítomnost minerálních kyselin: Některé minerální vody mohou obsahovat přírodní minerální kyseliny, které snižují pH. Například ve vodě rozpuštěný sulfan se chová jako kyselina a může snížit hodnotu pH vody (Reddy et al. 2016).

Tab. 9. Odpovědi studentů na otázku 9: Proč mají některé stolní minerální vody nízké pH? Jaké faktory to mohou ovlivnit?

Správné odpovědi		Nesprávné odpovědi		Nevím	
minerální látky	37	chlor	3	nevím	41
typ podloží	10	proces zpracování	3		
obsah CO ₂	10	filtrace	2		
HCO ₃ ⁻ , čistota vody	1	dusičnany	2		
		sulfáty	1		
		vyšší prodej	1		
		zdravotní důvody	1		
		granulát/kyselina solná	1		
		obsah kyslíku	1		
		kyselost	1		
		tlak, teplota	1		
SUMA	58		17		41

Téměř polovina dotázaných odpověděla správně. Až 35 % dotázaných však odpovídá „nevím“ a téměř 15 % uvádí nesprávnou odpověď.

To příliš nesvědčí o schopnosti vysvětlovat fakta z běžného života na základě získaných znalostí a vědomostí.

V desáté otázce (10. *Jak může pH vody ovlivnit živé organismy v různých vodních prostředích?*) měli studenti vybrat správné odpovědi z devíti vět.

Tab. 10. Odpovědi studentů na otázku 10: Jak může pH vody ovlivnit živé organismy v různých vodních prostředích?

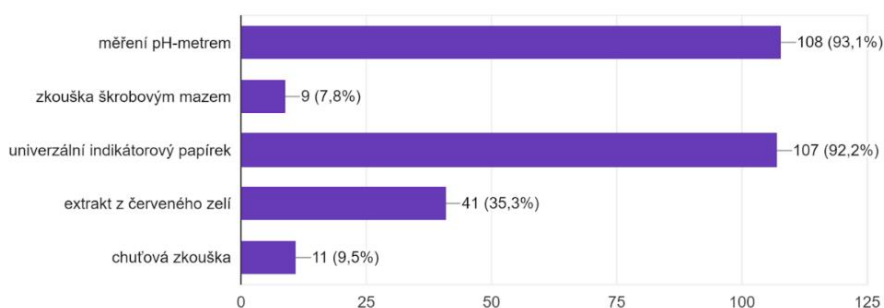
Správné odpovědi		Nesprávné odpovědi	
rozpuštění schránek měkkýšů a korýšů (hlemýžď, škeble, rak, krab ...)	93	snížení dostupnosti kyslíku	61
narušení růstu rostlin	87	rozpuštění rybích kostí	39
rozpuštění schránek korálů	77	rozpuštění zubů vodních savců	24
poškození žaber ryb	55	zkysání mléka savců	18
poškození jiker ryb	55		
SUMA	367		142

Z rozložení správných (72 %) a nesprávných (28 %) odpovědí je zřejmé, že v případě otázky na konkrétní skutečnost či fakt, a nikoliv na interpretaci znalostí či vědomostí, zvláště, jedná-li se o otázky s uzavřenou odpovědí, je procento správných odpovědí významně vyšší.

Jedenáctá otázka byla otevřená: *11. Jaké jsou způsoby určování pH vody v různých prostředích?*

Celkem studenti vybrali 276 odpovědí, z toho 256 správných a 20 nesprávných.

Naprostá většina respondentů správně uvedla, že pH lze měřit pomocí pH-metru a univerzálního indikátorového papírku. Naopak extrakt z červeného zelí zvolila jen 35,3 % studentů. Na jednu stranu to dokazuje, že toto levné a bezpečné činidlo se ve školách běžně nepoužívá. Na druhou stranu to také ukazuje, že studenti nejsou schopni z vlastních zkušeností dovodit, jak jsou chemické znalosti propojeny s každodenním životem (při vaření se červené zelí okyseluje octem, kyselina octová změní barvu připravovaného zelí z namodralé na červenou).

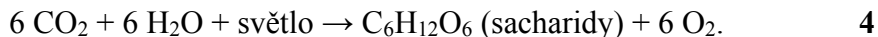


Obr. 26. Odpovědi studentů na otázku 11. Jaké jsou způsoby určování pH vody v různých prostředích?

Dvanáctá otázka je uzavřená: *12. Může se pH tekoucí vody během dne měnit?*

Denní změna pH je způsobena biologickými procesy fotosyntézy a dýcháním u zvířat. Během fotosyntézy přeměňují organismy oxid

uhličitý na kyslík a energii (pomocí světla). To lze vyjádřit následující rovnicí:



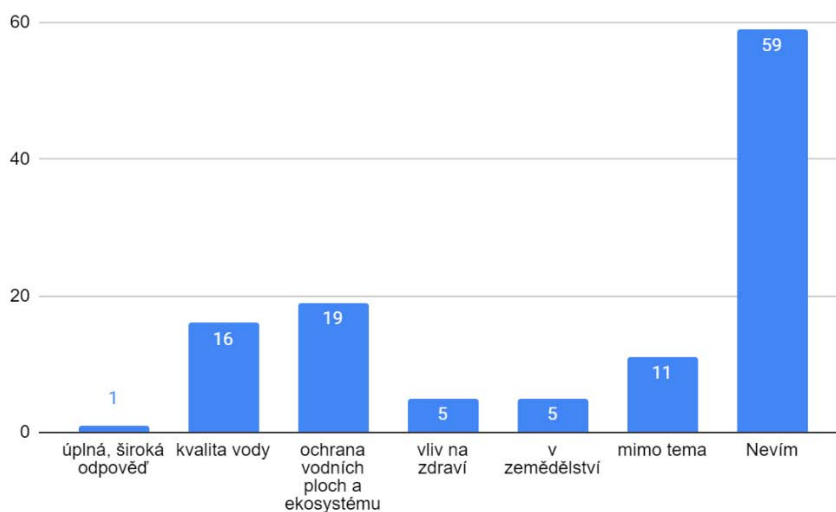
Tento proces vede ke spotřebě oxidu uhličitého, což zase snižuje hladiny CO_2 během dne a zvyšuje tak hodnotu pH. Důsledkem těchto procesů je zvýšení pH během dne a pokles v noci. Hodnota pH vody v řekách se může během dne změnit i kvůli různým dalším faktorům (Sýkora et al., 2016). Mezi významné faktory, které mohou ovlivnit pH říční vody, patří:

- fotosyntéza a dýchání rostlin
Během dne rostliny produkují kyslík prostřednictvím fotosyntézy, což může vést ke zvýšení pH vody, zejména v blízkosti oblastí s významným množstvím vegetace.
- lidská aktivita
Dopad lidské činnosti, jako jsou kanalizační obrazovky nebo úniky z průmyslu, může způsobit náhlý pokles nebo zvýšení hodnoty pH vody v řekách.
- atmosférické srážky
Ty mohou při kondenzaci a průchodu atmosférou zachytit různé chemické látky, které pak vnášejí do řek a mohou tak změnit pH vody.
- koncentrace oxidu uhličitého
Koncentrace oxidu uhličitého v říční vodě se může během dne změnit, což také ovlivňuje pH (viz souvislost s prvním bodem).

S tvrzením, že se pH vody může během dne měnit, souhlasilo 71,6 % dotázaných. Přibližně 1/4 respondentů nemá na tuto věc žádný názor. Přibližně 4 % tvrdí, že pH vody se během dne nemění.

Třináctá otázka byla otevřená: *13. Jaké jsou praktické aplikace informací o pH vody v kontextu ochrany životního prostředí a udržitelného hospodaření s vodními zdroji?*

Na otevřenou otázku 13 byly odpovědi studentů velmi rozdílné, proto byly seskupeny do 7 kategorií. Největší počet odpovědí spadl do kategorie „nevím“ (59). Pouze 1 odpověď byla úplná a komplexní, zbývající správné odpovědi zmiňovaly jen jednotlivá témata.



Obr. 27. Odpovědi studentů na otázku 13. Jaké jsou praktické aplikace informací o pH vody v kontextu ochrany životního prostředí a udržitelného hospodaření s vodními zdroji?

Úplná, široká odpověď zněla: pH vody má vliv na fyzikálně-chemický režim vody. pH ovlivňuje rozpustnost řady látek, což má vliv na fyziologické procesy řady vodních organismů. Může indikovat přítomnost řas, tvůrců O₂, které ovlivňují pH odebráním CO₂ přes den

a navrácením CO₂ v noci. Zároveň řasy potřebují k správným metabolickým funkcím soli železa, fosforu a vápníku, jejichž rozpustnost souvisí s hladinou pH.

8.6. Diskuse a závěry z výzkumu

Respondenti odpovídali na 13 otázek. Některé z těchto otázek se týkaly znalosti jednoduchých faktů o pH (otázky 1, 2, 3, 7, 10, 11, 12) a některé se týkaly výkladu faktů nebo jejich vysvětlení (4, 5, 6, 8, 9, 13). Některé otázky byly otevřené a vyžadovaly nezávislé odpovědi studentů (1, 2, 3, 4, 9, 13), některé byly uzavřené (5, 6, 7, 8, 10, 11, 12) a studenti vybrali pouze jednu nebo několik odpovědí. (tab. 11) Analýza odpovědí studentů ukazuje, že ačkoli znají fakta docela dobře, mnohem hůře je interpretují a vysvětlují (tab. 12).

Tab. 11. Celkové zhodnocení odpovědí na jednotlivé otázky

Číslo otázky	Typ dotazu: Fakt / Interpretace nebo vysvětlení	Typ otázky: O – otevřená / Z – uzavřená	Správné odpovědi	Potencionálně správné odpovědi	Nesprávné odpovědi nebo odpovědi mimo téma	Odpověď neým
1	Fakt	O	92,2 %		7,8 %	
2	Fakt	O	91,4 %		8,6 %	
3	Fakt	O	73,7 %		26,3 %	
4	Interpretace	O	16,4 %	58,6 %	25,0 %	
5	Interpretace	Z	19,0 %		53,4 %	27,6 %
6	Interpretace	Z	70,5 %		29,5 %	
7	Fakt	Z	87,9 %		12,1 %	
8	Interpretace	Z	65,5 %		34,5 %	
9	Interpretace	O	50,0 %		14,7 %	35,3 %
10	Fakt	Z	72,1 %		27,9 %	
11	Fakt	Z	92,8 %		7,2 %	
12	Fakt	Z	71,6 %		4,0 %	25,0 %
13	Interpretace	O	0,9 %	12,1 %	9,5 %	50,9 %

Tab. 12. Pořadí otázek podle procenta správných odpovědí

Číslo otázky	Typ dotazu: Fakt / Interpretace nebo vysvětlení	Typ otázky: O – otevřená / Z – uzavřená	Správné odpovědi
11	Fakt	Z	92,8 %
1	Fakt	O	92,2 %
2	Fakt	O	91,4 %
7	Fakt	Z	87,9 %
3	Fakt	O	73,7 %
10	Fakt	Z	72,1 %
12	Fakt	Z	71,6 %
6	Interpretace	Z	70,5 %
8	Interpretace	Z	65,5 %
9	Interpretace	O	50,0 %
5	Interpretace	Z	19,0 %
4	Interpretace	O	16,4 %
13	Interpretace	O	0,9 %

Bibliografie

AtlasScientific. (2021, 26. října). *Does Dissolved Oxygen Affect pH?*

<https://atlas-scientific.com/blog/does-dissolved-oxygen-affect-ph/>

Dar Natury. (2017, 29. června). *Czym jest woda alkaliczna? Kto*

powinien ją pić? [https://www.darnatury.pl/czym-jest-woda-](https://www.darnatury.pl/czym-jest-woda-zasadowa-kto-powinien-ja-pic#:~:text=Chemicznie%20czysta)

[zasadowa-kto-powinien-ja-pic#:~:text=Chemicznie%20czysta](https://www.darnatury.pl/czym-jest-woda-zasadowa-kto-powinien-ja-pic#:~:text=Chemicznie%20czysta)

[%20woda%20posiada%20pH%207%2C%20czyli%20ma,polecan](https://www.darnatury.pl/czym-jest-woda-zasadowa-kto-powinien-ja-pic#:~:text=Chemicznie%20czysta)

e%20osobom%2C%20kt%C3%B3re%20zmagaj%C4%85%20si
%C4%99%20z%20zakwaszeniem%20organizmu.

Golana, R., Gavrielia, I., Ganorb, J., Lazarc, B. (2016). Controls on the pH of hyper-saline lakes – A lesson from the Dead Sea. *Earth and Planetary Science Letters* 434, 289–297.

Jampolis, M. (2011, 6. května). *Can I drink carbonated water?* CNN.com.

<http://edition.cnn.com/2011/HEALTH/expert.q.a/05/06/carbonated.water.jampolis/>

Nodzyńska-Moroń, M., Cieśla, P., Hrdlička, J., Sirotek, V., Štrofová, J., Klečka, M. & Šrámová, A. (2023) *Metody a techniky stanovení pH – od mateřské po vysokou školu*. Uniwersytet pedagogiczny im. Komisii edukacji narodowej w Krakowie. https://uatacz.up.krakow.pl/~wwwchemia/pliki/ISBN%20978-83-8084-932-7_Metody_a_techiny_stanoveni_pH.pdf

Oren, A. (1998). Life and survival in a magnesium chloride brine: the biology of the Dead Sea. In: *Proceedings Volume 3441, Instruments, Methods, and Missions for Astrobiology*. <https://doi.org/10.1117/12.319856>

Reddy, A., Norris, D. F., Momeni, S. S., Waldo, B., Ruby, J. D. (2016). The pH of beverages in the United States. *The Journal of the American Dental Association*. 147(4), 255–263.

Ruda, A. (n. d.) *Chemické vlastnosti mořské vody*. Masarykova univerzita. https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/12-1-chemicke-vlastnosti.html

Sýkora, V., Kujalová, H., Pitter, P. (2016). *Hydrochemie: pro studenty bakalářského studia*. VŠCHT Praha

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví ze dne 22. dubna 2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody ve znění vyhlášek č. 187/2005 Sb., č. 293/2006 Sb., č. 83/2014 Sb., č. 70/2018 Sb. a 371/2023 Sb. (2023). <https://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=39750>

Wasilonek, M. & Redakcja Medonet (2019, 9. října). *Woda alkaliczna - prawda i mity o właściwościach wody o wysokim pH*. Medonet.pl. <https://www.medonet.pl/zdrowie,woda-alkaliczna---wlasciwosci--przeciwwskazania--przepisy,artykul,1729195.html>

www.office.com. (n.d.). *Carbon dioxide in water equilibrium*. <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.thuisexperimenteren.nl%2Fscience%2Fcarbonaatkinetiek%2FCarbondioxide%2520in%2520water%2520equilibrium.doc&wdOrigin=BROWSELINK>

Západočeská univerzita v Plzni. (n. d.) Co víme o pH vody? <https://docs.google.com/forms/d/1dbEEr8PMDiScVIOdguLohbiUQl5lYSvQS5nsXNiGZmo/edit>

9. Závěr

Małgorzata Nodzyńska-Moroń

Monografie s názvem "pH kolem nás – testování vody v okolí Plzně" je třetí ze série knih o pH (po: "Z pH za pan brat – od przedszkola po uniwersytet" a "Metody a techniky stanovení pH – od mateřské po vysokou školu").

Tentokrát se autoři zaměřili na praktické aspekty měření pH → měření reálných vzorků vody, exkurze na významné lokality se zřejmou vazbou mezi typem lokality a pH nebo testování pH vody v akváriích. Zdá se, že toto je druh PRAKTICKÉ výuky o pH, který studentům ve školách chybí.

Jak bylo ukázáno v předchozí kapitole, většina studentů správně odpovídá na otázky o pH, které jsou zaměřeny na konkrétní poznatky, ale mají problémy s vysvětlením těchto faktů v souvislostech a návazností těchto faktů na reálné děje v přírodě. To znamená, že se naučili, co je pH, ale nevědí například, jaké faktory ovlivňují jeho změny. Umí měřit pH pomocí „chemických“ metod (pH-metr, univerzální indikátorový papírek), ale nejtypičtější „domácí“ metody neznají.

Největší nepochopení tématu z praxe vykazují odpovědi studentů na 13. otázku, kde ze 116 jich celých 59 odpovídá, že neví, „jaká je praktická aplikace informací o pH vody v kontextu ochrany životního prostředí a udržitelného hospodaření s vodními zdroji?“ a dalších 11 reaguje „mimo“ téma.

Zdá se tedy, že praktická aplikace poznatků o pH by měla být ve školní výuce širěji prezentována, ať už prostřednictvím výletů do přírody nebo koníčků (např. jako v nastíněném případě akvaristiky).

Bibliografie

- Nodzyńska-Moroń, M., Cieśla, P., Hrdlička, J. (2023) *Z pH za pan brat – od przedszkola po uniwersytet*. Uniwersytet Pedagogiczny im. Komisji Edukacji Narodowej w Krakowie. <https://uatacz.up.krakow.pl/~wwwchemia/pliki/ISBN%20978-83-8084-930-3%20Z%20pH%20za%20pan%20brat.pdf>
- Nodzyńska-Moroń, M., Cieśla, P., Hrdlička, J., Sirotek, V., Štrofová, J., Klečka, M. & Šrámová, A. (2023) *Metody a techniky stanovení pH – od mateřské po vysokou školu*. Uniwersytet pedagogiczny im. Komisii edukacji narodowej w Krakowie. https://uatacz.up.krakow.pl/~wwwchemia/pliki/ISBN%20978-83-8084-932-7_Metody_a_techniky_stanoveni_pH.pdf

Příloha

Co víte o pH vody?

pH je číslo, kterým se v chemii vyjadřuje, zda vodný roztok reaguje kyselou či naopak zásaditě (alkalicky). Jedná se o logaritmickou stupnici s běžně užívanými hodnotami od 0 do 14. Za standardních podmínek má neutrální voda $\text{pH} = 7$. U kyselin je $\text{pH} < 7$, naopak zásady mají $\text{pH} > 7$.

** Označuje povinnou otázku*

1. Jméno *

Jméno a příjmení slouží pouze k evidenci odevzdaných dotazníků. Všechna ostatní data budou anonymizována a budou použita výhradně pro účely didaktického výzkumu.

2. Příjmení *

3. Zvolte fakultu ZČU, na které studujete *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- FAV
- FDU
- FEK
- FEL
- FF
- FPE
- FPR
- FST
- FZS

4. Studium *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- bakalářské
- magisterské
- navazující magisterské

5. Obor studia *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- chemie
- jiný

VODA a pH

Odpovězte, prosím, na následující otázky.

6. 1. Jaké je ideální pH vody, které máme pít? Zadejte číslo s přesností na 1 desetinné místo. *

7. 2. Jaké je pH vody z vodovodu? Zadejte číslo s přesností na 1 desetinné místo. *

8. 3. Jaké pH má perlivá minerální voda? Zadejte rozsah s přesností 0,5. *

9. 4. Voda Mrtvého moře má pH = 6 - 6,5. Co to ovlivňuje? *

10. 5. Na obrázku je tzv. "alkalická voda" s pH = 8,5 (dle výrobce). Je zdravá? *



Označte jen jednu elipsu.

- ano
 ne
 nevím

11. 6. Identifikujte všechny faktory, které mohou ovlivnit pH tekoucí vody. *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- přítomnost organických látek
- přítomnost vápenatých iontů
- přítomnost olovnatých iontů
- přítomnost hořečnatých iontů
- přítomnost stříbrných iontů
- přítomnost hydrogenuhličitanových iontů
- teplota vody
- velké množství oxidu uhličitého ve vzduchu
- velké množství ozónu ve vzduchu
- velké množství oxidu siřičitého ve vzduchu
- velké množství prachu ve vzduchu
- typ podloží, po kterém voda teče
- množství rozpuštěného kyslíku ve vodě
- množství rozpuštěného dusíku ve vodě

12. 7. Je pH mořské vody obvykle vyšší nebo nižší než pH sladké vody? *

Označte jen jednu elipsu.

- vyšší
- shodné
- nižší
- nevím

13. 8. Jaké faktory mohou ovlivnit změny pH mořských vod? *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- mořské proudy
- obsah rozpuštěného oxidu uhličitého
- zeměpisná šířka
- obsah rozpuštěného kyslíku
- obsah rozpuštěných solí - slanost vody
- teplota vody

14. 9. Proč mají některé stolní minerální vody nízké pH? Jaké faktory to mohou ovlivnit? *

15. 10. Jak může pH vody ovlivnit živé organismy v různých vodních prostředích? *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- rozpouštění schránek měkkýšů a korýšů (hlemýžď, škeble, rak, krab ...)
- rozpouštění rybích kostí
- rozpouštění zubů vodních savců
- poškození žaber ryb
- narušení růstu rostlin
- snížení dostupnosti kyslíku
- zkysání mléka savců
- poškození jiker ryb
- rozpouštění schránek korálů

16. 11. Jaké jsou způsoby určování pH vody v různých prostředích? *

Zaškrtněte všechny platné možnosti.

- měření pH-metrem
- zkouška škrobovým mazem
- univerzální indikátorový papírek
- extrakt z červeného zelí
- chuťová zkouška

17. 12. Může se pH tekoucí vody během dne měnit? *

Označte jen jednu elipsu.

- Ano
- Ne
- Nevím

18. 13. Jaké jsou praktické aplikace informací o pH vody v kontextu ochrany životního prostředí a udržitelného hospodaření s vodními zdroji? *

Děkujeme Vám za Vaše odpovědi

ISBN 978-83-68-020-34-2

e-ISBN 978-83-68020-35-9

DOI 10.24917/9788368020342