

GYMNÁZIUM JANA OPLETALA  
LITOVEL

Odborná práce přírodovědného kroužku

**Člověk a příroda *versus* Příroda a člověk**

**Název práce: Voda a půda jako složky  
životního prostředí**

**(podtéma: Chemie životního prostředí)**

*Vypracovali:*

Eva Podivínská, Barbora Řeháková,  
Matěj Vymazal, Roman Gottfried,  
Kamila Sittová, Jana Andrášková,  
Aneta Čulíková, Michaela Nováková,  
Petra Hrachovinová

*Pod vedením:*

Ing. Jaroslavy Englišové

**za podpory: grantu STM Morava MŠMT NPV II 2E06029**

**Litovel 2007/2008**

# 1. Obsah

## 1. Obsah

## 2. Literární přehled tématu

- Životní prostředí a jeho složky
- Voda - výskyt, význam, charakteristiky, fyzikální vlastnosti
- Druhy vod podle použití, vody minerální
- Tvrdost vody

## 3. Experimentální část

- Fyzikální vlastnosti vody - chemická čistota látky, rozpustnost látek, mísitelnost kapalin, vodivost vody
- Kvalitativní analýza povrchové vody - měření teploty, pH, zjišťování barvy, orientační zjišťování tvrdosti vody a důkazy vybraných iontů ve vodě
- Kvantitativní analýza vody a metody stanovení: tvrdost vody pomocí chelatometrie, obsah chloridů pomocí argentometrie (Mohrova metoda) a obsah organických látek (chemická spotřeba kyslíku) pomocí manganometrie (Kubelova metoda)
- Stanovení celkové tvrdosti vody v různých vzorcích vod
- Stanovení chloridů
- Stanovení organických látek ve vodě
- Rozbor půdy - orientační zjišťování pH, vybraných iontů, stanovení fenolů ve vzorku půdy
- Fotometrické stanovení fosfátů v půdách

## 4. Shrnutí dosažených výsledků

## 5. Použitá literatura a odkazy

**Příloha A. Protokol o činnosti chemického kroužku GJO Litovel 2007/2008**

**Příloha B. Výběr fotografií z činnosti chemického kroužku**

## 2. Literární přehled tématu

**Životní prostředí** je podle definice Ministerstva životního prostředí České republiky „systém složený z přírodních, umělých a sociálních složek materiálního světa, jež jsou nebo mohou být s uvažovaným objektem ve stálé interakci. Je to vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů, včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Složkami je především ovzduší, voda, horniny, půda, organismy, ekosystémy a energie.“

Jiná definice uvádí, že životní prostředí je „soubor všech činitelů, se kterými přijde do styku živý subjekt a podmínek, kterými je obklopen. Tedy vše, na co subjekt přímo i nepřímo působí. Subjektem může být chápán organismus, populace, člověk i celá lidská společnost. Většinou se pojem životní prostředí chápe ve smyslu životní prostředí člověka.“

Složky životního prostředí tedy mohou být neživé (anorganické) složky - voda (hydrosféra), půda (pedosféra), ovzduší (atmosféra), horniny (litosféra) a živé (organické) složky - organismy (biosféra). Studium vztahu organismů a životního prostředí obecně se zabývá ekologie, případně environmentalistika. Složky životního prostředí (ovzduší, voda a půda) se znečišťují odpadními látkami z různých chemických a jiných výroby. Stupeň znečištění se stále sleduje analytickými rozbory, aby se určila kvalita vody i případná odchylka od stanovených norem výskytu jednotlivých škodlivin a jejich koncentrace. Stanovení znečištění složek životního prostředí je náročné, protože se často jedná o velmi malá, stopová množství škodlivin. Analytické rozbory proto musí být velmi citlivé, selektivní, ale i jednoduché a použitelné v terénu. Důležitý je i způsob odběru vzorku. Vzorek má svým složením představovat průměrné složení zkoumané látky.

V naší práci jsme se zaměřili především na vodu, jako základní podmínku života na Zemi. Zkoumali jsme její vlastnosti fyzikální i chemické, prováděli jsme analýzu různých druhů vod, jak vody pitné, tak vody odebrané z přírody (povrchové). U vzorků půdy odebrané v terénu jsme zkoumali fyzikální vlastnosti a dokazovali látky a ionty přítomné v půdním výluhu.

**Voda** H<sub>2</sub>O (systematicky oxidan) je chemická sloučenina vodíku a kyslíku. Spolu se vzduchem resp. atmosférou tvoří základní podmínky pro existenci života na Zemi. Za normální teploty a tlaku je to bezbarvá, čirá kapalina bez zápachu, v silnější vrstvě namodralá. Rozšířením vody na Zemi a jejím pohybem se zabývá hydrologie. V přírodě se voda vyskytuje ve třech skupenstvích: v pevném – sníh a led, v kapalném – voda a v plynném – vodní pára. Výskyt vody na naší planetě je mnohem vyšší než na ostatních planetách sluneční soustavy. Země je z převážné části pokryta vodou, zemský povrch s obsahem vody v kapalném skupenství nazýváme hydrosféra, je to 71% povrchu Země. Celkové množství vody na Zemi se odhaduje na cca 1,5 · 10<sup>18</sup> t.

Zdálo by se, že to je obrovské množství. Z tohoto množství tvoří slaná voda v mořích a oceánech vysoký podíl - 97,5% celého vodstva na naší planetě. Slaná voda obsahuje průměrně 35 g solí v jednom litru (3,5 hm.%). Z toho 77,8% chloridu sodného (NaCl), 10,9% chloridu hořečnatého a další soli jako je síran hořečnatý, síran vápenatý, síran draselný a jiné. Nejvíce se vyskytující slaná voda není vhodná k pití. Pouze zbytek (2,5%) tvoří "sladká" voda, která se vyskytuje jak na povrchu Země (povrchová voda), tak pod povrchem (podzemní voda). Nejvíce této sladké vody (4/5) je v ledovcích v polárních oblastech (69%) a pod zemí 1/5 - podzemní voda (30%). Z toho plyne, že jen necelé procento (0,014%) tvoří voda povrchová v jezerech, řekách, atmosféře a biotopu (srážky).

Proto je mylné se domnívat, že Země, která sice připomíná z pohledu vesmíru modrou planetu, má dost vody pro všechny obyvatele na ní žijící. Voda se stává čím dál více drahou surovinou, má vysokou ekonomickou i ekologickou hodnotu. V dnešní době si mnohdy neuvědomujeme fakt, že miliarda lidí na Zemi nemá přístup k pitné vodě, pětina lidstva ani nemá nezávadnou vodu na mytí (což má vliv na výskyt nemocí způsobených špatnou hygienou hlavně u dětí). Zásoby sladké vody na Zemi se zmenšují a lze předpokládat, že spotřeba vody bude v následujících letech stoupat. Značná část znečištění vody a půdy pochází ze zemědělství a průmyslu. Chemické znečištění vody nelze převařením odstranit. Bakteriologické znečištění odstraníme povařením aspoň 5 minut. (Viry se usmrtí až po 30 minutách.) Požadavky na jakost vody pro koupání ve volné přírodě upravuje vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 464/2000 Sb.

Koloběh vody na kontinentech začíná srážkami. Jakmile dopadnou z mraků na povrch, mohou putovat třemi cestami: zpravidla víc než 50 % (někdy i 100 %) se znovu vypaří, méně než 30%, většinou 10 % - 20 %, steče do potoků, řek a nakonec do moře, 10 % a méně (ale také nic) se může vsáknout. Dlouhodobá sucha nebo oblasti s naprosto žádnými srážkami způsobují lidem velké těžkosti v zásobování vodou.

Význam vody je pro lidstvo značný, když si uvědomíme, že život pochází z vody. Lidské tělo obsahuje zhruba 70% vody a ztráta již 12% je smrtelná. Dospělý a zdravý člověk má ve svém těle zhruba 58 - 66% vody, novorozenec asi 75%, starší člověk kolem 50%. Voda ale není v lidském těle rozložena rovnoměrně. Různé orgány se svým obsahem vody značně liší. Voda je rozpouštědlo, ve kterém probíhají všechny biochemické děje v organismu. Voda je základní podmínkou zemědělské i průmyslové výroby (chemický průmysl), zdrojem obživy (rybolov) a rekreace. Voda je také využívána v dopravě, má vliv na podnebí a ráz krajiny.

Voda má mimořádné fyzikální vlastnosti, které jsou důsledkem struktury její molekuly. V molekule vody je atom kyslíku vázán s dvěma vodíkovými atomy polární kovalentní vazbou. Molekula vody je lomená s vazebným úhlem přibližně 105° a polarita vazeb vodík - kyslík způsobuje polaritu celé molekuly. Záporný pól je dán polaritou vazby OH, kladný pól je tvořen atomy vodíku. Voda je polární látka a polární rozpouštědlo, ve kterém se dobře rozpouští polární

látky (amoniak, chlorovodík) a iontové látky (soli). Jednotlivé molekuly existují pouze v plynném skupenství. V kapalném a pevném skupenství (led) jsou molekuly vody poutány k sobě slabými vazebnými silami (vodíkové můstky), což má vliv na vysoký bod varu vody ve srovnání s jinými molekulami, např. H<sub>2</sub>S. Proto je voda na Zemi převážně v tekutém stavu. Z dalších anomálií vody je to fakt, že největší hustotu nemá led, ale voda tekutá (4°C), která se hromadí na dně oceánu a vodních nádrží, což má význam pro vodní organismy. Voda má vysokou tepelnou kapacitu, která se využívá pro transport tepla.

V tabulce jsou uvedeny některé důležité charakteristiky vody:

Voda	
Sumární vzorec	H <sub>2</sub> O
Molární hmotnost	18,175 905 g/mol
Teplota tání	0 °C
Teplota varu	100 °C
Kritická teplota	374 °C
Kritický tlak	22,14 MPa
Hustota	0,99997g/cm <sup>3</sup> (3,98 °C)
Disociační konstanta pK	14,0

Destilovaná voda je na rozdíl od vody jako chemické sloučeniny elektricky nevodivá, vodivost způsobují rozpuštěné soli a minerální látky. Nečistoty ve vodě (příměsi) ovlivňují body varu a tuhnutí. (Každá voda kromě destilované není chemicky čistá látka). Nečistoty snižují bod tuhnutí (soli) a zvyšují bod varu. Voda jako kapalina se skládá z molekul, které jsou v neustálém pohybu a působí na sebe přitažlivými nebo odpuzivými silami. Proto má kapalná voda některé vlastnosti pevné látky (zachování objemu) a některé vlastnosti plynů (tekutost). Kapalina si zachovává svůj objem i při stlačování a vždy zaujme tvar podle tvaru nádoby. Voda má poměrně malou viskozitu, proto voda teče mnohem rychleji než olej a také tvoří menší kapky na rozdíl od oleje. V horní vrstvě kapaliny vzniká povrchové napětí, které způsobuje, že se povrch kapaliny chová jako pružná blána, která se snaží dát kapce tvar s co nejmenším objemem - tím je koule. Množství kyslíku rozpuštěného ve vodě nepřesahuje maximální koncentraci 14 mg kyslíku na litr vody při teplotě 4 °C, s rostoucí teplotou pak množství kyslíku klesá, a tak voda o teplotě například 20 °C obsahuje pouze 9 mg kyslíku na litr.

Vodu dělíme podle různých hledisek. Podle svých vlastností voda může být měkká, s malým obsahem minerálních látek, nebo tvrdá (z podzemních pramenů), která obsahuje více minerálních látek, popřípadě minerální voda s vyšším obsahem solí, která může mít i léčivé účinky. Destilovaná voda neobsahuje žádné příměsi a používá se v chemické laboratoři. Deionizovaná voda je zbavena minerálních látek. Mořská voda (slaná) obsahuje až 35 gramů solí v jednom litru. Různá moře mají ale různý obsah solí.

Podle použití se rozlišuje voda:

- užitková - v průmyslu a potravinářství (sníží se tvrdost vody, bez  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Mn}^{2+}$  iontů)
- pitná - ke každodennímu použití, zbavená nečistot, musí být velmi kvalitní a desinfikovaná (chlórem, ozónem, ozařováním UV zářením)
- napájecí - nesmí být "tvrdá" (bez minerálních látek, aby se nezanášelo potrubí kotelním kamenem)
- odpadní - voda použitá z provozů a domácností, musí být upravována (v čističkách)
- těžká voda - voda vyrobená z těžkých atomů vodíku - deutéria, v přírodě se nachází zcela běžně ve směsi s normální vodou v nízké koncentraci, těžká voda sloužila ke konstrukci prvních atomových reaktorů

### **Minerální vody**

Člověk potřebuje ke správnému fungování těla vyvážený přísun minerálů. Proto jsou k dlouhodobější spotřebě vhodnější minerální vody s vyrovnanou hladinou minerálů. Udává se, že těmto požadavkům vyhovuje zejména voda Mattoni, která má příznivý obsah sodíku, vápníku a hořčíku a hodí se pro sport i během dne v zaměstnání. Voda Magnesia s vyšším obsahem hořčíku je doporučena pro ženy a lidi s vyšším krevním tlakem. Pravidelné pití minerálek se nedoporučuje lidem s nemocnými ledvinami a vysokým krevním tlakem. Výrobce minerálek uvádí na etiketách minimální množství minerálů, které daná voda obsahuje. Rozborem bylo zjištěno, že tato množství jsou u některých minerálek několikanásobně překročena. Minerály patří mezi stopové prvky, tzn. že je potřebujeme jen v malém množství. Je vhodné pít minerálky omezeně a nepít jen jeden druh vody, ale střídat je, protože každá minerálka obsahuje jiné množství minerálů. Doporučuje se doplňovat pitný režim jinými nápoji během dne, hlavně čajem a ovocnými šťávami. Omezit se má pít sladkých nápojů hlavně u dětí.

## Tvrdost vody

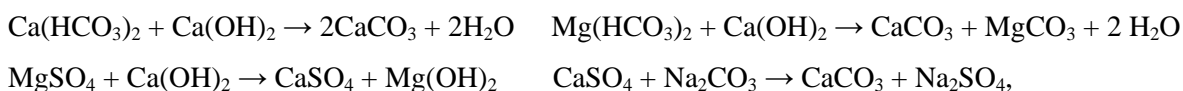
každá voda s výjimkou destilované a demineralizované obsahuje menší nebo větší množství vápenatých a hořečnatých solí (především hydrogenuhličitanů, síranů, případně dusičnanů a chloridů), které se ve vodě rozpadají na ionty. Právě kationty vápenaté a hořečnaté jsou příčinou tvrdosti vody. Pojem "tvrdost vody" je v podstatě nesprávný, ale je velmi rozšířený, pravděpodobně vznikl v souvislosti s vlastnostmi tvrdé vody. Tvrdá voda je nevhodná pro praní a mytí (špatně pění mýdlo, vznikají sraženiny), vzniká vodní kámen (uhličitan vápenatý), který zanáší potrubí, kotle, varné konvice atd.

Jako celková tvrdost vody se udává celková koncentrace kationtů vápníku a hořčíku ve vodě (v mmolech na litr nebo ve stupních tvrdosti např. německých). Definice tvrdosti vody je však nejednotná, někdy se tak označuje koncentrace kationtů vápenatých, hořečnatých, nebo všech kationtů s nábojem větším než jedna. Vzhledem k této nejednotnosti se moderní hydrochemie termínu tvrdost vody snaží vyhýbat. V praxi mnoha oborů, například akvaristiky, se však pojem tvrdost vody stále často užívá.

Celkovou tvrdost můžeme rozdělit na přechodnou, tj. uhličitanovou a na stálou. Přechodnou (karbonátovou) tvrdost vody způsobují rozpustné hydrogenuhličitanové a to především hydrogenuhličitan vápenatý  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  a hydrogenuhličitan hořečnatý  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ; tuto tvrdost vody lze odstranit převařením – dekarbonizací, probíhá jejich vysrážení na tzv. vodní kámen:



Vařením se však nezbavíme tvrdosti trvalé (nekarbonátové), za kterou jsou odpovědné především sírany, a to síran vápenatý  $\text{CaSO}_4$  a síran hořečnatý  $\text{MgSO}_4$ . K jejich odstranění používáme srážení působením hydroxidu vápenatého  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  a uhličitanu sodného  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (sody), např. změkčování vody na praní.



čímž se rozpustné hydrogenuhličitanové a sírany převedou na méně rozpustné uhličitanové, a to uhličitan vápenatý a uhličitan hořečnatý, resp. hydroxid hořečnatý. Hodnotu tvrdosti vody uvádíme v mmol/l nebo tzv. německých stupních tvrdosti (dGH).

Současná česká norma stanovuje tvrdost vody podle koncentrace Ca a Mg (mmol/l). Mezi uvedenými jednotkami je možno přibližně převádět podle vztahu  $1 \text{ mmol/l} = 5,61^\circ\text{dGH}$ . Z celkové tvrdosti vody jsou odvozeny tyto údaje: tvrdost od 1 do  $8^\circ$  značí vodu měkkou, z toho do  $4^\circ\text{N}$  jde o vodu velmi měkkou.  $8\text{--}15^\circ$  značí střední tvrdost,  $15\text{--}25^\circ$  značí vodu tvrdou a přes  $25^\circ$  velmi tvrdou.

## 3. Experimentální část

### 3.1. Fyzikální vlastnosti vody

#### 3.1.1. Chemická čistota látky

žádné dvě látky nemají stejné teploty tání a varu zároveň. Můžeme tedy určení jejich teploty tání a varu využít ke kvalitativnímu stanovení látky. Body tání a varu se mění přidáním i nepatrného množství příměsí (nečistoty). Z toho plyne, že pokud víme, o jakou látku jde, můžeme podle případné změny teploty varu (a tání) soudit, je-li daná látka chemicky čistá. Nečistoty snižují teplotu tání a zvyšují teplotu varu látky. Čím více nečistot látka obsahuje, tím více se změní  $t_t$  a  $t_v$ .

#### Zjištění teploty varu vody

Pomůcky: kádinky se vzorky vod, kahan, rtuťový teploměr

**Úkol: Ověřte si teplotu varu u pitné vody (z vodovodu nebo balené), "mořské vody" (slané) a destilované. Při jaké teplotě voda vaří?**

Postup: připravíme si různé vzorky vody (destilovaná, vodovodní, slaná aj.) a označíme si je. Přivedeme je k varu a (po nějaké době) teploměrem změříme jejich teplotu. Porovnáním naměřených hodnot určíme, který vzorek vody je chemicky nejčistší, aniž bychom museli provádět složitou analýzu.

**Pozorování:** teploměrem jsme zjistili, že teplota varu destilované vody je  $100^\circ\text{C}$ , voda vodovodní má vyšší bod varu, asi  $102^\circ\text{C}$ , mořská voda má nejvyšší bod varu  $105^\circ\text{C}$ .

#### Jak poznáme "čistou vodu"?

Pitná voda z vodovodu nebo balená stolní voda není chemicky čistou látkou, pouze voda destilovaná neobsahuje žádné příměsi. O tom se přesvědčíme následujícím pokusem:

#### Jednoduché rozlišení špinavé vody od čisté

Pomůcky: kádinky se vzorky vod

Postup: připravíme si vzorky vody pitné a odpadní, vody z potoka, rybníka, kaluže apod., opět si je označíme a ke každému přidáme roztok manganistanu draselného (oxidační činidlo). Je-li voda čistá, měl by roztok zůstat růžový, špinavá voda jej odbarví. To lze vysvětlit tím, že organické látky, které obsahuje stojatá voda (např. z kaluže) redukuje manganistan draselný a ten se odbarví.

**Pozorování:** voda destilovaná ani voda vodovodní neodbarvila růžový roztok  $\text{KMnO}_4$ , voda špinavá (z rybníka) odbarvila mírně roztok  $\text{KMnO}_4$ .



### 3.1.2. Rozpustnost látek ve vodě, mísitelnost kapalin

**Pomůcky:** sada zkumavek, kapátko, 1 kalibrovaná zkumavka, Petriho miska, 250 ml kádinka, kancelářská svorka na papír, skleněné tyčinky

**Chemikálie:** 13 ml etanolu, 1 ml benzínu, 4 ml oleje, 6 ml jodové vody, 2 ml cyklohexanu, 7 ml obarvené vody, malá množství NaCl (s), fruktózy (s), bezvodého CuSO<sub>4</sub> (s), několik kapek acetonu, octa, mléka, ovocné šťávy.

#### Povrchové napětí vody

Opatrně položíme kovovou svorku na papíry nebo jehlu na hladinu vody v kádince. Tyto drobné předměty plavou na hladině, ačkoli je jejich hustota vyšší než hustota vody. Pak opatrně přikápneme do blízkosti plovoucího předmětu několik kapek etanolu nebo Jaru.

**Pozorování:** plovoucí předmět po chvíli klesá ke dnu. Etanol snížil povrchové napětí vody.

#### Rozpustnost látek ve vodě

Čtyři zkumavky označíme písmeny A,B,C,D. Do zkumavky A a B nasypeme několik zrnek kuchyňské soli (NaCl), do zkumavek C a D trochu ovocného cukru (fruktózy). Do zkumavky A a C pak nalijeme asi 5 ml etanolu, do zkumavek B a D asi 5 ml vody a obsah všech zkumavek dobře promícháme. Porovnáme výsledky.

**Pozorování:** sůl (NaCl) je nerozpustná v etanolu, fruktóza (cukr ovocný) je v něm velmi dobře rozpustná. Obě látky jsou dobře rozpustné ve vodě.

#### Hustota kapalin

Vezměme si tři zkumavky. Do první nalijeme asi 1 ml benzínu a 1 ml etanolu. Do druhé 1 ml oleje a 1 ml vody a do třetí 1 ml etanolu a 1 ml oleje. Na základě svých pozorování seřadíme tyto čtyři kapaliny podle jejich rostoucí hustoty: benzín - etanol - olej - voda.

**Pozorování:** 1. zkumavka - benzín je lehčí než etanol, 2. zkumavka - olej je lehčí než voda, 3. zkumavka - etanol je lehčí než olej. Seřadíme kapaliny od nejlehčí po nejtěžší (s největší hustotou): benzín, etanol, olej, voda.

#### Mísitelnost kapalin

Do kalibrované zkumavky opatrně nalijeme: nejprve 7 ml obarvené vody, pak 2 ml oleje a nakonec 1 ml etanolu. Všechny tři vrstvy jsou oddělené a dobře viditelné. Pak obsah zkumavky důkladně promícháme a necháme stát. Pozorujeme.

**Pozorování:** po ustálení hladiny oleje zkumavka vypadá jinak - vidíme pouze dvě oddělené (nemísitelné) vrstvy kapaliny. Objem obarvené vody je o něco větší, protože se etanol rozpustil ve vodě.

### **Rozpustnost jodu v různých rozpouštědlech**

Do zkumavky nalijeme 6 ml vodného roztoku jódu a opatrně přidáme 2 ml cyklohexanu tak, aby se kapaliny nesmíchaly. Pozorujeme a uděláme si barevný nákres. Potom důkladně promícháme tyčinkou a necháme v klidu stát.

#### **Pozorování:**

Po promíchání horní bezbarvá vrstva cyklohexanu zfialoví, zatímco původní spodní vrstva (žlutě zbarvený roztok jódu ve vodě) se odbarvil, neboť jod se extrahoval v cyklohexanu. Dokázali jsme, že jod jako látka nepolární se lépe rozpouští v nepolárním rozpouštědle (cyklohexan) než v polárním (voda). Tato vlastnost látek se využívá při dělení nebo čištění směsí.

### **Důkaz vody v látkách**

Na Petriho misku si rozdělíme trochu bezvodého  $\text{CuSO}_4$  do šesti oddělených hromádek. Na jednotlivé hromádky nanese kapátkem jednu z následujících látek: kapku oleje, acetonu, vody, octa, pomerančové šťávy a mléka. Zaznamenáme pozorování.

Pozorujeme, že z bílého bezvodého síranu měďnatého vznikl modrý pentahydrát, tuto reakci využíváme k důkazu přítomnosti vody. Ocet, šťáva a mléko obsahují také vodu, neboť tato voda váže síran měďnatý za vzniku modrého pentahydrátu síranu měďnatého.

### **Měření vodivosti vzorků vody**

V každé vodě s výjimkou destilované jsou rozpuštěné různé látky a příměsi. Látky, zvláště kovy a roztoky solí (elektrolyty) velmi dobře vedou elektřinu. Jiné látky jsou naopak dobrými elektrickými izolátory (sklo, plasty, dřevo). Při zjišťování, zda látka vede nebo nevede elektrický proud, musí být součástí elektrického obvodu. Anorganické látky, např. soli, zvyšují vodivost vody. Pomocí jednoduchého pokusu se přesvědčíme o tom, že voda je vodivá, tedy vede elektrický proud.

**Pomůcky:** baterie nebo transformátor (zdroj napětí), vodiče se svorkami, malá žárovka, uhlíkové elektrody, kádinky a různé vzorky vod (destilovaná, pitná, slaná...)

**Postup:** sestavíme elektrický obvod, ve kterém propojíme pomocí vodičů zdroj s malou žárovkou přes kádinku s vodou. Elektrody vložíme do kádinky s vodou. Porovnáme vedení elektrického proudu v jednotlivých kádinkách. Pokud bude žárovka svítit, znamená to, že voda je vodivá.

Pozorujeme, že v kádince s destilovanou vodou žárovka nesvítí, v pitné vodě z vodovodu pitná svítí slabě a ve vodě s vyšším obsahem soli (minerální voda nebo mořská) svítí silně.

**Závěr:** Čím více solí voda obsahuje, tím je vyšší vodivost. Ověřili jsme si, jak můžeme pomocí vodivosti dokázat vyšší obsah soli ve vodě.

### 3.2. Kvalitativní analýza povrchové vody

pomocí různých činidel dokazujeme, jaké látky (ionty) jsou přítomny v analyzovaném vzorku. Jedná se rozbor fyzikálních vlastností a orientační zjišťování vybraných iontů přítomných ve vodě.

#### Měření teploty

**Pomůcky:** čerstvě odebraný vzorek vody, teploměr (0°C až 100°)

Teplota vody se měří při odběru vzorku ponořením teploměru pod hladinu. Teplota povrchové vody kolísá nejen během roku, ale i během dne a v závislosti na možnostech pohybu vody. Různou teplotu naměříme ve stojatých a proudících vodách, povrchových a podzemních vodách, vodách pitných a vodách odpadních.

**Rozlišení vody podle teploty:**

studená do 25° C      vlažné 25 - 35° C      teplá 35 - 42° C      horká nad 42° C

**Výsledky:** Voda odebraná z Moravy měla teplotu: 8 °C, voda z rybníka měla 7 °C.

**Závěr:** Znalost teploty povrchové vody je významná pro posouzení kyslíkových poměrů, rychlosti rozkladu organických látek a vhodnosti pro život ryb. Optimální teplota pitné vody se pohybuje mezi 8-12° C.

#### Měření pH

**Pomůcky:** čerstvě odebraný vzorek vody, zkumavka, podložní sklíčko, skleněná tyčinka, univerzální indikátorový papírek, pH metr

**Postup:** z láhve odlijeme část vzorku vody do zkumavky, ze které ponořením skleněné tyčinky odebereme jednu až dvě kapky na univerzální indikátorový papírek položený na podložním skle. Srovnáním zbarvení papírku s barevnou stupnicí získáme přibližnou hodnotu pH zkoumané vody. Univerzální pH papírky mění barvu od červené barvy v kyselém prostředí přes zelené po modré zbarvení roztoků silných zásad. U roztoků neutrálních se zjišťuje pH nepřesně. Přesněji změříme hodnotu pH pomocí pH metru.

V následující tabulce jsou uvedeny druhy roztoků podle stupnice pH:

pH	charakteristika roztoku
do 4,0	extrémně kyselý
4,1 - 4,5	silně kyselý
4,6 - 5,2	kyselý
5,3 - 6,5	slabě kyselý
6,6 - 7,4	neutrální
7,5 - 8,7	slabě zásaditý
8,8 - 9,4	zásaditý
9,5 - 9,9	silně zásaditý
nad 10,00	extrémně zásaditý

**Výsledky:** Voda odebraná z Moravy měla pH 4,8, z rybníka 7,3 a vodovodní pitná 5,5 (měřeno pH metrem).

**Závěr:** Zjištěné hodnoty pH u přírodních vod pohybující se v rozmezí 5,0 až 9,0 nepůsobí na životní prostředí vody negativně. Pitná voda by měla být upravena na hodnotu pH mezi 6,0 až 8,0 z důvodů zdravotních, chuti a současně i zabránění koroze instalace.

### Zjištění barvy, průhlednosti a zákalu

**Pomůcky:** vzorek vody, kádinky, filtrační papír, nůžky, filtrační aparatura, bílé pozadí, čtecí podložka s písmem, milimetrové měřítko.

#### Postup:

Část vzorku vody přefiltrujeme do čisté kádinky (150 cm<sup>3</sup>) a barvu stanovíme pohledem proti čtvrtce bílého papíru, která slouží jako pozadí. Výsledek vyjadřujeme slovně pojmenováním odstínu barvy a intenzity (od bezbarvé přes světlé, střední a tmavé odstíny až po černou). Žluté až žlutohnědé zbarvení vody je způsobeno jíly a rašelinou, červenohnědé sloučeninami železa, nazelenalé nebo nahnědlé zbarvení je způsobené fytoplanktonem aj. Další zbarvení může být způsobeno odpady z provozů, domácností aj.

Průhlednost pozorujeme u původního vzorku vody ve vysoké úzké kádince (1dm<sup>3</sup>), pod kterou podložíme bílou čtvrtku papíru s černým písmem vysokým 3 mm. Do kádinky pomalu doléváme promíchaný vzorek vody do té doby, až se písmena stanou nečitelnými. Změřená výška sloupce vody je měřítkem porovnání znečištění. Zákal způsobuje obsah nerozpuštěných solí nebo koloidně rozpuštěných látek, které jsou příčinou i „zdánlivé barevnosti“. Průhlednost vody je podmíněna barvou a zákalem. Zákal v povrchových vodách bývají způsobeny splachem půdy, živými organismy nebo různým anorganickým a organickým materiálem. Barvu je nutno rozlišovat na

„pravou“ - skutečnou, způsobenou rozpuštěnými látkami, od „zdánlivé“, která je způsobena barevností nerozpuštěných látek, které se odstraní filtrací. Měření průhlednosti se provádí jen u povrchových a odpadních vod a doplňuje se stanovením zákalu a barvy. Zákal vody může být „přírodní“ nebo „umělý“, způsobený činností člověka. Příčinou přírodního zákalu jsou jílové materiály, oxidy železa, manganu, řasy, plankton aj.

**Výsledky:** Voda odebraná z rybníka byla bezbarvá až světlá, s mírným zákalem.

### **Orientační rozlišení tvrdosti**

**Pomůcky:** 2 ks zkumavek (150 cm<sup>3</sup>), 2 ks zátek, kapátko, vzorek vody, destilovaná voda, odměrný válec (10 cm<sup>3</sup>), roztok mýdla v ethanolu (15 g rozstrouhaného mýdla rozpuštěného ve 250 cm<sup>3</sup> ethanolu a přefiltrovaného).

#### **Postup:**

Do jedné zkumavky odměříme objem 10 cm<sup>3</sup> destilované vody a do druhé zkumavky stejný objem vzorku vody. Potom do obou zkumavek přikápneme po 10 kapkách ethanolového mýdlového roztoku. Zkumavky uzavřeme zátkami a obě najednou v jedné ruce intenzivně protřepáme po dobu 2 minut. Poté změříme výšku pěny v jednotlivých zkumavkách a případné změny a výsledky si zapíšeme.

#### **Pozorování:**

ve zkumavce s destilovanou vodou se vytváří nejvíce pěny (4 cm), destilovaná voda neobsahuje žádné soli, způsobující tvrdost vody - v měkké vodě mýdlo dobře pění. Ve zkumavce s vodou z vodovodu je méně pěny (2 cm) a v minerálce a studniční vodě (tvrdé) vodě se pěna vůbec netvoří a mýdlo vyvločkuje.

**Závěr:** Rozlišení tvrdé a měkké vody má význam pro její použití v praxi. Měkká voda je vhodná pro praní, napájení kotlů, k přepravám v provozním potrubí a otopných systémech. Tvrdou vodu je nutné pro tyto účely upravovat.

### **Orientační zjištění stupně znečištění**

**Pomůcky:** kahan, zápalky, síťka, vzorek vody, koncentrovaná kyselina sírová, skleněné kuličky, kuželová baňka (250 cm<sup>3</sup>), dělená pipeta (5 cm<sup>3</sup>), vodný roztok manganistanu draselného (3 g KMnO<sub>4</sub> na 1 dm<sup>3</sup> destilované vody).

**Postup:**

Do kuželové baňky odměříme 100 cm<sup>3</sup> vzorku vody, přikápneme 3 kapky koncentrované kyseliny sírové a opatrně vložíme několik skleněných kuliček (příp. skleněných střípků) k zamezení utajeného varu a vystříknutí obsahu z nádoby. Potom opatrně zahříváme na síťce. Do vařícího roztoku pomalu přikapáváme z pipety tolik roztoku manganistanu draselného, dokud vzorek v baňce nezíská trvalé typické růžovofialové zbarvení. Spotřebu činidla si zapíšeme.

**Hodnocení:**

- zbarvení vytrvá už po přidání 0,1 cm<sup>3</sup> roztoku KMnO<sub>4</sub> (2 kapek) ..... čistá voda
- zbarvení nezmizí po přidání 0,5 cm<sup>3</sup> roztoku KMnO<sub>4</sub> ..... mírně znečištěná voda
- zbarvení nezmizí po přidání více než 1,0 cm<sup>3</sup> roztoku .....silně znečištěná voda

**Výsledky:** Vzorek vodovodní vody: přidáno asi 0,3 ml roztoku, jedná se o poměrně čistou vodu.

Voda odebraná z Moravy: přidáno 3,5 ml roztoku - voda je znečištěná (byla zakalená).

**Zjišťování vybraných iontů a látek**

**Pomůcky:** stojánek na zkumavky se zkumavkami, odpařovací miska, síťka, kahan, skleněná tyčinka, kapátko, odměrný váleček nebo odměrná zkumavka (10 cm<sup>3</sup>)

**Chemikálie:** 10% roztoky kyselina chlorovodíková, kyselina dusičná, chlorid barnatý, 2% dusičnan stříbrný, 2 % červená krevní sůl, rhodanid draselný.

**Postup:** Jednotlivé důkazy provádíme postupně. Pokud nejsou změny zřetelné ihned, ponecháme vzorek s činidlem třeba až do příštího dne, kdy si zapíšeme konečná zjištění.

**Důkaz síranů**

Do zkumavky nalijeme asi 10 cm<sup>3</sup> vzorku vody a přidáme asi 1 cm<sup>3</sup> kyseliny chlorovodíkové a 1 cm<sup>3</sup> roztoku chloridu barnatého.

Po přidání roztoku chloridu barnatého se vytvoří bílá sraženina síranu barnatého (pokud vzorek obsahoval hodně síranů). Podle množství obsažených síranů ve vzorku vody vzniká jemné zakalení, střední zákal, nebo dojde k vytvoření sraženiny. Pokud nedojde k zakalení, necháme vzorek i s činidlem uložený ve stojanu na zkumavky a pozorujeme až po delší době.

**Pozorování:**

V našem vzorku vody odebrané z Moravy jsme nepozorovali vznik zákalu ani bílé sraženiny. Pro srovnání jsme provedli stejnou zkoušku s minerálkou Mattoni, kde výrobce udává na etiketě určité množství síranů, ale ani tady nebyl patrný vznik žádné sraženiny po delší době.

### Důkaz chloridů

Ve vodě v bazénu, na koupališti i v pitné vodě je přítomen chlór kvůli dezinfekci. Chlór reaguje s vodou za vzniku atomárního kyslíku a kyseliny chlorovodíkové. Atomární kyslík má silné oxidační účinky, ničí mikroorganismy přítomné ve vodě. Kyselina chlorovodíková je disociována, ve vodě jsou přítomny chloridové ionty.

**Postup:** Do tří zkumavek se vzorky vody pramenité (ze studny nebo minerální), vody z vodovodu a z bazénu přidejte asi 1 ml kyseliny dusičné a několik kapek dusičnanu stříbrného.

Reakcí s dusičnanem stříbrným vzniká bílý zákal nebo až bílá sraženina chloridu stříbrného, což záleží na množství chloridů obsažených ve vzorku vody. Pokud nevzniká ani zákal, ani sraženina i po 24 hodinách působení činidla, vzorek vody neobsahuje žádné chloridy.

**Zjištění:** Ve zkumavce s destilovanou a studniční vodou se sraženina nevytvořila, v minerálce a pitné vodovodní vodě vznikal bílý zákal, tím jsme dokázali určité množství chloridů ve vodě.

### Důkaz železa

Do zkumavky nalijeme 10 cm<sup>3</sup> vzorku vody a přidáme 1 cm<sup>3</sup> kyseliny chlorovodíkové a 1 cm<sup>3</sup> červené krevní soli. Vzorek se zbarví modře, pokud obsahuje železnaté ionty. Na výsledek je nutné někdy čekat i delší dobu.

Roztok manganistanu draselného v kyselém prostředí oxiduje železnaté ionty na železité. Železité ionty reagují velmi citlivě s roztokem rhodanidu draselného (KSCN) za vzniku intenzivně červeného zbarvení.

**Postup:** Do dvou odměrných válců (50 ml) se vzorky zkoumané vody přidejte ke každému roztok kyseliny chlorovodíkové (2,5 ml) a 3 kapky roztoku manganistanu draselného. Po 10 minutách přidáme do každého válce roztok KSCN (2,5 ml) a po dalších 10 minutách pozorujeme zbarvení. Intenzita zbarvení roztoku závisí na koncentraci železitých iontů.

Zbarvení roztoku	Obsah Fe (mg.dm <sup>-3</sup> )
bezbarvý	0 - 0,1
slabě růžový	0,1 - 0,3
růžový	0,3 - 0,5
světle červený	0,5 - 1,5
červený	1,5 - 3,0

**Výsledky:** vzorky povrchové a vodovodní vody neobsahovaly větší množství železa, které bychom prokázali, zbarvení roztoku bylo bezbarvé.

### **Důkaz vápníku a sodíku**

Do odpařovací misky nalijeme asi 5 ml vzorku vody a odpaříme na síťce nad kahanem. Na získaný odparek nakapeme 3 až 5 kapek kyseliny chlorovodíkové. Po reakci provádíme důkaz v plameni, kdy do roztoku ponoříme platinový drátek a ten potom zasuneme do nesvítivé části plamene.

Šumění po nakapání kyseliny na odparek dokazuje přítomnost a následující rozklad uhličitanů. Oranžové zbarvení plamene dokazuje ionty vápníku, žluté zbarvení ionty sodíku.

**Výsledky:** u vody obsahující více soli (minerálka a mořská) jsme po odpaření vody pozorovali v odparku šumění, u vody destilované nic.

## **3.3. Kvantitativní analýza**

stanovujeme množství nebo koncentraci látky ve vzorku. Pracujeme-li s kapalnými vzorky (roztoky), jedná se o volumetrii, tento postup se nazývá titrace. Používáme odměrné roztoky o přesné koncentraci, tuto koncentraci stanovujeme na tzv. základní látku, např. koncentraci roztoku manganistanu draselného zpřesňujeme pomocí kyseliny šťavelové. Odměrný roztok naléváme do byrety, vzorek odměřujeme do titrační baňky. Konec titrace (bod ekvivalence) poznáme podle barevné změny titrovaného roztoku, k němuž na začátku přidáváme indikátor. Při práci s některými roztoky není třeba indikátor přidávat, např. při použití roztoku  $\text{KMnO}_4$ .

V průběhu titrace pohybujeme titrační baňkou, roztok přidáváme po kapkách. Spotřebu činidla si zapíšeme. Titraci opakujeme alespoň třikrát. K výpočtu použijeme průměrnou spotřebu.

### **3.3.1. Stanovení tvrdosti vody chelatometricky**

**(stanovení vápenatých a hořečnatých iontů)**

tvrdost vody je způsobena  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  ionty, vyjadřuje se v mmolech/litr, nebo ve stupních německých (1 ml Chelatonu cca 2,8 °N).

Chelatometrie používá odměrných roztoků Chelatonu (Chelaton III), během reakce vznikají komplexní sloučeniny Chelatonu s kationty  $\text{Me}^{2+}$  kovů, tzv. cheláty. Při reakci se uvolňují  $\text{H}^+$  ionty, proto k udržení konstantního pH užíváme tlumivé roztoky (pufry). Jako indikátory k určení bodu ekvivalence používáme barevné tzv. metalochromní indikátory.

Spotřebu roztoku Chelatonu použijeme k výpočtu a vypočítáme koncentraci vápenatých a hořečnatých iontů ve vzorku vody.



<b>Hodnocení:</b>	koncentrace
velmi měkká voda ....	do 0,7 mmol/l (do 3,9 °N)
mírně tvrdá .....	0,7 - 1,5 mmol/l (4,0 - 7,9 °N)
středně tvrdá .....	1,5 - 2,7 mmol/l (8,0 - 14,9 °N)
tvrdá .....	2,7 - 4,5 mmol/l (15,0 - 24,9 °N)
velmi tvrdá .....	nad 4,5 mmol/l (nad 25°N)

### **Stanovení celkové tvrdosti ve vzorku vody**

- a) povrchové - odběr z řeky Moravy  
 b) pitné vodovodní, c) pitné odebrané ze studny.

### **Stanovení $\text{Ca}^{2+}$ a $\text{Mg}^{2+}$ iontů (celková tvrdost vody)**

Pomůcky: titrační aparatura, odměrné sklo

Chemikálie: odměrný roztok Chelatonu III ( $c = 0,01 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ ), amonný pufr ( $\text{pH} = 10$ ), indikátory Eriochromová černá (EČT), Murexid, 2 M - roztok NaOH

**Postup:** Do titrační baňky odměříme válečkem 100 ml analyzované vody, přidáme 5 ml amonného pufru a špetku indikátoru EČT. Titrujeme roztokem Chelatonu III z vínové do modré barvy. Titraci opakujeme ještě dvakrát. Vypočítáme koncentraci iontů.

#### **Stanovení $\text{Ca}^{2+}$ iontů**

do titrační baňky odměříme válečkem 100 ml vody, přidáme 5 ml amonného pufru a upravíme pH na 12 (roztokem NaOH), nakonec přidáme špetku indikátoru Murexid. Titrujeme Chelatonem III z červené barvy do modrofialové.

### **Úkol: Stanovte všechny formy tvrdosti vody**

- a) celkovou tvrdost - postup viz předchozí stanovení  
 b) stálou tvrdost

Analyzovanou vodu převaříme cca 20 minut. Necháme přikrytou (hodinovým sklem) vychladnout a odfiltrujeme vzniklý vodní kámen. Opět odměříme 100 ml vzorku a opakujeme chelatometrickou titraci s převařeným vzorkem vody (celkem 3x). Vypočítáme koncentraci iontů.

- c) přechodnou tvrdost

zjistí se výpočtem: porovnáme převařený a nepřevařený vzorek. Přechodná tvrdost vody je dána rozdílem vypočítaných koncentrací iontů.

### **výpočty:**

koncentrace Chelatonu III:  $c(\text{Ch}) = 0,01 \text{ mol.dm}^{-3} = 10 \text{ mmol/dm}^3$

$c(\text{Ca,Mg}) = 10 \cdot V(\text{Ch}) / 100 = V / 10 \text{ mmol/l}$

### **výsledky:**

#### 1. voda odebraná z Moravy:

spotřeba Chelatonu na EČT:  $V = 10 \text{ ml} = 0,010 \text{ dm}^3$

$c(\text{Ch}) = 0,01 \text{ mol.dm}^{-3} = 10 \text{ mmol/dm}^3$

stanovení vápníku a hořčíku:

$c(\text{Ca,Mg}) = 10 \cdot V(\text{Ch}) / 100 = V / 10 = 1 \text{ mmol/dm}^3$

$m(\text{Ca, Mg}) = 0,01 \cdot V \cdot M(\text{Ca} + \text{Mg}) = 0,01 \cdot 0,010 \cdot 64,385 / 100 \text{ ml} = 6,438 \text{ mg} / 100 \text{ ml} = 64,38 \text{ mg /litr}$

stanovení vápníku:

spotřeba Ch. na Murexid  $V = 9 \text{ ml}$

$m(\text{Ca}) = 0,01 \cdot 0,009 \cdot 40,08 \cdot 10 = 36,072 \text{ mg /litr}$

$m(\text{Mg}) = m(\text{Ca, Mg}) - m(\text{Ca}) = 64,38 - 36,07 = 28,31 \text{ mg /litr}$

závěr: voda z Moravy je měkká voda

#### 2. voda ze studny:

spotřeba chelatonu na EČT:  $V(\text{Ch}) = 50 \text{ ml}$

$c(\text{Ca, Mg}) = 50 / 10 = 5 \text{ mmol} \dots$  voda je velmi tvrdá

$m(\text{Ca, Mg}) = 0,01 \cdot 0,050 \cdot 64,385 \cdot 10 = 321,925 \text{ mg/litr}$

#### 2. voda z vodovodu:

koncentrace Chelatonu  $c = 0,05 \text{ mol/l} = 50 \text{ mmol/l}$

$c(\text{Ca, Mg}) = 50 \cdot V / 100 = 0,5 \cdot V$

$V \dots$  průměrná spotřeba Chelatonu v ml:

voda nepřevařená 8 ml, převařená 3 ml

celková tvrdost vody:

$c(\text{Ca, Mg}) = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ mmol/l}$

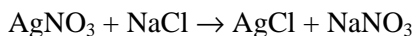
závěr: pitná voda z vodovodu je tvrdá

stálá tvrdost (převařená voda):  $c(\text{Ca, Mg}) = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ mmol/l}$

přechodná tvrdost:  $4 - 1,5 = 2,5 \text{ mmol/l}$

### 3.3.2. Stanovení obsahu chloridů ve vzorku vody (Mohrova metoda)

tato metoda pracuje s odměrným roztokem dusičnanu stříbrného (argentometrie). Je založena na srážecí reakci, která probíhá mezi stanovovanou látkou (chloridy) a odměrným činidlem (dusičnanem stříbrným), při ní vzniká málo rozpustná látka (sraženina chloridu stříbrného):



Jako indikátor se používá chroman draselný, který je více rozpustnější než chlorid stříbrný, takže se nejprve sráží AgCl. Vznik nerozpustného chromanu stříbrného vyjadřuje rovnice:  $2 \text{AgNO}_3 + \text{K}_2\text{CrO}_4 \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4 + 2 \text{KNO}_3$

Bod ekvivalence (ukončení reakce) poznáme podle vzniklé červenohnědé sraženiny chromanu stříbrného. Podle spotřeby odměrného roztoku dusičnanu stříbrného vypočítáme množství chloridů ve vzorku vody a vyhodnotíme, o jakou vodu se jedná.

#### Stanovení množství chloridů ve vzorku vodovodní pitné vody a vody z Moravy

Pomůcky: titrační aparatura (stojan, byreta, nálevka, titrační baňka), odměrné sklo (pipety, odměrný váleček), kádinka.

Chemikálie: 0,01 mol.  $\text{dm}^{-3}$  roztok  $\text{AgNO}_3$ , indikátor 5%  $\text{K}_2\text{CrO}_4$

#### Postup:

1. sestavíme titrační aparaturu, do byrety nalijeme pomocí nálevky odměrný roztok
2. do titrační baňky odměříme pomocí válečku 100 ml vzorku vody, přidáme 1 ml indikátoru
3. po kapkách přidáváme odměrný roztok (titrujeme) do červenohnědé barvy, titrační baňkou kroužíme
4. odečteme spotřebu činidla z byrety, opakujeme 3 krát, použijeme průměrnou spotřebu a vypočítáme množství chloridů ve vzorku vody

**Hodnocení:** do 50 mg/litr ..... dobrá voda  
od 50 do 100 mg/l ..... podezřelá  
více než 100 mg/l .....závadná

**Výsledky:** vzorek pitné vody z vodovodu:

spotřeba činidla  $V(\text{AgNO}_3) = 10 \text{ ml} = 0,010 \text{ dm}^3$

výpočet:  $m(\text{Cl}^-) = c(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3) \cdot M(\text{Cl}^-) \cdot F_Z$

$m(\text{Cl}^-) = 0,01 \cdot 0,010 \cdot 35,5 / 100 \text{ ml} = 0,00355 \text{ gramů} / 100 \text{ ml}, \quad \times 10 / 1 \text{ liter}$

$m(\text{Cl}^-) = 0,0355 \text{ g} / 1 \text{ liter} = 35,5 \text{ mg} / 1 \text{ liter} \quad \dots\dots\dots$  tato voda je vhodná k pití

vzorek vody z Moravy:  $V(\text{AgNO}_3) = 6 \text{ ml} = 0,006 \text{ dm}^3$

$m(\text{Cl}^-) = 0,01 \cdot 0,006 \cdot 35,5 \cdot 10 = 21,3 \text{ mg} / 1 \quad \dots\dots$  tato voda je dobrá

### 3.3.3 Stanovení organických látek ve vodě

k posouzení znečištění povrchových vod organickými látkami (rostlinného a živočišného původu) se užívá měření tzv. spotřeby kyslíku. **Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)** je definována jako množství kyslíku spotřebovaného mikroorganismy při biochemickém rozkladu organických látek ve vodě za aerobních podmínek. Stanovení BSK tedy slouží k nepřímému stanovení organických látek, které podléhají za daných podmínek rozkladu. (Čím větší je spotřeba kyslíku, tím více vzorek obsahuje těchto látek). **Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)** je pak definována jako množství kyslíku odpovídající spotřebě oxidačního činidla při úplné oxidaci organických látek obsažených ve vodě. Jako oxidační činidlo se používá dichroman draselný (CHSK<sub>Cr</sub> - dichromanová metoda) nebo manganistan draselný v kyselém prostředí (CHSK<sub>Mn</sub> - manganistanová metoda).

V současnosti se častěji používá dichromanová metoda, která je přesnější, je ale pracná a časově náročná, navíc se pracuje s toxickými chemikáliemi. Stanovení pomocí manganistanové metody se dosud používá pro svou jednoduchost především u mírně znečištěných vod, protože je snadnější, výhodou je menší spotřeba činidel.

**Nevýhody:** manganistanová metoda je méně přesná - zachycuje nižší koncentrace organických látek, nízký stupeň jejich oxidace. Je nutné dodržovat přesný postup stanovení. U povrchových vod mohou koncentrace CHSK<sub>Mn</sub> odpovídat 3x až 4x menší spotřebě než odpovídá skutečné koncentraci organických látek. Používá se spíše k analýze pitné vody, u povrchových vod je nahrazována dichromanovou metodou. Nelze ji použít ke stanovení znečištěných odpadních vod. U obou metod platí, že obsah organických nečistot ve vodě zvyšují příměsi anorganických iontů.

#### Stanovení CHSK<sub>Mn</sub> (Kubelova metoda)

tato metoda pochází z roku 1866, podstata stanovení: varem vzorku s přebytkem KMnO<sub>4</sub> v silně kyselém prostředí dochází k oxidaci organických látek ve vzorku. Nadbytek manganistanu draselného se odstraní přidáním známého množství roztoku kyseliny šťavelové o přesné koncentraci, která se manganistanem zpětně titruje.

Reakce probíhá podle rovnice:  $\text{MnO}_4^- + 5e + 8\text{H}^+ \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

$2\text{MnO}_4^- + 5(\text{COOH})_2 + 6\text{H}^+ \rightarrow 2\text{Mn}^{2+} + 10\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$

#### Stanovení CHSK<sub>Mn</sub>

**Pomůcky:** kahan, zápalky, síťka, laboratorní sklo, titrační aparatura (byreta, titrační baňky)

**chemikálie:** zásobní roztok 0,02 M KMnO<sub>4</sub>, 0,05 M kyseliny šťavelové, zředěná kyselina sírová (1:15 a 1:2), destilovaná voda

**Postup:**

1. Připravíme si zásobní roztok 0,02 M manganistanu draselného (14 dní předem) do tmavé láhve. (Navážíme asi 3,3 g  $\text{KMnO}_4$  a rozpustíme v destilované vodě, doplníme do 1 litru). Zásobní roztok 0,05 M kyseliny šťavelové připravíme tak, že navážíme (na analytických vahách) 0,63 g, navážku rozpustíme v naředěné kyselině sírové (1:15) a doplníme kyselinou sírovou (1:15) v odměrné baňce do 100 ml. Koncentraci kyseliny šťavelové upřesníme podle skutečné navážky.
2. Zásobní roztok ředíme 10 krát - odpipetujeme 50 ml ze zásobního roztoku a doplníme do 500 ml destilovanou vodou po rysku - tak získáme 0,002 M roztok  $\text{KMnO}_4$ . Totéž v případě kyseliny šťavelové - získáme 0,005 M roztok, pouze doplníme kyselinou sírovou do 500 ml.
3. Určíme přesnou koncentraci  $\text{KMnO}_4$ : Byretu naplníme roztokem manganistanu o koncentraci 0,002 M, do varné titrační baňky odpipetujeme 100 ml destilované vody, přidáme 10 ml odměrného roztoku kyseliny šťavelové 0,005 M a 5 ml kyseliny sírové (1.2). Baňku zahřejeme k varu a za horka titrujeme do slabě růžové barvy. Opakujeme celkem 3 krát. Z průměrné spotřeby  $\text{KMnO}_4$  vypočítáme přesnou koncentraci  $\text{KMnO}_4$ .
4. Poté provedeme analýzu u vzorku vody: do varné titrační baňky odměříme 100 ml zkoumané vody přidáme varné kuličky proti utajenému varu a 5 ml zředěné kyseliny sírové (1.2), poté odměříme 20 ml odměrného roztoku  $\text{KMnO}_4$  z byrety. Směs rychle zahřejeme a povaříme přesně 10 minut. Pokud se během vaření směs odbarví, je nutno vzorek připravit znovu a zkoumanou vodu naředit destilovanou vodou.
5. K horkému roztoku ve varné baňce nyní přidáme pipetou 20 ml odměrného roztoku 0,005 M kyseliny šťavelové - směs se odbarví a nyní titrujeme  $\text{KMnO}_4$  z byrety do trvale slabě růžové barvy. Spotřeba  $\text{KMnO}_4$  v ml se přepočítá na CHSK. Platí totiž, že 1 ml roztoku  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci 0,002 M odpovídá 0,08 mg kyslíku.

**Výsledky:**

Přesná koncentrace  $(\text{COOH})_2 = 0,6422 / 0,63 \cdot 0,05 = 0,050 \text{ M}$

Přesná koncentrace  $\text{KMnO}_4 = 10 \cdot 0,005 / 14 \cdot 2/5 = 0,00143 \text{ M}$

Vzorek vody z Moravy: spotřeba  $\text{KMnO}_4 = 13,5 \text{ ml}$

voda z rybníka spotřeba 20 ml

výpočet: 1 ml  $\text{KMnO}_4$  o koncentraci 0,00143 M odpovídá 0,057 mg kyslíku

CHSK =  $13,5 \cdot 0,057 = 0,76 \text{ mg/l}$  (voda z Moravy)

CHSK =  $20 \cdot 0,057 = 1,14 \text{ mg/l}$  (voda z rybníka)

**Závěr:** Jedná se o vodu neznečištěnou.

### 3.4. Rozbor půdy

#### Reakce půdy - pH

Pomůcky: kádinka, lžička, skleněná tyčinka, pH indikátorový papírek, destilovaná voda, vzorky půdy vysušené na vzduchu.

- V kádince připravíme suspenzi půdního roztoku z 20 g půdy a 50 cm<sup>3</sup> destilované vody důkladným promícháním a protřepáním.
- Po usazení půdních částic zkusíme vodu z půdního výluhu pH papírkem.

pH	půda	pH	půda
do 4,5	extrémně kyselá	6,6 - 7,2	neutrální
4,6 - 5,5	silně kyselá	7,3 - 7,7	alkalická
5,6 - 6,5	slabě kyselá	nad 7,7	silně alkalická

#### Výsledky:

ve vzorku půdy, který jsme odebrali z pole, jsme změřili pH v půdním výluhu 6,5 (jde o slabě kyselou půdu).

#### Stanovení uhličitanu vápenatého v půdě

**Úkol:** Dokažte v půdě uhličitan vápenatý (ionty CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>).

Pomůcky: hodinové sklíčko, pipeta, lžička, 10% HCl, vysušené vzorky půdy.

**Postup:** na sklíčko nasypeme plnou lžici půdního vzorku. Pipetou nakapeme na vzorek několik mililitrů zředěné HCl. Pozorujeme nepřetržité slabší nebo silnější šumění (oxid uhličitý). Silnější kyselina HCl vytlačuje slabší kyselinu uhličitou z jejích solí:



Intenzita šumění	Obsah CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> v půdě v %
šumění sotva znatelné	méně než 0,3 %
šumění slabé, krátké	0,3% - 1,0%
šumění dosti silné, krátké	1,0 % - 3,0%
šumění silné, delší	3,0% - 5,0%
šumění kypící, silné, dlouhé	více než 5,0%

**Výsledky:** vzorek půdy obsahoval vyšší obsah vápence, šumění bylo silné, delší.

Pro další rozborů půdy si připravíme půdní výluh: v baňce důkladně protřepáváme asi jednu minutu 20 g jemnozeme s 50 cm<sup>3</sup> destilované vody. Hrubé půdní částičky necháme usadit a suspenzi přefiltrujeme.

### **Obsah síry**

Úkol: Dokažte v půdním roztoku sírany (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)

Pomůcky: Erlenmeyerova (kuželová) baňka 250 cm<sup>3</sup>, zkumavky, stojánek na zkumavky, nálevka, filtrační papír

Chemikálie: 5% HCl, 10% roztok BaCl<sub>2</sub>, vzorky vysušené půdy, dest. voda

#### **Postup:**

Asi 10 cm<sup>3</sup> filtrátu půdního výluhu odlijeme do zkumavky, okyselíme 1 cm<sup>3</sup> HCl a potom přidáme 5 cm<sup>3</sup> roztoku BaCl<sub>2</sub>. Po přidání roztoku chloridu barnatého se v půdním výluhu vytvoří bílá sraženina: SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> + Ba<sup>2+</sup> → BaSO<sub>4</sub>

Roztokem chloridu barnatého lze dokázat v půdním výluhu okyseleném kyselinou chlorovodíkovou sírany, které se vysrážejí jako bílá, jemně krystalická sraženina síranu barnatého. Podle množství sraženiny můžeme usuzovat na množství síranu v půdě.

**Výsledky:** roztok z půdního výluhu se nezbarvil, sraženina nevznikla, vznikl pouze slabý zákal, což ukazuje na velmi malý obsah síranů.

### **Obsah chloridů v půdě**

Úkol: Dokažte v půdním roztoku chloridy rozpustné ve vodě (Cl<sup>-</sup>).

Pomůcky: Erlenmeyerova baňka 200 cm<sup>3</sup>, zkumavka, stojánek na zkumavky, nálevka, filtrační papír, pipety a kapátka

Chemikálie: 5% HNO<sub>3</sub>, 1% roztok AgNO<sub>3</sub>, vysušené vzorky půdy, destilovaná voda

#### **Postup:**

Asi 10 ml filtrátu přelijeme do zkumavky, okyselíme 1 cm<sup>3</sup> HNO<sub>3</sub> a přidáme 1 cm<sup>3</sup> roztoku AgNO<sub>3</sub>. Po přidání roztoku dusičnanu stříbrného se v půdním výluhu vytvoří bílá sraženina: Cl<sup>-</sup> + Ag<sup>+</sup> → AgCl

Roztokem dusičnanu stříbrného můžeme dokázat v půdním výluhu okyseleném kyselinou dusičnou chlorid, který se vysráží jako bílý chlorid stříbrný. Silná vrstva sraženiny ukazuje na velké množství chloridu v půdě, slabý zákal na malé množství.

**Výsledky:** ve vzorku půdního výluhu vznikl slabý zákal, půda patrně obsahovala menší množství chloridů.

#### **Obsah železa v půdě**

Úkol: Dokažte v půdě sloučeniny železa (ionty  $\text{Fe}^{2+}$  a  $\text{Fe}^{3+}$ ).

Pomůcky: Erlenmeyerova baňka 200 cm<sup>3</sup>, zkumavka, stojánek na zkumavky, nálevka, filtrační papír

Chemikálie: 5% HCl, 4% roztok červené krevní soli, vzorky vysušené půdy.

#### **Postup:**

Asi 10 cm<sup>3</sup> filtrátu odlijeme do zkumavky, okyselíme 1 cm<sup>3</sup> zředěné HCl a přidáme 1 cm<sup>3</sup> roztoku červené krevní soli. Po přidání analytického činidla se půdní výluh zbarví tmavomodře. Vybraným činidlem můžeme v půdním vzorku okyseleném kyselinou chlorovodíkovou dokázat sloučeniny železa  $\text{Fe}^{2+}$ , které se vyskytují v půdách těžkých, neprovzdušněných a zvlhčených, které působí škodlivě na růst rostlin a musí být převedeny na ionty  $\text{Fe}^{3+}$ , které vývoji rostlin neškodí.

**Výsledky:** vzorek půdního výluhu se mírně zbarvil modře, obsahoval menší množství železa.

#### **Obsah mědi v půdě**

Úkol: dokažte v půdě sloučeniny mědi (ionty  $\text{Cu}^{2+}$ ).

Pomůcky: kádinka 200 cm<sup>3</sup>, zkumavky, stojan, filtrační nálevka, filtrační papír, kahan, síťka

Chemikálie: destilovaná voda, roztok amoniaku (0,5 mol.dm<sup>-3</sup>), HCl (0,5 mol.dm<sup>-3</sup>), vzorky vysušené půdy (přihnojované s obsahem měďnatých sloučenin).

#### **Postup:**

V kádince rozmícháme v destil. vodě vzorek půdy, okyselíme 2 ml HCl a přefiltrujeme, část filtrátu nalijeme do zkumavky a zvolna přidáme roztok amoniaku, pokud nevznikne charakteristické zbarvení roztoku, které dokazuje přítomnost měďnatých iontů. Po přidání analytického činidla se půdní výluh zbarví modrofialově.

**Výsledky:** vzorek půdy obsahoval měďnaté ionty, což se nám podařilo dokázat.

#### **Důkaz fenolů**

Fenoly jsou organické látky, které v půdě ani vodě nemají být. Vznikají rozkladem organických látek (bílkovin), při zpracování ropy a dehtu, Do vody se mohou dostat z odpadních vod z chemických závodů. Při nižší koncentraci fenolů, zvláště za přítomnosti chloru ve vodě vyvolávají intenzivní zápach (chlorfenoly) a rybí maso je pak nepoživatelné.



**Důkaz fenolů 1** provedeme pomocí specifického činidla /Folin-Denisovo činidlo/, které dává za přítomnosti uhličitanu sodného s fenoly modrou barvu.

**Postup:**

Do zkumavky nabereme 10 ml vzorku z půdního filtrátu a přidáme 5 kapek činidla a 2 ml roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a zamícháme. Do 10 minut se objeví modré zbarvení. Citlivost zkoušky je 0,1 mg/l fenolů.

**Výsledky:** ve vzorku se objevilo modré zbarvení, což potvrzuje přítomnost fenolů.

**Důkaz fenolů 2**

základem reakce fenolů s 4-aminoantipyrinem za přítomnosti ferrikyanidu draselného v alkalickém prostředí (uhličitan sodný). Vzniká červené zbarvení, pokud připravený roztok obsahuje fenoly, v opačném případě zůstává roztok slabě žlutý.

**Postup:**

K 7 ml filtrátu získaného z půdy se přidá 14 ml 0,05% roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 1 ml 2% roztoku 4-aminoantipyrinu a 0,5 ml 8% ferrikyanidu draselného. Pokud připravený roztok obsahuje fenoly, vzniká červené zbarvení, v opačném případě zůstává roztok slabě žlutý.

**Výsledky:** roztok se zabarvil do červena, dokázali jsme přítomnost fenolů v půdě.

**Stanovení fosfátů v půdě fotometricky**

Příprava vzorku

vzorek půdy přesypeme do kádinky a přidáme 50 ml destilované vody. Mícháme 3 minuty intenzivně. Poté dekantujeme a zfiltrujeme, získaný filtrát musí být čirý.

**Měření pomocí fotometru**

pomocí návodu jsme změřili obsah fosfátů ve vzorku půdy - 32,9 mg/l.

## 4. Shrnutí dosažených výsledků

### 4.1. Kvalitativní analýza

#### Rozbor povrchové vody:

Voda odebraná z Moravy měla teplotu: 8 °C, pH 4,8 (kyselá), barvu světlou bez zákalu.

Voda z rybníka měla teplotu 7 °C, pH 7,3 a barvu světlou s mírným zákalem.

#### Orientační zjištění tvrdosti vody:

Ve zkumavce s destilovanou vodou se vytváří nejvíce pěny, voda z vodovodu obsahuje méně pěny, minerálka a studniční voda - pěna se netvoří a mýdlo vyvločkuje, voda je tvrdá.

#### Orientační zjištění nečistot ve vodě:

Vzorek vodovodní vody: přidáno asi 0,3 ml roztoku, jedná se o poměrně čistou vodu.

Voda odebraná z Moravy: přidáno 3,5 ml roztoku - voda je znečištěná (byla zakalená).

#### Vodivost vody:

V kádince s destilovanou vodou žárovka nesvítila, ve vodě pitné vodovodní svítila slabě a ve vodě s vyšším obsahem soli (minerální voda nebo mořská) svítila silně.

#### Důkazy vybraných iontů ve vodě:

Ve vodě odebrané z Moravy jsme nedokázali sírany ani železnaté ionty, pouze malé množství chloridů.

### 4.2. Kvantitativní analýza

#### Stanovení celkové tvrdosti vody (chelatometrie)

voda odebraná z Moravy:

stanovení vápníku a hořčíku:

$$c(\text{Ca, Mg}) = 10 \cdot V(\text{Ch}) / 100 = V / 10 = 1 \text{ mmol/dm}^3$$

$$m(\text{Ca, Mg}) = 6,438 \text{ mg} / 100 \text{ ml} = 64,38 \text{ mg/l}$$

stanovení vápníku:

$$m(\text{Ca}) = 0,01 \cdot 0,009 \cdot 40,08 \cdot 10 = 36,072 \text{ mg/l}$$

$$m(\text{Mg}) = m(\text{Ca, Mg}) - m(\text{Ca}) = 64,38 - 36,07 = 28,31 \text{ mg/l}$$

**Závěr:** voda z Moravy je měkká voda.

voda ze studny:

$c(\text{Ca, Mg}) = 50 / 10 = 5 \text{ mmol}$  .... voda je velmi tvrdá

$$m(\text{Ca, Mg}) = 0,01 \cdot 0,050 \cdot 64,385 \cdot 10 = 321,925 \text{ mg/litr}$$

voda z vodovodu:

celková tvrdost vody:  $c(\text{Ca, Mg}) = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ mmol/l}$

pitná voda z vodovodu je tvrdá

stálá tvrdost (převařená voda):  $c(\text{Ca, Mg}) = 0,5 \cdot 3 = 1,5 \text{ mmol/l}$

přechodná tvrdost:  $4 - 1,5 = 2,5 \text{ mmol/l}$

### **Stanovení chloridů**

vzorek pitné vody z vodovodu:

$m(\text{Cl}^-) = 0,0355 \text{ g/l} = 35,5 \text{ mg/l}$ ..... tato voda je vhodná k pití

vzorek vody z Moravy:

$m(\text{Cl}^-) = 21,3 \text{ mg/l}$  ..... tato voda je dobrá

### **Stanovení organických nečistot ve vodě**

$\text{CHSK} = 13,5 \cdot 0,057 = 0,76 \text{ mg/l}$  (voda z Moravy)

$\text{CHSK} = 20 \cdot 0,057 = 1,14 \text{ mg/l}$  (voda z rybníka)

Jedná se o vodu neznečištěnou.

## **4.3. Rozbor půdy**

Ve vzorku půdy jsme změřili pH v půdním výluhu 6,5 (jde o slabě kyselou půdu).

Vzorek půdy obsahoval vyšší obsah vápence, šumění bylo silné, delší.

Důkazy síranů: roztok z půdního výluhu se nezbarvil, sraženina nevznikla, vznikl pouze slabý zákal, což ukazuje na velmi malý obsah síranů.

Důkaz fenolů: ve vzorku se objevilo modré zbarvení, což potvrzuje přítomnost fenolů.

## **4.4. Závěr**

Naším cílem bylo jednoduchými experimenty zkoumat vlastnosti vody a půdy. Na základě dosažených výsledků lze shrnout, že analytický rozbor vody a půdy byl pro žáky účastníků se projektu STM (studenti tercie) prací velmi náročnou na čas i na přesnost, která vyžadovala značnou dávku pečlivosti a systematičnosti. Mnohdy bylo obtížné cokoli prokázat, protože se často jednalo o velmi malá množství iontů přítomných ve vzorku. Mnohá měření jsme museli několikrát opakovat, abychom se vyvarovali chybných závěrů. Pokusili jsme se o stanovení některých látek či iontů kvantitativně, tyto metody jsme si

museli nejprve osvojit. V rámci chemického kroužku jsme měli příležitost naučit se něco nového. Jsme si také vědomi, že naše výsledky můžeme považovat jen za velmi přibližné, přesné rozborů se dají udělat pouze instrumentálními metodami za pomoci přístrojů. Touto cestou chceme poděkovat Přírodovědecké fakultě v Olomouci, zejména Mgr. Veronice Fadrné a dalším, za jejich pomoc při zapůjčení pomůcek, především pHmetru a fotometru.

## **5. Použitá literatura, odkazy**

Mokřejšová Olga (2005) Praktická a laboratorní výuka chemie, str. 19 - 20, 61 - 64

Čársky (1986) Chemie pro III.ročník gymnázií, str. 240 - 242

Šrámek, Kosina (1996) Chemie analytická, str.12 – 40, 87 - 100

Čtrnáťová a kolektiv (2000) Chemické pokusy pro školu a zájmovou činnost, str. 42, 43, 61, 63

### **Internetové odkazy**

<http://cs.wikipedia.org>

<http://www.ped.muni.cz/WCHEM/sm/ip/Jedovnice.htm>

# Příloha A. Protokol o činnosti chemického kroužku na GJO Litovel 2007/2008

(třída tercie)

- 5.10. Fyzikální vlastnosti vody
- 12.10. Rozpustnost látek, mísitelnost kapalin
- 19.10. Měření teploty vody, měření pH, orientační zjišťování tvrdosti a znečištění vody
- 26.10. *nekonal se* (prázdniny)
  - 2.11. Kvalitativní rozbor vody – barva, zákal, důkazy vybraných iontů ve vodě
- 9.11. *nekonal se* (účast na konferenci)
- 16.11. Kvalitativní rozbor vzorků půdy – pH, chloridy a sírany v půdním výluhu
- 23.11. Odběr povrchové vody, postupy a metody v kvantitativní analýze; příprava roztoků a stanovení přesné koncentrace manganistanu draselného
- 30.11. *nekonal se* (nemoc)
  - 7.12. Měření obsahu fosfátů v půdě, důkazy fenolů
- 14.12. Stanovení organických nečistot ve vodě, stanovení CHSK manganistanem
- 21.12. *nekonal se* (vánoce)
  - 4.1. *nekonal se* (CHO kat. D školní kolo)
- 11.1. Kubelova metoda, příprava odměrných roztoků na chelatometrii
- 18.1. Stanovení tvrdosti vody a obsahu vápenatých a hořečnatých iontů
- 25.1. Výpočty – stanovení CHSK ve vodě a tvrdosti vody
  - 1.2. *nekonal se* (pololetní prázdniny)
  - 8.2. *nekonal se* (jarní prázdniny)
- 15.2. Příprava roztoků, argentometrie, stanovení chloridů ve vodě, Mohrova metoda
- 22.2. Rozbor půdy – důkaz vápence, železnatých a mědnatých iontů
- 29.2. Stanovení CHSK opakování
  - 7.3. Tvrdost vody u dalších vzorků vody
- 14.3. *nekonal se* (rozvrhová změna)
- 21.3. *nekonal se* (Velikonoce)
- 28.3. *nekonal se* (ChO krajské kolo D)

## Příloha B. Výběr fotografií z činnosti kroužku

Více na <http://chemiegjo.webzdarma.cz/>.

Odshora: studenti při důkazu  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  iontů; manganometrie; elektrolýza – vodivost vodného roztoku; stanovení Fe; vodivost; chelatometrie; argentometrie; stanovení tvrdosti.

