

Obsah



Jak to vidí vědec?	2
Proč v GLOBE programu zkoumáme povrchové vody?	3
Hydrologické stanoviště	7
Výběr stanoviště	7
Popis stanoviště	8
Mapování a dokumentace	10
Odběr vzorků	11
Průhlednost vody	12
Výroba pomůcek	12
Měření průhlednosti vody Secchiho diskem	13
Měření průhlednosti vody trubicí	13
Interpretace dat	16
Teplota vody	17
Měření teploty vody	17
Interpretace dat	22
Konduktivita	23
Měření konduktivity vody	23
Interpretace dat	31
pH vody	32
Měření pH vody	32
Interpretace dat	38
Alkalinita	39
Měření alkalinity	39
Interpretace dat	41
Dusičnany	42
Měření dusičnanů	42
Interpretace dat	43
Rozpuštěný kyslík	44
Měření obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě	44
Vodní bezobratlí živočichové	48
Výroba pomůcek	48
Mapování a výběr místa	50
Zkoumání vodních bezobratlých živočichů	51
Slovníček pojmů	55
Slovníček Aj / Čj	57



Jak to vidí vědec

Znáte pohádku *Sůl nad zlato*? Představte si, že by Maruška měla tatínka ráda jako vodu a tatíček král by ji zakázal. Možná, že by to byla chvíle legrace. Pilo by se víno nebo pivo a oběd by byl bez polévky. Ale zkusili jste se někdy umýt vínem? Představte si ty ulepené ruce!

Za čas by došlo všechno umyté nádobí. Kromě polévky by nebylo možné uvařit ani brambory, rýži nebo knedlík. Zvadly by kytky ve váze, přes okna by časem nebylo vidět. A důsledky v oblasti osobní hygieny si vůbec nebudeme představovat...

Ale vraťme se z pohádky. Otočíme kohoutkem a už teče. Vždyť je to úplně samozřejmé. Ráno si čistíme zuby, sprchujeme se, vaříme čaj. Toaletu bez vody známe již jenom z historických filmů. Chodíme se koupat – do bazénu, do rybníka nebo přímo k moři. Jezdíme na vodu, v zimě lyžujeme, jezdíme na prkně nebo na bruslích. K tomu také potřebujeme vodu, i když v jiném skupenství.

Všimli jste si někdy, kolik má voda přívlastků?

Jiskřivá, přírodní, kojenecká, ledovcová, mrtvá, živá, čirá, měkká, tvrdá, mořská, sladká, destilovaná, perlivá, neperlivá, teplá, horká, studená, ledová. Ale také špinavá, znečištěná, bahnitá, zelená, otrávená, proudící, stojatá, divoká, nebezpečná, ničící...

Toto jistě není náhodné. Je to proto, že nás voda provází v životě na každém kroku a v každé době a že je pro nás velmi důležitá.

Jak to vlastně je? Jaká vlastně voda je? Co je to čistá voda? Představuje si každý člověk, živočich či rostlina čistou vodu stejně?

Program GLOBE vám nabízí několik pohledů na vodu a také několik odpovědí na uvedené otázky. Můžete se naučit měřit některé vlastnosti – teplotu vody, její průhlednost, některé chemické vlastnosti jako kyselou nebo zásaditou reakci, obsah rozpuštěných solí, v některých skupinách můžete měřit i obsah kyslíku a nitrátů a jiné vlastnosti.

Jednou ze zajímavých vlastností programu GLOBE jsou vybrané metody měření. Výsledky měření vlastností vody můžeme považovat za objektivní a nejsou ovlivněny našimi pocity, které se projevují ve výše uvedených, někdy až básnických, vyjádřeních. Toto vám umožňuje porovnávat nebo sdílet výsledky pozorování různých pracovních skupin na celém světě a všichni si přitom rozumí. Kéž by tomu tak bylo i mimo program GLOBE.

Objektivní metody měření vám také umožní sledovat proměnlivost vlastností vody v čase. Na té se projeví nejvíce souvislost s pravidelnými ročními změnami, které můžete měřit i v jiných oblastech a výsledky pak porovnávat a přemýšlet o nich. Také se projevuje dlouhodobé kolísání klimatu, ale na to jsou vaše školní léta příliš krátká.

Nezbývá, než vám popřát mnoho zábavy při objevování objektivních metod a při poctivé výzkumné práci a zejména nalezení nových kamarádů ve vašem okolí nebo také na celém světě.

Jiří Pechoč,
člen vědecké rady GLOBE



Proč v GLOBE programu zkoumáme povrchové vody?



Voda není jen kolem nás, ale i v nás. S trochou nadsázky můžeme říct že „my jsme voda“ a alespoň z 66 % budeme mít pravdu. Voda je jednou z nejdůležitějších látek na zemi, umožňuje život, tvoří 50–90 % váhy těl živých organismů. Hraje klíčovou roli při formování počasí, ovlivňuje povrch planety erozí a dalšími procesy, pokrývá 71 % povrchu Země. Největší objem vody na Zemi představují oceány (97,7 %), z celkových zásob vody na Zemi jsou pouze 2,3 % sladké vody. Její převážná část se nachází v ledovcích (74,5 %). Zbytek je rozdělen na vodu podzemní, vodu jezer a řek, půdní vláhu, vodu v atmosféře a biomase. V souvislosti s globálními změnami klimatu se snižují zásoby pitné vody na Zemi a je třeba šetrněji zacházet s jejími zdroji.

Hydrologický cyklus

Voda na zemi neustále cirkuluje mezi zemským povrchem a atmosférou – tzv. **hydrologický cyklus** je jedním ze základních procesů v přírodě. Motorem tohoto cyklu či koloběhu je sluneční energie. Teplem se voda vypařuje z moře, jezer, řek i vegetace do atmosféry v podobě vodní páry. Vodní pára cestuje atmosférou často na velké vzdálenosti, ochlazuje se a vytváří ledové krystalky nebo miniaturní kapky vody, které jsou základem oblaků. V momentě, kdy se tyto krystalky nebo kapky zvětší nad určitou hranici, přemůže je gravitace a padají dolů k zemi jako déšť nebo sníh. Zde voda může dopadnout na povrch půdy a přefiltrovat se skrz půdní profil do podzemních rezervoárů vody, které na některých místech mohou vyvěrat na povrch jako prameny, část vody se vypaří a část odeče po povrchu do povrchových vod. Srážky dopadlé na povrch vegetace se rovnou se vypaří nebo je rostliny využijí. Voda, která dopadá na povrch Země zpevněný člověkem odtéká většinou bez užitku kanalizačními systémy rovnou do povrchových vod. Srážky rovněž mohou dopadnout přímo do vody jezer, řek a moří. Více jak polovina srážek se vypaří, zbytek odeče do oceánu. Rostliny vylučují značné množství vodní páry *transpirací* – tzv. fyziologickým vypařováním.

PRŮMĚRNÁ DOBA SETRVÁNÍ MOLEKUL VODY V ZÁSOBÁCH

voda v atmosféře	9 dní
voda v řekách	10–60 dní
voda v biomase	několik týdnů
voda v půdě	2–50 týdnů
voda v jezerech	10 let
podzemní voda	10–300 let
voda v oceánech	50–3000 let
ledovce	12000–15000 let

(zdroj: Bergstedt Ch. a kol, 2005 Voda, učebnice pro integrovanou výuku)

Zajímavé aktivity k Hydrologickému cyklu naleznete na stránkách <http://www.globe-europe.org/eLSEE/>

TIP



Měřením vlastností vody získáme informace o její kvalitě, podmínkách pro život vodních rostlin a živočichů, znečištění, porozumíme lépe procesům, které ve vodě probíhají.

V programu GLOBE budeme provádět měření následujících vlastností vody.

PRŮHLEDNOST vody souvisí s průnikem světla do vody, které je nezbytné pro fotosyntetizující organismy.

TEPLOTA vody je ovlivněna slunečním zářením, v hlubších nádržích často najdeme více teplotních vrstev. Teplota vody může ukazovat, odkud voda pochází. Teplota vody v blízkosti zdroje není ještě tak ovlivněna Sluncem, jako teplota vody dále od zdroje. Vyšší teplota vody v toku může být způsobena i lidskou činností (např. využitím vody ke chlazení a jejím opětovným vypuštěním do toku). S teplotou souvisí i další ukazatele nezbytné pro život jako např. obsah rozpuštěného kyslíku, teplota vody dále ovlivňuje některá další měření – např. vodivost.

KONDUKTIVITA – MĚRNÁ ELEKTROLYTICKÁ VODIVOST vody je způsobena rozpuštěnými látkami ve vodě. Čistá voda je jen slabý vodič elektrického proudu. Vyšší hodnota vodivosti může ukazovat na znečištění vody, ale také může znamenat jen dostatek minerálních látek.

pH ukazuje kyselost vody. Řada organismů je schopna žít jen ve vodě s vyšším pH – typicky korýši a měkkýši s vápenatými schránkami. Kritickým momentem pro život ve vodě je pH kolem 3,5, kdy se z podloží vyplavuje toxický hliník.

ROZPUŠTĚNÝ KYSLÍK je často limitujícím faktorem pro život ve vodě. Pro většinu organismů je limitní koncentrace menší než 3 mg/l.

ALKALINITA ukazuje pufrací kapacitu vody, tedy schopnost vody odolávat kyselému znečištění a udržovat pH na současné úrovni. Kyselé znečištění je způsobeno srážkami, deštěm a sněhem, největší nápor bývá při jarním tání. Alkalinita vody hodně souvisí s podložím. V krasových oblastech s dostatkem vápence je alkalinita vyšší, v oblastech s žulovým podložím je nízká.

DUSIČNANY mají velký význam pro rostliny žijící ve vodě. V případě nedostatku se dusík může stát pro život vodních rostlin limitujícím faktorem, např. v čistých horských bystřinách. Vyšší hodnoty dusičnanů indikují znečištění vody (např. hnojivy), a mohou způsobovat nadměrný růst řas a sinic ve vodě – *eutrofizaci*.

BEZOBRATLÍ ŽIVOČICHOVÉ jsou významnou složkou potravních řetězců. Jejich přítomnost vypovídá o kvalitě vody, kde žijí a podmínkách pro život.

Měření **SALINITY** – slanosti vody, v našich vnitrozemských podmínkách nemá význam. Průměrná salinita sladké vody je do 0,5 ‰ (0,5 ppt), salinita mořské vody je průměrně 30 ‰.

Ve většině zemí současná měření vody zahrnují jen málo vodních zdrojů a málo ukazatelů, GLOBE měření mohou pomoci tuto situaci napravit a doplnit chybějící údaje. Tyto znalosti mohou napomoci k uvážlivějším rozhodnutím o tom, jak vodní zdroje využívat a jak se o ně starat.



PŘEHLED MĚŘENÍ	MÍSTO	FREKVENCE	ČASOVÁ NÁROČNOST	MAXIMÁLNÍ ČAS MEZI ODBĚREM A ANALÝZOU
Průhlednost vody Water Transparency	hydrologické stanoviště	1 krát týdně až 1 krát měsíčně	10 min	přímo na místě
Teplota vody Water Temperature				přímo na místě
Konduktivita – měrná elektrolytická vodivost Electrical Conductivity	do 10 min nebo do 2 hod, pokud je vzorek v uzavřené láhvi			
pH pH	do 2 hod, pokud je vzorek v uzavřené láhvi; do 2 dnů, pokud je skladován v temnu a chladu			
Rozpouštěný kyslík ve vodě Dissolved Oxygen	do 24 hod, pokud je vzorek v uzavřené láhvi a fixován			
Alkalinita Alkalinity	do 2 hod, pokud je vzorek v uzavřené láhvi			
Dusičnany Nitrate	do 24 hod, pokud je vzorek v uzavřené láhvi			
Vodní bezobratlí živočichové Freshwater Macroinvertebrates	hydrologické stanoviště	2krát ročně	4–8 hodin	



Všechna **hydrologická měření** (s výjimkou zkoumání bezobratlých živočichů) provádějte nejlépe **1krát týdně**, vždy ve stejnou dobu. Doporučujeme provádět měření **v dopoledních hodinách**, kdy není teplota povrchové vrstvy vody ještě příliš ovlivněna sluncem (pokud nelze, nevadí). V případě, že je pro vás nereálné každotýdenní měření, provádějte měření alespoň 1krát měsíčně, nebo zvolte jiný interval. Vhodné je dále provést měření i mimo obvyklý interval v případě nějaké mimořádné události (ekolog. havárie, povodeň ...).

Pozorování **bezobratlých živočichů** provádějte **2krát ročně**, jednou pozdě zjara (duben, květen) a jednou na podzim (září, říjen), než voda zamrzne.

V případě, že stanoviště zamrzlo, vyschlo, nebo je nepřístupné z jiných důvodů (povodně apod.), poznamenejte do záznamového listu, proč jste neměřili. Tento údaj odesílejte každý týden nebo v intervalu vašeho běžného měření, dokud měření není obnoveno.

Před prvním měřením je potřeba vybrat si vhodné stanoviště, popsat ho, definovat a zaregistrovat na webu GLOBE.



Pomůcky

MĚŘENÍ, AKTIVITA	POMŮCKY
Všechna měření	pracovní listy, zápisník, tužka, hodinky, latexové rukavice (v zimě nebo pro znečištěnou vodu)
Definování, popis a dokumentace stanoviště	GPS, fotoaparát, buzola, mapa, provázek, praporky
Odběr vzorků	kbelík (s provázkem), plastová láhev
Průhlednost vody	Secchiho disk, 2 kuličky a metr, nebo trubici na měření průhlednosti a nádobu na lití vody
Teplota vody	lihový teploměr, provázek
Konduktivita – vodivost	konduktometr, teploměr, destilovaná voda ve stříčce, jemná utěrka nebo papírové ubrousky, rukavice, 3 kádinky, plastová láhev, kalibrační roztok, šroubovák
pH	pH indikátorové papírky nebo pH metr, kádinka, destilovaná voda, jemná utěrka nebo papírové ubrousky, pufrční roztoky o pH 7 a 10 nebo pH 7 a 4 (nejlépe v zavařovačkách s víčky), kádinka, šroubovák
Rozpuštěný kyslík ve vodě	souprava na měření rozpuštěného kyslíku, ochranné brýle a rukavice, destilovaná voda, láhev na odpad
Alkalinita	souprava na měření alkalinity, destilovaná voda, ochranné brýle a rukavice, láhev na odpad
Dusičnany	souprava na měření dusičnanů, destilovaná voda, ochranné brýle a rukavice, láhev na odpad
Vodní bezobratlí živočichové	planktonka nebo síť na odebrání živočichů, klíč k určování vodních živočichů, kelímky, lahvičky, tácky, pinzety, lupy, kapátka, síta

Výběr stanoviště



V ideálním případě zvolte vaše hydrologické stanoviště v povodí, které je nejvýznamnější ve vaší studijní oblasti GLOBE 15 x 15 km. V tomto povodí si vyberte vodní objekt pro svá měření. Může to být potok, malá říčka, větší tok, rybník, jezero nebo nádrž, v případě nouze i strouha nebo stoka. Na stanoviště se potřebujete dostat mnohokrát během roku, proto je dobré vybrat místo celoročně dostupné, se snadným a bezpečným přístupem k vodě.

Všechna měření budete provádět na tomtéž hydrologickém stanovišti. Protože by se hydrologická měření měla provádět nejlépe každý týden, je důležité, aby vybrané stanoviště nebylo od školy (či bydliště dětí) příliš daleko.

Jaké stanoviště zvolit?

V případě, že se ve vašem okolí nachází více vhodných vodních objektů, přednostně vyberte podle pořadí:

- řeka, potok
- jezero, vodní nádrž
- rybník
- strouha, stoka

Můžete si vybrat více stanovišť, na kterých budete provádět hydrologická měření.

K zjištění výskytu bezobratlých živočichů si vyberte lokalitu poblíž vašeho obvyklého stanoviště. Měla by zahrnovat odlišné typy prostředí a podmínek, které jsou typické pro vybranou 50m dlouhou část toku či břehu.

NEVHODNÉ JE VYBRAT STANOVIŠTĚ:

1. **v turbulentně proudící vodě** jsou hodnoty zkreslené a nereprezentativní – voda obsahuje unášené částice dna, je překysličená
2. **v zátočině** voda neproudí, má odlišné hodnoty od vody v toku – zejména jinou teplotu a obsah rozpuštěného kyslíku
3. **u vtoku vody do nádrže** jsou hodnoty jiné než v nádrži – jiná teplota, množství rozpuštěného kyslíku i živin, jiné pH atd.



Výběr stanoviště

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30–45 min

POMŮCKY: topografická nebo turistická mapa, tužka, papír, namnožený pracovní list do dvojic, event. větších skupin. Lze využít i satelitní snímek oblasti, letecké mapy (např. www.mapy.cz) apod., event. fotoaparát



POSTUP: Studenti vytipují možná stanoviště a společně dojdou k výběru 1 stanoviště.

Doporučujeme práci ve skupinách – výsledné tipy napište na tabuli a společně vyberte „vítězné“ stanoviště. Přesnou polohu stanoviště upřesněte až v terénu.

Studenti mohou dostat jakýsi předvýběr stanoviště i za domácí úkol a mohou se vypravit do terénu vhodná místa vyfotit. Fotky pak budou sloužit jako další pomůcka k rozhodnutí o konečném stanovišti.

Možnost zapojit se do výběru stanoviště je pro studenty dobrou motivací podílet se na další práci a měření.

TIP

Pro společný výběr stanoviště lze využít diskuzní aktivitu Řeka

TIP



Řeka

VĚKOVÁ SKUPINA: 14–19 let

Tak jako se prameny a potůčky postupně slévají v řeku, tak se postupně spojují i studenti a názory.

POSTUP: Problém (v tomto případě vhodné tipy na hydrologické stanoviště) řeší studenti nejprve samostatně. Pak vytvoří dvojice, a musí se dohodnout na společném řešení (shodnout se na 3 stanovištích). Dále se spojí vždy 2 dvojice dohromady, a čtveřice opět musí nalézt společné řešení (shodnout se na 3 stanovištích). Následuje spojení vždy 2 čtveřic ve skupinku 8 studentů a lehká změna zadání (musí se shodnout na jediném stanovišti). Podle počtu studentů se pak mohou skupiny znovu spojit, nebo rovnou každá přednese a zdůvodní své stanovisko. Všichni společně vyberou nejlepší řešení (o výběru stanoviště se může i hlasovat).

Popis stanoviště

Bližší informace o vašem stanovišti jsou důležité především pro vás, ale mají význam i pro vědce a studenty z jiných škol, kteří by chtěli s vašimi daty pracovat. Usnadňují zejména správnou interpretaci dat. Vedle základních informací, jako jsou zeměpisné souřadnice, typ používaných měřicích souprav apod., je vhodné doplnit údaje komentáři, fotografiemi či mapkou (viz prac. list)

Do pracovního listu studenti zapisují informace, které už o svém vodním toku či nádrži vědí. Informace je možné doplňovat postupně. **Nezbytné je: datum měření, název stanoviště, zeměpisné souřadnice, jméno vodního zdroje používané na mapě, a informaci, že jde o sladkovodní zdroj.** Další informace nejsou povinné, ale je dobré je zaznamenat (zda jde o tekoucí či stojatou vodu, velikost nádrže, typ podloží, vegetace okolo toku atd. – viz pracovní list).



Dokud nedefinujete své hydrologické stanoviště, nemůžete odesílat naměřená data do databáze GLOBE.



Popis stanoviště

ČASOVÁ NÁROČNOST: cca 30 min plus cesta na místo

POMŮCKY: turistická nebo topografická mapa, buzola, GPS, provázek nebo pásmo, event. fotoaparát, satelitní snímek

POSTUP: Studenti se vypraví k vytipovanému stanovišti, zaměří jeho souřadnice a zjistí další informace v terénu. Doporučujeme výpravu spojit s prvním ukázkovým měřením základních ukazatelů – teploty, průhlednosti a pH. Není nutné zapsat všechny požadované informace, ale i tady platí „čím víc, tím líp“. Některé údaje zjistíte z jiných zdrojů (např. geologická mapa). Stanoviště můžete popsat a definovat i v případě, že momentálně nemáte k dispozici GPS – použijte souřadnice z mapy a později údaj upřesníte. Dvojjazyčné provedení záznamového listu vám usnadní zadání dat do GLOBE databáze.

TIP
Užitečné je zjistit, zda existují o jakosti vody v toku údaje z některé profesionální monitorovací stanice. Seznam monitorovacích míst naleznete např. na webu Českého hydrometeorologického ústavu www.chmi.cz nebo na webu správ povodí jednotlivých řek. Blízkou profesionální stanici pak můžete požádat o spolupráci, patronaci nad měřením, odborné konzultace výsledků apod.



V pracovním listu jsou uvedeny charakteristiky, které se zadávají do databáze. Výběr možností není často úplný nebo přesný, proto si do listu poznamenejte i další případné údaje, které zjistíte. Tyto údaje pak při odesílání připište ke komentáři – např. netypické místo odběru vody přímo v mělkém řečišti, výrazně kolísající šířku toku, rozlohu stojaté vody, neuvedené typy hornin (přeměněné horniny), břeh zpevněný jinak než betonem apod.



Mapování a dokumentace

POMŮCKY: provázek, pásmo, 26 praporků či jiné značky, GPS nebo buzola, česko-anglický slovník, pastelky

POSTUP: Úkolem je zmapovat území kolem vašeho místa odběru vzorků. Mapka nemusí být severojižně orientovaná, důležité je, aby byl na mapce vyznačen směr sever a měřítko. Samozřejmě můžete pro mapování volit jiný postup, u nás je obvyklejší zakreslení do sítě orientované severojižně. Velikost mapky 16 x 25 cm není závazná.

Mapku můžete poslat emailem nebo poštou (aktuální adresy viz www.globe.gov). Nezapomeňte připojit všechny identifikační údaje o vašem stanovišti.

Mapování je důležité a nezbytné zejména pro zjišťování bezobratlých živočichů, kdy se na základě zmapování různých habitatů přítomných v blízkosti vašeho stanoviště rozhodujete o metodě odběru. Pokud chcete na vašem hydrologickém stanovišti zároveň pozorovat bezobratlé živočichy, věnujte před vlastním mapováním pozornost instrukcím pro výběr a mapování stanoviště bezobratlých.

Pro stanoviště bezobratlých živočichů potřebujete zmapovat úsek 50m toku nebo břehu.



Fotografická dokumentace

POMŮCKY: fotoaparát

POSTUP: 1krát ročně studenti vyfotí 4 fotky z místa, odkud provádějí hydrologická měření a odebírají vzorky vody. V dnešní době digitálních fotoaparátů je jednoznačně upřednostněna fotografie v digitální podobě.

Dokumentaci stanoviště využijete především vy sami. Usnadňuje správnou interpretaci naměřených výsledků, může být skvělým grafickým doplňkem studentských seminárních prací, ale i součástí výzdoby ve třídě, webových stránek školy apod. Mapky a fotografie lze využít při **představení a propagaci programu** – ať už kolegům a studentům ve škole, rodičům, obci, eventuálním sponzorům apod.

Fotografování – doporučujeme vyfotografovat místo odběru i vícekrát ročně pro vlastní účely v různých obdobích roku a při různých extrémních situacích (sucho, sníh, přívaly apod.). Opět poslouží zejména k působivé prezentaci projektu, ale umožňuje i sledovat vývoj na stanovišti, změny v jednotlivých letech.



Vyhledat školy, které již své stanoviště nafotily, lze jedině přes přístup Data Access. Doporučujeme prohlédnout si např. fotografie školy Banyangsong, Kanchanaburi, Thajsko.

TIP

Odběr vzorků / Sampling

Přímo na místě odběru měříme průhlednost a teplotu vody. Pokud zjišťujete průhlednost vody, vždy s tímto měřením začínejte. Pro ostatní měření je třeba odebrat vzorek vody – lahví nebo kbelíkem.

Před prvním odběrem vzorků seznámte studenty s uvedeným postupem.

Odběr lahví

Používejte nejlépe polyethylenovou láhev. Před vlastním odběrem láhev důkladně 3 krát vypláchněte zkoumanou vodou. Vodu nelijte zpět do vody přímo na místě odběru, ale níže po proudu, nebo na břeh. Ponořte uzavřenou láhev pod vodu, odšroubujte zátku, počkejte, až se láhev naplní a uzavřete ji. Dbejte na to, aby uvnitř láhve nebyla vzduchová bublina a nedostaly se do nádoby sedimenty ze dna. V zimě, nebo pokud je voda znečištěná, je dobré použít gumové rukavice.

Odběr kbelíkem

Využijete v případě, že se nedostanete přímo k vodě. Kbelík uvažte na provaz a hodte co nejdále od břehu. Smýkněte s ním pod hladinu a naplněnou vodou ho vypláchněte. Znovu s ním smýkněte pod hladinu a naplňte ho asi ze 3/4. Dejte pozor, aby se vám do kbelíku nedostaly pevné částice dna. Vhodné např. pro odběr z mola.

Uchovávání vzorku

Některé analýzy je potřeba provést okamžitě (do 10 min), některé lze odložit, pokud vzorek **v uzavřené láhvi** uchováváme v chladu kolem 4 °C a temnu (např. láhev obalíme alobalem). Maximální čas mezi odběrem a analýzou viz úvodní tabulka.

Pokud se studenti bezpečně dostanou k vodě, je vhodné co nejvíce měření provést přímo na stanovišti, na břehu.



Vždy zaznamenejte datum a čas odběru vzorku. Do protokolu při odesílání zapisujte vždy čas odběru vzorku, nikoliv čas provedení analýzy.

Průhlednost vody / Water Transparency

Průhlednost je jedním ze základních ukazatelů čistoty vody, závisí na barvě a zakalení vody. Podává nám informaci o obsahu drobných mikroorganismů a vznášejících se částic látek, jako je jííl a humus.

Průhlednost vody klesá s počtem částic a molekul, které pohlcují či rozptylují světlo a způsobují zabarvení či zakalení vody. Např. uhličitán vápenatý způsobuje modré až modrozelené zabarvení vody, řasy zbarvují vodu více do zelena či žluta, žlutohnědá barva je typická pro převahu humusových látek, za šedočernou barvu odpovídají většinou hnilobné látky, načervenalé odstíny ukazují na přítomnost železa. Řeky s velkým množstvím sedimentů mají často stejné zbarvení, jako tyto sedimenty.

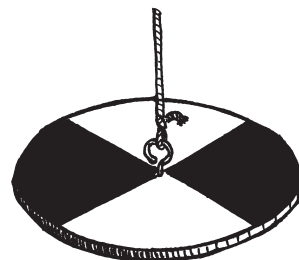
Zakalení může být způsobeno planktonem (tzv. vegetační zákal), organickými nebo minerálními látkami. Při silném zákalu proniká do vody méně světla umožňujícího fotosyntézu a vrstva fytoplanktonu je tak limitována.

K měření průhlednosti vody se obvykle používají dva typy pomůcek – 1. **Secchiho disk***, 2. **trubice**. Obecně platí, že průhlednost tekoucích vod měříme trubicí a průhlednost stojatých vod Secchiho diskem.

Výroba pomůcek

Secchiho disk / Secchi disk

POMŮCKY: kovová nebo dřevěná deska o tloušťce asi 2,5 cm a velikosti min. 20 x 20 cm, pilka na železo (dřevo), tužka, kovové očko, vrták, provaz cca 5 m, voděodolná barva bílá, černá, modrá a červená, štětec, pravítko, metr, v případě dřevěné desky závaží

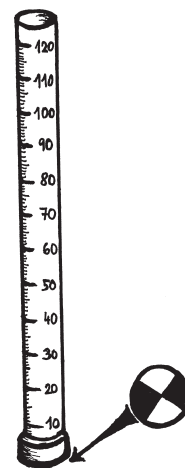


POSTUP: Z desky vyříznete kruhový disk o průměru 20 cm. Samotný disk musí být těžký, aby klesl na dno, proto je nejlepší vyrobit disk z kovu. Lze jej vyrobit i ze dřeva, ale v tom případě budete potřebovat dostatečně těžké závaží, které stáhne disk ke dnu – nejlépe „placaté“, disk lépe dosedne až na dno. Disk rozdělte na čtyři kvadranty a natřete střídavě bílou a černou barvou. Doprstřed disku zašroubujte očko, za které přivažte cca 5 m provazu. Délka provazu záleží na hloubce vody na vašem stanovišti a průhlednosti. Provaz si označte černou voděodolnou značkou každých 10 cm, každých 50 cm modrou značkou a každý metr červenou značkou.

Trubice / Turbidity Tube

POMŮCKY: průhledná plastová trubice asi 120 cm dlouhá o průměru 4,5 cm, nepropustné víčko – např. zátka do dřezu o stejném průměru, kolečko o průměru 4,5 cm vyříznuté ze dřeva nebo plastu, voděodolná bílá a černá barva (nebo obyčejná barva + voděodolný lak), pravítko, metr dlouhý alespoň 120 cm, černý permanentní fix

POSTUP: Trubicu uzavřete z jedné strany víčkem. Víčko musí držet tak pevně, aby voda nemohla prosakovat ven z trubice. Vyříznete kolečko ze dřeva nebo plastu. Rozdělte toto kolečko na čtvrtiny a natřete střídavě černě a bíle (případně přetřete voděodolným lakem). Kolečko nalepte na dno trubice tak, aby namalované kvadranty byly vidět,



* Průhlednost vody kotoučem měřil prvně v roce 1865 otec Pietro Angelo Secchi (čti Seki), který byl vědeckým poradcem papeže.

podíváte-li se do trubice jejím otevřeným koncem. Na vnější stěnu trubice připevněte metr nebo permanentním fixem namalujte podle metru stupnici s nulou na dně trubice.



Měření průhlednosti vody Secchiho diskem

ČASOVÁ NÁROČNOST: 10 minut, optimálně 1krát týdně společně s ostatními hydrologickými měřeními.

POMŮCKY: Secchiho disk, kolíčky na prádlo, v případě jasného dne karton nebo deštník na zastínění

POSTUP: Přesný postup měření viz pracovní list.

Do databáze je potřeba zadat **oblačnost** v době měření průhlednosti vody. Návod na určení oblačnosti naleznete v kapitole Meteorologie.

Průhlednost vody může každý jednotlivec vidět trochu jinak. Proto je potřeba, aby průhlednost pozorovali 3 různí studenti. Aby bylo měření průhlednosti vody dostatečně přesné, měřte vždy ve stínu. Pokud na místě měření stín není, použijte deštník nebo velký kus kartonu k zastínění místa měření.

Vhodné je pracovat s přesností na cm, do databáze se hodnoty zadávají v m.

Spočítejte průměrnou průhlednost vody, ačkoliv se tato hodnota do databáze nezadá.

TIP



Měření průhlednosti vody trubicí

ČASOVÁ NÁROČNOST: 10 min, 1krát týdně společně s ostatními hydrologickými měřeními

POMŮCKY: trubice, kelímeček na nalévání vody

POSTUP: Přesný postup měření viz pracovní list.

Měření opakujte 3krát, v rámci objektivy pokaždé měří jiný student. Pokud naplníte trubicí až po okraj a černobílý obrazec stále uvidíte, zaškrtněte v záznamovém listu políčko „větší než délka trubice“.

Doporučujeme spočítat z naměřených hodnot průměrnou průhlednost vody, ačkoliv se tato hodnota do databáze nezadá.

TIP

Zajímavé je srovnání obou metod – pokud máte k dispozici Secchiho disk i trubicí, rozhodně doporučujeme vyzkoušet měření oběma způsoby. Ačkoliv se to na první pohled nezdá, výsledky dosažené oběma metodami jsou velmi podobné a srovnatelné.

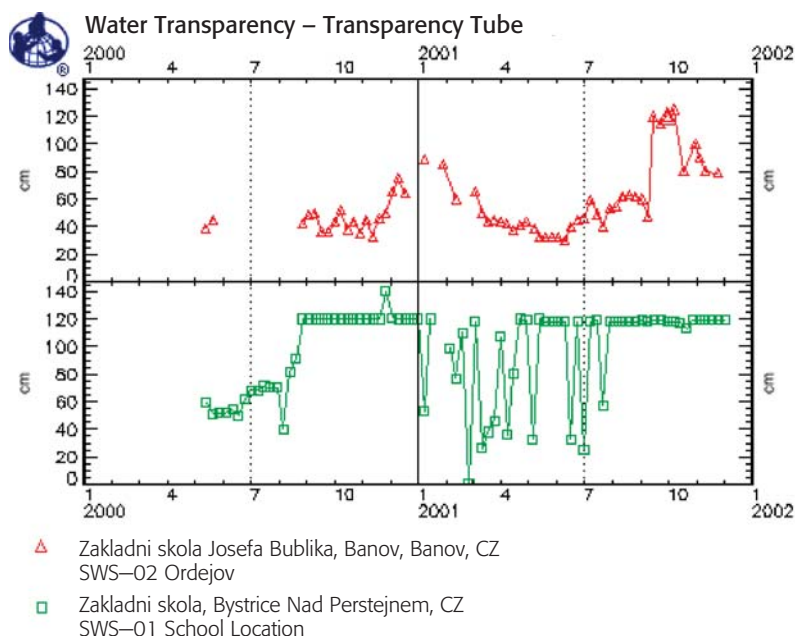


Jak se mění průhlednost vody v průběhu roku?

ČASOVÁ NÁROČNOST: 25 min samostatná práce, 20 min společné vyhodnocení

POSTUP: Studenti na stránkách www.globe.gov vyhledají data své školy, vytvoří graf z hodnot průhlednosti vody, zaměří se na výkyvy hodnot během roku a výsledek se pokusí interpretovat.

Aktivita vhodná pro pokročilejší studenty. V případě, že nemáte k dispozici vlastní data, můžete si „vypůjčit“ data jiné školy, např. škol uvedených níže. Interpretace výsledků není jednoduchá a záleží na konkrétních podmínkách toho kterého toku či nádrže. U nás je poměrně častý případ, kdy průhlednost vody roste v zimním období, a klesá v letních měsících (potvrzují měření např. ZŠ Bánov nebo Gymnázia Dr. Hrdličky v Humpolci). Jedno z možných vysvětlení je, že určujícím faktorem průhlednosti jsou vodní řasy, které v létě dosahují maxima a snižují průhlednost, naopak v zimě chladné období snižuje produkci řas a dochází k zvýšení průhlednosti. Někde, zejména v podhorských oblastech, můžeme pozorovat prudké snížení průhlednosti na jaře, zde je pravděpodobná souvislost s jarním táním.



Průhlednost vody měřená hydrologickou trubicí na ZŠ Bánov a ZŠ Bystřice nad Pernštejnem. U obou škol je patrná vysoká průhlednost v zimních měsících, u ZŠ Bystřice dochází k zvýšení průhlednosti již v září. Mohlo to být způsobeno vyšší nadmořskou výškou tohoto stanoviště (570 m n. m. proti 250 m n. m. stanoviště ZŠ Bánov), nebo je průhlednost ovlivněná dalšími abiotickými faktory. ZŠ Bystřice opakovaně zjistila průhlednost vyšší než umožňuje změřit délka trubice.

Studenty rozdělte do skupin, zadejte jim ještě doplňkový úkol navíc, který bude pro každou skupinu různý.

TIP

Příklady úkolů:

- porovnejte průhlednost a množství srážek za určité období (v některých případech lze sledovat souvislost)
- porovnejte průhlednost s hodnotami o sněhové pokrývce – zaměřte se na dobu tání a zjistěte, jestli tání průhlednost vody ovlivnilo
- porovnejte své údaje s jinou školou ve vašem regionu a zamyslete se nad tím, zda je průběh stejný nebo proč se případně liší
- každé skupině lze zadat jiný rok měření, eventuálně jinou školu apod.

Společné vyhodnocení – Na závěr každá skupina stručně řekne, k čemu dospěla, dobré je odpovědi skupinek na otázky napsat na tabuli a pak o nich diskutovat. Cílem aktivity je zamyslet se nad možnými vysvětleními změn průhlednosti v průběhu roku, není nezbytné nalézt jedinou správnou interpretaci.





Ovlivňuje déšť průhlednost vody?

ČASOVÁ NÁROČNOST: 3krát (či vícekrát) 15 min

POMŮCKY: Secchiho disk nebo trubice a kelímek, tabulka oblačnosti

POSTUP: Než začnete měřit, stanovte si hypotézu: Jak ovlivňuje déšť průhlednost vody? Změřte průhlednost vody před deštěm, za deště a po dešti, a hodnoty si spolu s hodnotami oblačnosti poznamenejte (např. do tabulky, kterou si připravíte).

Hodnoty porovnejte. Jak se od sebe liší? Očekávali jste tento výsledek nebo se od vašeho původního předpokladu odchýlil?

Aktivitu lze uskutečnit buď na vašem obvyklém hydrologickém stanovišti (v tom případě určete i oblačnost a výsledky zadejte do databáze), nebo na libovolném jiném místě, výhodná je blízkost školy. Průhlednost lze měřit i vícrát v průběhu deště, či v půlhodinových odstupech po dešti po dobu např. 6 hod, event. ještě další den po dešti. Výsledky mohou být zajímavé, doporučujeme z nich sestavit graf a na závěr o nich se studenty diskutovat.

Lze využít i jako téma seminární práce.

TIP



Průhlednost a odpadní vody

ČASOVÁ NÁROČNOST: cca 20 min

POMŮCKY: trubice na měření průhlednosti, gumové rukavice, kelímek, vhodná odpadní voda – např. voda po umytí podlahy, odtoková voda z pračky, voda po umytí nádobí či špinavých rukou např. po pěstitelských pracích či výtvarné výchově, voda po pěnové koupeli apod.

POSTUP: Podle návodu v úloze Měření průhlednosti trubicí změřte průhlednost vybrané odpadní vody a údaje запиšte. Z hygienických důvodů můžete použít ochranné rukavice.

Můžete porovnat různé odpadní vody či jako odlehčení např. uspořádat soutěž o nešpinavější ruce, nohy apod.

Vhodné jako domácí úkol nebo např. po úklidových či pěstitelských pracích, po společné akci v terénu apod.

TIP

Odpadní vody vypouštěné volně do toku zabraňují pronikání světla do vody, a tím zmenšují vrstvu, ve které mohou žít fotosyntetizující organizmy produkující kyslík. Snížení množství rozpuštěného kyslíku ve vodě může mít neblahé následky pro vodní živočichy, odbourávání škodlivin oxidací apod.

Interpretace dat

Odpověď na obvyklou otázku „O čem zjištěná data vypovídají?“ není v případě průhlednosti vody jednoznačná. Obecně lze říct, že průhlednost přírodních vod kolísá od 1 m do několika metrů. Nízkou průhlednost vody s hodnotou menší než 1 m lze očekávat u vysoce produktivních vod s velkým množstvím řas. Voda extrémně čistých horských jezer či voda kolem korálových ostrovů dosahuje průhlednosti kolem 30–40 m.

Průhlednost se často významně mění i na jednom stanovišti. Mění se se změnou obsahu rozpustných látek a částic, obsahem vodních mikroorganismů apod.

Během velké bouře se například průhlednost vody v řece může drasticky snížit v průběhu několika minut. Je to způsobeno turbulencí vzniklou prudkým deštěm. Zároveň je při přívalech deště do vody splaveno větší množství částic půdy, které způsobují zakalení vody a opět snižují průhlednost. Zajímavé je porovnání průhlednosti vody v souvislosti s množstvím srážek v určitém období.

Data o průhlednosti nám mohou poskytnout informace o **biologické produktivitě** ve vodním toku či nádrži, která v našich podmínkách úzce souvisí se zemědělstvím a znečištěním vod anorganickými látkami, zejména dusíkem, fosforem a draslíkem. Typicky produktivní jezera mají nízkou průhlednost. Pokud je průhlednost menší než 1 m, i malá změna ve vstupu živin může znamenat významné změny ve vodním ekosystému. V letním období se může ve vysoce produktivních, tzv. eutrofních vodách, díky nadměrné produkci v horní vrstvě vody vyčerpat kyslík ve spodních vrstvách, a způsobit hromadný úhyn ryb.

Teplota vody / Water Temperature



HYDROLOGIE

Teplota vody je jedním z jednodušších měření, přesto její hodnota o mnohém vypovídá. Teplota vody nám umožní i správně porozumět dalším měřením – vodivosti, pH, rozpuštěnému kyslíku. Teplota vody ovlivňuje život ve vodě a jeho různorodost.

V závislosti na teplotě jsou stojaté vody vertikálně rozvrstveny (více v úloze Jak se liší teplota vody v různých hloubkách).

Tekoucí voda v potocích a řekách je obvykle tak dobře promíchána, že teplota je prakticky stejná. Rybníky a jezera, v nichž je slabší proudění, mohou vykazovat malé odchylky teplot měřených na různých místech. Např. voda u zastíněného břehu může být o jeden nebo dva stupně chladnější než voda ve středu vodní plochy. Malý přítok může mít jinou teplotu než tok, do kterého se vlévá. Teplá voda může být příčinou úhynu citlivých druhů ryb, např. pstruhů či lososů, které vyžadují chladnou vodu bohatou na rozpuštěný kyslík.



Měření teploty vody



Při pravidelném odečítání teploty vody je potřeba dodržovat stejný čas, pokud možno ráno či dopoledne. Ideální je, když se podaří odečet učinit do desáté hodiny dopolední místního času, aby se předešlo vlivu slunečního záření.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 10 minut, 1krát týdně společně s ostatními hydrologickými měřeními

POMŮCKY: teploměr

Používejte teploměr s organickým médiem (alkohol) v ochranném pouzdře, se stupnicí ve stupních Celsia. Ochranné pouzdro zůstává na teploměru v průběhu měření. Teplota vody je měřena s přesností na 0,5 °C.

Doporučujeme připevnit na kroužek ochranného pouzdra provázek se smyčkou, kterou si studenti upevní kolem zápěstí – předejdete tak zbytečné (a časté) ztrátě teploměru.

TIP

POSTUP: Přesný postup viz pracovní list.

Teplotu odečítejte vždy tak, abyste měli oči na úrovni stupnice a dívali se na naměřenou hodnotu kolmo. Měření provádějte přímo v toku či nádrži, event. v kbelíku s čerstvě odebranou vodou (pokud se jedná o drobný vodní tok, který je příliš mělký). V případě, že se nelze dostat až k vodě, přivažte teploměr na provázek a spusťte jej pod hladinu.

Měření teploty ve stejnou dobu zabraňuje zkreslení hodnot vlivem slunečního záření.

Rtuťový teploměr nepoužívejte, aby v případě nehody nedošlo k úniku jedovaté rtuti do prostředí.





Kalibrace teploměru



Kalibraci, tj. kontrolu správnosti teploměru bychom měli provádět každé 3 měsíce.

ČASOVÁ NÁROČNOST: cca 30 min

POMŮCKY: hydrologický teploměr, kádinka, 100 ml destilované vody a 400 ml drceného ledu

POSTUP: Přesný postup viz pracovní list.

Teploměr by měl ukazovat výslednou teplotu v rozmezí: $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pokud je výsledná teplota jiná, je potřeba teploměr vyměnit.



Jak se mění teplota vody během dne?

ČASOVÁ NÁROČNOST: měření – 1 den, interpretace výsledků – 1 vyučovací hodina

POMŮCKY: hydrologický teploměr, teploměr na měření teploty vzduchu, hodinky, 2 plastové kbelíky stejné barvy (nejlépe bílé), odměrná nádoba

POSTUP: Studenti v průběhu dne měří v cca 1 – 2 hod intervalech teplotu vzduchu a vody v toku, v nádobě ve stínu a nádobě na slunci (přesný postup viz pracovní list).

V ideálním případě je dobré provést měření přímo na vašem toku (nikoliv nezbytně na hydrologickém stanovišti), pro ilustraci lze využít i jiný potok.

Zjištěné změny teploty vody během dne ukážou, nakolik je důležité provádět hydrologická měření ve stejnou dobu. Zajímavé je srovnání teploty vzduchu a vody, která vždy reaguje se zpožděním. Pro větší názornost měříme i teplotu vody v nádobách, která reaguje na změny teploty vzduchu podstatně rychleji – simulace mělké stojaté vody, vysychání louží apod.

Úlohu lze studentům zadat jako samostatný úkol např. na víkend, využít školního výletu, spojit aktivitu s jiným programem apod.

TIP



Co můžeme zjistit z GLOBE databáze?

ČASOVÁ NÁROČNOST: 45 min

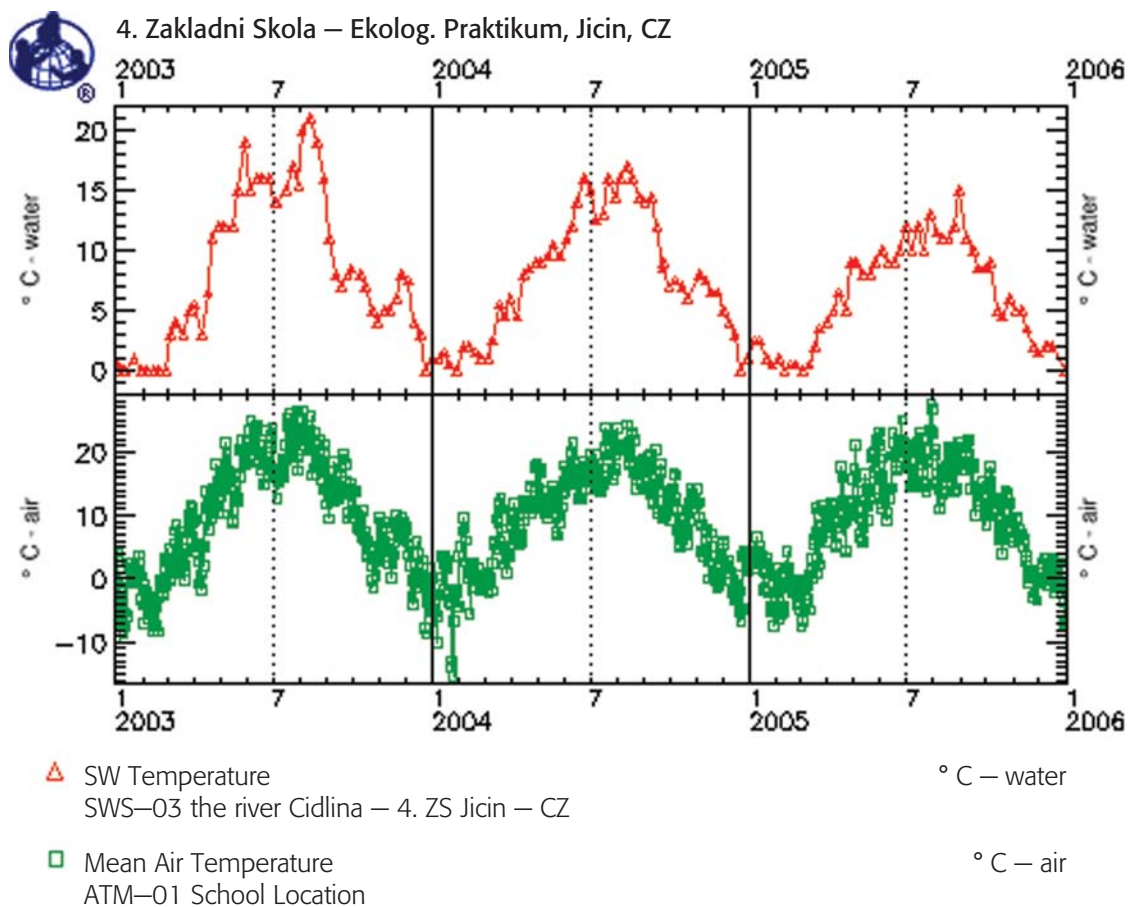
POSTUP: Studenti na stránkách www.globe.gov vyhledávají zadané informace, vytvářejí grafy, zjištěná data interpretují.

Vhodná je práce ve dvojicích, studentům lze zadat různé úkoly. Na konci hodiny doporučujeme ponechat alespoň 10 min na představení výsledků spolužákům a společné vyhodnocení práce.

Příklady úkolů:

- Vyhledejte v databázi GLOBE vaší školu. Sestavte graf z naměřených hodnot teploty vody na vašem hydrologickém stanovišti. Jakou nejvyšší a jakou nejnižší teplotu vody jste naměřili a kdy?
- Vyberte školu v ČR, která má alespoň 3 letou řadu měření teploty vody a sestavte z jejich výsledků graf. Projevuje se na řadě měření nějaký typický sezónní průběh? (např. ZŠ Jičín, Gymnázium Valašské Meziříčí)
- Vyhledejte na mapě (GLOBE maps) školu, která leží poblíž rovníku a splňuje podmínku alespoň 500 naměřených dat pro povrchovou vodu. Vyberte si období 2 po sobě jdoucích let, kdy vybraná škola naměřila nejúplnější sadu dat, a posuďte průběh teploty vody a průměrné teploty vzduchu. Jak se liší roční výkyvy teploty od průběhu teploty u nás? (Pozn. aktivní školy jsou např. v Beninu)
- Najděte aktivní školy v Thajsku a Norsku, které zapsaly do databáze nejvíce hydrologických a meteorologických měření. Sestavte grafy průměrné teploty vzduchu a teploty vody ve vybraných školách a porovnejte jejich průběh.

Ukázka zřejmé závislosti teploty vody na teplotě vzduchu, ZŠ Jičín – Ekologické praktikum Čtyřlístek





Jak se mění teplota (kvalita) vody od pramene k soutoku?

ČASOVÁ NÁROČNOST: několik hodin, dle délky vybraného toku

POMŮCKY: hydrologický teploměr (event. další pomůcky na měření kvality vody), mapa okolí potoka, tužka a zápisník, vhodné je GPS

POSTUP: Vyberte vhodný potok, který je v alespoň částečně přístupném terénu, a na několika vybraných místech od pramene až k soutoku změřte teplotu vody (případně i další ukazatele). Vybraná místa označte v mapce a do připravené tabulky zaznamenejte teplotu (a další ukazatele), pokud máte k dispozici GPS, určete i souřadnice stanovišť.

Doporučujeme vycházku spojit i s měřením dalších parametrů (např. pH, průhlednosti, vodivosti, alkalinity atd.), vhodné je sledovat i ukazatele, které se v GLOBE neměří – barvu, zápach, případně se pokusit o určení vodních bezobratlých živočichů, klasifikaci porostu v okolí potoka apod. Lze využít např. školní výlet či cvičení v přírodě, aktivita procvičí různé dovednosti, které pak studenti mohou využít při samostatném měření na obvyklém stanovišti.

TIP

Na závěr studenti vyhodnotí výsledky a odpoví na základní otázky: Jak se mění jednotlivé ukazatele kvality vody od pramene k soutoku? Jsou tyto změny zásadní? Dokážete je vysvětlit?

Příklad tabulky:

STANOVĚŠTĚ	SOUŘADNICE	TEPLOTA VODY	BARVA	ZÁPACH	pH	PRŮHLEDNOST	VODIVOST	NALEZENÍ VODNÍ ŽIVOČICHOVĚ	...
1. pramen									
2. u lávky									
3. ...									

POZNÁMKA: Pokud si vyberete drobný tok, jednotlivé parametry se příliš neliší. Se vzdáleností od pramene obvykle mírně stoupá teplota a vodivost, pH se příliš nemění a průhlednost hodně závisí na terénních podmínkách. Zajímavé je, že pokud se změni podloží, půda nebo charakter porostu kolem toku (např. protéká-li potok pramenící v lese zemědělskou krajinou), pak se hodnoty výrazněji mění. V otevřené krajině v závislosti na množství našášených částic obvykle klesá průhlednost, stoupá vodivost a pH, výrazněji stoupá teplota.



Jak se liší teplota vody vodních nádrží v různých hloubkách?

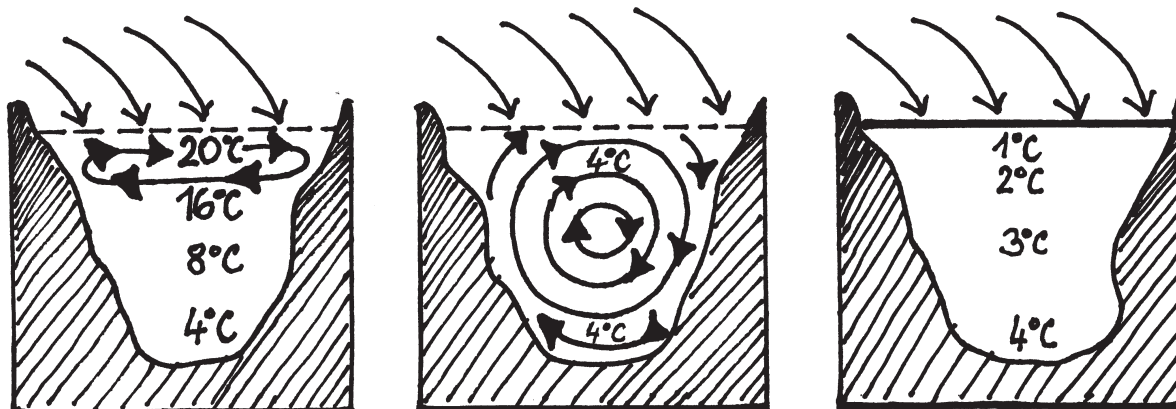
Teplotní stratifikace je jev, se kterým se setkáváme u hlubokých nádrží. V závislosti na teplotě jsou stojaté vody vertikálně rozvrstveny. Je to způsobeno tzv. hustotní anomálií vody – při 4 °C má voda nejvyšší hustotu. U hlubokých nádrží je teplota vody v hlubších vrstvách celoročně 4 °C, zatímco horní vrstvy se ochlazují a ohřívají v závislosti na teplotě vzduchu a slunečním záření. V létě jsou horní vrstvy vody výrazně teplejší, teplota vody s hloubkou neklesá rovnoměrně, ale mění se skokem v několika metrech pod hladinou (tzv. skočná vrstva, metalimnion). U dna je teplota stabilní a k promíchávání vody dochází pouze ve vrstvě nad metalimnionem, dochází k tzv. letní stagnaci. Na podzim se voda ochlazuje a při teplotě 4 °C, kdy je hustota vody v celém sloupci vyrovnaná, dochází k promíchávání vody z různých vrstev. S cirkulací se dostává do spodních vrstev kyslík a do horních vrstev živiny. V zimě se voda horních vrstev dále ochlazuje, chladnější voda s menší hustotou zůstává nahoře – zimní stagnace. Jezera mohou od povrchu zamrznat, u dna se však





stále udržuje vrstva o teplotě 4 °C, při které je voda kapalná a která umožňuje vodním živočichům přežít. Na jaře při ohřátí povrchových vrstev na 4 °C dochází vlivem větru opět k cirkulaci. Tímto promícháním se k hladině i k vodním rostlinám dostane na živiny bohatá voda ze spodní vrstvy a jezera „vykvetou“.

Teplotní stratifikace jezera



letní stagnace

podzimní a jarní cirkulace

zimní stagnace

ČASOVÁ NÁROČNOST: cca 60 min, 4krát ročně – na jaře, v létě, na podzim, a v zimě

POMŮCKY: teploměr, Meyerova láhev (skleněná láhev, zátku, závaží, provaz cca 5 m s označenou délkou, tažné lanko), kelímek

Meyerova čerpací láhev (viz obrázek) je jednoduché zařízení určené pro odběr vody z různé hloubky. Snadno si jej zhotovíte ze skleněné láhve opatřené zátkou – láhev zatížíte závažím (pro určení teploty lze dovnitř nasypat kamínky, pro další analýzy je lépe použít vnější závaží), přivážete na provaz s označenou délkou, hrdlo uzavřete zátkou a zátku přivážete k tažnému lanku, které je stejně dlouhé jako provaz. Zátka se ve vhodné hloubce uvolňuje trhnutím.



POSTUP: Pomocí Meyerovy láhve odeberte vzorky vody z několika různých hloubek, přelijte do kelímku a změřte teplotu. Výsledky zapište. Měření opakujte v různých ročních obdobích a výsledky porovnejte.

Měření má význam pouze u hlubších nádrží (cca nad 2 m), kde dochází k teplotní stratifikaci. V mělkých vodách je teplota homogenní. Doporučujeme měřit teplotu v hloubkách 0 m, 0,5 m, 1 m, 2 m, 3 m... dna (pokud lze). V létě a v zimě, kdy dochází k teplotní stagnaci, můžete měření ukončit v hloubce, kde naměříte teplotu 4 °C.

Odběr z různých hloubek lze využít i k zjišťování dalších parametrů. Zajímavý je především obsah rozpuštěného kyslíku. Aktivita vhodná jako téma seminární práce.

TIP





Ovlivňují rozpuštěné látky teplotu vody?

ČASOVÁ NÁROČNOST: cca 20 min

POMŮCKY: hydrologický teploměr, kádinka, 50 g kuchyňské soli, 150 g drceného ledu

POSTUP: Do kádinky vložte směs soli a ledu, promíchejte v kašovitou směs, změřte teplotu roztáté směsi.

Studenti mohou odpovědět např. na otázky:

Co jste zjistili? Musí mít voda v kapalném skupenství teplotu v rozmezí 0–100 °C?

Dovedete zjištěnou hodnotu vysvětlit?

Při správně provedeném pokusu bude teplota vody nižší než 0 °C – rozpustíme-li ve vodě sůl, klesne teplota. K přerušení vazby v krystalu je nutná energie a ta se odebírá vodě. Smícháním ledu se solí vznikne kašovitá směs, jejíž teplota klesá pod bod mrazu, ačkoliv zůstává v kapalném stavu.

(zdroj: Bergstedt Ch. a kol, 2005 Voda, učebnice pro integrovanou výuku)

Interpretace dat

Teplota vody obvykle ukazuje výrazně sezónní průběh. Graf zobrazující teplotu vody v průběhu několika let se příliš nemění. Teplota vody **úzce souvisí s teplotou vzduchu**, i když vykazuje určité zpoždění. Vodě déle trvá, než se ohřeje, a zároveň si teplotu déle udrží. **Náhlé změny teploty vody** jsou vždy podezřelé a stojí za to je prozkoumat. Pokles teploty vody v jarních měsících může být způsoben táním sněhu ve vyšších polohách. Prudké oteplení vody zase může být způsobeno průmyslovým vypouštěním teplejší vody. Továrny a elektrárny, které používají vodu k chlazení, mohou zpětným vypouštěním vody do toku způsobit, že voda nad továrnou je chladnější než voda pod ní. Náhlé změny teploty vody mohou být také způsobeny vypouštěním teplejší či chladnější vody z přehrady nad místem, kde měříte.

Teplota vody v kapalně formě může být v určitých případech i menší než nula, rozpuštěné látky ve vodě snižují bod mrazu (viz předchozí aktivita). V hlubších nádržích má voda u dna stálou teplotu 4 °C, při této teplotě má voda nejvyšší hustotu.

- Teplota vody přímo ovlivňuje rozpouštění plynů ve vodě. Zajímavé je porovnat hodnoty teploty vody a rozpuštěného kyslíku – vhodné např. jako téma seminární práce.
- Prokazatelnou souvislost teploty vody s teplotou vzduchu lze dobře využít ke studentským pracem a formování hypotéz.

TIP

Konduktivita / Electrical Conductivity



Konduktivita, neboli **měrná elektrolytická vodivost**, je hodnota, která popisuje schopnost vody vést elektrický proud. Destilovaná voda – voda bez obsahu solí – je špatným vodičem el. proudu. Pokud však přidáme do destilované vody sůl, dojde po rozpuštění k rozštěpení (disociaci) soli na kationty a anionty a vzniká elektrolyt. Říkáme, že se tento roztok stal vodičem elektrického proudu. Platí, že čím více je v roztoku přítomno iontů, tím lépe vede roztok elektrický proud, a současně klesá odpor, který protékajícímu elektrickému proudu takový roztok klade.* Vše je ještě závislé na teplotě a na pohyblivosti jednotlivých iontů ve vodě (ionty různých látek se ve vodě totiž pohybují rozdílnou rychlostí).

Měrná elektrolytická vodivost nás informuje o celkovém množství rozpuštěných solí ve vodě. Zatímco na analýzu jednotlivých látek bychom potřebovali mnoho času a peněz, **konduktivita je dobrým indikátorem celkového množství rozpuštěných látek ve vodě**, umožňuje okamžitý odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace vody.

Konduktivita vodných roztoků je závislá na koncentraci iontů, jejich náboji, pohyblivosti a na teplotě vody. Změna teploty vody o 1 °C způsobuje změnu vodivosti o 2 %. Proto má temperování při stanovení jeho vodivosti velký význam.

U přírodních vod je jejich konduktivita zvýšena zejména obsahem vápenatých a hořečnatých hydrogenuhličitanů a síranů resp. chloridů. Na konduktivitě se v malé míře podílejí i sloučeniny sodíku, draslíku spolu s dusičnany a fosfáty a některé organické látky, např. soli organických kyselin nebo humáty. Vliv CO₂ je zanedbatelný.



Měření konduktivity vody

ČASOVÁ NÁROČNOST: 10 min, před každým měřením je třeba ještě provést kalibraci konduktometru – viz níže

POMŮCKY: konduktometr, 2 kádinky o objemu 50 nebo 100 ml, stříčka s destilovanou vodou, jemná utěrka nebo hadřík či papírový ubrousek

POSTUP: Přesný postup měření viz pracovní list.

Konduktivitu můžeme měřit přímo na hydrologickém stanovišti nebo ve třídě do 2 hodin po odběru, pokud je vzorek v uzavřené lahvi.

Jestliže se vám objeví jedna naměřená hodnota elektrické vodivosti příliš odlišná od ostatních, nepočítejte s touto hodnotou. Průměr vypočítejte ze všech ostatních hodnot a tuto odlišnou z počítání vyřadte. Jestliže jsou nyní všechny zaznamenané hodnoty v rozmezí $\pm 40 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ od nové průměrné hodnoty, měření lze zapsat do databáze GLOBE.

Jestliže se u vás objevily velké rozdíly v naměřených hodnotách elektrolytické vodivosti, prodiskutujte, kde mohla nastat chyba, ale naměřenou hodnotu neposílejte do databáze GLOBE. Zkuste měření opakovat.

* Jednotkou vodivosti (konduktance) je siemens S. Jedná se o převrácenou hodnotou jednotky odporu (Ohm). Pro srovnání schopnosti vody a vodných roztoků vést el. proud byla zavedena měrná (elektrolytická) vodivost tedy konduktivita. Někdy se uvádí jako specifická vodivost. Ta představuje převrácenou hodnotu odporu roztoku mezi dvěma elektrodami o stejné ploše 1 m², ve známé vzdálenosti (1 m) od sebe. Jednotkou konduktivity (specifické, měrné vodivosti) je 1 S.m⁻¹. Vzhledem k reálným hodnotám měrné vodivosti vodných roztoků se běžně používá jednotka $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.





Konduktometr je velmi citlivý přístroj a jeho elektroda při nesprávném zacházení rychle stárne. V případě opakovaných zmatených výsledků je třeba elektrodu vyměnit. Dbejte na to, aby se do vody ponořovaly pouze elektrody – maximálně po rysku, která je v místě, kde se přístroj zužuje. Nikdy proto neměříme konduktivitu přímo v toku – hrozí zalití i zbytku přístroje a jeho poškození.



Kalibrace konduktometru

ČASOVÁ NÁROČNOST: před každým měřením konduktivity, cca 15 min

POMŮCKY: konduktometr, kalibrační roztok (můžete si ho sami připravit), 2 kádinky o objemu 50 nebo 100 ml, šroubováček na nastavení konduktometru (najdete ho v krabičce u konduktometru), stříčka s destilovanou vodou, analytické váhy, odměrná baňka, jemná utěrka nebo papírový ubrousek

Kalibrační roztok s vodivostí $1413 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ si můžete připravit sami rozpuštěním **0,746 g** vysušeného chloridu draselného KCl kvality p. a. (lat. *pro analysis* – pro analytické účely) v jednom litru destilované vody. Vážit je třeba na analytických vahách a k rozpuštění se musí použít odměrná baňka. Můžete také požádat o vyrobení tohoto kalibračního roztoku v lékárně, nebo např. některou chemickou průmyslovou školu. Kalibrační roztok musí být dobře uzavřen a přechováván v lednici. Na lahvičku nalepte štítek s datem, kdy jste kalibrační roztok vyrobili nebo koupili. **Před kalibrací jej nechte temperovat při teplotě laboratoře.**

POSTUP: Přesný postup kalibrace viz pracovní list.

Vylijte použité kalibrační roztoky z kádinek. Nevracejte je do láhve na zásobní kalibrační roztok. Kalibrační roztok byste tak znehodnotili a jeho vodivost už by neodpovídala požadované hodnotě.

Opláchnutím elektrod destilovanou vodou zabráníte kontaminaci elektrod kalibračním roztokem a také zkreslení naměřených hodnot vodivosti vzorku.



Konduktometr kalibrujeme nejlépe při pokojové teplotě, optimálně při $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Kalibrační roztok je třeba vždy před použitím s dostatečným předstihem vyndat z ledničky. Nehleďte na to, jestli je konduktometr kalibrován v místnosti nebo na stanovišti venku, musí být hodnota vodivosti kalibračního roztoku i na stanovišti $1413 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Pokud při měření kalibračního roztoku není na displeji správná hodnota $1413 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, přístroj musí být znovu kalibrován.



Co je vodivější?

ČASOVÁ NÁROČNOST: 45 min

POMŮCKY: nakalibrovaný konduktometr, kádinky nebo skleničky s různými roztoky (viz pracovní list), nálevka a filtrační papír, stříčka s destilovanou vodou, jemná utěrka nebo papírový ubrousek

POSTUP: Studenti mají za úkol odhadnout, jestli uvedené roztoky vedou elektrický proud dobře nebo špatně a přiřadit je do příslušné skupiny. Poté provedou praktické ověření své hypotézy – změří skutečnou konduktivitu roztoků (podle návodu v úloze Měření měrné vodivosti), výsledky zapíší a rozhodnou se, nakolik správný byl jejich odhad.



Úloze by mělo předcházet vysvětlení pojmu měrná elektrolytická vodivost a alespoň rámcová představa, jak je to s vodivostí u přírodních vod a co ji způsobuje. Lze využít informace z úvodu kapitoly a kapitoly Interpretace dat.

Pokud máte k dispozici pouze 1 konduktometr, doporučujeme rozdělit studenty na více skupin, z nichž každá měří vodivost jen některých roztoků, a ostatním zadat průběžně další úkoly – např. práci s grafy a daty apod.

Elektrody jsou citlivé a proto je dobré vždy měřit homogenní roztok – roztok s drcenou křídou, nedokonale rozpuštěnou sodou nebo mýdlem doporučujeme přefiltrovat, nebo měřit opravdu opatrně nad sedlinou. Zároveň je lepší připravit roztoky slabší než silnější – na ukázkou to stačí a čidlo nebude přetěžováno.

Na základě dosažených výsledků si sami určete hranice špatně/dobře vodivé vody. Obecně platí:

- **nízká elektrická vodivost** – destilovaná voda, dešťová voda, perlivá voda, voda s cukrem, ovocná šťáva
- **vysoká elektrická vodivost** – voda se solí, minerální voda, voda se sodou, voda s mýdlem, s křídou, s octem

Voda z kohoutku je velmi různá, vodivost koly záleží na konkrétním typu a zejména obsahu fosforečnanů.



Není mapa jako mapa

ČASOVÁ NÁROČNOST: 20 min

POMŮCKY: atlas – geologická a geografická mapa Evropy

POSTUP: Studenti si prohlédnou 4 mapky v pracovním listě, které zobrazují průměrnou vodivost vody naměřenou GLOBE studenty během 4 měsíců v roce 2005, a odpoví na uvedené otázky. K dispozici mají zeměpisný atlas.

Výraznější změna mezi jednotlivými měsíci není patrná, pouze v počtu měřících míst.

Trvale **nízkou vodivost vody** nalezneme v Norsku – je to způsobeno zejména žulovým podložím velmi chudým na rozpustné minerály. Ostatní oblasti s nízkou vodivostí vody nalezneme bez výjimky v horském prostředí – jedná se vždy o prameny či horní toky potoků, které nejsou ovlivněny zemědělskou činností a vždy se nacházejí na kyselém podloží.

Vysokou vodivost (až $1500 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) najdeme v jižním Polsku, Maďarsku, a Španělsku. Je dána zejména nížinnými oblastmi – měření probíhá na dolních tocích či přímo v jezerech, je zde patrné ovlivnění zemědělstvím a úrodnou půdou, ze které se do vody vyplavuje řada minerálů.

V **ČR** je **vodivost** nejnižší na SZ území, v Krušných a Jizerských horách. Je to dáno zejména velmi chudou mineralizací vod pramenících na žulovém podloží.



Test teplotní kompenzace konduktometru

Test teplotní kompenzace doporučujeme zejména v případě, že vaše výsledky jsou nevyrovnané a hodnoty vodivosti se náhle prudce změní bez zjevného důvodu. Výsledky měření konduktivity jsou ovlivňovány teplotou vzorku vody. Pro program GLOBE by měl být váš konduktometr nakalibrován tak, aby teplota kalibračního roztoku byla pokud možno stejná jako teplota měřeného vzorku. Tím je zaručeno, že můžete porovnávat různá měření konduktivity bez ohledu na teplotu vody. Pokud je teplota vzorku vody nízká, doporučuje se měření vody ve třídě a před měřením temperování vzorku na teplotu okolo 25 °C.

Přístroje DiSt 3 automaticky teplotně kompenzují naměřené hodnoty – korigují naměřenou hodnotu o 2 % na °C. Jiné přístroje na měření vodivosti nemusí mít tuto automatickou kompenzaci a můžete se pak setkat se složitějším návodem na kalibraci a další přepočty výsledků měření, které při použití DiSt 3 odpadají.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

POMŮCKY: stejné jako na kalibraci, kalibrační roztok různých teplot – 5, 15, 25 a 35 °C, teploměr

POSTUP: Nakalibrujte přístroj při teplotě 25°C. Pak změřte konduktivitu svého kalibračního roztoku při teplotě 5, 15, 25 a 35 °C. Je třeba, aby i konduktometr byl v prostředí s touto teplotou. Uvedené teploty nemusí být dosaženy přesně, je vhodné je správně změřit. V případě, že se výsledky měření budou odlišovat o více než $\pm 40 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ od konduktivity při 25 °C, kontaktujte výrobce.



Vodivý koktejl

Tato aktivita je určena začátečníkům a je vhodná jako odlehčený úvod k problematice vodivosti přírodních vod. Její provedení má více variant.

PŘÍPRAVA: Nakopírujte si puzzle a obrys džbánu na barevný kartón, podle počtu skupin vícekrát. Puzzle, které jsou umístěné mimo obrys džbánu, jsou „nadbytečné“ (v tabulce mají nulovou hodnotu), použijte je v aktivitě se staršími studenty.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 20–45 min

POMŮCKY: nakopírované a rozstříhané puzzle a obrys džbánu, bodová tabulka

POSTUP: Studenti ve 3–4 členných skupinách mají za úkol získat pokud možno nejvíce ingrediencí – kousků puzzle a složit z nich co nejplnější obrys džbánu, který každá skupina dostane. Jednotlivé ingredience různou měrou přispívají či nepřispívají k vodivosti vody, studenti se snaží vybrat správné nejvodivější přísady. Je vhodné zadat studentům určitý časový limit, podle způsobu provedení (viz dále) 10–30 min.

ZADÁNÍ: Vaším úkolem je do džbánu s čistou vodou přidat v stanoveném časovém limitu co nejvíce vhodných ingrediencí tak, abyste namíchali koktejl s co možná nejvyšší vodivostí. Určitě nebude vhodný k pití. Ingredience do koktejlu budete vybírat z věcí běžně přítomných ve vodních tocích. Tyto přísady najdete na jednotlivých dílcích puzzle a do džbánu se jich vejde jen omezený počet, proto musíte dobře vybírat. Některé přísady můžete nalézt i víckrát. Dílky puzzle s jednotlivými přísadami do sebe nemusí přesně zapadat, ale nesmí se překrývat. Počítat se budou jen ty, které se nepřekrývají ani žádnou částí nepřesahují obrys džbánu. Za každou platnou přísadu můžete získat 0–2 bodů podle míry jejího přispění k vodivosti. Bodová tabulka i s vysvětlením bude zveřejněna až po konci časového limitu.

Nápověda pro studenty – text z úvodu kapitoly Co je konduktivita? Mladším studentům 11–13 let lze nápovědu rozšířit o zveřejnění bodové tabulky.



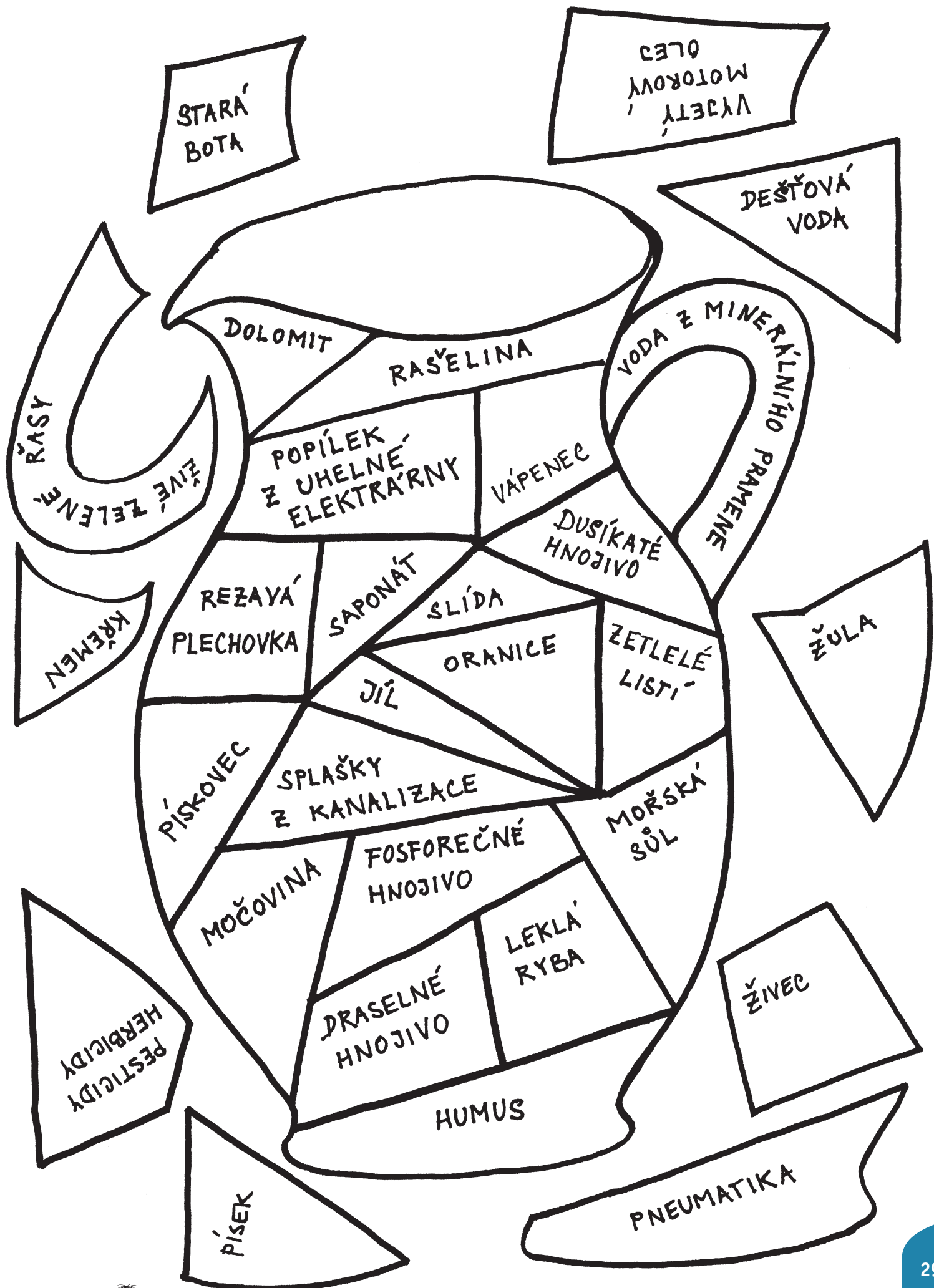
VYHODNOCENÍ: Každá přísada má určitý počet bodů (viz bodová tabulka), který odpovídá míře podílu přísad na vodivosti. Bodovou tabulku zveřejníme až po ukončení hry. Sečteme body za získané přísady. Na závěr doporučujeme probrat se studenty výsledky, co je zaujalo, co je překvapilo apod.

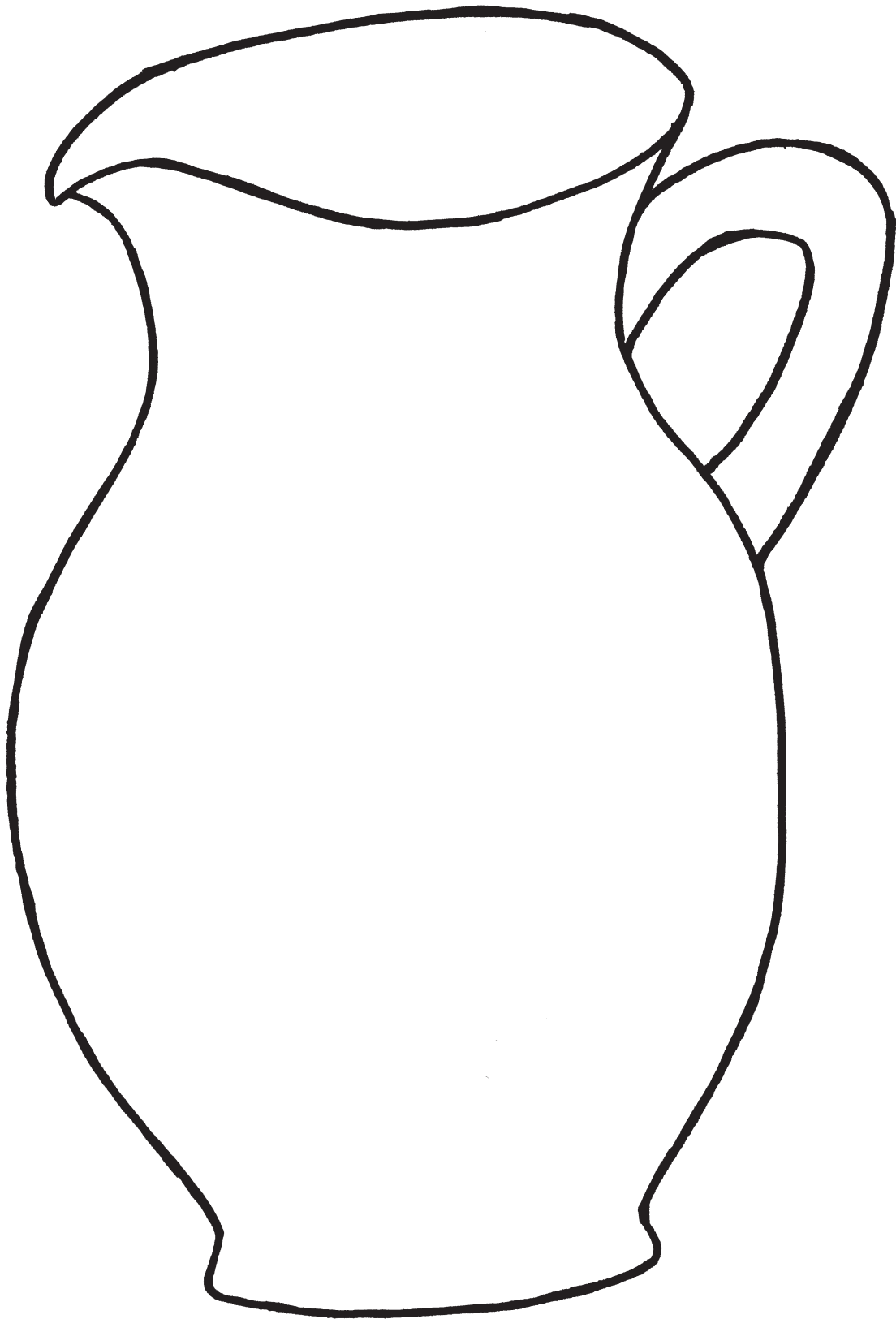
Aktivitu lze podle potřeby a časových možností obměňovat, např.:

- ingredience mohou studenti přímo dostat a jen z nich vybrat ty nejvhodnější
získání ingrediencí lze spojit s pohybem – puzzle mohou být rozmístěny po třídě či na chodbě, každý student může vzít maximálně 2 (3,4...) kartičky
- puzzle jsou rozmístěné venku, v určitém vymezeném prostoru, někde mimo tento prostor je základna, kde všechny skupiny budou mít trvale umístěný svůj džbán. Zároveň pro puzzle mohou vyběhnout všichni studenti, ale smí vzít pokaždé jen jednu kartičku – u džbánů by měla být kontrola. Je vyhlášen časový limit, po kterém se „plnost“ džbánů bude kontrolovat – dle velikosti prostoru, max. 30 min. Zvláště vyhlásíme posledních 5 min na sestavení džbánu.
- každá skupina může mít svou barvu puzzlí, nebo může být barva pro všechny stejná a záleží jen na schopnostech studentů, které si dílky včas vyberou.
- puzzle mohou studenti na džbán i přilepit – pak jej lze na chvíli třeba vyvěsit na nástěnku jako připomínku toho, čím je vodivost způsobena.

BODOVÁ TABULKA

Ingredience	Body	Komentář
děšťová voda	0	obsahuje velmi malé množství minerálů, vodivost běžné vodovodní vody spíše sníží
křemen	0	tvořen krystalickou mřížkou SiO_2 , která nereaguje s prostředím
pesticidy, herbicidy	0	organické látky, často v kombinaci s chlorem (např. karcinogenní, dnes již zakázané, DDT), ve vodě se většinou nerozkládají, bývají rozpustné v tucích, jsou nebezpečné pro živé organismy
písek	0	tvořen převážně nereaktivním křemenem
stará bota	0	inertní, na vodivosti se nepodílí
stará pneumatika	0	organický kaučuk s vodou nereaguje
vyjetý motorový olej	0	ve vodě tvoří emulzi, na vodivosti se nepodílí
zelené řasy	0	živé řasy do vody přispívají zejména O_2 a CO_2 , minerály spotřebovávají, na vodivosti se nepodílejí
živec	0	tvořeny hlinitokřemičitany, které jsou ve vodě stabilní, jen ve velmi kyselé vodě pod pH 3,5 se uvolňuje toxický hliník Al^{3+}
žula	0	tvořena živcem, křemenem a slídou, ve vodě se nerozkládají
dusíkaté hnojivo	1	různé typy – např. směs dusičnanu amonného NH_4NO_3 s mletým vápencem či dolomitem, chilský ledek (NaNO_3) nebo fosforečnan amonný, všechny uvolňují do prostředí vodivé ionty
jíl	1	drobné částičky jílu adsorbují řadu kationtů, které se ve vodě uvolňují (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ apod.)
leklá ryba	1	v pokročilém stádiu rozkladu se z jejího těla v průběhu mineralizace uvolňují ionty, které se mohou podílet na vodivosti
močovina	1	močovina se používá jako dusíkaté hnojivo, jejím rozkladem se do vody uvolňují vodivé dusičnany a dusitany
pískovec	1	materiál, který písek ztmeluje dohromady, skládá se z křemenky, CaCO_3 , FeO , Fe_2O_3 , do vody uvolňuje vodivé ionty Ca^{2+}
popílek z uhelné elektrárny	1	obsahuje mimo jiné sírany, které se ve vodě podílejí na vodivosti
rašelina	1	organická látka, vzniká rozpadem a tlením těl mechu rašeliníku za nadbytku vody a omezeného přístupu vzduchu (pozn. slatinná z rákosu, ostríc, přesliček), v sušině je 70 – 85 % organických látek, zbytek tvoří tzv. popeloviny – biogenní minerály, které se mohou podílet na vodivosti vody
rezavá plechovka	1	uvolňuje do vody vodivé ionty Fe^{2+} , Fe^{3+} (dle obsahu kyslíku)
slída	1	slídy jsou vrstevnaté zásadité hlinitokřemičitany Al, Fe, K, Mg a Na; za vhodných okolností mohou uvolňovat vodivé ionty
splašky z kanalizace	1	obsahují značný podíl vodivých dusíkatých iontů NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , fosfáty z čistících prostředků apod.
zetlelé listí	1	záleží na stupni rozkladu, z listů se mohou uvolňovat minerály
dolomit	2	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, uvolňuje vodivé ionty hořčíku, vápníku a uhličitanů
draselné hnojivo	2	různé typy – chloridové, síranové, kombinované, smíšené draselné-hořečnaté atd.; ve všech případech se do vody vyplavují vodivé ionty
fosforečné hnojivo	2	obsahuje fosfát vázaný většinou na vápník, ve vodě se disociuje na vodivé ionty
humus	2	nejúrodnější vrstva zeminy obsahuje řadu minerálů v iontové formě využitelné rostlinami – Ca, Mg, Na, K, P, N
mořská sůl	2	tvořena převážně NaCl a KCl , ve vodě se disociuje na vodivé ionty Na^+ , K^+ , Cl^-
oranice	2	viz humus
saponát	2	dle typu obsahuje tenzidy, fosfáty, kyseliny apod., které přispívají k vodivosti
vápenec	2	CaCO_3 se vyskytuje často s příměsemi železa, hořčíku a manganu, v lehké kyselé vodě se rozpouští na vodivé ionty Ca^{2+} , HCO_3^- , Mg^{2+} apod.
voda z minerálního pramene	2	velmi vysoký obsah minerálů v iontové formě způsobuje extrémně vysokou vodivost minerálních vod, řádově tisíce $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$





Interpretace dat

Nejčistší, tzv. vodivostní voda má při teplotě 18 °C konduktivitu 0,038 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, což je způsobeno *elektrolytickou disociací vody* (voda působí i na vlastní molekuly, které štěpí na ionty vodíku a ionty hydroxylové). Běžná destilovaná voda mívá hodnoty konduktivity 0,3 až 3,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Čistý vysokohorský sníh z odlehlých oblastí má konduktivitu asi 5 – 30 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Konduktivita povrchových a prostých podzemních vod se pohybuje od 50 do 500 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. U podzemních minerálních vod je konduktivita řádově vyšší.

Vztah mezi konduktivitou v $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a hmotnostní koncentrací rozpuštěných solí v $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ je dán vztahem: **$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1} = k \cdot \text{konduktivita } \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$** . Hodnoty empirických faktorů (k) se pohybují nejčastěji od 0,55 do 0,70 $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-1}\mu\text{S}^{-1}$ podle typu minerálních látek.

Pokud chceme zjistit celkovou koncentraci rozpuštěných látek v ppm (parts per milion, jednotka používaná především ve Spojených státech), hodnotu elektrolytické vodivosti ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) vynásobíme faktorem v rozmezí 0,54–0,96 (platí pro přírodní vody). Hodnota faktoru závisí na typu rozpuštěných pevných látek. Pokud neznáte typ rozpuštěných látek, můžete použít k násobení faktor 0,67:

$$\text{Množství rozpuštěných látek (ppm)} = \text{elektrolytická vodivost } (\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}) \times 0,67$$

Pro zemědělské použití považujeme za dostatečně čistou vodu, když neobsahuje více než 1000 až 1200 ppm solí nebo když je její elektrická vodivost menší než 2200 – 2600 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Nad těmito hodnotami hrozí poškození citlivých polních plodin. Pro použití v domácnosti je vhodná voda s obsahem rozpuštěných látek menším než 500 ppm nebo vodivostí menší než 1100 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Rozpuštěné látky se projevují jako skvrny na skle po uschnutí kapek vody. Některé postupy průmyslové výroby, zejména elektronika, vyžadují úplně čistou vodu. Obsah některých rozpuštěných látek ve vodě současně způsobuje tzv. tvrdost vody, která je v mnoha zemích normovaná pro pitnou vodu.

Konduktivita vody na stanovišti se může v průběhu roku významně měnit. Interpretace změn vodivosti v průběhu roku není jednoduchá a jednoznačná. Jen obtížně se najde korelace s dalšími parametry, např. alkalinitou či obsahem dusičnanů. Pokud je hodnota konduktivity neobvyklá, pokuste se odhalit její příčiny. Změna vodivosti může souviset se srážkami, jarním táním, ale i se znečištěním vody. Někdy může nápadná změna vodivosti v souvislosti se změnou teploty vody indikovat špatnou teplotní kompenzaci přístroje.

- TIP

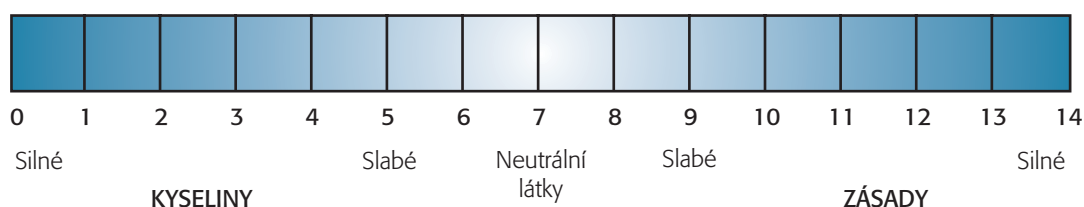
 - Před vlastním měřením a kalibrací konduktometru seznamte studenty s tím, co je vodivost a proč ji měříme.
 - Pro snadnější orientaci v tom, co se zejména podílí na vodivosti přírodních vod doporučujeme aktivitu Vodivý koktejl.
 - Sledujte spíše trendy (např. měsíční průměry) než jednotlivé hodnoty, které se mohou značně vychylovat.

Praktické měření vodivosti lze spojit i s teoretickým přepočtem obsahu rozpuštěných látek ve vodě, s využitím výše uvedených koeficientů. Např: V 1 litru destilované vody rozpustíte 1 mol uhličitany vápenatého. Jaká bude měrná vodivost roztoku? Vypočítanou hodnotu ověřte pokusem.

pH vody / Water pH

pH je ukazatel kyselosti vody. Kyselost je obecná vlastnost roztoků, která určuje, jak se tyto roztoky budou chovat ve styku s okolním prostředím. Čím je takový roztok kyselejší (např. voda v řece, déšť, půdní roztok ale i nápoje, které běžně pijeme), tím agresivněji se chová ke svému okolí, je reaktivnější. Kyselejší déšť svými reakcemi v prostředí narušuje např. rostlinná pletiva či povrchy soch a budov, kyselá voda vymývá z půdy živiny potřebné pro růst rostlin, kyselé nápoje nám poškozují zubní sklovinu apod. Na opačném konci stupnice kyselosti stojí roztoky zásadité. U nás se se zásaditými roztoky (vodami) v přírodě setkáme např. ve vápencových krasových oblastech. Pro život na planetě jsou obecně nejpříhodnější roztoky blízké neutrálním. pH je číslo, které vyjadřuje koncentraci vodíkových iontů ve vodě nebo v roztocích*.

Hodnoty pH se pohybují od 0 do 14, při pH 7 je roztok neutrální. Snížení pH o 1 znamená 10 násobné zvýšení kyselosti – např. při pH 3 je v roztoku desetkrát větší koncentrace vodíkových iontů než při pH 4 a stokrát větší než při pH 5.



Kyselost přímo ovlivňuje život ve vodě. Řada organismů je schopna žít jen ve vodě s vyšším pH, např. typicky korýši a měkkýši s vápenatými schránkami. Kritickým momentem pro život ve vodě je pH kolem 3,5, kdy se z podloží vyplavuje pro organismy toxický hliník, který je běžně ve vázané formě přítomen v horninách. Důležité informace nám poskytne současné měření pH a alkalinity, která ukazuje pufrční kapacitu vody, tedy schopnost vody odolávat kyselému znečištění a udržovat pH na stabilní úrovni. Kyselý znečištění je způsobeno srážkami, deštěm a sněhem, největší nápor bývá při jarním tání. Nejvíce přírodních stojatých vod a vodních toků má hodnotu pH v rozmezí 6,5 a 8,5. pH oceánu, který je velmi dobře pufovaný, je stabilní kolem 8,2. Norma pH pro pitnou vodu v ČR je 6,5 – 9,5**.

Měření pH vody



Než začnete měřit pH vody, je potřeba zjistit konduktivitu (viz kapitola Konduktivita). V slabě ionizovaných vodách s malým množstvím rozpuštěných látek bývá měření pH komplikovanější a málo přesné (např. při měření pH dešťové vody). Před prvním měřením pH vody zkontrolujte vodivost vody konduktometrem.

Pokud je vodivost menší než $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, před vlastním měřením pH do vzorku přidejte trochu kuchyňské soli (lze použít krystalek mořské soli 0,5–2 mm v průměru, nebo množství práškové soli, které vyplní

* Hodnota pH je logaritmické vyjádření koncentrace vodíkových iontů, nebo přesněji: pH je záporná hodnota dekadického logaritmu molární koncentrace (aktivity) vodíkových iontů. V neutrálním prostředí je koncentrace vodíkových (H^+ nebo přesněji H_3O^+) iontů stejná jako koncentrace hydroxylových iontů (OH^-), 10^{-7}M , tedy $\text{pH} = 7$. Převaha vodíkových iontů způsobuje kyselost, převaha hydroxylových iontů zásaditost.

** Limity pro pitnou vodu určuje Vyhláška č. 252/2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů



písmeno „O“). Zkuste znovu změřit konduktivitu. Pokud je hodnota stále menší než $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, přidejte další krystalek soli. Pokračujte, dokud hodnota vodivosti nepřesáhne $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Zapište si, kolik soli jste přibližně potřebovali, a při dalších měřeních pH toto množství přidávejte ke vzorku automaticky. V našich povrchových tocích takto čistá voda není obvyklá. Ve většině případů je vodivost nad $200 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a sůl není potřeba přidávat.

Nastavení pH-metru i vlastní hodnota pH se mění v závislosti na teplotě. Doporučujeme vzít vzorek vody (pokyny pro odběr viz kapitola Odběr vzorků) do třídy nebo laboratoře a nechat ho tam stát jednu až dvě hodiny. Vzorek se zahřeje na pokojovou teplotu. Takto budou všechny vzorky analyzovány při stejné teplotě i když se teplota vodního toku nebo plochy mění v závislosti na ročním období. Některé pH-metry mají zabudovanou automatickou teplotní kompenzaci, v takovém případě lze měřit pH vody přímo na stanovišti.



Vzorky určené k měření pH mohou být skladovány v uzavřené nádobě dva dny v chladu a temnu, nejlépe v ledničce.



Měření pH vody indikátorovým papírkem

POMŮCKY: pH indikátorové papírky s přesností na 0,5 pH, kádinka, sůl v případě nízké vodivosti

POSTUP: V pracovním listu najdete postup měření pro indikátorové papírky s přesností 0,5 pH od firmy Merck, které pokrývají škálu 2 – 9 pH. Pokud budete měřit indikátorovými jinými papírky s požadovanou přesností 0,5 pH, držte se přiloženého návodu.

Pokud potřebujete větší množství pH papírků, než máte k dispozici, je možné je podélně rozstříhnout (dbejte na to, abyste se rukou nedotýkali políček s chemickou látkou, lze použít např. chirurgické rukavice).

TIP

Na různé pokusy můžete používat levné lakmusové papírky, které pro orientační měření postačí.



Kalibrace pH-metru

POMŮCKY: pH-metr, pufové roztoky o pH 7 a pH 4 nebo 10, šroubováček, 2 kádinky, 1 větší kádinka s vodou, jemný hadřík nebo filtrační papír na osušení

POSTUP: Přesný postup viz pracovní list.

** Pro měření pH se používá tzv. skleněná elektroda, která mění své napětí podle pH roztoku, do kterého je ponořena. Toto napětí se samo o sobě nedá měřit bez druhé elektrody, ponořené do stejného roztoku. Napětí této referenční elektrody se pak nesmí měnit s pH. K tomu se používají nejčastěji kalomelová nebo argento – chloridová referenční elektroda. V kapesním pH–metru jsou také dvě elektrody, i když viditelná je pouze skleněná. Rozdíl napětí na těchto elektrodách se měří speciálním zesilovačem s vysokým vstupním odporem, jehož zesílení lze nastavit tak, že výstupní hodnota indikuje přímo pH. Podle teploty a stáří elektrod se mění jejich elektrochemické vlastnosti a zesílení pH metru musí být nastavitelné (kalibrace).*



pH-metr* – je přístroj, který pokryje celou škálu hodnot pH (pH 0 – 14) (obsahuje elektrody, držák na elektrody). Vedle klasických nepřenositelných laboratorních pH metrů existují i kapesní přístroje. Existuje více typů pH metrů, všechny obsahují elektrody a je třeba je kalibrovat. Sledujte vždy pokyny výrobce pro kalibraci, skladování a přípravu pH-metru k použití.

Pufrové roztoky – existuje více typů komerčně prodávaných pufrů, prodávají se jako tablety (rozpustné ve vodě), koncentráty či naředěné roztoky přímo k použití. Vždy se držte instrukcí v příbalovém letáku. Výhodné jsou barevně rozlišené pufrы, které zabraňují náhodné záměně (např. od firmy Verkon). Součástí balení pufrů bývá údaj o přesné hodnotě pH pufru v závislosti na teplotě. Při týdenním režimu měření uchovávejte pufrové roztoky v uzavřených nádobách v chladnu, nejlépe v chladničce. Před měřením se musí včas temperovat na teplotu místnosti. Neskladujte však pufrací roztoky déle než jeden měsíc. O vlastnostech pufrů více viz aktivita Kyselost a pufr.

Základní principy kalibrace jsou stejné, v pracovním listu je návod pro kalibraci přístroje Checker 1. Při kalibraci vždy sledujte pokyny výrobce. Smyslem kalibrace je seřadit citlivost skleněné elektrody přístroje.

Hodnotu pro druhý pufr vyberte podle toho, jaké pH je typické pro vaši měřenou vodu. Například pokud většinou naměříte pH 6,5, je vhodnější zvolit pro kalibraci dvojici pufrů pH 7 a 4. V zásadě se ale nedopustíte velké chyby ani v případě, že použijete druhý pufr pH 10.

Postup opakované kalibrace ve dvou pufrách je zdlouhavý, nezbytný je především před prvním použitím pH-metru. Pravděpodobně zjistíte, že po první pečlivé kalibraci budete při příštím měření mít jen minimální nebo žádné odchylky. Zejména v případě, že zamezíte vyschnutí elektrod.

V originálním návodu se uvádí, že je třeba používat na každou kalibraci nový pufr. Pufrové roztoky však nejsou levné. Možnost opakovaného použití pufru závisí na jejich pufrací kapacitě a zejména na pečlivosti oplachování a osušování elektrod. Je vyzkoušeno, že určité množství pufru snese určité množství měření. Vyzkoušejte si například ve 100 ml pufrového roztoku kalibrovat pH metr pro 5 měření. Pak připravte nový pufrový roztok a kalibrujte pH-metr. Po této kalibraci změřte pH vašeho starého pufrového roztoku a přesvědčte se, zda je jeho pH správné. Pokud je pH jiné, musíte snížit zvolený počet měření v jednom pufrovém roztoku. Již použité pufrové roztoky nikdy nevracejte do zásobní lahve. Skladujte je zvláště nejlépe ve skleněné lahvičce se šroubovacím víčkem.

TIP



Měření pH vody pH-metrem

POMŮCKY: pH metr, čistá kádinka 100 ml, stříčka s destilovanou vodou, vodovodní voda, event. roztok KCl, sůl v případě nízké vodivosti

POSTUP: přesný postup měření viz pracovní list

pH-metrem můžeme měřit s přesností na 0,1 jednotky pH.

Měřte-li pH jenom příležitostně, kalibrujte přístroj před každým měřením. Pokud měříte několik vzorků najednou, nemusíte kalibrovat mezi jednotlivými měřeními.

Při měření je výhodné upevnit pH-metr do stojánku, ale není to podmínkou. Nikdy neponořujte přístroj až po konektor, mohlo by dojít k jeho poškození.



Po měření opláchněte elektrody vodou. Naplňte ochranný kryt vodovodní vodou, nebo lépe 3,5M roztokem chloridu draselného (KCl). Ten připravíte v poměru 259 g KCl na 1 l destilované vody. Nepoužívejte k uložení elektrod destilovanou nebo deionizovanou vodu. V průběhu týdne do příštího měření kontrolujte, zda je v krytu kapalina a doplňujte ji. Po vysušení elektrod je měření obtížnější a je většinou nutné znovu kalibrovat. Při delším skladování nechte elektrody v suchém stavu. Nemějte obavy, když se kolem špičky elektrod objeví bílý povlak nebo krystalky. Tento jev je typický pro pH elektrody a krystalky se rozpustí při opláchnutí vodou. Při správné údržbě vydrží elektrody funkční asi rok, nesprávná údržba životnost elektrod zkracuje.



Co je kyselé a co je zásadité?

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

POMŮCKY: pH-metr nebo pH indikátorové papírky, kádinky či skleničky s různými tekutinami, např.: voda z kohoutku, perlivá voda, destilovaná voda, šťáva, džus, kola, čaj, citronová šťáva, káva, mléko, pivo, tekuté mýdlo, ocet, jar, jedlá soda, rozdrčená křída s vodou, aviváž apod., prázdná 100 ml kádinka

POSTUP: Studenti pracují v menších skupinkách, zjišťují pH různých nápojů, čistících prostředků a dalších tekutin, se kterými se běžně setkávají. Naměřené výsledky zapisují do číselné osy. Na závěr smíchají nejkyselější a nejzásaditější prostředek a sledují, co se stane (proběhne neutralizace). Změří výsledné pH.

Před začátkem měření mohou studenti výběr připravených nápojů rozšířit o nápoje, které mají s sebou k svačině, vhodné je rovněž do výběru zahrnout nápoje běžně dostupné ve škole – v jídelně, v nápojovém automatu. Na začátku aktivity mohou studenti nápoje a prostředky seřadit na pomyslnou osu na stole dle svého odhadu od nejkyselějších k nejzásaditějším, po měření pak tento svůj odhad opravit. Na závěr doporučujeme společně zhodnotit, co studenty nejvíc překvapilo a přimět je k zamýšlení nad tím, jaké nápoje běžně konzumují a jak to může ovlivňovat jejich zdraví.

K aktivitě lze využít i levnější lakmusové papírky (Lachema).

TIP



Kyselost a pufr

Pufr je roztok, který odolává změně koncentrace vodíkových iontů po přidání malého množství kyseliny nebo zásady. Je většinou tvořen rovnovážným systémem kyseliny a její soli. V přírodě se vyskytují přirozené pufrací systémy, které ve vodě udržují stabilní pH. Typickým příkladem je oceán nebo systém „kyselina uhličitá – uhličitán vápenatý“ v krasových oblastech. Pufr má podle svého složení dvě základní vlastnosti. Vedle hodnoty pH, kterou si pufr udržuje, je to jeho kapacita. Pokud se k pufru přidá více kyseliny nebo zásady, než je jeho kapacita, pH se začíná měnit a pufr již dále neplní svou funkci.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 20 min

POMŮCKY: destilovaná voda, pufr o pH 7, ocet, 2 kádinky 50 ml, kapátko nebo pipeta, pH-metr nebo pH papírky



POSTUP: Přesný postup viz pracovní list.

Pokus studentům názorně přiblíží vlastnosti pufru. Průběh obou křivek se výrazně liší. Po přidání octa do vody se pH okamžitě sníží a velmi rychle klesá na úroveň pH octa (cca pH 2,5). pH pufru se oproti tomu ani po přikápnutí značného množství octa nemění, klesá teprve tehdy, až se vyčerpá pufrační kapacita pufru.



Co nám prozradí pH

ČASOVÁ NÁROČNOST: 15 min

POMŮCKY: počítačová učebna s přístupem na internet

POSTUP: Studenti na www.globe.gov vyhledají naměřená data pH vody své školy, sestaví z nich graf a interpretují je. V pracovním listu mají jednoduchou tabulku, která jim umožní odhadnout, jací živočichové mohou žít ve vodě s tímto pH.



pH hra

Studenti se v časovém limitu pokusí sestavit co nejširší škálu pH roztoků a získají tak pro své družstvo co nejvíce bodů

ČASOVÁ NÁROČNOST: 45min (úvod, 30 minut čistého času, vyhodnocení)

POMŮCKY:

- pro každé družstvo: 12 – 20 pH indikátorových papírků, 3 nebo více malých skleniček, PET láhev s vodou, barevná pH škála, tabulka pro nalezené hodnoty pH, samolepky pro přilepení papírků do tabulky.
- společné pomůcky: výsledková tabule pro všechna družstva, bodová tabulka, náhradní pH papírky, vyvěšená pravidla

POSTUP: Rozdělte studenty do skupin po 2 – 4 hráčích. Určete 1 zapisovatele u bodové tabulky a 1 zkušebního komisaře na každá 2 družstva. Vyvěste bodovou tabulku a pravidla. Po úvodu vyhledejte časový limit, během něhož studenti hledají kyselé a zásadité látky v okolí, měří pH a vytváří roztoky o potřebné kyselosti.

PRAVIDLA:

- měření začíná povinně nalezením roztoku o pH 5.0 a pak je možno plynule navazovat hledaná pH na obě strany (plynule, tedy bez mezer!),
- družstvo, které objeví jako první "nové" pH, získá za něj dvojnásobek bodů (např. za 1. nalezené pH 7,0 je to 64 bodů),
- k započtení nalezeného pH do bodové tabulky družstva je třeba, aby družstvo pozvalo zkušebního komisaře a nabídlo mu nepoužitý pH papírek, kterým dotýčný provede oficiální zkoušku. V případě úspěchu dostane družstvo od komisaře čistý papírek a certifikát (lístek) o provedeném měření, na jehož základě zapisovatel zaznamená body do tabulky. Zapisovatel také rozhoduje, kterému družstvu přísluší bodová prémie za 1. nalezené pH,
- družstvo si může dokoupit chybějící pH papírky u zapisovatele v ceně 1 pH papírek = 2 body.

BODOVÁ TABULKA

pH	body	1. družstvo	2. družstvo	3. družstvo
2	128			
2,5	64			
3	32			
3,5	16			
4	8			
4,5	4			
5	2			
5,5	4			
6	8			
6,5	16			
7	32			
7,5	64			
8	128			
8,5	256			
9	512			
body celkem				

autor hry: Sdružení TEREZA, Ekohry do kapsy

Interpretace dat

pH vody je silně ovlivněno podložím, půdou a vegetací na břehu a dalšími vstupy látek do toku. pH vody se obvykle v průběhu času příliš nemění, přesto můžete vyzorovat určité sezónní trendy ve spojitosti se změnami teploty, srážkami či vegetačním pokryvem.

Zajímavé je sledovat vliv kyselých srážek (déšť, sníh) na pH vody, největší nápor bývá při jarním tání. Důležitá je hodnota alkalinity, která určuje pufrací schopnost vody – schopnost odolávat snižování pH. Řada organismů je na kyselost vody velmi citlivá.

- pH je ukazatel typicky související s horninovým podložím. Zajímavé je proto především srovnávání pH vody v různých oblastech, v souvislosti právě s geologickým podkladem.
- Doporučujeme zaměřit se na práci s daty i jiných škol – např. vyhledejte hodnoty pH naměřené českými školami v lednu, dubnu, červenci, říjnu v průběhu jednoho roku. Pracujte s geologickou mapou ČR a pokuste se odpovědět na otázky. Jaké pH můžeme očekávat? Liší se pH v jednotlivých měsících?

TIP

Alkalinita neboli **kyselinová neutralizační kapacita** (KNK) je mírou stability pH. Hovoří se o ní rovněž jako o pufrací kapacitě vody (viz kapitola pH vody). Ve vodě bez této pufrací schopnosti by každý uvolněný kationt H^+ způsobil patřičný pokles pH; ve vodě s dostatečnou alkalinitou je pak nárůst kyselosti kompenzován neutralizačními reakcemi a pH zůstává neměnné. Až když je alkalinita vyčerpána, může přidání kyseliny způsobit pokles pH. Alkalinita je vyjádřena jako koncentrace uhličitanu vápenatého $CaCO_3$ v $mg.l^{-1}$ ve vodě, i když na alkalinitě se mohou podílet i ostatní látky*.

Voda s vysokou alkalinitou má dobré pufrací schopnosti a dobře odolává změně pH. Alkalinitu způsobují rozpuštěné minerály, částice vápence a půdy. Do vody se dostávají přirozeně při průtoku podloží či půdou. Řeky a jezera ve vápencových oblastech jsou odolnější vůči okyselení než jezera a řeky na nekarbonátovém podloží (např. žule).

Je-li alkalinita nižší než $100 mg.l^{-1}$, má voda slabé pufrací schopnosti a velký přívál kyselějších srážek může narušit stabilní pH – v tomto citlivém systému pak může dojít ke změně ekosystému, protože některé rostliny a živočichové již v kyselém prostředí nejsou schopni přežít (známým příkladem jsou kyselá švédská jezera).



Pracujete s chemikáliemi, je třeba dbát na bezpečnost studentů i čistotu životního prostředí. Pokud možno používejte ochranné rukavice a brýle. Jetliže měření provádíte přímo v přírodě, vždy s sebou berte láhev na odpad – použité chemikálie nikdy nelijete do vodního toku či nádrže!



Měření alkalinity

K měření alkalinity se využívají různé postupy. GLOBE doporučuje pro měření testovací soupravy Hach nebo LaMotte. Tyto soupravy jsou založené na principu titrace, kdy se ke zkoumanému vzorku přidá činidlo citlivé na kyselost, které na změnu pH reaguje změnou barvy. Pak se postupně přikapává kyselý titrační roztok, dokud se nezmění barva vzorku.

Přesnost měření je pro sadu LaMotte $\pm 8 mg/l$ a pro sadu Hach $\pm 6,8 mg/l$ pro alkalinitu 0 – 10 mg/l a $\pm 17 mg/l$ pro alkalinitu 0 – 50 mg/l .

Jiné způsoby měření alkalinity lze použít, pokud má měření přibližně tuto přesnost.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 15 min

POMŮCKY: dle typu použité soupravy

POSTUP: Přesný postup pro měření soupravou Hach viz pracovní list. Pokud použijete jiný způsob, držte se vždy příloženého návodu.



Měření alkalinity proveďte 3krát, vždy s čerstvým vzorkem vody.

* Alkalinita se v západní Evropě udává podobně jako tvrdost nejčastěji v německých stupních ($dKH = \text{deutsche Karbonathärte}$), nověji občas i v miliekvivalentech, resp. v milivalech ($1 dKH = 0,357 mval/l$ nebo meq/l); v USA se častěji používají jednotky $ppm CaCO_3$ (obdobně jako u tvrdosti, $1 dKH = 17,86 ppm CaCO_3$), nebo $mg.l^{-1} CaCO_3$.

Z naměřených hodnot vypočítejte průměr. Pokud se některá hodnota od průměru liší více než o uvedené hodnoty (pro sadu LaMotte ± 8 mg/l a pro sadu Hach $\pm 6,8$ mg/l pro alkalinitu 0–100 mg/l a ± 17 mg/l pro alkalinitu 20 – 400 mg/l, hodnotu eliminujte. Spočtete průměr pro zbývající 2 hodnoty, a pokud jsou v uvedeném rozmezí od průměru, zadejte do databáze pouze tyto 2 hodnoty.



Mezi jednotlivými testy je třeba laboratorní nádobí pečlivě vymýt, protože kontaminace snadno změní výsledky testu – nejlépe detergentem nebo rozpouštědlem na alkoholové bázi, a vypláchnout čistou (nejlépe destilovanou) vodou.



Kontrola přesnosti měření

Kvalitu měření si snadno ověříte změřením alkalinity standardního sodného roztoku.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

POMŮCKY: váhy, prášková jedlá soda 1,9g, destilovaná voda 1 l, kádinka 500 ml, odměrný válec 500 ml, pipeta, testovací souprava na měření alkalinity

POSTUP: Příprava standardního sodného roztoku:

- Odvažte 1,9g práškové jedlé sody a rozpustte v 500 ml destilované vody.
- Důkladně promíchejte.
- Odeberte 15 ml tohoto roztoku do 500 ml odměrného válce.
- Doplňte po rysku 500 ml destilovanou vodou. **Alkalinita standardního roztoku je 84 mg/l.**

Změřte alkalinitu standardního roztoku běžným postupem vaší testovací soupravy a porovnejte výsledky. Přesnost měření je pro sadu LaMotte ± 8 mg/l a pro sadu Hach $\pm 6,8$ mg/l



Výsledek měření zadejte do databáze GLOBE jako **Kontrola přesnosti měření / Quality control procedure**

Alkalinita / Alkalinity

Použitý Standardní roztok / Standard used – vyberte jeden / check one:

Standardní sodný roztok / Baking Soda Standard

Zakoupený standardní roztok / Purchased standard: Alkalinita standardu / Alkalinity of Standard: _____ mg/l

Pro soupravy, které umožňují přímé odečítání alkalinity / For kits that read alkalinity directly:

1. _____ mg/l as CaCO₃

2. _____ mg/l as CaCO₃

3. _____ mg/l as CaCO₃

Hachova souprava nebo soupravy, ve kterých se počítají kapky / For kits that count drops only:

Vzorek (Sample)	Počet kapek (Number of Drops)	x	Převodní konstanta pro vaši soupravu (Conversion constant for your kit)	=	Alkalinita (mg/l jako CaCO ₃) (Alkalinity (mg/l as CaCO ₃))
1.		x		=	
2.		x		=	
3.		x		=	



Pokud nemůžete s mladšími žáky používat chemické soupravy na měření alkalinity, doporučujeme změřit alkalinitu méně přesnou metodou indikačních papírků (běžně k dostání v akvaristických potřebách). Takto zjištěnou hodnotu sice nemůžete odeslat do GLOBE databáze, nicméně pro vaše vlastní účely tato orientační hodnota postačí.

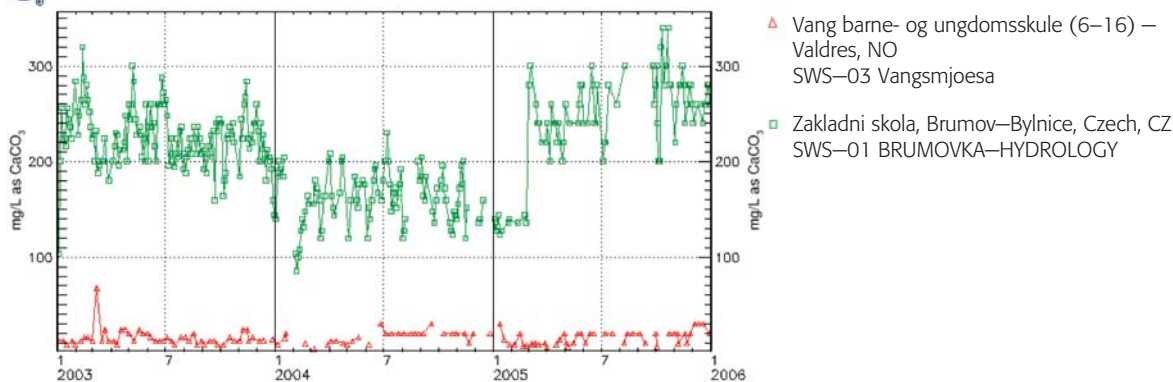
Cenově dostupné a na manipulaci jednoduché jsou dále testy na určení tvrdosti vody (indikátorové papírky), které vám poskytnou obecnou představu o pufracích schopnostech vodního zdroje, kde provádíte měření.

Interpretace dat

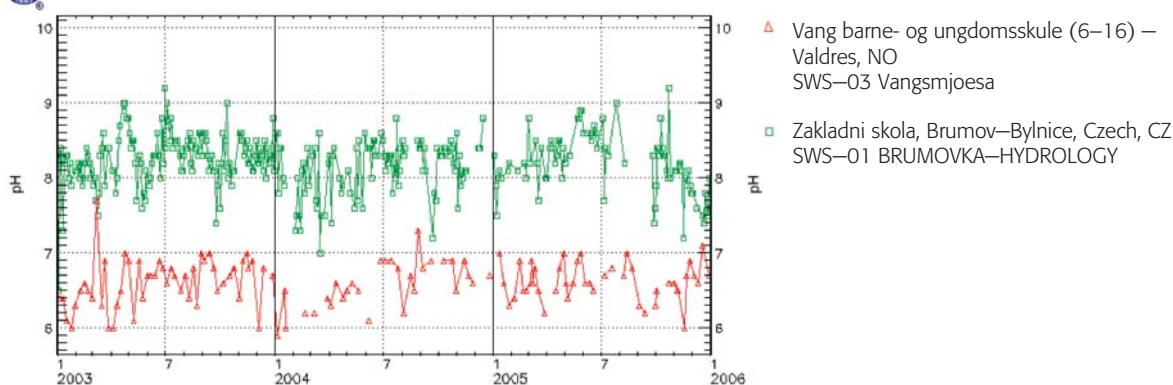
Alkalinita úzce souvisí s pH, proto doporučujeme zaměřit pozornost na obě měření současně (viz grafy). Zajímavé je srovnání změn alkalinity v souvislosti se srážkami – po vydatném dešti alkalinita může poklesnout. V čistých vodách je alkalinita rovněž v úzkém vztahu s konduktivitou.

Porovnání alkalinity a pH dvou škol z lokalit s odlišným podložím – ZŠ Brumov-Bylnice leží ve flyšovém pásmu Bílých Karpat a norská škola ve Vangu má žulové podloží

 SW Alkalinity



 Surface Water pH



Dusičnany / Nitrate

Dusík je ve vodě obsažen v mnoha různých formách – jako rozpuštěný plyn N_2 , jako součást organických látek a jako anorganické ionty – ve formě amoniaku NH_4^+ , dusičnanů NO_3^- nebo dusitanů NO_2^- . Dusičnany (nitráty) jsou obvykle nejdůležitější anorganickou formou dusíku, protože jsou nezbytnou živinou pro růst a rozmnožování řas a dalších vodních rostlin. Dusitanů se obvykle vyskytují pouze u vod s nízkým obsahem rozpuštěného kyslíku, tzv. anoxických vodách, jsou toxické.

Dusičnany se do vody dostávají přirozeně dešťovými a sněhovými srážkami či suchou depozicí větrem, z podzemní vody, rozkladem organismů a především splachy z povrchu a z půdy. V případě nedostatku se dusík může stát pro život vodních rostlin limitujícím faktorem, např. v čistých horských bystřinách. Vyšší hodnoty dusičnanů indikují znečištění vody např. hnojivy. Hodnoty dusičnanů nad 30 mg/l mohou způsobovat nadměrný růst řas a sinic ve vodě tzv. eutrofizaci. Hodnoty dusičnanů vykazují značné sezónní výkyvy právě v souvislosti s rozvojem řas ve vodě.*



Pracujete s chemikáliemi, je třeba dbát na bezpečnost studentů i čistotu životního prostředí. Pokud možno používejte ochranné rukavice a brýle. Jetliže měření provádíte přímo v přírodě, vždy s sebou berte láhev na odpad – použité chemikálie nikdy nelijete do vodního toku či nádrže!



Měření dusičnanů

K měření dusičnanů lze využít více metod. Většina z nich je založena na současném měření obsahu dusičnanů (NO_3^-) a dusitanů (NO_2^-) ve vodě, protože zatímco zjistit koncentraci dusičnanů je chemicky poměrně obtížné, snadno změříme koncentraci dusitanů a celkovou koncentraci dusitanů a dusičnanů dohromady. GLOBE doporučuje sady La Mott nebo Hach, eventuelně sady s odpovídající přesností.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 20 min

POMŮCKY: dle použité soupravy

POSTUP: Přesný postup pro měření soupravou Hach viz pracovní list. Pokud použijete jiný způsob, držte se vždy přiloženého návodu.



Měření dusičnanů proveďte 3krát, vždy s čerstvým vzorkem vody.

* Norma pro pitnou vodu v ČR je pro dusičnany 50 mg/l, pro dusitanů 0,5 mg/l. Limity pro pitnou vodu určuje Vyhláška č. 252/2004, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů.



TIP

Pokud nemůžete s mladšími žáky používat chemické soupravy Hach na měření dusičnanů a dusitanů, je pro vás tento způsob příliš finančně náročný nebo má voda na vašem hydrologickém stanovišti vysoký obsah dusičnanů, doporučujeme použít jednodušší, levnější, ale méně přesnou metodu založenou na stejném kalorimetrickém principu (běžně k dostání v akvaristických potřebách, např. od firmy Aquar, až do 160 mg/l). Takto zjištěnou hodnotu sice nemůžete odeslat do GLOBE databáze, nicméně pro vaše vlastní účely tato orientační hodnota postačí.

Levnější variantou s větší přesností jsou i např. ECO-soupravy NO_3 a NO_2 od firmy P-lab.

Interpretace a využití dat

Hodnoty dusičnanů ve vodě značně kolísají a je poměrně obtížné formulovat přesvědčivou hypotézu, proč tomu tak je. Příčinou je skutečnost, že **do přeměn jednotlivých forem dusíku přítomných ve vodě zasahují živé organismy** – plankton, bakterie apod.

Příklad: Studenti školy v polské Czestochowé předpokládali (a tento předpoklad si potvrdili), že průměrné měsíční hodnoty obsahu dusičnanů v řece Warta jsou nejvyšší v měsících, kdy bylo nejvíce srážek. Nejdeštivější byly jarní a letní měsíce. A skutečně, průměrné největší koncentrace dusičnanů byly zjištěny na jaře a v létě. Ve hře ale jsou i další nezapočítané faktory, které je třeba brát v úvahu – např. hodnoty dusičnanů byly největší právě ve vegetačním období, na okolních polích se na jaře a zkraje léta přihnojvalo atd.



Rozpuštěný kyslík / Dissolved Oxygen

V této úloze zjišťujeme koncentraci molekulárního rozpuštěného kyslíku O_2 ve vodě, nikoliv množství kyslíku obsaženého v molekule vody H_2O a dalších sloučeninách. Zdrojem kyslíku ve vodě je především vzduch a dále fotosyntéza, při které kyslík produkují rostliny. Rozpustnost kyslíku (tj. maximální množství kyslíku, které se za daných podmínek ve vodě ještě rozpouští) je daná vnějšími podmínkami – atmosférickým tlakem a teplotou vody. Např. při hladině moře a teplotě 25 °C je rozpustnost kyslíku 8,3 mg/l, zatímco při 4 °C je rozpustnost kyslíku 13 mg/l. S rostoucí teplotou se kyslík z vody opětovně uvolňuje do vzduchu. Ve vyšších nadmořských výškách je ve vodě při stejné teplotě rozpustnost kyslíku nižší, v rovnováze s nižším atmosférickým tlakem (viz tabuka v pracovním listu).

Ve vodě, kde žije hodně fotosyntetizujících rostlin nebo v prudkých bystřinách, kde dochází k provzdušňování vody, může být skutečná hodnota rozpuštěného kyslíku vyšší než rozpustnost kyslíku odpovídající danému tlaku a teplotě. Nízký obsah kyslíku ve vodě může indikovat znečištění vody např. fekáliemi apod. – kyslík je spotřebováván na rozklad znečištění. Pokud je obsah kyslíku kriticky nízký, rozklad mrtvých organismů a dalších látek přebírají hnilobné bakterie schopné žít v anoxickém prostředí a dochází k hnilobným procesům, při kterých se uvolňuje např. sulfan (voda hnilobně zapáchá).

V přírodních vodách množství rozpuštěného kyslíku kolísá cca mezi 0–16 mg/l. Koncentrace rozpuštěného kyslíku ovlivňuje život ve vodě a určuje, jaké organismy tam mohou žít. Pod hranicí 3 mg/l nemůže existovat většina organismů, některé citlivější (např. pstruzi, lososi, larvy vážek) organismy potřebují kyslíku více (nad 7 mg/l i víc). Nižší obsah kyslíku bývá rovněž při dně hlubokých nádrží, kde nedochází k promíchávání vrstev (viz Teplotní stratifikace), neprobíhá fotosyntéza a kam se nedostává vzdušný kyslík. S malým množstvím kyslíku při dně vystačí např. nitěnky.

Rozpuštěný kyslík měříme spolu s ostatními měřeními, měření je třeba provést rovnou po odběru vzorku, nebo maximálně do 2 hodin.



Pracujete s chemikáliemi, je třeba dbát na bezpečnost studentů i čistotu životního prostředí. Pokud možno používejte ochranné rukavice a brýle. Jetliže měření provádíte přímo v přírodě, vždy s sebou berte láhev na odpad – použité chemikálie nikdy nelijete do vodního toku či nádrže!



Měření obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě

ČASOVÁ NÁROČNOST: 20 min

POMŮCKY: dle použité soupravy

POSTUP: Přesný postup pro měření soupravou Hach viz pracovní list. Pokud použijete jiný způsob, držte se vždy přiloženého návodu.



Mezi jednotlivými testy je třeba laboratorní nádobí pečlivě vymýt, protože kontaminace snadno změní výsledky testu – nejlépe detergentem nebo rozpouštědlem na alkoholové bázi, a vypláchnout čistou (nejlépe destilovanou) vodou.



Je vaše voda nasycena kyslíkem?

Rozpustnost kyslíku O_2 je dána tlakem vzduchu a teplotou vody. V čisté vodě naměřená hodnota kyslíku obvykle odpovídá rozpustnosti kyslíku za daných podmínek – říkáme, že voda je kyslíkem nasycena neboli *saturována*.

ČASOVÁ NÁROČNOST: 15 min

POSTUP: Studenti porovnávají naměřenou hodnotu rozpuštěného kyslíku s hodnotou rozpustnosti kyslíku, která odpovídá dané nadmořské výšce a aktuální teplotě vody (viz tabulky v pracovním listě).

Nižší obsah kyslíku než odpovídá rozpustnosti – voda je pravděpodobně znečištěná organickým odpadem, a dochází v ní k rozkladným procesům, které spotřebovávají kyslík. Nižší obsah kyslíku také můžete změřit v případě, kdy mezi odběrem vzorku a měřením uběhla nějaká doba, zvláště pokud bylo vzorek v temnu – kyslík spotřebovávají mikroorganismy k dýchání.

Vyšší obsah kyslíku než odpovídá rozpustnosti – někdy dochází k tzv. přesycení vody kyslíkem, což je způsobeno nadměrným provzdušněním vody (např. v peřejích) nebo fotosyntetickou činností rostlin. Pokud vrchní vrstva obsahuje velké množství fytoplanktonu, v denních hodinách převažuje fotosyntéza (a produkce kyslíku) nad dýcháním (a spotřebou kyslíku).



Kontrola přesnosti měření

ČASOVÁ NÁROČNOST: 30 min

POMŮCKY: destilovaná voda, odměrný válec 100 ml, 250 ml polyethylenová láhev s víčkem, teploměr, láhev na odpad, sada na měření obsahu rozpuštěného kyslíku, ochranné rukavice a brýle, tužka, hodinky

POSTUP: Standard pro testování přesnosti měření – vypláchněte polyethylenovou láhev 2krát destilovanou vodou, poté do ní nalijte 100 ml destilované vody a uzavřete víčkem. Pořádně láhev protřepávejte po dobu 5ti minut. Odvíčejte láhev, opatrně změřte teplotu vody (pozor, ať se teploměr nedotkne stěn ani dna) a změřte obsah rozpuštěného kyslíku v destilované vodě obvyklým způsobem vaší testovací soupravy. Výsledek zapište a porovnejte s hodnotou rozpustnosti kyslíku ve vodě za daných podmínek.



Výsledek měření zadejte do databáze GLOBE jako Quality control procedure / Kontrola přesnosti měření:

Teplota destilované vody / Temperature of distilled water: _____ 1 °C

Nadmořská výška / Elevation: _____ m

Obsah rozpuštěného kyslíku v destilované vodě / Dissolved Oxygen for shaken distilled water:

1. _____ (mg/l)

2. _____ (mg/l)

3. _____ (mg/l)

Pro vaši kontrolu – zjistěte rozpustnost kyslíku v daných podmínkách s využitím tabulek v pracovním listu.

rozpustnost kyslíku*: _____ mg/l



Jak se mění hodnota rozpuštěného kyslíku v průběhu celého dne?

Obsah rozpuštěného kyslíku v produktivních vodách velmi výrazně kolísá během dne, největší bývá po poledni (maximální fotosyntéza), naopak klesá v noci. Můžete se pokusit změřit rozpuštěný kyslík ve vodě v průběhu celého dne v cca 2 hod. intervalech (lze spojit s aktivitou Jak se mění teplota vody v průběhu celého dne?).



Jak závisí hodnota rozpuštěného kyslíku na hloubce vodního zdroje?

Dalším zajímavým úkolem je určení rozpuštěného kyslíku v různých hloubkách hlubší nádrže v různých ročních obdobích. Návod odběru vody z hloubky viz úloha Jak se mění teplota vody v různých hloubkách. Dále postupujte dle standardního návodu měření rozpuštěného kyslíku.

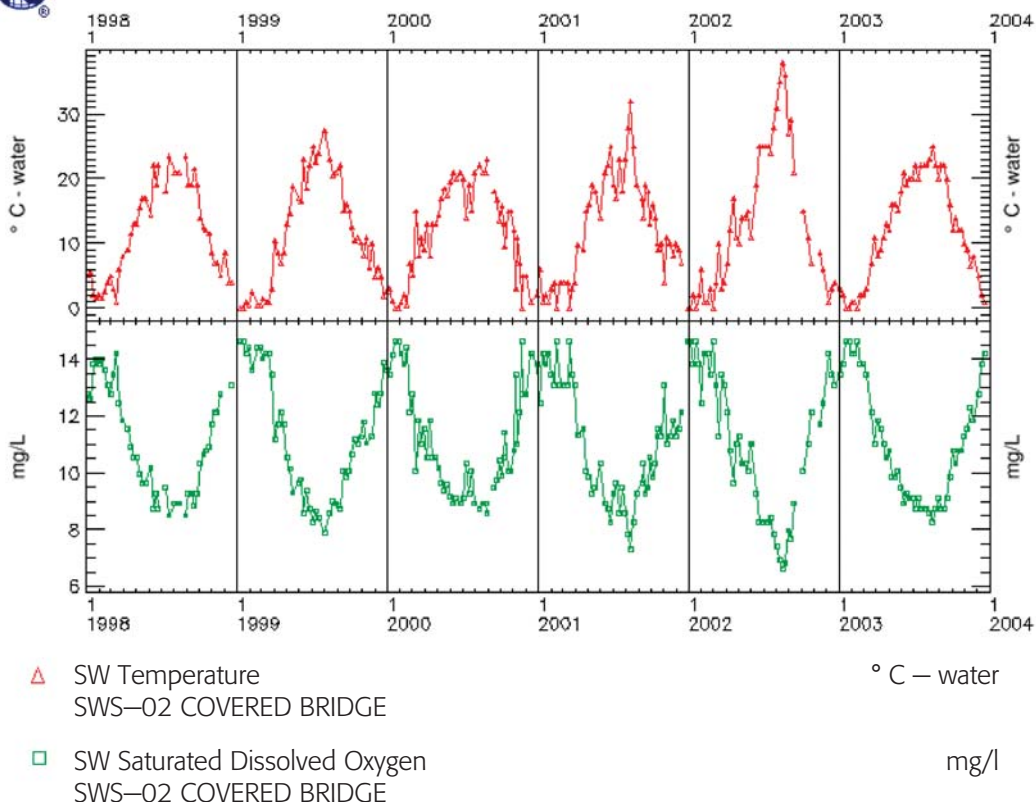
Lze velmi dobře využít k studentské seminární práci.

TIP

Závislost rozpuštěného kyslíku na teplotě vody, Reynolds Jr High School, Greenille, PA, USA



Reynolds Jr High School, Greenille, PA, USA



* Hodnotu rozpustnosti (tab1) odpovídající teplotě vody vynásobte korekčním faktorem (tab2) pro vaši nadmořskou výšku)



Odesílání dat

Pro souhrnné odesílání dat doporučujeme začátečníkům využít dvojjazyčný česko-anglický Záznamový list. V pracovních listech naleznete zároveň Záznamový list pro pokročilé – je pouze v češtině a je využitelný pro záznam po dobu 1 měsíce. Záznamové listy si rovněž můžete vytvořit či upravit podle svých potřeb (např. pokud měříte pouze teplotu a pH, postačí vám kratší verze).

POZNÁMKA: Měření salinity, tj. slanosti vody, nemá v našich vnitrozemských podmínkách význam, a proto jej nezařazujeme. Pokud byste chtěli salinitu zjišťovat mimořádně, např. při prázdninovém pobytu u moře, návody v angličtině naleznete na webových stránkách GLOBE.

Vodní bezobratlí živočichové / Freshwater Macroinvertebrates

V této úloze se budeme zabývat pouze těmi vodními bezobratlými živočichy, které lze pozorovat **bez použití mikroskopu**, pouhým okem či lupou („makro“-bezobratlí). Tito živočichové žijí ve vodě okolo živých i odumřelých rostlin, při hladině nebo na dně. Nalezneme mezi nimi larvy hmyzu žijícího v dospělosti nad hladinou (komáři, jepice, vážky, chrostíci), korýše, mlže, ploštěnky či pijavice. Někteří bezobratlí tvoří obrovské populace – až tisíce jedinců na m².

Výskyt určitých druhů bezobratlých živočichů vypovídá o konkrétních podmínkách ve vodním toku. Řada druhů je citlivá na změny pH, teploty, obsahu rozpuštěného kyslíku, turbulence a další změny v jejich habitatu.

Habitat je prostor, který zahrnuje všechno, co organismy potřebují k životu a růstu – potravní zdroje, fyzikální a chemické charakteristiky prostředí, stejně jako např. materiál na stavbu hnízd k ochraně jejich mláďat. Habitaty vodních bezobratlých zahrnují kameny, větve, odumřelé dřevo či zbytky rostlin a ostatní živé organismy. Změny habitatu jsou zřejmou příčinou změn v druhovém složení bezobratlých živočichů na stanovišti.

Při zkoumání vodních bezobratlých živočichů chceme odhadnout biodiverzitu, oklasifikovat ekologii vodního toku či nádrže a prozkoumat vztahy mezi chemickými měřeními a organismy žijícími na vašem stanovišti. Většinou je nemožné spočítat všechny jedince všech druhů na stanovišti, proto odebereme pouze reprezentativní vzorek organismů v různých habitatech a pokusíme se na jejich základě biodiverzitu odhadnout.

Biodiverzita je daná počtem různých druhů v ekosystému a počtem jedinců každého druhu. Často se biodiverzita odhaduje z údajů o jednotlivých druzích, ale může být rovněž spočítána v širších kategoriích jako např. počet různých druhů členovců.

Vědci často používají různé vzorce k tomu, aby lépe porozuměli ekologii stanoviště – vztahům mezi organismy a prostředím a vztahům mezi organismy navzájem. Jedna z hodnot je i počet druhů na stanovišti, ale organismy mohou být také např. procentuálně rozděleny do skupin podle potravní strategie (pasoucí se, filtrující vodu, predátoři), na dlouhožijící a krátce žijící taxony apod.

Výroba pomůcek:

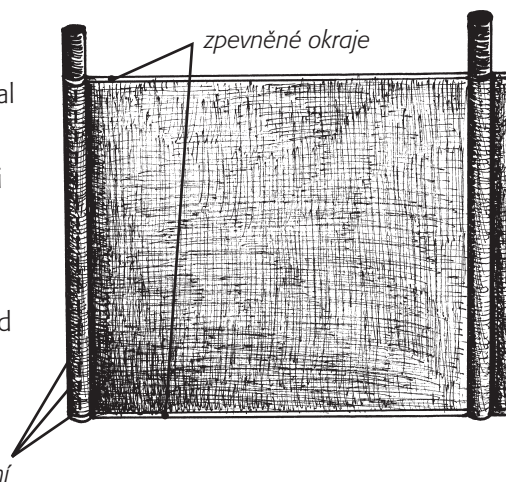
Sít / Net

Tuto síť budete potřebovat pouze v případě, že mezi zkoumanými habitaty bude i dno s kamenitým substrátem.

POMŮCKY: svorky nebo připínáčky, jehla a niť nebo vodě odolná lepicí páska, nůžky, metr, nylonová síť o rozměrech 95 x 132 cm s průměrem oček 0,5 mm, 2 dřevěné tyčky cca 120 – 130 cm dlouhé o průměru 4 – 5 cm, 2 kusy pevné látky (např. džínoviny) 8 x 132 cm, (nylonová síť na záchytný trychtýř o rozměrech 120 x 150 cm, s průměrem oček 0,5 mm – nepovinné)

POSTUP: Delší strany nylonové sítě obalte pruhy pevné látky a sešijte nití nebo slepte voděodolnou páskou. Strany sítě s látkou přiložte k tyčkám tak, aby jeden konec tyček přiléhal k rohům sítě a zasvorkujte (event. přitlučte připínáčky). Rolujte tyčky k sobě a až bude vnitřní vzdálenost mezi nimi přesně 1 m, znovu síť zasvorkujte.

Trychtýř (nepovinné) – navíc si můžete uprostřed sítě vyrobit záchytný trychtýř, který usnadní odběr organismů. Uprostřed sítě vystříhnete čtvercový otvor 30 x 30 cm, ke kterému přišijte nylonovou síť ve tvaru zužujícího se trychtýře.

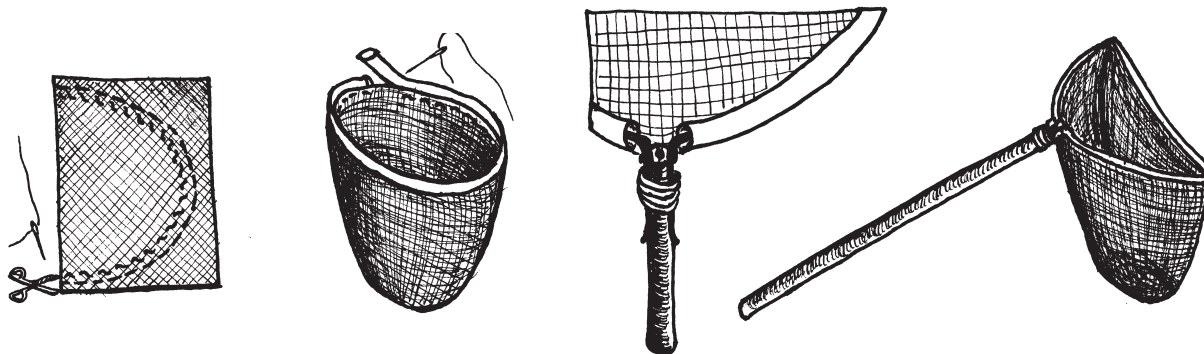


Planktonka / D-net

Můžete použít komerčně prodávanou planktonku nebo si síťku vyrobit sami

POMŮCKY: jehla a niť nebo voděodolná lepicí páska, nůžky, metr, 2 ks nylonové sítě 36 x 53 cm, o průměru očka 0,5 mm, 1 m velmi tuhého drátu nebo ramínko na kabáty, pruh pevné látky (např. džínoviny) 8 x 91 cm, tyčka cca 150 cm (např. násada od koštěte), 4 cm svorník na trubky, nebo pevný drát na připevnění násady

POSTUP: Podle nákresu vystříhnete ze 2 ks nylonové sítě tvar D, a v obloučku oba kusy sešijte. Volné konce sítky obšijte pruhem pevné látky a vytvořte si tak dutý lem, kterým prostrčíte drát. Vytvarujte z drátu tvar D o délce rovné části 40 cm a prostrčte drát vytvořeným lemem sítky. Volné konce drátu připevněte k tyčce svorkou nebo drátem.

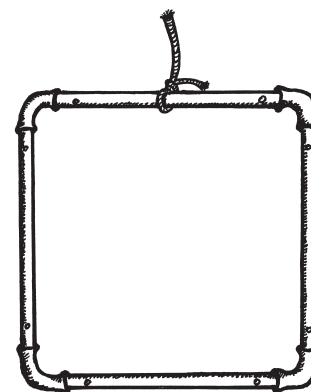


Čtverec / Quadrat

Čtverec vám dobře poslouží zejména při odběru vzorků v bahnitěm dně, a slouží k vymezení plochy pro odběr vzorků.

POMŮCKY: 4 PVC trubky 1 m dlouhé, 4 spojovací PVC kolena, 3,5 m gumy, cca 3 m provaz, nebozez

POSTUP: Do každé PVC trubky s uhlazenými konci vyvrtejte vždy 2 díry, aby se dovnitř dostala voda a trubky klesly ke dnu. Provlákněte trubkami



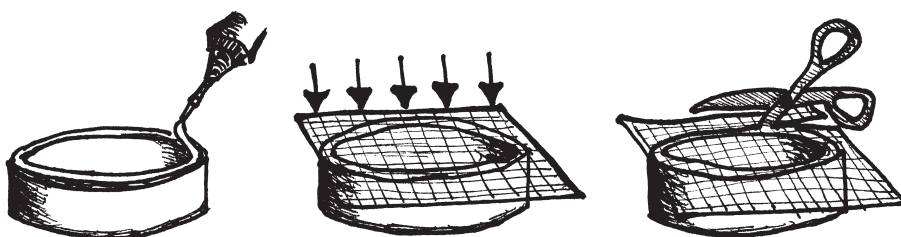
i spojovacími koleny gumu a konce svažte – guma slouží k tomu, aby ve vodě některá část čtverce neuplavala a k snadnému složení a rozložení čtverce. Přivažte k čtverci provaz, abyste ho snadněji vyzvedli z vody.

Sítka / Sieve

Lze použít i koupenná síta, pokud mají správný rozměr oček 0,5 mm.

POMŮCKY: 25 x 25 cm síť o velikosti oka 0,5 mm průměru (nylon, kov, bavlna), kovový nebo plastový válec o průměru cca 20 cm a výšce cca 5 cm, nůžky, voděodolné lepidlo, špachtle

POSTUP: Na jednu hranu válce naneste lepidlo, přiložte síť a nechte zaschnout. Odstříhnete přebytečný kus sítě.

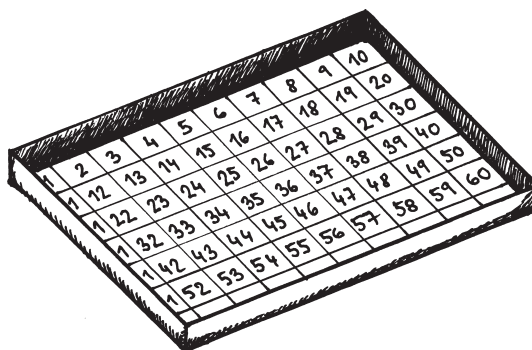


Vzorkovací mřížka / Sub-sampling Grid

POMŮCKY: plastový, dřevěný nebo kovový tácek 30 x 40 cm, s okrajem vysokým 2 – 3 cm a bílým dnem (netoxická barva), který nepropouští vodu, silikonový tmel, pravítko, voděodolný fix, odměrný válec

POSTUP: Na dno táčku narýsujte síť – čtverce 4 x 4 cm (7 x 10 sloupců), linky obtáhněte silikonovým tmelem a vytvořte tak mřížku cca 0,5 cm vysokou. Nechte zaschnout.

Položte mřížku vodorovně na podložku a odměrným válcem změřte množství vody, které je třeba, aby se všechny díly právě zalily vodou (0,5 mm vody umožní živočichům přežít). Několikrát si před měřením vyzkoušejte právě tímto množstvím vody mřížku zalít tak, aby se voda dostala do všech dílků.



Mapování a výběr místa

Před vlastním průzkumem bezobratlých živočichů je dobré se alespoň jednou vypravit k vybranému stanovišti a zmapovat ho. V ideálním případě si vyberte místo poblíž vašeho stanoviště pro hydrologická pozorování.

Vybrané stanoviště by mělo zahrnovat 50 m délky toku nebo 50 m břehu nádrže a mělo by obsahovat co nejvíce typů habitatu obvyklých v dané části toku nebo břehu a významné prvky v toku i okolo něj.

Pro mapování využijte pracovní list Mapování a dokumentace, k definování nového stanoviště pak pracovní list Popis stanoviště.

Pokuste se identifikovat co nejvíce rozdílných habitatů – napomoci vám mohou odpovědi na otázky:

- Je voda tekoucí nebo stojatá?
- Pokud voda teče, vezměte v úvahu zda rychle nebo pomalu ve srovnání se zbytkem vašeho 50 m dlouhého stanoviště.
- Jaký substrát se nachází na dně jednotlivých habitatů stanoviště – např. balvany, valouny, oblázky, písek, bahno?
- Rostou ve vodě rostliny?
- Jsou břehy, mělčiny zarostlé vegetací?
- Které oblasti jsou erodované?
- Kde jsou v řečišti větve, kmeny, kořeny?
- Vrhá okolní vegetace na vodu stín nebo je vodní plocha osluněná?

Pokud na vašem stanovišti teče voda rychle a jsou tam kameny, určete habitat peřejí, habitat rychle tekoucí vody bez turbulencí a habitat tůň, a materiál jejich dna – balvany, valouny či štěrky. Ostatní případné habitaty v tekoucí či stojaté vodě jsou: zarostlé mělčiny u břehu, ponořená vegetace, kmeny, větve, kořeny, bahno, písek a štěrky.

Pokud je voda na vašem stanovišti hlubší než 90 cm, nebo kromě kamenitého dna zahrnuje i další habitat, věnujte při mapování zvýšenou pozornost určení všech přítomných typů vodních habitatů a odhadněte, kolik % plochy vašeho stanoviště jednotlivé typy habitatů pokrývají.



Zkoumání vodních bezobratlých živočichů

ČASOVÁ NÁROČNOST:

4–8 hodin v terénu na odběr vzorků, počítání, identifikaci a vytvoření preparátů. Potřebná doba velmi záleží na počtu druhů a množství jedinců.

Na jaře 2krát ročně – zhruba okolo doby rašení pupenů. Pokud se vypravíte na průzkum příliš brzy, většina bezobratlých bude ještě příliš malá a nezachytíte je, později zase řada jedinců žijících ve vodě v larválním stadiu dospěje a vylétne – a opět je ve vzorku nebudete mít. V našich podmínkách cca konec dubna, začátek května

Na podzim – přibližně v době, kdy začíná opadávat listí ze stromů, dříve než začnou mrazy. V našich podmínkách cca konec září, začátek října.

POMŮCKY: latexové rukavice, plastové kelímky (0,5 – 3 l), malé plastové lahvičky (epruvetky), 1 – 4 lahve s rozprašovačem nebo stříčky (1 – 2 l), plastové pipetky (s koncem o průměru asi 5 mm), několik kapátek, velké a malé pinzety, několik lahvíček s lupou či samostatně lupy, 2 – 6 bílých plastových kbelíků, bílé tácky, sítko s otvory 0,5 mm, sítko s otvory 2 – 5 mm, určovací klíče na určení bezobratlých živočichů, mapka stanoviště, čtverec

- **nepovinně:** vzorkovací mřížka, váček s kartičkami s čísly (1 – 70, příp. jiný počet odpovídající celkovému počtu čtverců mřížky), odměrný válec, 500 ml kádinka.

- **Pro stanoviště s kamenitým substrátem:** síť, hodinky nebo stopky, plachta bílé látky (cca 110 x 110 cm)
- **Pro stanoviště s více odlišnými habitaty:** planktonky, lopatky

POSTUP: Studenti na stanovišti uvedeným způsobem odeberou reprezentativní vzorky žijících bezobratlých živočichů, tyto živočichy roztřídí, s pomocí určovacího klíče určí nalezené druhy a spočítají všechny jedince každého druhu. Pokud nelze rozlišit do úrovně druhu, postačí některá vyšší kategorie (rod, čeleď). Podrobné postupy viz pracovní list.

Odběr vzorků – Stanoviště s kamenitým substrátem

Tekoucí voda mělčí než 90 cm a kamenité dno. Vzorky budete odebírat na 3 vybraných místech stanoviště, vždy 1 x 1 m dna. Přednostně v pořadí:

- 3 různé peřeje
- 2 peřeje a 1 místo s rychle tekoucí vodou.
- 1 peřej a 2 místa s rychle tekoucí vodou.

V případě, že nelze odebírat vzorky na 3 různých místech s rychle tekoucí vodou či v peřejích (např. z bezpečnostních důvodů), můžete odebrat vzorek i v tůni s kamenitým dnem.

Odběr vzorků – Stanoviště s více odlišnými habitaty

Voda hlubší než 90 cm nebo se na stanovišti nalézá více různých habitatů. Vzorky budete odebírat na 20 místech, v různých habitatech. Počet vzorků pro každý zkoumaný habitat by měl proporcionálně odpovídat podílu tohoto typu habitatu na ploše zkoumaného stanoviště ve vybraném 50 m úseku toku či břehu.

Roztřídění, určení a počítání bezobratlých živočichů

- Pokud se vaše stanoviště nachází v blízkosti školy, je dobré vzorky z terénu přenést a třídít, určovat a počítat ve třídě a ihned po vyhodnocení živočichy vrátit zpět do toku či nádrže. V ostatních případech je třeba si zřídit základnu na vhodném rovnějším místě v blízkosti stanoviště. Pokud je to možné, doporučujeme dopravit na základnu skládací stůl a židle, nebo alespoň pevné podložky, na které je možné bezpečně umístit kelímky, lahvičky apod.
- Neodebírejte vzorky z habitatů, které nejsou bezpečně dostupné. Vyhodnoťte jen bezpečně dostupné habitaty a do poznámek uveďte, jaká část a typy habitatů nemohla být změřena.
- Během měření by pokud možno nemělo dojít k poškození ani usmrcení živočichů. Při přelévání vody s živočichy přes síto nebo do kbelíku lijte vodu pomalu a jemně. Počítejte pouze bezobratlé, ulovené malé rybky či pulce ihned vraťte zpět do vody.
- Počítejte pouze živé celé jedince – u mlžů sledujte, zda mají ještě měkké tkáně, u plžů se podívejte, je-li ulita pevně zavřená. Pokud naleznete větší množství mrtvých jedinců, uveďte to v poznámkách.
- Pro všechny druhy (event. vyšší taxony) spočítejte všechny jedince. Pokud je jich víc než 100, můžete zapsat >100 nebo provést vzorkování na mřížce.
- Pokud máte stanoviště s více odlišnými habitaty, můžete zkombinovat vzorky ze všech habitatů a spočítat a zapsat celkový počet jedinců daného druhu na stanovišti, nebo můžete živočichy počítat odděleně pro každý habitat zvlášť. Při odděleném hodnocení studenti mohou porovnávat rozdíly ve



složení společenstev bezobratlých v jednotlivých habitatech. Prostřednictvím GLOBE webu lze odeslat data dohromady pro celé stanoviště i zvlášť pro každý typ habitatu.

- Při práci v terénu vám k zaznamenání počtu poslouží nejlépe zápisník, postačí český název druhu. K odesílání dat do GLOBE je zapotřebí znát latinský název druhu i některého vyššího taxonu. Doporučujeme dohledat latinské názvy i zařazení druhu v systému později, v klidu ve třídě. Rovněž doporučujeme na základě počtu nalezených druhů a jedinců určit biodiverzitu stanoviště (viz pracovní list).
- Po každém použití dobře vypláchněte síť a síťka, osušte je na vzduchu. Zkontrolujte, zda nejsou poškozená a případně je opravte.

Nezapomeňte si přibalit vhodné boty do vody, eventuelně i náhradní oblečení.
Doporučujeme práci rozdělit několika týmům.

TIP



Odhad biodiverzity stanoviště

Na základě zjištěných výsledků se můžete pokusit odhadnout *biodiverzitu* stanoviště (podle Shannon–Wienerova indexu BI, viz níže). Zajímavé je srovnání biodiverzity různých typů habitatu, porovnávání rozdílů mezi jarním a podzimním odběrem, mezi více různými odběrovými místy apod. Vzhledem k logaritmům obsaženým ve vzorci doporučujeme výpočet biodiverzity zadat až starším studentům.

Tyto úlohy se dají dobře využít k seminárním pracím.

TIP

Biodiverzita, rozmanitost společenstev, je daná jak bohatostí druhů, tak i množstvím jedinců každého druhu (*abundance*). Vědci přihlížejí rovněž k relativní abundanci druhů, k jejich vyrovnanosti (viz příklad).

K odhadu biodiverzity se používá více vzorců, jedním z nejběžnějších je tzv. **Shannon–Wienerův Index**. Čím je hodnota indexu nižší, tím je nižší i biodiverzita zkoumaného stanoviště.

$$BI = - \sum_{i=1}^k x_i \log_2 x_i$$

k = počet nalezených druhů (taxonů)

x_i = procentuální zastoupení druhu (taxonu) i

\log_2 = logaritmus o základu 2



PŘÍKLAD – Srovnání biodiverzity 3 toků

Ve 3 tocích byl při odběru vzorků zjištěn stejný počet jedinců, přesto se významně liší jejich biodiverzita. Nejnižší biodiverzitu má pochopitelně Potok 1 s nejmenším počtem nalezených druhů, dále je zřejmé, že ačkoliv mají Potok 2 a Potok 3 stejný počet zastoupených druhů a stejný celkový počet jedinců, jejich relativní *abundance* je různá a potok 2 má vyšší biodiverzitu.

Potok 1	Potok 2	Potok 3
50 ploštěnek ($x=0,5$, $\log_2 x = -1$)	25 ploštěnek ($x=0,25$, $\log_2 x = -2$)	45 ploštěnek ($x=0,45$, $\log_2 x = -1,15$)
50 pijavic ($x=0,5$, $\log_2 x = -1$)	25 pijavic ($x=0,25$, $\log_2 x = -2$)	50 pijavic ($x=0,5$, $\log_2 x = -1$)
	25 larev vážky ($x=0,25$, $\log_2 x = -2$)	2 larvy vážky ($x=0,02$, $\log_2 x = -5,64$)
	15 larev jepice ($x=0,15$, $\log_2 x = -2,74$)	2 larvy jepice ($x=0,02$, $\log_2 x = -5,64$)
	10 larev chrostíka ($x=0,1$, $\log_2 x = -3,32$)	1 larva chrostíka ($x=0,01$, $\log_2 x = -6,64$)
<hr/>	<hr/>	<hr/>
100	100	100
 BI = - (-0,5 - 0,5) = 1	 BI = - (-0,5 - 0,5 - 0,5 - 0,41 - 0,33) = 2,24	 BI = - (-0,52 - 0,5 - 0,11 - 0,11 - 0,07) = 1,31



- abundance** – početnost jedinců jednoho druhu organismu na určité ploše nebo v objemu (např. vody). Zjišťuje se sčítáním nebo odhadem.
- alkalinita** – míra pufrací kapacity vody. Je v přímém vztahu ke koncentraci hydrogenuhličitanů, popř. dalších látek schopných neutralizovat silné kyseliny. Vyšší hodnota alkalinity vypovídá o zvýšené pufrací schopnosti vody. Nejvyšší alkalinity dosahují vody v oblastech s vápencovým podkladem.
- biodiverzita** – udává druhovou bohatost organismů, žijících na určitém stanovišti, popř. v určité oblasti. Často se odhaduje z údajů o jednotlivých druzích, ale může být rovněž spočítána v širších kategoriích jako např. počet různých druhů členovců. Ekosystémy s vysokou diverzitou zpravidla představují nejvhodnější životní podmínky pro organismy. Naopak pro ekosystémy s nízkou diverzitou jsou typické extrémní životní podmínky, dané buď charakterem stanoviště (horké prameny, pouště, alpské hole) nebo vlivem činnosti člověka (pole a jiné umělé ekosystémy, extrémně znečištěné vodní toky a nádrže).
- elektrolytická disociace vody** – rozpad iontových látek na jednotlivé ionty.
- eutrofizace** – proces obohacování vod o živiny, zejména dusík a fosfor. Rozlišujeme přirozenou eutrofizaci, jejímž hlavním zdrojem je výplach těchto živin z půdy a rozklad mrtvých organismů a nepřirozenou, způsobenou lidskou činností (vypouštění odpadních vod, hnojení polí).
- habitat** – prostor, který zahrnuje všechno, co organismy potřebují k životu a růstu – potravní zdroje, fyzikální či chemické charakteristiky prostředí, stejně jako např. materiál na stavbu hnízd k ochraně jejich mláďat.
- konduktivita** – měrná elektrolytická vodivost, je hodnota, která popisuje schopnost vody vést elektrický proud, informuje o celkovém množství rozpuštěných solí ve vodě.
- pH** – číslo, které vyjadřuje koncentraci vodíkových iontů ve vodě nebo v roztocích. V neutrálním prostředí je koncentrace vodíkových (H^+ nebo přesněji H_3O^+) iontů stejná jako koncentrace hydroxylových iontů (OH^-). Převaha vodíkových iontů způsobuje kyselost, převaha hydroxylových zásaditost. Hodnoty pH se pohybují od 0 do 14, při pH 7 je roztok neutrální.
- pH je záporná hodnota dekadického logaritmu molární koncentrace (aktivity) vodíkových iontů. To znamená, že při pH 3 je desetkrát větší koncentrace vodíkových iontů než při pH 4 a stokrát větší než při pH 5.
- ppm** – z anglického parts per milion, počet částic v milionu
- ppt** – z anglického parts per bilion, počet částic v bilionu
- proudění laminární** – proudění kapaliny, při kterém jsou proudnice rovnoběžné a nemísí se. Částice kapaliny se pohybují vedle sebe jakoby ve vrstvách – „destičkách“ (destička = lat. lamina), které se vzájemně nepromíchávají. Laminární proudění je tedy proudění kapaliny s vnitřním třením. Toto proudění je typické pro pomalu proudící vodní toky.



- proudění turbulentní** – proudění kapaliny, při kterém se proudnice navzájem promíchávají. Částice kapaliny vykonávají při proudění kromě posouvání i složitý vlastní pohyb, který vede ke vzniku vírů (bouřit = lat. turbo). Rychlosti jednotlivých částic kapaliny se nepravidelně mění, částice již nemají ve všech místech neměnnou rychlost, proudění není stacionární. Turbulentní proudění je charakteristické pro horské potoky a bystřiny.
- pufr** – roztok, který je schopný udržovat v jistém rozmezí stabilní pH i po přidání silné kyseliny či zásady. Pufry jsou obvykle směsi slabých kyselin a jejich solí, nebo směsi slabých bazí a jejich solí. Pufry se používají při kalibraci např. pH – metrů, konduktometrů.
- saturation** – nasycení, látka je v roztoku v takové koncentraci, že se po dalším přidání již látka za dané teploty nerozpouští
- taxony** – jakékoliv pojmenované systematické jednotky, které biologové používají při třídění organismů do skupin dle jejich příbuznosti (např. druh, řád).
- transpirace** – odpařování vody z rostlinného povrchu

Slovníček Aj / Čj

approximate	– přibližný	limestone	– vápenec
average	– průměr	log	– kmen
bank	– břeh	longitude	– zeměpisná délka
bay	– zátoka, záliv	mud	– bahno
boat	– loď	net	– síť
bottom	– dno	outlet	– výpust, odtok
bridge	– most	oxygen	– kyslík
check	– vybrat, označ	phylum	– kmen (taxonomická jednotka)
class	– třída	pier	– molo
clear	– jasno	pond	– rybník
cloud	– mrak	pool	– tůň
conductivity	– vodivost	probe	– sonda
concrete	– beton	reservoir	– nádrž
depth	– hloubka	riffle	– peřej
dissolve	– rozpustit	river	– řeka
ditch	– příkop, stoka	rock	– skála
dry	– suchý	roughly	– přibližně
estimate	– odhad	sample	– vzorek
elevation	– výška	sand	– písek
estuary	– ústí řeky	sieve	– sítko
family	– čeleď (taxonomická jednotka)	site	– místo, stanoviště
flood	– povodeň	soil	– půda
fresh water	– sladká voda	species	– druh (taxonomická jednotka)
frozen	– zamrzlý	stream	– potok, proud
genus	– rod (taxonomická jednotka)	temperature	– teplota
granite	– žula	transparency	– průhlednost
gravel	– štěrk	unreachable	– nedosažitelný
inlet	– přítok	volcanic	– sopečný
lake	– jezero	width	– šířka
latitude	– zeměpisná šířka		

Použitá a doporučená literatura:

Bergstedt Ch. a kol. (2005): Člověk a příroda, Učebnice pro integrovanou výuku, Voda, Nakladatelství Fraus, Plzeň
 Smolíková K. a kol. (2003): Živá voda pro obec, Metodika a Pracovní listy, odborná část, Sdružení Tereza, Praha
 Lellák J., Kubíček F. (1991): Hydrobiologie, vydala Univerzita Karlova, Karolinum, Praha

Doporučené a použité webové stránky:

<http://www.globe-europe.org/eLSEE/>

<http://www.aquar.cz>

<http://hydro.chmi.cz/>

<http://meteorologie.kvalitne.cz/hydrologie/>



