

# UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Fakulta přírodovědecká  
Katedra analytické chemie

## MOŽNOSTI ROZŠÍŘENÍ VÝUKY CHEMIE NA STŘEDNÍCH ŠKOLÁCH V OBLASTI CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor práce:  
Studijní obor:

Tereza Hyráková  
Chemie - Biologie

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Kristína Slováková

**Olomouc 2012**

## Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi rozšíření výuky chemie na středních školách v oblasti chemie životního prostředí. V úvodu tématu je vysvětleno, čím se chemie životního prostředí zabývá. Následně je objasněn nejen samostatný pojem životního prostředí, ale zároveň se upozorňuje na jeho častou záměnu s ekologií.

Po vysvětlení těchto pojmů je krátce zmíněna historie životního prostředí v České republice a stručný význam ministerstva životního prostředí. V další části se věnuje jednotlivým složkám životního prostředí. Rozvádí se zde problematika znečišťování a ochrany složek životního prostředí. Mimo to, se pokouší charakterizovat nejkritičtější polutanty vod, půdy a ovzduší s krátkým popisem jejich fyziologického působení. Pro ucelení informací je dále zmíněna péče o čistotu jednotlivých složek v rámci České republiky.

Následně jsou zde objasněny metody vzorkování jednotlivých složek, popis postupu správného transportu vzorku, jeho uchování i proces analýzy. V závěru této práce je navržena laboratorní úloha, která se věnuje analýze tekoucích vod.

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou v seznamu použité literatury.

Souhlasím s tím, že práce je prezenčně zpřístupněna v knihovně Katedry analytické chemie, Přírodovědecké Fakulty, Univerzity Palackého v Olomouci.

V Olomouci dne. ....

.....  
Vlastnoruční podpis

## **Poděkování**

Chtěla bych touto cestou poděkovat paní Ing. Kristíně Slovákové za cenné rady, poskytnuté materiály a odborné vedení při zpracování mé bakalářské práce.

# OBSAH

ÚVOD	7
1 CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	8
2 DEFINICE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	9
2.1 HISTORIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ	9
3 OVZDUŠÍ	11
3.1 ZNEČIŠŤOVÁNÍ A OCHRANA OVZDUŠÍ	13
3.2 POVAHA A VLASTNOSTI ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK OVZDUŠÍ	13
3.2.1 Oxid siřičitý SO <sub>2</sub>	14
3.2.2 Oxidy dusíku NO <sub>x</sub>	14
3.2.3 Ozon O <sub>3</sub>	15
3.2.4 Oxidy uhlíku CO <sub>x</sub>	16
3.2.5 Polychlorované bifenyly PCB	16
3.2.6 Chlorofluorohydrogénní látky CFC	17
3.3 PÉČE O ČISTOTU OVZDUŠÍ U NÁS	18
4 VODA	19
4.1 ZNEČIŠŤOVÁNÍ A OCHRANA VOD	22
4.2 POVAHA A VLASTNOSTI ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK	22
4.2.1 Sloučeniny dusíku NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	22
4.2.2 Sloučeniny fosforu PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	23
4.2.3 Rtuť Hg	24
4.2.4 Olovo Pb	24
4.2.5 Pesticidy	25
4.2.6 Šinice	26
4.3 PÉČE O VODU U NÁS	26
5 PŮDA	28
5.1 ZNEČIŠŤOVÁNÍ A OCHRANA PŮDY	29
5.2 POVAHA A VLASTNOSTI ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK	29
5.2.1 Kadmium Cd	30
5.2.2 Chrom Cr	30
5.2.3 Měď Cu	31
5.2.4 Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany	31
5.3 PÉČE O PŮDU U NÁS	32
6 PRÁCE V CHEMICKÉ LABORATOŘI:	33
6.1 ODBĚR VZORKU	33
6.1.1 Vzorkování půdy	33
6.1.2 Vzorkování vody	34
6.1.3 Vzorkování ovzduší	35
6.2 UCHOVÁNÍ A PŘEPRAVA VZORKU	37
6.3 ZPRACOVÁNÍ VZORKU PŘED ANALÝZOU	37
6.4 ANALÝZA VZORKU	38
6.4.1 Popis vzorku	38

6.4.2	Předběžné zkoušky	39
6.4.3	Dělení a důkaz kationtů	40
6.5	ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA	40
7	LABORATORNÍ ÚLOHY	41
7.1	ODBĚR VZORKU VODY Z TEKOUČÍCH VOD, MĚŘENÍ KONDUKTIVITY A TEPLoty	41
7.2	POPIS SENZORICKÝCH VLASTNOSTÍ	44
7.2.1	Měření pH analyzovaného vzorku vody	44
7.2.2	Zjišťování pachu vody	46
7.2.3	Zjištění zbarvení analyzovaného vzorku	48
7.3	PŘEDBĚŽNÉ ZKOUŠKY	50
7.3.1	Plamenové zkoušky	50
7.4	DĚLENÍ A DŮKAZ IONTŮ	52
7.4.1	Důkaz síranů	53
7.4.2	Důkaz chloridů	54
7.4.3	Důkaz dusičnanů	55
7.4.4	Důkaz fosforečnanů	56
7.4.5	Důkaz vápníku	57
7.4.6	Důkaz hořčíku	58
7.4.7	Důkaz mědi:	59
7.5	STANOVENÍ HOŘEČNATÝCH A VÁPENATÝCH IONTŮ VE VODĚ	61
7.6	ORIENTAČNÍ STANOVENÍ TVRDOSTI VODY	67
	ZÁVĚR	69
	LITERATURA	70
	SEZNAM OBRÁZKŮ	77
	SEZNAM TABULEK	79
	SEZNAM PŘÍLOH	81

## ÚVOD

V dnešní době dochází v důsledku nárůstu potřeb společnosti a zvyšování požadavků na kvalitu života k neustálému rozvoji průmyslu. Tento rozvoj sice přispívá k vývoji nových technologií a materiálů, ale na druhé straně dochází ke znečišťování životního prostředí.

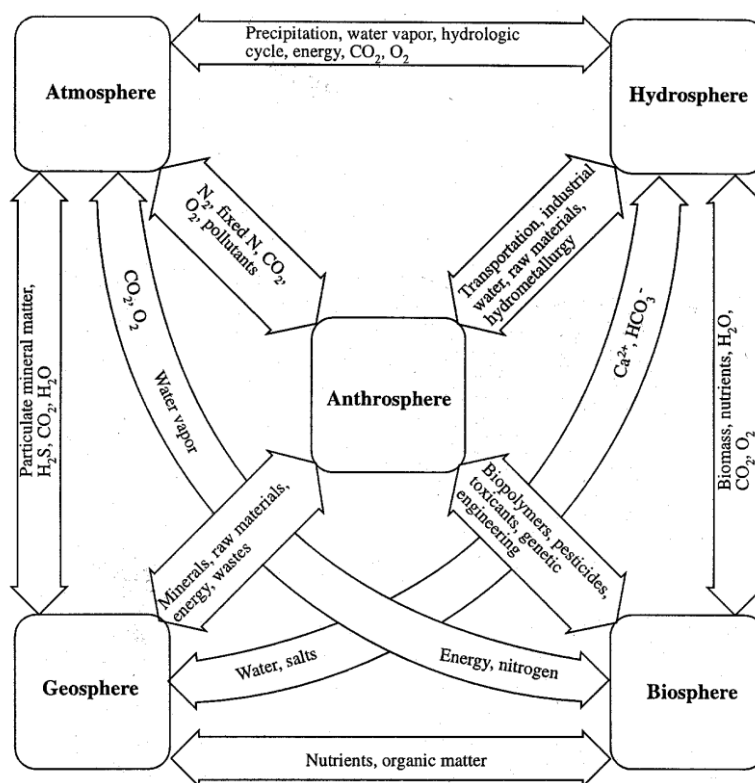
Znečišťování životního prostředí patří mezi aktuální celosvětové problémy. Svou mírou se na znečišťování kromě průmyslové výroby podepisuje i používání pesticidů v zemědělství, doprava ale také domácnosti. Některé z polutantů sice nejsou v nižších koncentracích životu nebezpečné, nicméně vysoké koncentrace těchto látek působí převážně toxicky a mohou mít i nepříznivý vliv na zdraví člověka.

Z tohoto důvodu je pro nás chemie životního prostředí důležitá, protože poskytuje informace o přítomnosti znečišťujících látek v prostředí, vyhledává zdroje znečištění a pomocí chemické analýzy stanovuje množství a druh polutantu v prostředí.

# 1 CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

„Chemii životního prostředí chápeme jako disciplínu zabývající se zdroji, reakcemi, pohybem, účinky a osudem chemických sloučenin ve vodě, půdě a ovzduší a působením lidských činností na tyto součásti životního prostředí“ (cit.<sup>1</sup>).

Chemie životního prostředí obsahuje poznatky aplikované chemie ve spojení s dalšími vědami jako je biologie, toxikologie, fyzika, pedologie, geologie aj. Dochází zde k propojení znalostí z různých přírodovědných, ale i humanitních oborů. Neboť chce-li člověk porozumět, tomuto tématu, je důležité nejdříve pochopit vědy zabývající se životním prostředím jako celkem<sup>2</sup>.



**Obr. 1** Ilustrace blízkých vztahů mezi složkami životního prostředí (převzato z cit.<sup>2</sup>)

Chemie životního prostředí je rozvíjena z důvodů odezvy problematických důsledků vyvolaných řadou lidských činností na jednotlivé složky životního prostředí. Současně se s chemií životního prostředí rozvíjí také chemická analýza kontaminantů a polutantů, jenž hraje důležitou roli ve stanovování ekotoxikologicky významných a biologicky aktivních sloučenin ve složkách životního prostředí. Je tedy zřejmé, že chemická analýza je základní a zásadní hnací silou, která se používá ke studiu některých ekologických systémů a zjišťování kumulace znečišťujících látek<sup>2</sup>.



## 2 DEFINICE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

V dnešní době existuje velké množství definic životního prostředí od značně obsáhlých až po ty nejstručnější. Podle zákona č.17/1992 Sb. a § 2 je životním prostředím vše, co vytváří přirozené podmínky existence organismů včetně člověka a je předpokladem jejich dalšího vývoje. Jeho složkami jsou zejména ovzduší, voda, půda, horniny, organismy, ekosystémy a energie<sup>3</sup>.

„Při definování životního prostředí je důležité pojetí, koho je a komu má toto prostředí sloužit. Zásadně existují dva pohledy a to *biocentrický*, kde patří příroda a člověk je jen její součástí a *antropocentrický*, kdy příroda slouží především člověku“ (cit. <sup>4</sup>). Mezi složky životního prostředí patří voda, půda, ovzduší, organismy, energie a ekosystémy. V této práci se budeme zabývat základními složkami životního prostředí, jako je voda, ovzduší a půda.

Bohužel se velmi často setkáváme se zaměňováním slova „ekologie“ a „životní prostředí“. *Ekologie* je věda zabývající se vztahem organismů a jejich prostředí a vztahem organismů navzájem<sup>5</sup>. Zatímco termín *životní prostředí* bychom měli používat pouze tam, kde jsou popisovány podmínky, ve kterých příslušný organismus žije<sup>6</sup>.

Důležité je také rozlišovat pojmem *kontaminant* a *polutant*, neboť lidé často tyto dva pojmy zaměňují. *Kontaminanty* jsou znečišťující látky (biologické, fyzikální či radiologické) jenž v dostatečné koncentraci, můžou nepříznivě ovlivnit živé organismy prostřednictvím vzduchu, vody, půdy, nebo potravin. *Polutanty* jsou látky, které jsou ve vyšší než přirozené koncentraci v důsledku lidské činnosti, což má negativní dopad na životní prostředí<sup>7</sup>.

### 2.1 Historie životního prostředí

První značné změny v životním prostředí se odehrávaly už v dobách středověku. Lidé likvidovali části původních lesních porostů, aby získali půdu, stavěli rybníční soustavy, odvodňovali močály a postupně docházelo ke vzniku kulturní krajiny a změně charakteru životního prostředí. Proto byly za vlády Marie Terezie sepsány lesnické zákony se snahou regulace v lesnictví a těžbě dřeva<sup>8</sup>.

Během průmyslové revoluce, která začala v 17. století v Anglii a v následujících stoletích se začala rozšiřovat do dalších států Evropy, docházelo především k regionálním změnám kvality životního prostředí. Vznikaly nové továrny a s nimi se rozmohla těžba nerostných surovin. Docházelo k rozšiřování uhelných dolů zejména v oblastech Mostecká, Ostravska a Kladenska<sup>8</sup>. Byly vybudovány první vodní hráze k výrobě elektrické energie.

Nejstarší dodnes existující elektrárnou je Čeňkova pila z roku 1912, která je v současnosti národní kulturní památkou<sup>9</sup>.

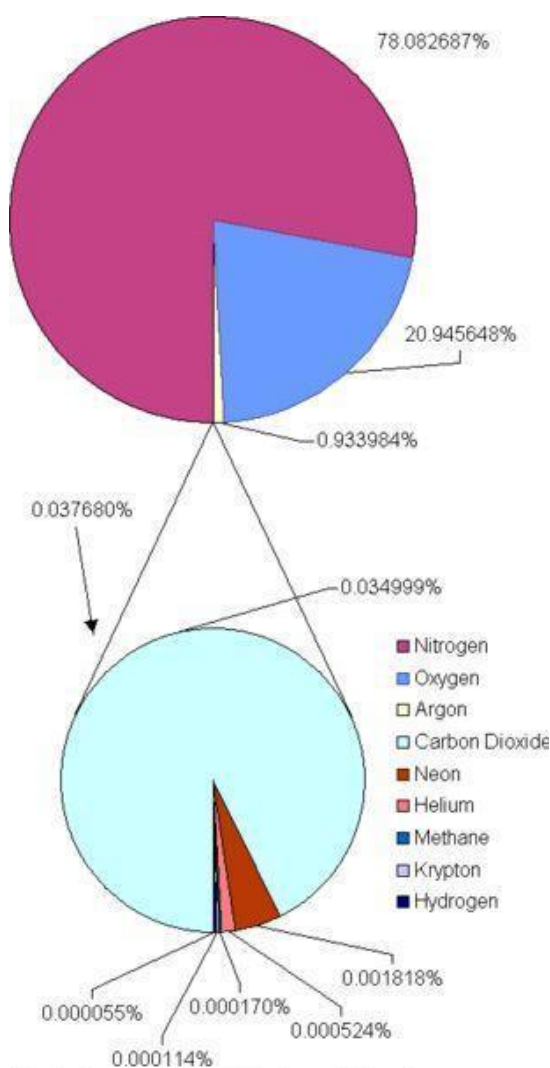
Ve 20. století docházelo k zdokonalování průmyslu, ale vzrůstaly i jeho nároky, docházelo ke zvyšování emisí. V zemědělství se přistoupilo k velkovýrobě a začala se využívat průmyslová hnojiva. To sice zvýšilo výnos plodin, ale začal se objevovat problém s půdní erozí<sup>10</sup>.

Ke zhoršení životního prostředí došlo nejvíce v 60-80. letech 20. století. Důvodem byla zvýšená urbanizace obyvatelstva do měst, což vyvolalo nárůst potřeby dopravy obyvatel do zaměstnání. Významný obrat nastal 19. prosince roku 1989 zákonem ČNR č. 173/1989 Sb. Kdy k 1. lednu roku 1990 byl zřízen ústřední orgán státní správy a orgán vrchního dozoru ve věcech životního prostředí, ministerstvo životního prostředí<sup>11</sup>.

V dnešní době ministerstvo životního prostředí koordinuje ve věcech životního prostředí postup všech ministerstev a ostatních ústředních orgánů státní správy České republiky. Na webových stránkách ministerstva životního prostředí ([www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)) nalezneme výroční zprávy o stavu ŽP, dále témata zabývající se jednotlivými složkami ŽP (voda, ovzduší, aj.) a odkazy na publikace, periodika i mnoho dalších zajímavých informací<sup>11</sup>.

### 3 OVZDUŠÍ

Ovzduším obecně rozumíme vzdušný obal Země - zemskou atmosféru. Atmosféra nám určuje základní podmínky života, představuje ochranný obal proti škodlivým zářením a její cirkulací jsou transportovány jednotlivé chemické složky<sup>12</sup>. „Skládá se z hlavních a minoritních plynů, vodní páry a pevných částic“ (cit.<sup>13</sup>). Na obr. 2 je vidět procentuální složení atmosféry.

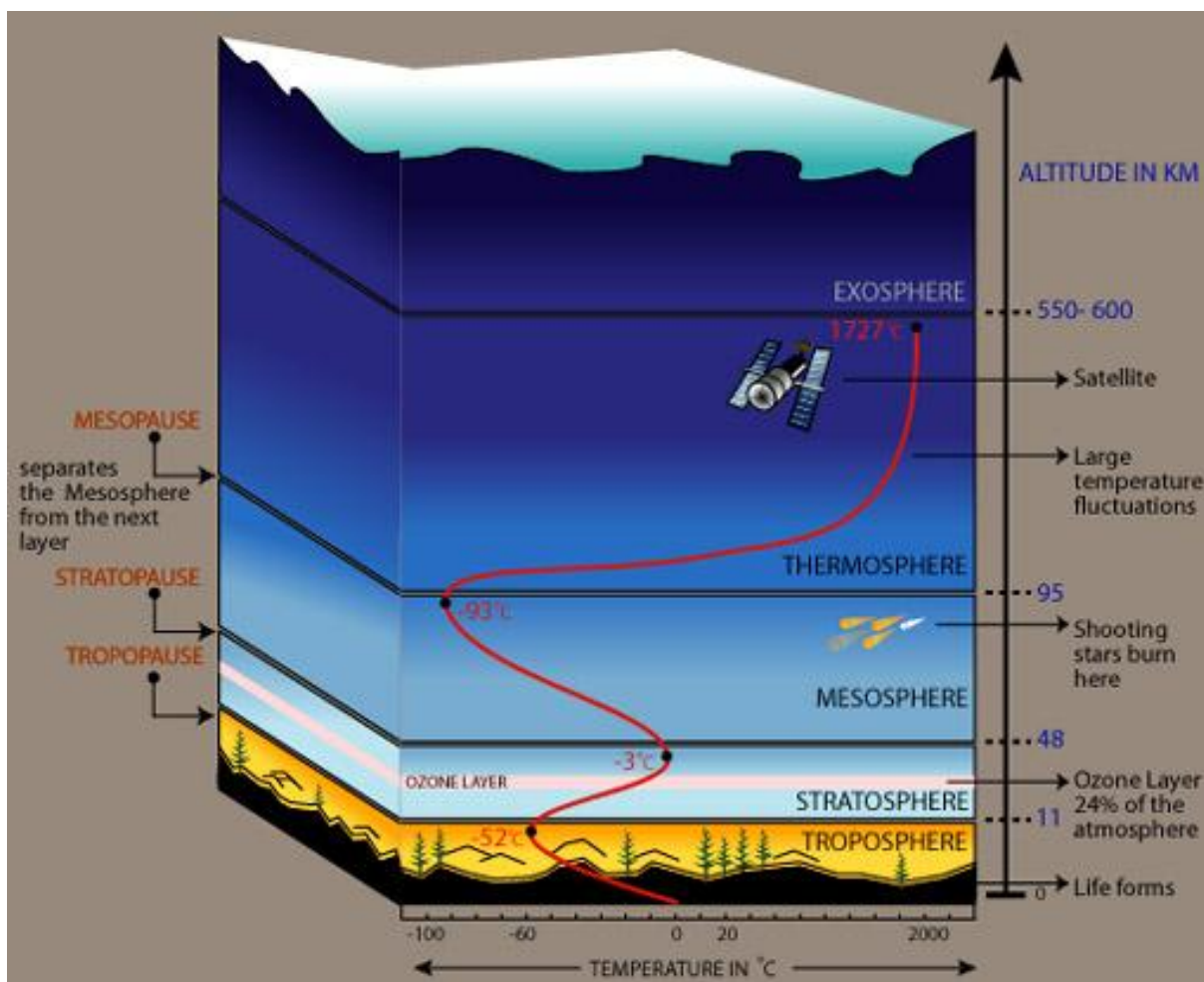


**Obr. 2** Složení atmosféry<sup>14</sup>

Atmosféru členíme do pěti vrstev, které se odlišují s rostoucí výškou teplotou. Výškové členění atmosféry je znázorněno na obr. 3. První vrstvou atmosféry je troposféra, která dosahuje do nadmořské výšky cca 12 km. Troposféra je v přímém kontaktu se

zemským povrchem, formuje oblačnost, tvoří srážky a koncentrují se zde plynné i prašné emise produkované převážně lidskou činností<sup>15</sup>.

Další vrstvou je *stratosféra*, která se vyskytuje asi od 12 – 50 km nad zemským povrchem. V této vrstvě se teplota s výškou výrazně nemění, vzduch je zde čistější a také bez značných turbulencí (velmi nestabilní proudění vzduchu). Součástí stratosféry ve výšce 15-30 km je *ozonosféra*, jejímž úkolem je absorpce UV záření<sup>15</sup>.



**Obr. 3** Výškové členění atmosféry<sup>16</sup>

V *mezosféře* ve výškách asi 50-80 km je nízká koncentrace plynů schopných absorbovat dopadající záření. Vzduch je zde velice řídký a teplota klesá až na -93 °C, z tohoto důvodu mezosféru řadíme k nejchladnější vrstvě atmosféry<sup>15</sup>.

Čtvrtou vrstvou atmosféry je *termosféra*, která se nachází ve výšce přibližně 80 km nad zemským povrchem. Patří mezi nejteplejší vrstvy atmosféry, teplota zde dosahuje až 1200 °C<sup>15</sup>.

Poslední vrstvou je *exosféra*, která volně navazuje na termosféru, nachází se 550 km nad zemským povrchem a přechází v meziplanetární prostor<sup>12</sup>.

### 3.1 Znečišťování a ochrana ovzduší

Problémy způsobující znečištění ovzduší existují již po staletí. Zamyslíme-li se, zjistíme, že zcela čisté ovzduší nemohlo existovat, neboť zdroje plyných a tuhých emisí se vyskytují od počátku života, například rozklad živočišných a rostlinných buněk, eroze aj. Jedním z největších problémů znečišťování ovzduší je, že představuje vážné nebezpečí pro lidské zdraví (alergie, astma, aj.). V poslední době je stav ovzduší zlepšen především vlivem útlumu těžkého průmyslu. Přesto v mnohých oblastech dochází k nárůstu skleníkových plynů a tím ke snížení ochrany zemského povrchu před škodlivým UV zářením, čímž dochází ke vzniku nových druhů znečištění<sup>17</sup>. V souvislosti s ochranou ovzduší rozlišujeme dva základní pojmy *znečišťování* a *znečištění* ovzduší<sup>18</sup>.

Pojem *znečišťování* představuje činnost či děj. Za znečišťování označujeme vypouštění neboli vnášení znečišťujících látek do atmosféry, příčinou jsou tedy emise znečišťujících látek ze zdrojů. Zatímco *znečištění* ovzduší můžeme chápat jako přítomnost těchto látek v ovzduší a to v takovém obsahu a době trvání, že se projeví nepříznivým vlivem na životní prostředí<sup>19</sup>.

### 3.2 Povaha a vlastnosti znečišťujících látek ovzduší

Jak již bylo řečeno, žijeme v moderní době, která svou průmyslovou výrobou a kreativní lidskou činností vnáší do našeho životního prostředí rozmanité polutanty a to obzvláště do ovzduší. Existuje řada znečišťujících látek, které se podílejí na znečišťování, mezi hlavní patří pachy, dále tuhé, kapalné a plyné znečišťující látky<sup>6</sup>.

*Pachy* jsou většinou plyny a páry organického původu, které představují z hlediska monitorování složitou problematiku. Podle hygienických norem by pachy neměly překračovat koncentrace obtěžující obyvatelstvo<sup>6</sup>.

„Částičky látek mohou vytvářet se vzduchem dvojfázové disperzní systémy, v nichž je vzduch disperzním prostředím a tuhé či kapalné částice dispergovanou látkou. Podle stability disperzního systému dělíme tyto látky na *prachy* a *aerosoly*“ (cit. <sup>20</sup>).

Za *prach* považujeme malé částice tuhých látek, které se po rozptýlení v klidném disperzním systému pohybují v důsledku gravitační síly směrem k zemi. Řadíme zde poléťavé, hrubé a jemné prachy a různé nečistoty<sup>19</sup>.

Pojem *aerosol* zastupuje tuhé a kapalné částice, které po rozptýlení v klidném disperzním systému tvoří stabilní systém se zanedbatelným gravitačním pohybem. Dle

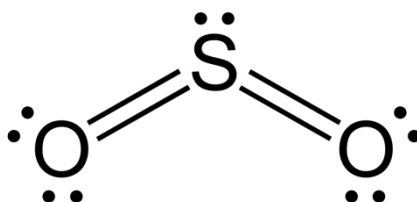
způsobu vzniku rozdělujeme aerosoly na *disperzní* (vznikají destrukcí látek) a *kondenzační* (vznikají sražením par či reakcemi v ovzduší)<sup>19</sup>.

Mnoho plynů a par se dostává do ovzduší přirozenou cestou, prostřednictvím fotochemických reakcí, výbojů a vulkanickou činností. Koncentrace těchto látek je velmi nízká. Mnohem vyšší koncentrace škodlivin se dostávají do ovzduší vlivem lidské činnosti, zejména spalováním zplodin z koksáren, hutnictví, dopravy aj. V následné části je uveden přehled nejvýznamnějších znečišťujících látek a výčet fyziologických vlastností na člověka<sup>18</sup>.

### 3.2.1 Oxid siřičitý $SO_2$

Je bezbarvý dráždivý plyn, snadno rozpustitelný ve vodě. Patří mezi nejvýznamnější škodliviny a to jak množstvím, tak i účinky na životní prostředí<sup>21</sup>. Dostává se do ovzduší antropogenní činností především při spalování uhlí, přičemž některé nekvalitní uhlí obsahuje až 5 % síry (z 1 kg síry vznikne téměř 2 kg  $SO_2$ ). Dále při spalování neodsířeného plynu využívaného v koksárenství, při spalování rud s obsahem síry používaných v metalurgickém průmyslu a v chemickém průmyslu, který vyrábí kyselinu sírovou<sup>20</sup>.

Při dlouhodobém působení je nebezpečný zvláště pro dýchací systém a má nepříznivý vliv na krevní oběh. Nižší koncentrace zvyšují únavnost a dráždí spojivky<sup>6</sup>.



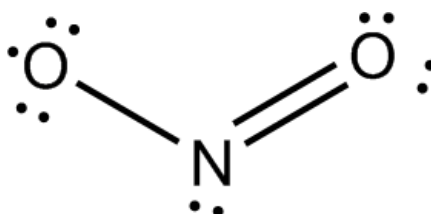
**Obr. 4** Sloučenina  $SO_2$  (cit.<sup>22</sup>)

### 3.2.2 Oxidy dusíku $NO_x$

Mezi známé oxidy dusíku vyskytující se v atmosféře patří oxid dusný ( $N_2O$ ), oxid dusnatý ( $NO$ ), oxid dusitý ( $N_2O_3$ ), dimer oxidu dusičitého ( $N_2O_4$ ), oxid dusičitý ( $NO_2$ ) a oxid dusičný ( $N_2O_5$ ). Za normálních teplot a při nízkých hodnotách parciálního tlaku se oxid dusitý ( $N_2O_3$ ) i dimer oxidu dusičitého ( $N_2O_4$ ) rozkládají za tvorby oxidu dusičitého ( $NO_2$ ). Oxidovaný dusík uniká do atmosféry především spalovacími procesy, ale také z půdy ve formě oxidu dusnatého ( $NO$ )<sup>23</sup>.

Nejškodlivějších ze všech oxidů dusíku přítomných v atmosféře jsou oxid dusnatý (NO) a oxid dusičitý (NO<sub>2</sub>). Největší koncentrace těchto oxidů je ve velkých městských aglomeracích, kde vznikají spalováním fosilních paliv nebo při výrobě kyseliny dusičné a nitraci organických látek. Význačným zdrojem jsou i emise výfukových plynů motorových vozidel<sup>18</sup>.

Oxidy dusíku působí nepříznivě na vnitřní orgány lidí, především NO a NO<sub>2</sub>. Oxid dusnatý se při styku s kyslíkem mění na toxický oxid dusičitý a jeho vdechnutím dochází k porušení buněk. Po inhalaci NO se zhoršuje oksylčení krve, neboť oxid dusnatý se váže velmi rychle na červené krevní barvivo hemoglobin za vzniku nitrosyl-Fe (II) hemoglobin a následně methemoglobin<sup>24</sup>. Navíc se objevují náznaky, že oxidy dusíku hrají určitou roli při onemocnění dýchacích cest či při vzniku nádorových onemocnění<sup>6</sup>.

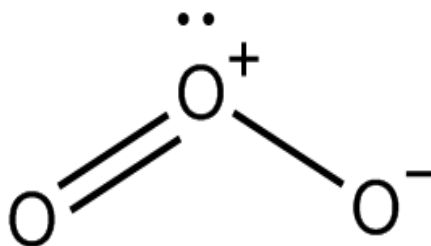


**Obr. 5** Sloučenina NO<sub>2</sub> (cit.<sup>25</sup>)

### 3.2.3 Ozon O<sub>3</sub>

Chemicky agresivní plyn, který je tvořen a rozkládán fotochemickými reakcemi, tedy slunečním zářením ve vyšších vrstvách atmosféry. Tuto atmosférickou vrstvu nazýváme ozonoféra. Jejím úkolem je bránit prostupu krátkovlnnému UV záření, které je velice nebezpečné pro veškerou živou hmotu na Zemi<sup>18</sup>. Vystavení dlouhodobému UV záření mnohdy vyvolává chronické změny na kůži jako je stárnutí kůže, dále narušení imunitních reakcí, či silné záněty rohovek a spojivek. Zmíněné změny mohou být ve svém důsledku nevratné a mohou se spolupodílet na rozvoji rakoviny kůže či případnému poškození rohovky i sítnice<sup>26</sup>. Ozon vzniká fotolýzou kyslíku nebo oxidu dusičného ale i propadem ze stratosféry vlivem jeho větší hmotnosti<sup>18</sup>.

Ozon působí toxicky na všechny organismy. Při vystavení zvýšeným koncentracím se objevuje dráždění očí, nosních sliznic, bolesti hlavy a kašel. Nejcitlivější na ozon jsou dýchací orgány - plíce<sup>6</sup>.

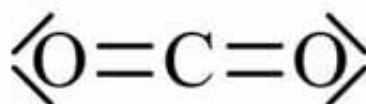


**Obr. 6** Sloučenina ozonu<sup>27</sup>

### 3.2.4 Oxidy uhlíku CO<sub>x</sub>

Řadíme mezi podstatné znečišťovatele ovzduší. Oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) je znám především jako produkt dýchání, ale uvolňuje se i rozkladem organických látek nebo zejména při spalování uhlíkatých paliv. Důsledkem spalování fosilních paliv stoupá jeho koncentrace v ovzduší, což se projevuje oteplováním Země (globálním oteplováním)<sup>17</sup>.

Oxid uhelnatý CO je jedovatý bezbarvý plyn, který vzniká nedokonalým spalováním organických sloučenin<sup>19</sup>. Vdechnutý oxid uhelnatý reaguje s železem protohemu hemoglobinu za tvorby velmi pevné vazby. Takto vytvořený karboxyhemoglobin má u člověka přibližně 250krát vyšší stabilitu než oxyhemoglobin. V krvi koncentrace karboxyhemoglobinu roste velmi rychle, nejrychleji se kumuluje v srdečních i mozkových arteriích, pomaleji v periferních orgánech a končetinách<sup>28</sup>. Dlouhodobé vystavení vyšším koncentracím CO, způsobuje u lidí kardiovaskulární a neurologické problémy, neboť lidský dýchací systém je nejvíce citlivý na látky znečišťující ovzduší<sup>29</sup>.



**Obr. 7** Sloučenina CO<sub>2</sub> (cit.<sup>30</sup>)

### 3.2.5 Polychlorované bifenyly PCB

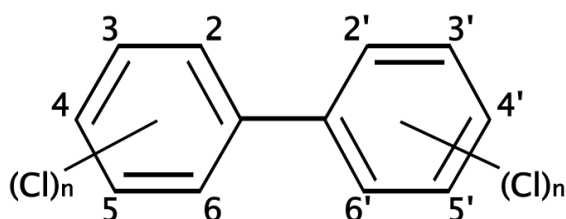
Je skupina látek, která zahrnuje 209 jednotlivých sloučenin (tzv. *kongenerů*), jenž se liší fyzikálními, chemickými vlastnostmi a toxicitou. Všechny polychlorované bifenyly jsou málo rozpustné ve vodě, ale rozpouští se ve většině organických rozpouštědel a v tucích. Chemicky i fyzikálně jsou stálé (i za teplot okolo 300 °C) a nekorozivní<sup>31</sup>.

Polychlorované bifenyly se přirozeně v prostředí nevyskytují, jsou vyráběny člověkem. Dříve se používaly jako přenašeče tepla v průmyslových zařízeních nebo chladicí oleje v transformátorech napětí. Dnes, je jejich výroba zakázána, protože v 70. letech bylo



zjištěno, že PCB se v přírodě nerozkládají a hromadí se v potravních řetězcích. Mohou tudíž ohrožovat životní prostředí i lidské zdraví<sup>32</sup>.

PCB se kumulují v játrech, tukových tkáních a mateřském mléce. Koncentrace těchto látek v jednotlivých orgánech závisí na obsahu tuku. Jedinou výjimkou je mozek, ve kterém je obsah PCB nižší než obsah tuku v něm. Polychlorované bifenyly ovlivňují nejen mozek, oči, srdce, imunitní systém, ale i reprodukční systém a štítnou žlázu. U těhotných žen můžou dokonce způsobit snížení porodní váhy a neurologické poruchy nenarozených dětí<sup>31</sup>.



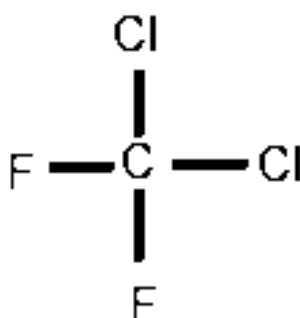
**Obr. 8** Sloučenina PCB<sup>33</sup>

### 3.2.6 Chlorofluorouhlovodíky CFC

Je skupina látek vyznačujících se obsahem uhlíku, chloru a fluoru ve své struktuře. Jako „freony“ jsou především nazývány sloučeniny odvozené od methanu a ethanu. Jedná se o plynné nebo nízkovroucí kapalné látky bez barvy s étherickým zápachem, které jsou málo rozpustné ve vodě. Tyto látky bývají označovány názvem „tvrdé freony“<sup>33</sup>.

Chlorofluorouhlovodíky jsou uměle připravené látky, které v přírodě samovolně nevznikají. V minulosti byly využívány jako náplně do chladících zařízení, hnací plyny do sprejů, aj. V současné době jsou tyto látky zakázané. Dnes jsou nahrazeny tzv. „měkkými freony“ (hydrochlorofluorouhlovodíky), které budou nahrazeny fluorovanými uhlovodíky (HFC). Důvodem nebezpečnosti CFC je jeho schopnost rozkládat stratosférický ozon. Následkem je zvýšený dopad škodlivého UV záření na zemský povrch<sup>33</sup>.

Chlorofluorouhlovodíky nepatří k zvláště toxickým látkám. Při vystavení vysokým koncentracím CFC ale může docházet k ovlivnění centrální nervové soustavy a srdeční činnosti<sup>33</sup>.



**Obr. 9** Sloučenina dichlordifluormethan<sup>35</sup>

### 3.3 Péče o čistotu ovzduší u nás

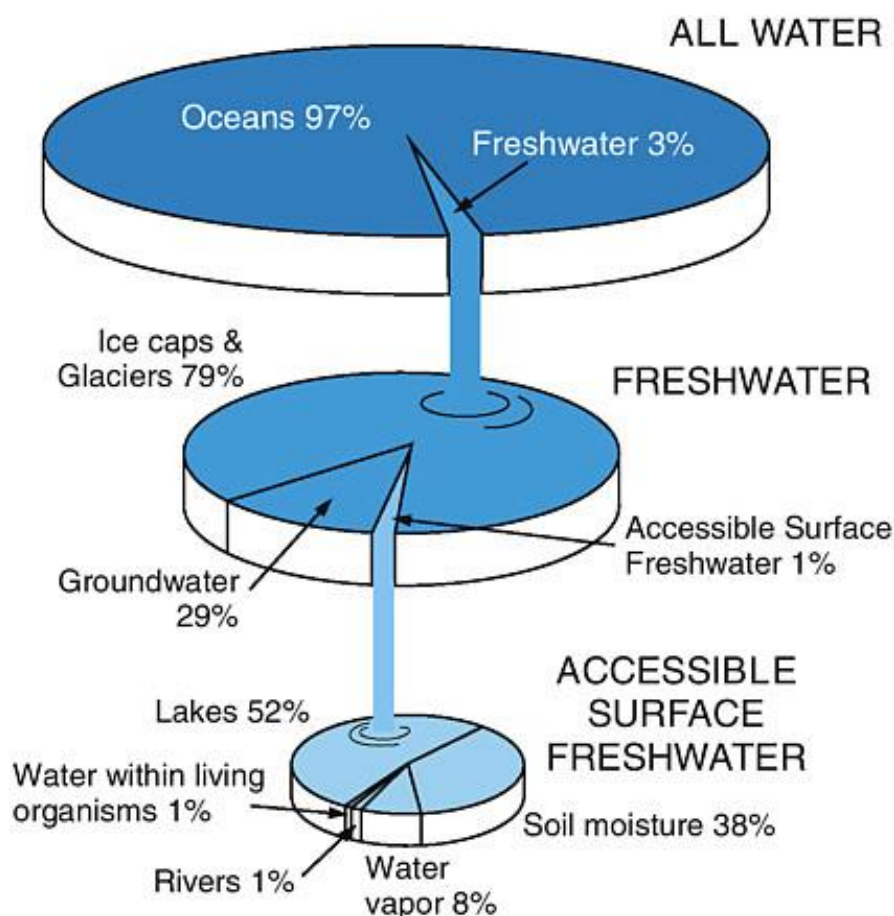
První monitorování ovzduší, které má počátky v 60. letech, bylo sledováno ve městech hygienickou službou a ve volné přírodě Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Později veškeré monitorování převzal ČHMÚ. Mezi prvními měřenými látkami byl oxid siřičitý a prašný aerosol<sup>12</sup>.

Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) vykonává funkci ústředního státního ústavu České republiky pro obory čistoty ovzduší, hydrologie, jakosti vody, klimatologie a meteorologie. Prostřednictvím internetových stránek ČHMÚ, můžeme zjistit informace o kvalitě ovzduší za uplynulé roky nebo aktuální stav ovzduší v určité lokalitě, dokonce i aktuální stav počasí u nás a ve světě<sup>36</sup>.

„Základním právním předpisem v oblasti ochrany ovzduší je zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší“ (cit. <sup>37</sup>). Tento zákon je rozšířen škálou provádějících předpisů v podobě nařízení vlády či vyhlášek MŽP a souvisí se začleněním naší země do legislativního systému EU. Nejdůležitější směrnicí EU je rámcová směrnice č. 96/62/EC o hodnocení a řízení kvality ovzduší, která byla doplněna čtyřmi tzv. dceřinými směrnicemi. Od roku 2010 jsou tyto směrnice nahrazeny směrnicí 2008/50/ES o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu. Nejdůležitější předpis, který MŽP připravuje, je nový zákon o ochraně ovzduší, který by měl vejít v platnost během roku 2012. „Jeho cílem je vytvořit legislativní podmínky pro snížení a omezení rizika pro lidské zdraví a zátěže životního prostředí v důsledku znečištění ovzduší a pro plnění našich národních cílů a mezinárodních závazků v oblasti ochrany ovzduší“ (cit.<sup>37</sup>).

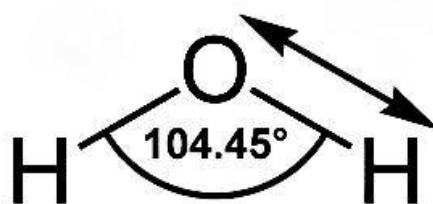
## 4 VODA

Vodu řadíme mezi jednu ze základních složek umožňující existenci na zemi. Pokrývá více než dvě třetiny zemského povrchu a celkové množství se odhaduje na 1,38 miliard km<sup>3</sup>(cit.<sup>38</sup>). V rámci zemské hydrosféry sladká voda tvoří jenom 3 % z celkového objemu vody na zemi, neboť většina sladké vody je držena v ledovcích a polárních ledových čepcích (Obr. 10). Pouze 30 % ze zásob sladkých vod jsou k dispozici pro lidskou spotřebu v podobě vod povrchových nebo podzemních<sup>39</sup>.



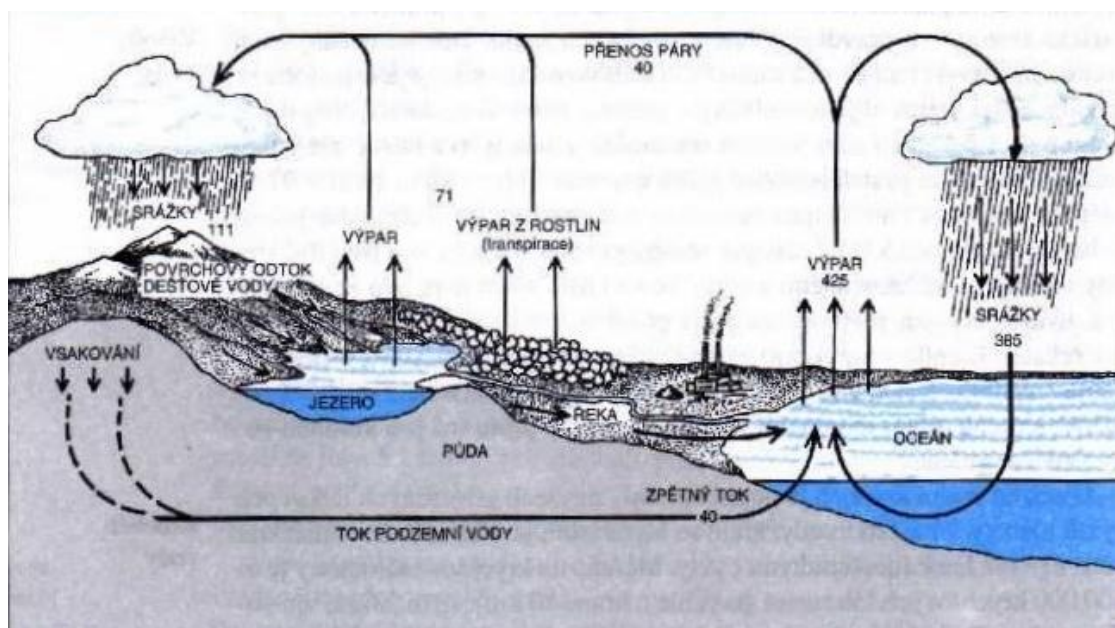
**Obr. 10** Rozložení zásob vody<sup>39</sup>

Z chemického hlediska je voda sloučenina jednoho atomu vodíku a dvou atomů kyslíku v podobě lomené molekuly (Obr. 11).



**Obr. 11** Molekula vody<sup>40</sup>

Za běžných podmínek se může vyskytovat v podobě plynné, kapalné a pevné téměř všude. Podílí se na řadě významných procesů, jako je transport živin, stabilizace teplot aj.<sup>2</sup>. Koloběh vody patří k nemohutnějším ze všech látkových koloběhů, ročně jim projde přes půl miliard krychlové vody. Globální koloběh vody, který je zobrazen na obr. 12, má čtyři základní cesty - vypařování vody na souši a z oceánů, vodní srážky, transport vody atmosférou ve formě vodní páry a odtok ze souší do oceánů řekami a podzemní vodou<sup>39</sup>.



**Obr. 12** Koloběh vody v přírodě<sup>41</sup>

Podle výskytu, původu a z hlediska kvalitativního složení rozlišujeme vodu povrchovou, srážkovou (*atmosférickou*) a podzemní<sup>42</sup>.

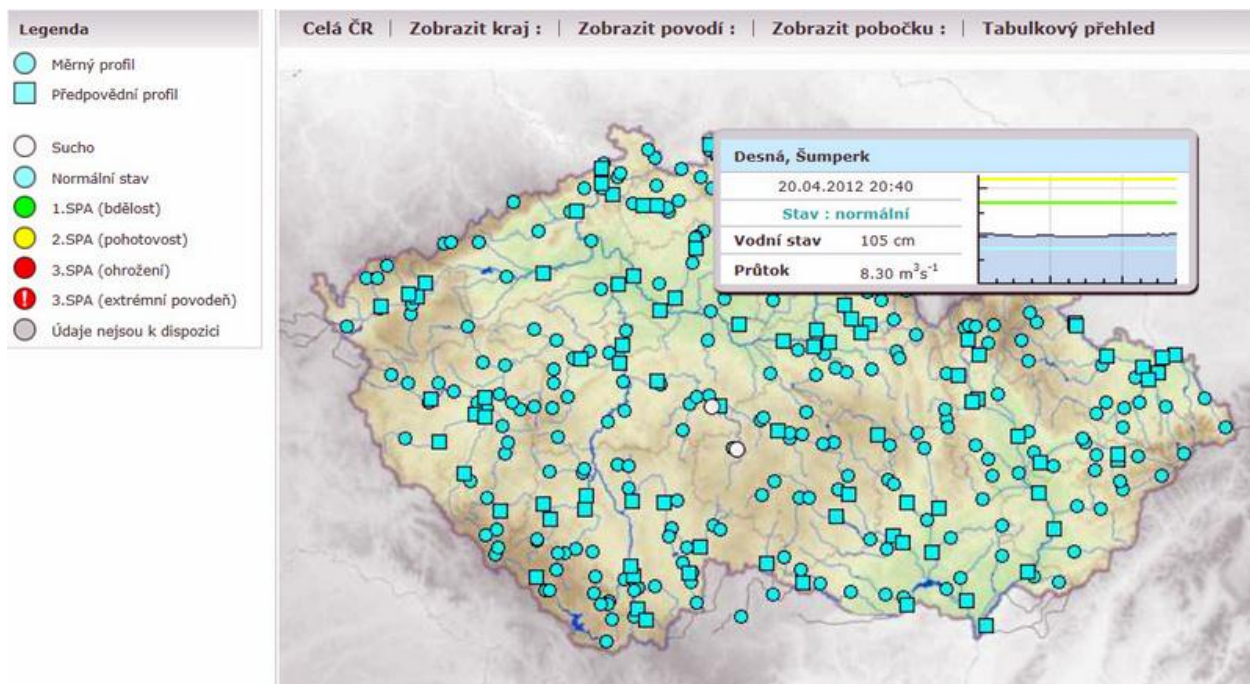
*Srážkovou vodu* ovlivňuje aktuální složení a stav ovzduší. Zvýšený obsah CO<sub>2</sub> snižuje pH vody a je příčinou jejího agresivního působení. Nejvýrazněji se na změně pH projevují produkty spalování, jako jsou oxidy dusíku a oxid siřičitý<sup>42</sup>.

*Podzemní voda* má nepravidelná ložiska a představuje důležité rezervoáry pitné vody pro obyvatelstvo. Je bohatá především na anorganické ionty např.  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , naopak koncentrace organických látek je nízká<sup>42</sup>.

*Povrchová voda* je vytvářena vodou tekoucí po zemském povrchu, formuje se z podzemních a srážkových vod. Na rozdíl od podzemních vod je obohacena organickými látkami. Nezastupitelnou funkci pro život ve vodě má kyslík. Mezi významné producenty kyslíku patří sinice a řasy<sup>42</sup>.

Zásoby vody v České republice jsou závislé na atmosférických srážkách. Z České republiky díky své geografické poloze odtéká prakticky všechna voda do tří moří - Severního, Baltického a Černého. Z čehož plyne, že na jednoho obyvatele ČR připadá zhruba poloviční množství vody v porovnání se zeměmi Evropské unie. Proto je pro nás důležité starat se o vodní zdroje a akumulovat vodu v nádržích pro překlenutí suchých období<sup>43</sup>.

Aktuální informace o průtoku i množství vody v jednotlivých oblastech České republiky, ale i přehled počasí, indikátory přívalových povodní či výstrahy a informační zprávy nalezneme na webových stránkách Hlásné a předpovědní povodňové služby<sup>44</sup>.



**Obr. 13** Aktuální informace o stavu a průtoku na tocích ze dne 20. 4. 2012, Šumperk<sup>44</sup>

## 4.1 Znečišťování a ochrana vod

Během historického vývoje člověka se hrávala voda různé role. Nejdříve představovala roli zavlažovací, později významnou dopravní a energetickou. Nyní v důsledku zvyšování kultury bydlení spojenou s obrovským průmyslovým rozvojem, nabývá význam zdravotně hygienický a technologický. S tím také souvisí kladení většího důrazu na čistotu vody respektive na kvalitu (*jakost*)<sup>6</sup>.

Světová zdravotnická organizace WHO definuje čistoty vody takto: „Řeka je znečištěna, je-li složení vody změněno v důsledku přímé nebo nepřímé činnosti člověka tak, že je méně vhodná pro některé nebo všechny účely, pro které je vhodná voda v přirozeném stavu” (cit.<sup>45</sup>). Z hlediska znečišťování můžeme rozdělit zdroje znečištění na vody průmyslové, průsakové a srážkové<sup>45</sup>.

Jak v minulosti, tak i dnes je kvalita vody a její množství životně důležitým faktorem. Celé civilizace vymřely z důvodu nedostatku vody či změny klimatu. Například zničující sucha v Africe během roku 1980 měli za následek katastrofální neúrodu a hlad. V roce 1999 zabilo teplo a sucho, doprovázené zdevastováním plodin a nedostatečnými zásobami vody velký počet lidí ve Spojených státech<sup>2</sup>. Z těchto příčin byl význam vody nejen pro člověka, ale i pro jeho životní prostředí výstižně formulován v Evropské vodní chartě, která byla vyhlášena Evropskou radou roku 1968 ve Strassburgu<sup>18</sup>.

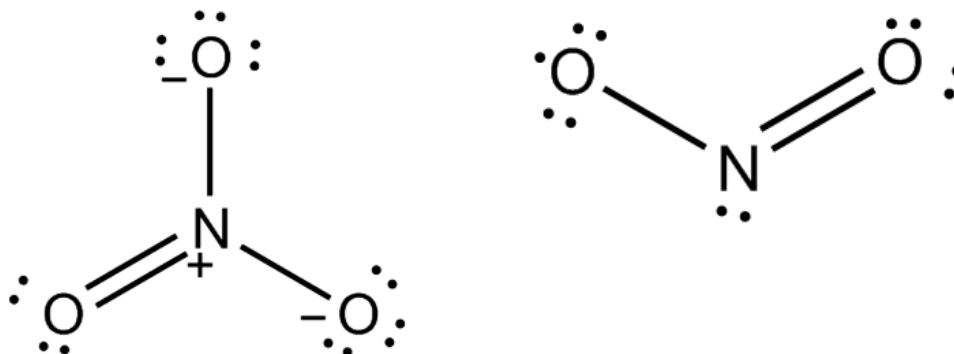
## 4.2 Povaha a vlastnosti znečišťujících látek

Existuje řada látek, jenž se mohou podílet na znečišťování vod. Mezi hlavní patří nadměrné množství anorganických a organických látek, které se dostávají do vody převážně nešetrnou lidskou činností. Například nadměrné používání nevhodných hnojiv, čímž dochází ke kontaminaci podzemních vod, tvorbou tzv. černých skládek, aj. Dalšími charakteristickými kontaminanty jsou látky bakteriální, radioaktivní a látky fyzikální, které způsobují změnu pH<sup>17</sup>.

### 4.2.1 Sloučeniny dusíku $NO_3^-$ , $NO_2^-$

Dusík patří mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Jeho sloučeniny se uplatňují při biologických procesech ve vodách. Dusičnany jsou konečným produktem rozkladu organických látek v přírodních vodách<sup>12</sup>. Jejich koncentrace závisí na vegetačním období – je dáno počtem dnů v roce, kdy je průměrná denní teplota 10 °C a více stupňů celsia<sup>46</sup>. V nadměrném množství se objevují v důsledku úniku z odpadních vod, kompostérů, septiků aj.<sup>12</sup>.

Pro dospělého člověka nepředstavují hrozbu, ale u kojence mohou způsobit až smrt. Dochází k jejich redukci na dusitany, které se váží na hemoglobin. Ten je poté blokován pro přenos kyslíku a dítě může umřít udušením<sup>47</sup>.

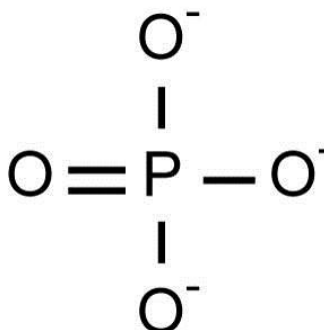


Obr. 14 Sloučenina  $\text{NO}_3$  a  $\text{NO}_2$  (cit.<sup>25</sup>)

#### 4.2.2 Sloučeniny fosforu $\text{PO}_4^{3-}$

Fosfor se dostává do vod přirozenou cestou - biologickou degradací půd a hromin. Vlivem lidské činnosti je ve vodě obsažen fosfor ve formě fosfátů, které jsou součástí splaškových odpadních vod z prádelen a textilního průmyslu, kde je přítomen ve fosfátových pracích práscích. Dále jsou zdrojem anorganického fosforu fosforečné hnojiva využívané v zemědělství<sup>12</sup>.

Ze zdravotního hlediska obsah fosforečnanů ve vodě při běžných koncentracích není příliš důležitý. Náhlý nárůst koncentrace fosforečnanů ve vodě může indikovat případné fekální znečištění vody. Problematická je především eutrofizace vod, na kterou má koncentrace fosforu zásadní vliv. U člověka může dlouhodobé působení způsobovat závažné alergické reakce<sup>48</sup>.



Obr. 15 Sloučenina  $\text{PO}_4^{3-}$  (cit.<sup>49</sup>)



### 4.2.3 Rtuť Hg

Patří mezi toxické kovy. Do podzemních vod se dostává z okolí nalezišť rumělky. Antropogenním zdrojem jsou odpadní vody z elektrolýzy a organických syntéz. Dříve byly zdrojem znečištění používané rtuťnaté fungicidy a rozbité teploměry<sup>2</sup>.

Intoxikace se projevuje zúžením zorného pole, atrofií mozku provázenou poruchami řeči, sluchu a svalovým třesem<sup>47</sup>.



**Obr. 16** Rozbitý teploměr s uvolněnou rtuť<sup>50</sup>

### 4.2.4 Olovo Pb

I přesto, že je olovo obsaženo v některých rudách, v přirozené formě se ho do vod uvolňuje málo. Hlavním zdrojem v minulosti byly olovnaté benzíny. Dalšími zdroji jsou odpadní vody ze zpracování rud, z výroby akumulátorů, či sklářského průmyslu. Olovo může být obsaženo v pitné vodě z koroze oloveného potrubí, které se už dnes nepoužívá<sup>12</sup>.

Olovo potlačuje tvorbu hemoglobinu, působí negativně na červené krvinky a nervový systém. Kumuluje v kostech, játrech a ledvinách. Pro předškolní děti představuje větší nebezpečí než pro dospělé, neboť u nich způsobuje epilepsii, mentální retardaci a poškozuje oční nerv<sup>47</sup>.





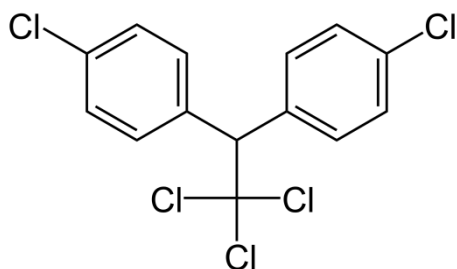
**Obr. 17** Lahvička s olovem<sup>51</sup>

#### **4.2.5 Pesticidy**

Látky používané k hubení rostlinných a živočišných škůdců označujeme jako pesticidy. První závažné debaty o pesticidech probíhaly už v letech 1962 až 1975. Lidé si během této doby vytvořili na pesticidy různé názory a nepotřebovali k tomu znalosti z chemie, zemědělství a ani toxikologie. Z minulosti je známo, že DDT (dichlordifenyltrichloretan) a další novější perzistentní pesticidy měly po druhé světové válce za úkol vyřešit problémy spojené s přenosem chorob hmyzem, stejně jako ochranu potravin před hmyzími škůdci<sup>52</sup>.

V současnosti je používání pesticidů kontrolováno právními normami, protože víme, že pesticidy jsou toxické látky, které nacházejí své využití nejen v zemědělství a lesnictví ale také ve vodním hospodářství pro redukci nežádoucích rostlin<sup>52</sup>.

Zdravotní rizika závisí na struktuře látky a jejím biologickém rozkladu. Významně nebezpečné jsou chlorované uhlovodíky (př. DDT). Porušují biochemické rovnováhy, způsobují rakovinu, poškození plic, poškození reprodukčních orgánů, dysfunkci imunitního i hormonálního systému a defekty plodu<sup>53</sup>.



**Obr. 18** Vzorec sloučeniny DDT<sup>54</sup>

#### 4.2.6 Sinice

V předešlých letech docházelo v České republice k neúměrnému přemnožení sinic – cyanobakterií. Sinice ke svému životu potřebují kromě vody a kyslíčnicku uhličitého nebo běžných uhličitánů zejména vyšší teplotu a dostatečnou délku slunečního svitu. Rozvoji sinic napomáhá zejména dusík a fosfor, u kterých koncentrace v povrchových vodách nebezpečně roste<sup>55</sup>.

Sinice produkují mutagenní jedy a hovoří se o tom, že mají i karcinogenní účinky. U člověka vyvolávají především alergické reakce nebo zánět spojivek. Podstatně větší nebezpečí představují pro malé děti a alergiky. Ve vodě mohou přemnožené sinice likvidovat i veškerý život. Dokonce jsou schopné způsobit i úhyn velkých sladkovodních i slanovodních savců<sup>55</sup>.



Obr. 19 Sinice<sup>55</sup>

#### 4.3 Péče o vodu u nás

„Většina vod je monitorována v souladu se Směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky“(cit.<sup>56</sup>). Tento Rámcový předpis vychází z principu trvale udržitelného vývoje. Navazuje na směrnici o integrované ochraně a omezování znečišťování, tím vytváří systém pro celkový přístup k ochraně vod a s ní spojených ekosystém. U povrchových vod se sleduje chemický a ekologický stav, zatímco u podzemních vod se pozoruje stav kvantitativní a chemický<sup>12</sup>.

Odbor ochrany vod MŽP spolupracuje s mnoha informačními systémy, jako jsou – *Hydro-ekologický informační systém (HEIS)* a *Digitální báze vodohospodářských dat (DIBAVOD)*, které slouží ke shromažďování poté vyhodnocování a následné prezentaci informací s vodní tematikou. Tyto jmenované systémy jsou spravovány Výzkumným

vodohospodářským ústavem. Systémem, který poskytuje informace o monitoringu kvality vod na území České republiky je *IS ARROW*. Představuje sběrnou databázi vzorků vod. Zahrnuje i portál dat odebraných vzorků vody a portál, jenž hodnotí kvalitu vod<sup>57</sup>.

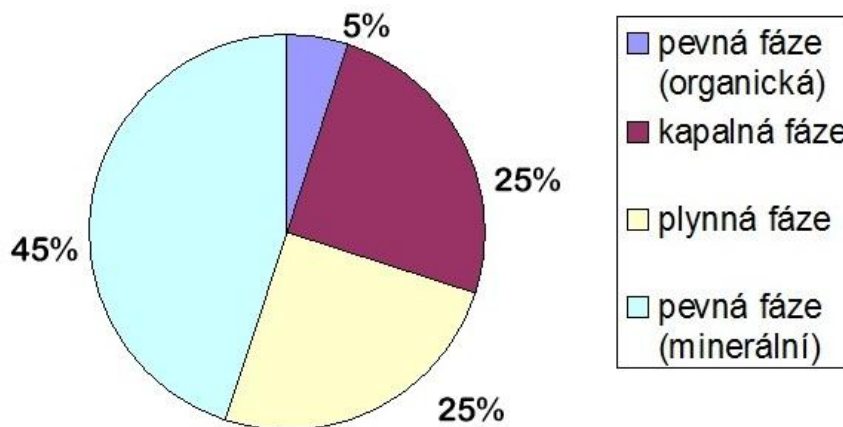
## 5 PŮDA

Veškerá půda na Zemi vytváří pedosféru, což je soubor všech půd zemského povrchu, který vzniknul na styku litosféry, atmosféry, hydrosféry a biosféry<sup>18</sup>. Je nejsvrchnější částí litosféry a vznikla složitými procesy. Poskytuje nám vodu, je zdrojem živin rostlinám a vytváří prostředí pro růst kořenů<sup>18</sup>. Půda je tvořena z jednotlivých skupenských fází (Obr. 20)<sup>58</sup>.

*Pevná fáze* je zastoupena minerálními a organickými složkami. *Minerální složka* je tvořena kameny, štěrkem, pískem, jílovými částicemi a je zásobárnou důležitých minerálů různého chemického složení. *Organická složka* má podstatný vliv na vlastnosti půdy (stabilizuje její strukturu, podporuje schopnost vázání vody, je zdrojem živin a potravy). Organická složka zahrnuje dvě důležité součásti: humus, jenž vzniká z odumřelých živočichů a edafon, který je zastupován živými organismy např. červi, prvoci.

*Kapalnou fázi* v půdě představuje půdní voda, která je důležitým faktorem pro růst rostlin, transport látek a samočistění prostředí<sup>12</sup>.

*Plynná fáze* se označuje jako půdní vzduch. Ve srovnání s atmosférickým vzduchem obsahuje vyšší koncentrace oxidu uhličitého<sup>12</sup>.



**Obr. 20** Zastoupení jednotlivých skupenských fází<sup>12</sup>

Částice, které se nachází v půdě, se liší velikostí ale i chemickým složením<sup>38</sup>. Podle převažujících částic rozeznáváme tři půdní druhy.

*Písčité půdy* - mají málo jílu, jsou lehké, snadno se obdělávají, ale nejsou bohaté na humus, jedná se o vzdušné půdy dobře propouštějící vodu, tudíž rychle vysychají<sup>12</sup>.

*Hlinité půdy*- řadíme k středně těžkým půdám, podíl písku a jílu je stejný, udržují si optimální poměr vody a půdního vzduchu, mají dostatek humusu a jsou tedy neúrodnější<sup>12</sup>.

*Jílové půdy* jsou těžké, váží vodu a dlouhou dobu ji udrží na úkor půdního vzduchu, kterého je poté nedostatek. Patří k špatně obdělávaným půdám<sup>12</sup>.

## 5.1 Znečišťování a ochrana půdy

Až poté, co člověk začal využívat půdu k pastvě zvířat, k pěstování plodin a místu k osídlení, vznikla půda, jak ji chápeme dnes. Z tohoto důvodu musí půda odpovídat základním hygienickým nárokům a je třeba ji chránit před znehodnocováním. Půda může být poškozována fyzikálně, chemicky a biologicky. Veškeré její znečištění vnímáme prostřednictvím potravy, avšak je důležité si uvědomit, že znečištění půdy není krátkodobou záležitostí, nýbrž často časově dlouhodobý proces<sup>6</sup>. V zásadě rozlišujeme troje škodlivé působení<sup>12</sup>.

*Fyzikální působení* – vyznačuje se zhutňováním půd, nesprávným odvodňováním, přehnanou závlahou způsobenou nevhodným užíváním zemědělské mechanizace, ale i působením radiace<sup>12</sup>.

*Chemické působení* – nadměrným hnojením minerálními hnojivy dochází k poklesu humusu. Je to způsobeno působením kyselých dešťů, biocidních látek a kontaminací ropnými, toxickými aj. látkami<sup>12</sup>.

*Biologické působení* – působením pesticidů v půdě ubývá edafonu a humusu, což znamená ztrátu energie a biogenních prvků<sup>12</sup>.

*Kombinované působení* – příkladem je přehnojování tekutou kledou<sup>12</sup>.

Důležitost půdy jako biogenní složky životního prostředí byla formulována v Evropské chartě o půdě, která byla vyhlášena roku 1972 Evropskou radou<sup>6</sup>.

## 5.2 Povaha a vlastnosti znečišťujících látek

Půda je častokrát konečným úložištěm odpadních látek<sup>12</sup>. Většina těchto škodlivin je antropogenního původu<sup>19</sup>. Mezi hlavní zdroje kontaminace půdy patří především imise, odpady a zplodiny energetických a průmyslových provozů atd.<sup>18</sup>. Z tohoto důvodu je ve městech obsah těžkých kovů 3 až 6krát vyšší než na venkově. Takže se ani nemůžeme divit, že mezi nejvýznamnější škodlivé látky patří těžké kovy, pesticidy a dusičnany<sup>19</sup>.

*Těžké kovy* – mezi nejnebezpečnější řadíme kadmium, rtuť, olovo a chrom.

*Pesticidy* – jsou chemické přípravky proti škodlivému hmyzu, chorobám rostlin a plevelu. Jejich chemickou podstatou jsou složité organické sloučeniny. Do této skupiny řadíme také repelenty, regulátory růstu rostlin, desikátory i antibiotika<sup>17</sup>.

Dusičnany bývají přirozenou složkou rostlinné hmoty. Zvětšený obsah dusičnanů představuje riziko přechodu na dusitany<sup>18</sup>.

### **5.2.1 *Kadmium Cd***

Je jedna z nejnebezpečnějších látek, která z půdy snadno přechází do rostlin. Zdrojem jsou komunální odpady, průmyslové komposty a fosforečná hnojiva<sup>18</sup>.

Kadmium se dokáže vázat na speciální proteiny tzv. metaloproteiny, což jsou nízkomolekulární látky. Obsahují větší počet molekul aminokyselin cysteinu. Metaloproteiny se nacházejí v játrech, ledvinách, ale i červených krvinkách a zvýšená koncentrace kadmia může vyvolat poškození těchto orgánů a buněk<sup>38</sup>.



**Obr. 21** Lahvička s kadmíem<sup>51</sup>.

### **5.2.2 *Chrom Cr***

Transport chromu do rostlin je nepatrný. Do půdy se dostává ze spalování fosilních paliv, průmyslových imisí, veřejných kanalizací aj. Kovový chrom není jedovatý, toxická pro tělo je pouze šestimocná forma<sup>6</sup>.

Inhalace prachů šestimocných sloučenin chromu vyvolává astmatické potíže. Dochází současně k poškození ledvin (nefrototoxicita – výskyt bílkovin, krve, cukru v moči) a jater (*hepatotoxicita*)<sup>19</sup>.



**Obr. 22** Lahvička s chromem<sup>51</sup>

### **5.2.3 Měď Cu**

V půdě se vyskytuje ve stopovém množství přirozeně, uplatňuje se jako mikroživina ve výživě rostlin. Zvýšení koncentrace je způsobeno průmyslovou činností člověka např. těžbou rud, používáním algicidů<sup>6</sup>.

Pro organismy je esenciální pouze v nízkých koncentracích. Měď dle toxicity řadíme hned za rtuť a olovo. Toxické jsou hlavně její soli. Měď se ukládá v játrech u novorozenců a v mozku u dospělých<sup>19</sup>.

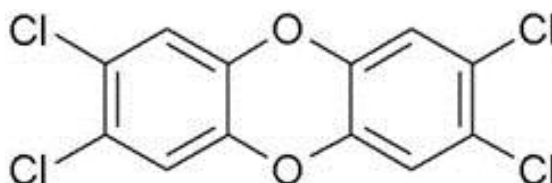


**Obr. 23** Lahvička s mědí<sup>51</sup>

### **5.2.4 Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany**

Patří k organickým kontaminantům. Jedná se o chemicky stálé aromatické sloučeniny, které mají schopnost akumulovat se v potravním řetězci. Mezi trvalé zdroje těchto škodlivin patří spalovny komunálních a průmyslových odpadů, ale také topeniště, kde se topí uhlím<sup>47</sup>.

Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany zařazujeme obecně mezi látky velmi nebezpečné pro zdraví člověka. Do organismu se dostávají požitím kontaminovaných potravin. Jejich nebezpečí spočívá v tom, že jsou ohrožující ve stopových koncentracích. Konkrétní ohrožení zdraví člověka se projevuje nevolností, bolestí hlavy, zvracením, poškozením jater, podrážděním kůže a očí. Tyto látky zařazujeme mezi extrémně toxické, teratogenní, mutagenní a pravděpodobně karcinogenní<sup>32</sup>.



**Obr. 24** Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany<sup>32</sup>

### 5.3 Péče o půdu u nás

Do roku 1980 byly potíže se znečišťováním půdy řešeny pouze odtěžením, odvážkou a podle povahy znečišťující látky buď řízeným uložením, nebo spálením. Tento postup likvidace kontaminace, je velice nákladný a náročný vzhledem k následné péči o úložiště nebezpečného odpadu<sup>12</sup>.

Na rozdíl od vody a ovzduší není u nás péče o půdu ošetřena samostatným zákonem. Specifické odstavce, které se týkají ochrany půdy, jsou však v zákonech č. 114/1992 Sb., Zákon o ochraně přírody a krajiny; č.334/1992 Sb., Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu; č. 289/1995 Sb., Zákon Parlamentu České republiky o lesích a o změně a doplnění některých zákonů<sup>12</sup>.



## 6 PRÁCE V CHEMICKÉ LABORATOŘI:

### 6.1 Odběr vzorku

V prvé řadě bychom si měli definovat pojem *vzorek*. Jako *vzorek* označujeme jednotlivé množství materiálu, které zpracováváme při chemické analýze<sup>59</sup>.

Odběr vzorku je důležitým krokem správné analýzy, ale často bývá podceňován, přičemž špatně provedené vzorkování může ovlivnit celkový výsledek analýzy. Ve vzorkování hraje důležitou roli skupenství, neboť odběr pevného, kapalného či plynného vzorku vyžaduje odlišný přístup<sup>61</sup>. Odběr vzorku je ovlivněn množstvím odebraného materiálu, účelem analýzy a cílem analýzy. Cíle projektu bývají různé. V rámci životního prostředí se monitoruje vývoj koncentrace některých znečištěných složek, jsou ověřovány kvality pitných vod, aj.<sup>62</sup>.

Významnou součástí vzorkování je dokumentace. Její úlohou je zprostředkovat data pro kontrolu průběhu vzorkování, ale i budoucí revizi a interpretaci dat získaných při odběru. Během vzorkování dochází k největším ztrátám těkavostí, oxidací, redukcí a biodegradací<sup>62</sup>.

#### 6.1.1 Vzorkování půdy

Patří mezi jeden z nejobtížnějších úkolů analýzy. Abychom dosáhli reprezentativního vzorku, je často nutná homogenizace nehomogenních látek obsažených v půdě. Při odběru vzorku půdy bychom měli znát velikost pozemku, z něž odběr provádíme a vytvořit si plán odběru půdy. Rozmístění vpichů by mělo být pravidelné po celém pozemku nebo úhlopříčně. Mezi nástroje využívané k odběru patří rýč, spirálový vrták nebo trubkový vzorkovač<sup>47</sup>.



**Obr. 25** Trubkový vzorkovač se seříznutým koncem

Takto získaný terénní vzorek bývá často přímo na místě promísen, kvartován na podstatně menší část a transportován do laboratoře jako tzv. *laboratorní vzorek*. V laboratoři se vzorek zbaví hrubých nečistot, usuší a vytřídí za použití mlýnů a sít. Poté se vzorek rozdělí na několik vzorků analytických. Z nichž se jeden usuší do konstantní hmotnosti a tento údaj slouží k přepočítání výsledků na suchou půdu<sup>47</sup>.



**Obr. 26** Spirálový vrták<sup>63</sup>

### **6.1.2 Vzorkování vody**

Při vzorkování vody musíme zvolit vhodnou strategii odběru, abychom získali reprezentativní vzorek. Způsob odběru vody závisí na druhu odběrové vody a na typu odebíraných látek, tzn. zda-li odebíráme pouze vodu, nebo i sedimenty<sup>64</sup>.



**Obr. 27** Odběrové zařízení na odběr vzorků vody<sup>64</sup>

### Tekoucí vody

Dělíme na velké a malé toky, lišící se různým vlivem podílu dna a břehů. Při samotném odběru je důležité, aby se nevířily sedimenty nebo nárosty na dně. Nejlépe je vzorkování provádět v proudnici toku. Během odběru je vhodné využívat schůdky, lávky, mostky aj. propriety pro usnadnění odběru. Mezi používané nástroje patří odběrové nádoby na tyči či vzorkovače<sup>65</sup>.

### Stojaté vody

Můžeme rozdělit na malé vodní nádrže (relativně mělké) a velké nádrže (přechodnou vertikální stratifikací). Pro běžná vodohospodářská sledování se provádí odběry v nejhlubší části u hráze (ze schůdků, lávek, bezpečnostního přepadu). U dlouhých nádrží je nezbytné počítat s případnými odběry z lodí, kde je třeba dodržovat bezpečnostní předpisy pro provoz plavidel<sup>66</sup>.

### Podzemní vody

Odběry podzemních vod z pramenů, vrtů a studní se řídí zvláštními zásadami. S odběry vody ze studní nebývají zpravidla problémy, je nutné zohlednit výšku hladiny, množství a rychlost odběru v případech, kdy je studna používána jako zdroj pitné vody. Odběr z vrtů je značně složitější, zvláště u těch hlubokých a úzkých<sup>65</sup>.

#### **6.1.3 Vzorkování ovzduší**

Představuje obtížný krok, jelikož vzduch je zředěný aerosol, obsahující plynné částice, prachové částice a kapalnou fázi (kapičky). Rozlišujeme aktivní a pasivní vzorkování ovzduší<sup>62</sup>.

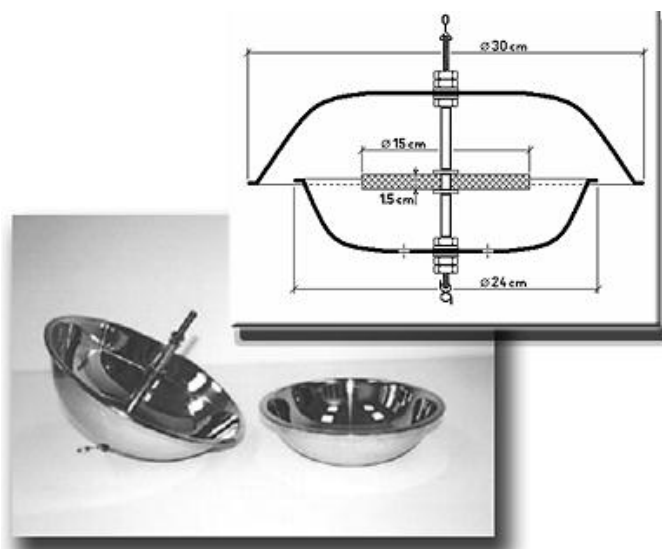
U *aktivního vzorkování* je vzorek odebírán pomocí dodání energie, tzn. využití jiného hnacího mechanismu než je difúze. Aktivní částí může být čerpadlo (sání či výtlač), podtlak (kanystry, vaky), atd. V praxi se běžně používá velkoobjemové čerpadlo například typu PS-1 (Obr.28)<sup>68</sup>.



**Obr. 28** Aktivní vzorkovač ovzduší- velkoobjemové čerpadlo PS-1<sup>67</sup>

Výhody aktivního vzorkování je jednoduchá manipulace, můžeme řídit rychlost, známe přesné množství přefiltrovaného vzduchu. Na druhé straně tento způsob vzorkování je poměrně drahý a navíc potřebujeme při vzorkování zdroj energie<sup>68</sup>.

*Pasivní vzorkování* je založeno na volné difúzi toku molekul vzorkované sloučeniny ze vzorkovaného do sběrného média. Tento proces je způsoben snahou o dosažení rovnovážné koncentrace vzorkované látky v obou médiích. Je ukončen dosažením rovnovážného stavu nebo manuálně. Pasivní vzorkovače jsou charakteristické vzorkováním pouze určité frakce polutantů<sup>62</sup>.



**Obr. 29** Pasivní vzorkovač ovzduší<sup>69</sup>

Výhody pasivního vzorkování jsou nízká cena zařízení, malé provozní náklady, jednoduchost a většinou jednodušší laboratorní zpracování exponovaných médií. Důležitá je nezávislost na zdroji energie, ale především poskytující informace o dlouhodobé kontaminaci vybraného místa. K hlavním nevýhodám patří nižší citlivost, vyšší detekční limit a malá citlivost na náhodné extrémní změny<sup>68</sup>.

## 6.2 Uchování a přeprava vzorku

Terénní vzorek musí být přepraven na místo dalšího zpracování v co nejkratším čase a v nezměněném stavu. Aby se předešlo činnosti mikroorganismů, enzymů, odpařování vody, úniku těkavých látek a působení kyslíku, musí se vzorek správně uchovat. Ze zmíněných důvodů je nutné materiály, obsahující mikroorganismy, enzymy i těkavé látky uchovávat v chladu<sup>65</sup>.

*Vzorky pevného skupenství* se uskladňují v těsnících nádobách při teplotě 4 °C. Biologické materiály se uchovávají také při teplotě 4 °C nebo se mrazí při teplotách -18 °C (tělňí tekutiny). Při manipulaci s těmito vzorky musíme zohlednit potřebnou teplotu, aby nedošlo ke ztrátám analytu<sup>61</sup>.

*Vzorky kapalného skupenství* se dopravují a uchovávají při teplotě 4 °C. Nepracujeme-li, se vzorkem do 48 hodin je nutné vzorek stabilizovat. Metoda stabilizace závisí na typu analytu, který je stanovován. V praxi se běžně odebírá z jednoho odběrového místa více celkových vzorků, jež jsou určeny k jednotlivým analýzám.

*Vzorky plynného skupenství* se transportují v uzavřených dobře těsnících odběrových nádobách a zařízeních.

Nezáleží na tom jakého skupenství vzorek je, ale vždy musíme dbát na to, aby nedošlo ke kontaminaci vzorku odběrovým zařízením či nádobou na uskladnění. Příčinou kontaminace může být nevhodný materiál, z něhož je odběrové zařízení a uskladňovací nádoba zhotovena, eventuálně nevhodné nebo nedostatečné čišťení vzorkovacího náčiní<sup>62</sup>.

## 6.3 Zpracování vzorku před analýzou

Z terénního vzorku se mechanickými úpravami (míchání, homogenizace, kvartace) získá laboratorní vzorek, který se dále rozděluje podle typů analýz, jež mají být provedeny. Z testovacího vzorku se připravuje vzorek analytický (rozpuštěním, separací). Každý z výše zmiňovaných vzorků by měl být reprezentativní, stabilní, dostatečně velký a jeho vlastnosti by měly odpovídat vlastnostem během odběru<sup>62</sup>.

U *pevných vzorků* (hornin, rud, aj.) musí nejdříve nastat jejich homogenizace za využití mletí a drcení. Při těchto operacích se musí brát v úvahu možnost kontaminace

vzorku otěrem materiálu použitých drtičů či mlýnů. Získaný vzorek se podrobí homogenizaci a zmenšování jeho hmotnosti, přičemž opakováním zmíněných úkonů dosáhneme požadované zrnitosti a hmotnosti<sup>61</sup>.

Vzorky *kapalného skupenství* se homogenizují pouze promícháním v odběrové nádobě. Jsou-li v kapalině obsaženy nerozpuštěné částice, musíme zajistit, aby k analýze byl odebrán testovací vzorek s jejich stejným podílem<sup>65</sup>.

U *plynného skupenství* jsou obvykle odebrané vzorky přímo vzorky testovacími<sup>74</sup>.

## 6.4 Analýza vzorku

Jak už jsme zmínili, látky určené k analýze mohou být různého skupenství. Před samotnou analýzou se nejdříve zkoumají sensorické vlastnosti vzorku. Sensorická analýza využívá smyslů člověka jako zrak, čich, aj. Pomocí zraku posoudíme barvu analyzovaného vzorku, čichem případný zápach. Tento popis vzorku, zahrnující i měření pH, spolu s předběžnými zkouškami může později ulehčit určení jednotlivých složek v analyzovaném vzorku<sup>70</sup>.

Po provedení předběžných zkoušek můžeme pracovat s roztokem vzorku a provést nejprve důkaz kationtů a následně aniontů. Nesmíme zapomínat na dodržování čistoty během analýzy, laboratorní sklo se proplachuje pouze destilovanou vodou<sup>71</sup>.

### 6.4.1 Popis vzorku

Zaznamenáváme barvu, případný zákal, zápach a pH vodného roztoku<sup>71</sup>.

#### Zbarvení a zákal vzorku

Důkladné prozkoumání zbarvení analyzovaného vzorku nám může napovědět o přítomnosti některých látek. Například žluto – oranžové zbarvení pozorujeme u vod, obsahující zvýšený obsah  $\text{Fe}^{2+}$  iontů a organických látek. Rozlišuje se barva „pravá“ - skutečná, zapříčiněná rozpuštěnými látkami, od „zdánlivé“, která je způsobena barevností nerozpuštěných látek, které se odstraní filtrací<sup>74</sup>.

Zákal vody rozlišujeme „přírodní“ či „umělý“, který je způsoben činností člověka. Přírodní zákal je způsoben jílovitými materiály, oxidy železa, manganu, řasy, planktonem aj.<sup>74</sup>.

#### Měření pH

Hodnota pH je další z velmi důležitých charakteristik pro průběh chemických dějů. S ohledem na požadovanou přesnost hodnoty pH můžeme volit mezi dvěma způsoby

měření. Pro orientační stanovení se využívá indikátorový papírek (pH papírek), pro měření pH s větší přesností se užívají pH metry<sup>72</sup>. Pomocí pH metru se měří rovnovážné elektromotorické napětí galvanického článku. Napětí se tvoří mezi dvěma elektrodami ponořenými do měřeného roztoku. Jedna z elektrod je srovnávací (*referentní*) se známým konstantním elektrodovým potenciálem (*nejčastěji argentchloridová elektroda*), druhá elektroda je indikační (*měrná*). Měrnou elektrodou bývá skleněná elektroda, jejíž potenciál je funkcí aktivity vodíkových iontů ( $H^+$ ), závisí tedy na pH<sup>73</sup>.

### Pach

Je nepříjemnou vlastností vody. Podstatné je, že ne každá páchnoucí voda musí být závadná. Mezi látky způsobující pach přírodních vod patří<sup>74</sup>.

- Rozpustné soli, horké plyny v pramenech - přirozené součásti vody
- Produkty biologických procesů a rozkladu organ. látek (mikroorganismy)
- Saponáty, pesticidy, chemikálie z průmyslu, zemědělství
- Produkty z havárií

### **6.4.2 Předběžné zkoušky**

Provádějí se s malou částí analyzovaného vzorku. Poskytují základní informace o charakteru a přibližném složení zkoumaného vzorku. Některé reakce z předběžných zkoušek jsou tak specifické, že mohou sloužit jako ověřovací zkoušky. Nejdůležitější reakcí je plamenová reakce<sup>72</sup>.

### Plamenové reakce

Jsou založeny na skutečnosti, že soli některých kovů zabarvují charakteristicky plamen. Reakce se provádí pomocí platinového drátku. Zabarvení plamene, způsobené přítomností solí některých kovů jsou uvedeny v tabulce tab. I (cit. <sup>73-72</sup>).

**Tab. I** Plamenové reakce iontů<sup>72</sup>

<b>Ion</b>	<b>Zbarvení plamene</b>
Ca <sup>2+</sup>	Cihlově červený
Na <sup>+</sup>	Intenzivně žlutý
K <sup>+</sup>	Nafialovělý
Li <sup>+</sup>	Karmínově červený
Cu <sup>2+</sup>	Intenzivně zeleně

### **6.4.3 Dělení a důkaz kationtů**

Dělení kationtů je založeno na skutečnosti, že mnohé kationty či anionty obsažené ve směsi se postupně separují za použití skupinových činidel do určité skupiny iontů. Poté co jsou ionty odděleny do jednotlivých tříd, se příslušné ionty dokazují pomocí selektivních činidel. Tato činidla umožňují stanovit určitý iont za daných podmínek i v přítomnosti několika prvků<sup>73</sup>.

### **6.5 Závěrečná zpráva**

Nezbytnou tečkou za každým výzkumem či analýzou je závěrečná zpráva. První částí závěrečné zprávy je část teoretická. Představuje zadání a cíle zkoumaného úkolu. Po prostudování literatury se informujeme o dosavadním řešení dané problematiky a případné návaznosti na ní. Druhá část tzv. metodologická přináší informace o objektech zkoumání, jejich hlavní charakteristiku, včetně konkrétního sběru dat a jejich vyhodnocování. Také navíc obsahuje doporučení a shrnuje závěry výzkumu<sup>75</sup>.

Výsledky jednotlivých závěrečných zpráv slouží k dlouhodobému monitorování, ale také k retrospektivnímu porovnání výsledků. Na základě těchto zpráv můžeme např. porovnat zlepšení či zhoršení životního prostředí<sup>74-75</sup>.



## 7 LABORATORNÍ ÚLOHY<sup>71-74</sup>

### 7.1 Odběr vzorku vody z tekoucích vod, měření konduktivity a teploty

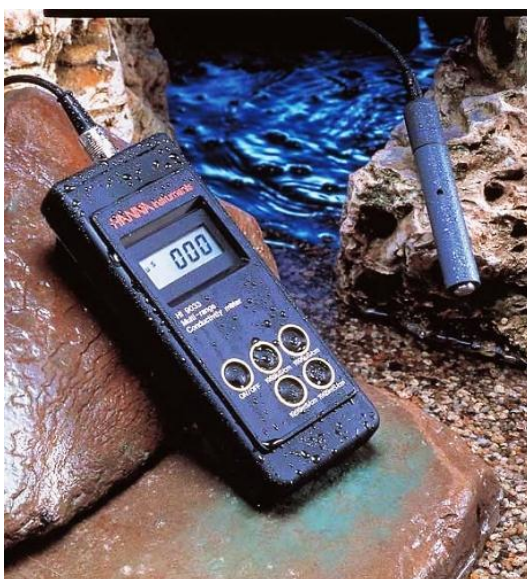
**Cíl:** Naučit se správnému vzorkování tekoucích vod, používání konduktometru a zjišťování teploty - významného ukazatele jakosti a vlastností vody.

**Materiál a chemikálie:**

**Materiál:** odběrové zařízení, nádoba na uskladnění, konduktometr, teploměr se stupnicí po 0,1 °C

**Pracovní postup:**

- Zaznamenejte si do **protokolu** místo odběru, datum, čas (hodnoty nutné pro porovnání při opakování odběru), teplotu vzduchu.
- Změřte **teplotu** vody pomocí teploměru. Vložením teploměru přímo pod hladinu. Výslednou teplotu odečtěte po ustálení teploty.
- Poté změřte **konduktivitu** vody, ponořením sondy konduktometru (Obr. 30) do vody a zjistěte hodnotu konduktivity.



**Obr. 30** konduktometr Hanna<sup>76</sup>

- Naměřené hodnoty si zapište.
- Vodu odeberte do odběrových nádob (Obr. 31), tak abyste zabránili tvorbě vzduchových bublinek a nebrali jste **sediment** ze dna.
- Po vlastním odběru nádobu pečlivě uzavřete a odběrové nádoby si **označte**.

- Nebudete-li analýzu provádět ihned, uchovejte vzorek v lednici při teplotě 3-4 °C.



Obr. 31 odběr vody<sup>77</sup>

**Zjištění:**

*Teplota* vody se mění nejen během roku, ale i během dne. Je ovlivněna průtokem vody, neboť různou teplotu naměříme ve stojatých a jinou v proudících vodách. Rozdíl teplot se projevuje také u pitných a odpadních vod, ale i povrchových a podzemních. Rozlišení vod podle teploty je uvedeno v tab. II.

*Konduktivita* vyjadřuje nepřímo obsah minerálních látek (solí), nacházejících se ve vodě. Povrchové i *podzemní* vody mají konduktivitu v rozmezí 5 až 50 mS/m, některé průmyslové vody mohou mít hodnotu vyšší než 103 mS/m.

**Tab. II** Rozlišení vod podle teploty<sup>74</sup>

<b>Rozlišení vod podle teploty</b>	
<b>Vody studené</b>	do 25 °C
<b>Vody vlažné</b>	25 – 35 °C
<b>Vody teplé</b>	35- 42 °C
<b>Vody horké</b>	nad 42 °C

**Závěr:**

Znalost teploty vod, které se mění v závislosti na proudění vody, jsou významné především pro posouzení kyslíkových poměrů a také z hlediska výskytu ryb. Pro příklad ve vodě o koncentraci 11-7 mg O<sub>2</sub>/l se vyskytují pstruhové ryby, naopak ryby lipanové najdeme ve vodách s *koncentrací* 7-5 mg O<sub>2</sub>/l.

Hodnota konduktivity pro pitnou vodu je 125 mS/m, tj. asi 1000 mg/l rozpuštěných látek. Vody s vyšší mineralizací než 1000 mg/l se považují za minerální a nejsou vhodné pro stálé pití, neboť mohou způsobit průjemové onemocnění<sup>78</sup>.

## 7.2 Popis senzorických vlastností

**Cíl:** Zjištění zbarvení analyzovaného vzorku (ukazatel znečištěných vod), stanovení míry kyselosti či zásaditosti vody, zjištění pachu a jeho síly.

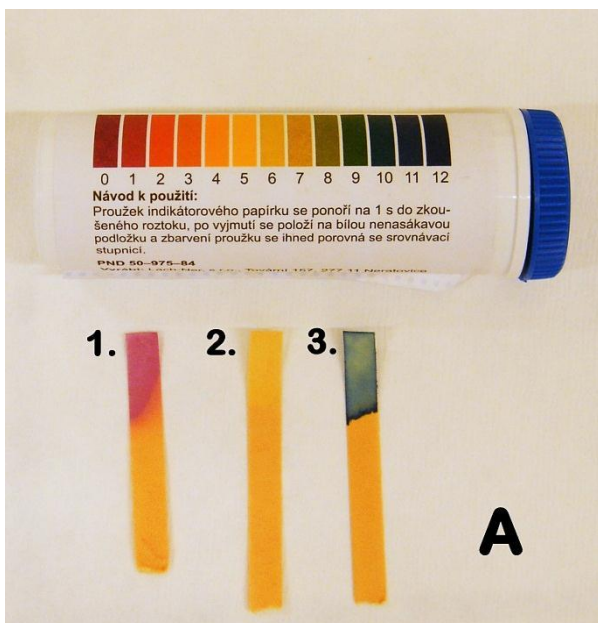
### 7.2.1 Měření pH analyzovaného vzorku vody

#### **Materiál a chemikálie:**

**Materiál:** uskladňovací nádoby se vzorkem (polyethylenové láhve se širším hrdlem), zkumavka, pH papírek, skleněná tyčinka, kapátko, kádinka, pH metr.

#### **Pracovní postup:**

- Vytvořte **reprezentativní vzorek**, který by měl odpovídat vlastnostem celého analyzovaného materiálu (docílíte promísením vod z odběrových nádob).
- Do zkumavky napipetujte kapátkem<sup>o</sup> 1 ml vzorku.
- Skleněnou tyčinku ponořte do zkumavky a naneste 2-3 kapky na **indikátorový papírek** (pH papírek).
- Pomocí barevné stupnice, nacházející se na zadní straně tuby, odečtěte hodnotu pH.
- Přesnější hodnotu pH můžete stanovit použitím **pH metru**. Přístroj nakalibrujte.
- Následně opláchněte skleněnou elektrodu destilovanou vodou, důkladně osušte a ponořte elektrodu do kádinky s analyzovaným vzorkem.
- Odečtěte hodnotu ustáleného pH, výsledek si zaznamenejte.
- Porovnejte hodnoty pH naměřené pomocí pH metru a indikátorového papírku.
- Na obrázku 32 vidíte *odečet pH*.
  - Obrázek **A** znázorňuje pH naměřené indikačními papírky.
  - Obrázek **B** ukazuje naměřené pH na pH metru.



**Obr. 32** Měření pH – A) *indikačními papírky*; B) *pH metr*

**Komentář k obrázkům:**

Na obr. 30. A) máte zobrazeny tři indikátorové pH papírky.

- Papírek č. 1 byl pro názornost ponořen do kyseliny chlorovodíkové, znázorňuje kyselé pH (1).
- Papírek č. 2 byl ponořen do analyzovaného vzorku, hodnota pH (7) je neutrální.
- Papírek č. 3 byl ponořen do hydroxidu sodného a představuje zásadité pH (10).

**Zjištění:**

Barevná změna na indikátorovém papírku nám udává pH analyzovaného roztoku. Rozmezí naměřených hodnot pH je 0-14, přičemž neutrální hodnota pH je rovna číslu 7. Zatímco *hodnoty* od 0 do 7 jsou charakteristické pro látky, které přibývají na kyselosti, hodnoty v rozmezí 7-14 přibývají na zásaditosti. Pro přehlednost jsou jednotlivé hodnoty pH zaznamenány v tab. III.

Tab. III Hodnoty pH<sup>74</sup>

pH	Charakteristika vodného roztoku	pH	Charakteristika vodného roztoku
do 4,0	extrémně kyselý	7,5 - 8,7	slabě zásaditý
4,1 – 4,5	silně kyselý	8,8 - 9,4	zásaditý
4,6 – 5,2	kyselý	9,5 - 9,9	silně zásaditý
5,3 – 6,5	slabě kyselý	10,00 a výše	extrémně zásaditý
6,6 – 7,4	neutrální		

**Závěr:**

Pokud se u přírodních vod pohybují hodnoty pH v rozmezí 4,5 až 8,3 nepůsobí pH negativně na životní prostředí vody. Pokles hodnoty pH pod 4,5 je způsobeno přítomností anorganických a organických kyselin. Pokud nabývá pH hodnotu vyšší než 8,3 obsahuje voda uhličitany anebo hydroxidy<sup>79</sup>.

**7.2.2 Zjišťování pachu vody**

**Materiál a chemikálie:**

Materiál: reprezentativní vzorek vody, kádinky, plynový či elektrický vaříč, teploměr, hrnec, Erlenmeyerova odměrná baňka.

**Pracovní postup:**

- Do kádinky nalijte 50 ml analyzované vody, po přičichnutí zjistíte zápach.
- Zjištěný zápach si slovně zaznamenejte podle tabulky IV.
- Přelijte analyzovaný vzorek do Erlenmeyerovy baňky.
- Baňku uzavřete zátkou a zahřejte ve vodní lázni na teplotu 40 - 60 °C.
- Následně baňku silně protřepejte, otevřete a opatrně přičichněte.
- Zápach si znovu zapište a poté posuďte zda-li došlo k nějaké změně zápachu.

**Zjištění:**

Pachy povrchových vod určených při teplotách 20 – 60 °C rozeznáváme podle zdroje jako fekální, plísňové, zemité, rašelinové či po jednotlivých chemikáliích, aj. Sílu pachu vyhodnocujeme podle tab. IV.

**Tab. IV** Hodnocení zápachu<sup>74</sup>

<b>Zápach</b>	<b>Poznámky</b>
<b>Bez zvláštností</b>	Čistá voda
<b>Čerstvý</b>	
<b>Zemitý</b>	
<b>Zatuchlý</b>	
<b>Travní až plísňový</b>	Může ukazovat na hromadný rozvoj sinic
<b>Hnilobný</b>	Může ukazovat na hnilobné procesy a tím na nedostatek kyslíku
<b>Po fekáliích</b>	Může ukazovat na vedení odpadní vody
<b>Rybí</b>	Může být způsobený rozsivkami
<b>Chemický</b>	Způsobený například chlorem

**Závěr:**

Zápach je nepříjemnou vlastností vody. Podstatné je, že ne každá páchnoucí voda musí být závadná.



### 7.2.3 Zjištění zbarvení analyzovaného vzorku

#### **Materiál a chemikálie:**

**Materiály:** reprezentativní vzorek vody, 2 ks kádinek (100 ml, 250 ml), filtrační papír, nůžky, filtrační aparatura, bílé pozadí, čtecí podložka s písmem.

#### **Pracovní postup:**

- Sestavíte **filtrační** aparaturu podle obr. 33
- Do čisté kádinky přefiltrujte část analyzovaného vzorku vody.
- Pohledem proti čtverci bílého papíru, sloužícího jako pozadí, **stanovte barvu**.
- Výsledek zapište slovně, na základě pojmenování odstínu barvy a její intenzity.



**Obr. 33** Filtrační aparatura<sup>80</sup>

#### **Zjištění:**

Barva analyzovaného vzorku se stanovuje ve filtrátu (přefiltrovaný vzorek) původního vzorku vody. Žluté až žlutohnědé zbarvení vody je ovlivněno přítomností jílu a rašeliny, červenohnědé sloučeninami železa, fytoplankton způsobuje nazelenalé nebo nahnědlé zbarvení. Zdánlivé zbarvení je odvozeno z absorpance rozpuštěných druhů a rozptylu světla částicemi. Vlastní stanovení barvy se provádí vizuálním porovnáním, nebo pomocí spektrofotometru.



**Závěr:**

Rozlišuje se barva „pravá“ - skutečná, zapříčiněná rozpuštěnými látkami od „zdánlivé“, která je způsobena barevností nerozpuštěných látek, které se odstraní filtrací.

### 7.3 Předběžné zkoušky

**Cíl:** zjištění přibližného složení zkoumaného vzorku, naučit se rozlišovat ionty na základě plamenové reakce.

#### 7.3.1 Plamenové zkoušky

##### Materiál a chemikálie:

*Materiál:* reprezentativní vzorek, 2x zkumavka, pipeta, platinový drátek, kahan,

*Chemikálie:* kyselina chlorovodíková.

##### Pracovní postup:

- Do označené zkumavky napipetujte pipetou 1ml vzorku.
- Zředte 2 ml kyseliny chlorovodíkové (HCl) s destilovanou vodou v poměru 1:1, takto zředěnou kyselinu nalijte do druhé zkumavky.
- Vezměte si platinový drátek, ponořte jej do zředěné kyseliny chlorovodíkové (HCl) a vložte do spodní části **oxidačního plamene**.
- Vyžíhaný drátek ponořte do **analytu** (zkoumaný vzorek) a následně do plamene.
- Sledujte zbarvení plamene a zpozorované zbarvení si zapište.
- Pro ilustraci na obr. 34. vidíte plamenovou reakci **sodíku**.



**Obr. 34** Plamenová reakce sodíku

**Zjištění:**

Přítomnost solí některých kovů se projeví zbarvením plamene. Pozorujete-li, sodné ionty musíte použít kobaltové sklíčko, neboť  $\text{Na}^+$  poskytují intenzivně žlutý plamen. Výsledná zbarvení jsou uvedena v tab. V.

**Tab. V** Plamenové reakce<sup>72</sup>

<i>Iont</i>	<i>Zbarvení plamene</i>
$\text{Ca}^{2+}$	Cihlově červený
$\text{Na}^+$	Intenzivně žlutý
$\text{K}^+$	Nafialovělý
$\text{Li}^+$	Karmínově červený
$\text{Cu}^{2+}$	Intenzivně zeleně

**Závěr:**

Podstatou plamenových reakcí je, že se soli některých kovů zbarvují charakteristickým plamenem. Toto zbarvení nám potvrzuje přítomnost příslušného iontu, a proto můžeme považovat plamenné reakce za reakce specifické.

## 7.4 Dělení a důkaz iontů

**Cíl:** Seznámit se s jednodušším stanovením škodlivin v životním prostředí.

### **Komentář k obrázkům důkazových reakcí:**

Na obrázku je znázorněna kapkovací destička, případně zkumavky, které jsou označeny písmeny **A, B, C** a **D**. Příslušná písmena znázorňují:

- **A** – označena kapka *destilované* vody
- **B** – kapka *analyzovaného* vzorku a *čínidla*
- **C** – kapka *analyzovaného* vzorku, *čínidla* a malá kapka *dokazovaného iontu*
- **D** – slepá reakce, tj. kapka dokazovaného iontu a čínidla

### **Materiál a chemikálie:**

**Materiál:** analyzovaný vzorek, 2x zkumavka, porcelánová destička, kapátko, kahan.

**Chemikálie:** kyselina chlorovodíková, dusičnan barnatý, kyselina dusičná, dusičnan stříbrný, hydroxid amonný, difenylamin, chlorid železitý, kyselina octová, kyselina šťavelová, fosforečnan amonný.

### **Pracovní postup**

- Důkazy příslušných iontů provádějte postupně.
- Provedte **kapkovací** reakce - do jamek kapkovací destičky nakapejte kapátkem vzorek a postupně přidávejte skupinová čínidla.
- Pro ověření proveďte **slepou reakci**, tj. reakci dokazovaného iontu s čínidlem.
- Všechny změny si pečlivě zaznamenejte.
- Následně potvrďte přítomnost iontu selektivními či specifickými reakcemi. Tyto reakce provádějte ve zkumavce.
- Změny zbarvení, případně vytvoření sraženiny si ihned poznačte.

Tab. VI Přehled skupinových reakcí kationtů<sup>73</sup>

Kationt	H <sub>2</sub> S	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaOH	NH <sub>4</sub> OH	K <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>
Cu <sup>2+</sup>	↓↓ hnědá	↓↓ hnědá	-	↓↓ modrá	↓↓ modrá	↓↓ žlutohnědá
Ca <sup>2+</sup>	-	-	↓	↓	-	-
Mg <sup>2+</sup>	-	-	-	↓↓	↓	-
Zn <sup>2+</sup>	↓	↓↓	-	(↓)	(↓)	↓ nažloutlá

↓↓ dokonalé srážení    ↓ částečné srážení    (↓) sraženina rozpustná v nadbytku činidla

Tab. VII Přehled skupinových reakcí aniontů<sup>73</sup>

Anionty	Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Ag(NO <sub>3</sub> )	KMnO <sub>4</sub>
Cl <sup>-</sup>	roztok	↓↓	(+)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	↓↓	roztok	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	roztok	roztok	+
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	↓↓	žlutá ↓	-

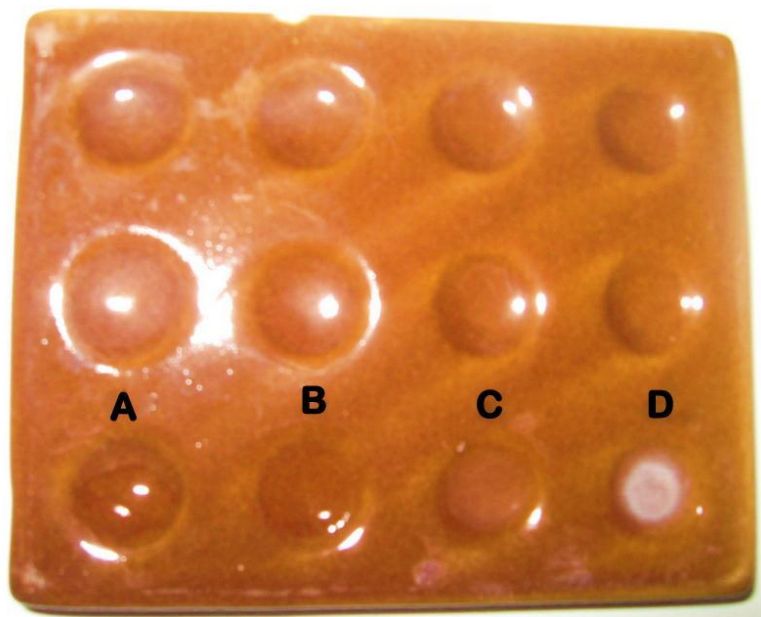
↓↓ vznik sraženiny    + odbarvení fialového roztoku

#### 7.4.1 Důkaz síranů

##### Pracovní postup:

- Do zkumavky nalijte 1 ml analyzovaného vzorku vody, okyselte 5 kapkami zředěné kyseliny chlorovodíkové (HCl).
- Do kyselého vzorku přidáváme dusičnan barnatý [Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>], vznikne **bílá sraženina**.

- Reakci lze provést i na kapkovací destičce (Obr. 35)



Obr. 35 Důkazová reakce síranů, po přidavku  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$

#### Zjištění:

Dusičnan barnatý po přidání do roztoku vytvoří bílou sraženinu síranu barnatého (pokud vzorek obsahoval hodně síranů). Podle množství přítomných síranů ve vzorku vody vzniká: buď jemné zakalení, střední zákal, nebo dojde k vytvoření sraženiny.

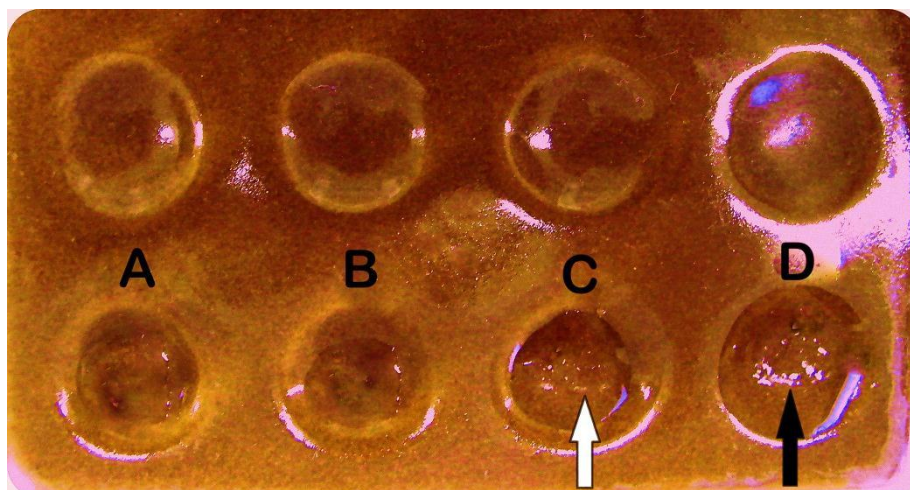
#### Závěr:

Rozpustné sírany obsažené ve vodách se stanovují dusičnanem barnatým titrací nebo gravimetricky. Sírany přítomné ve vodě většinou pocházejí z okolních pohožených polí či z kyselých dešťů<sup>5</sup>.

#### **7.4.2 Důkaz chloridů**

##### Pracovní postup:

- Odlijte si 1 ml analyzovaného vzorku, okyselte kyselinou dusičnou ( $\text{HNO}_3$ ).
- Poté srážejte po kapkách 0,1 M dusičnanem stříbrným ( $\text{AgNO}_3$ ), vznikne **bílá sraženina**.
- Tuto sraženinu můžete **rozpustit** v 2 M hydroxidu amonném ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ). Na obrázku šipky upozorňují na zbytky ještě nerozpuštěné sraženiny (Obr. 36).



**Obr. 36** Důkazová reakce chloridů, rozpouštění sraženiny v  $\text{NH}_4\text{OH}$

**Zjištění:**

Reakcí analyzovaného vzorku s dusičnanem stříbrným vzniká bílý zákal nebo až bílá sraženina chloridu stříbrného. Pokud nevzniká zákal, ani sraženina i po delším působení činidla, vzorek vody neobsahuje žádné chloridy.

**Závěr:**

V dnešní době je vysoký výskyt chloridů v přírodě způsoben splachem hnojiv z polí a solí z posypu silnic. Přesnější měření se provádějí argentometricky a merkurimetricky.

**7.4.3 Důkaz dusičnanů**

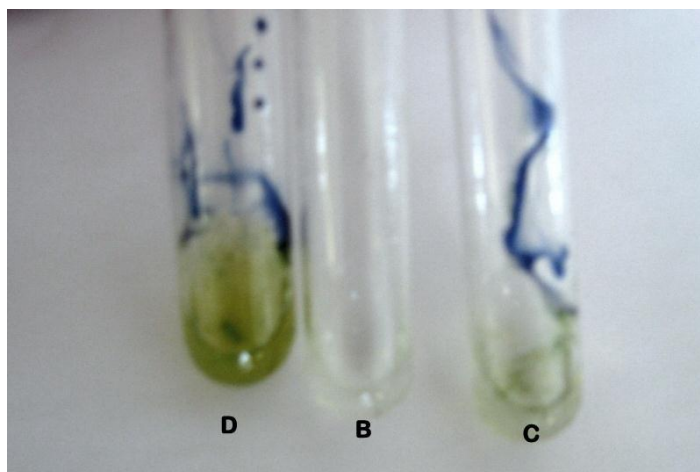
**Pracovní postup:**

- Odlijte si 1 ml analyzovaného vzorku.
- Poté přidejte 3 kapky roztoku **difenylaminu** v koncentrované kyselině sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).
- Vznikají **modré skvrny** na stěnách zkumavky (obr 37).

**Komentář k obrázku:**

Na obrázku vidíte zkumavky, které jsou označeny písmeny **B**, **C** a **D**, neboť pokračujeme ve značení ze strany 54, tudíž písmena znázorňují příslušné reakce.

- **B** – kapka analyzovaného vzorku a činidla
- **C** – kapka analyzovaného vzorku, činidla a malá kapka dokazovaného iontu
- **D** – slepá reakce, tj. kapka dokazovaného iontu a činidla



**Obr. 37** Důkazová reakce dusičnanů, vznik modrých skvrn difenylaminem

**Zjištění:**

Působením difenylaminu na dusičnany v kyselém prostředí vznikají modré skvrny.

**Závěr:**

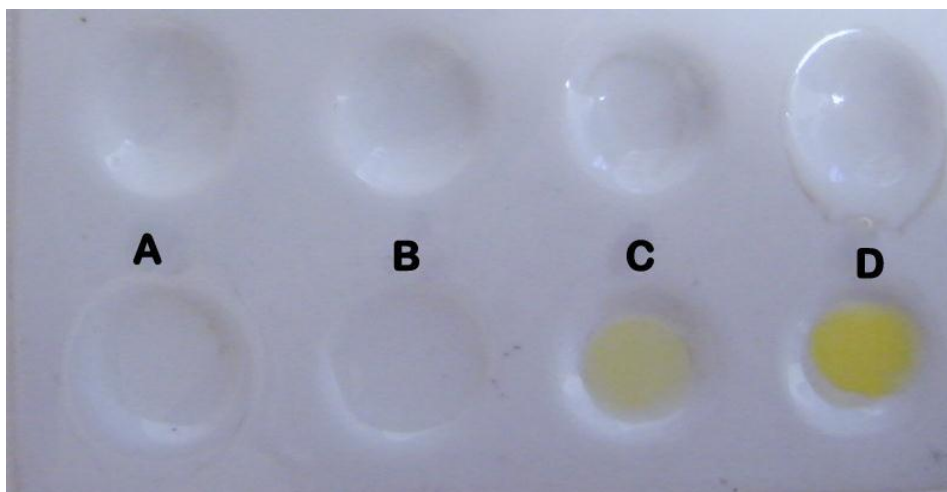
Dusičnany vznikají ve vodném prostředí při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Zdrojem dusičnanů ve vodě jsou splašky z polí hnojených dusíkatými hnojivy.

#### **7.4.4 Důkaz fosforečnanů**

**Pracovní postup:**

- K 1 ml zkoumaného vzorku přidáte chlorid železitý ( $\text{FeCl}_3$ ).
- Přidáním báze hydroxidu sodného ( $\text{NaOH}$ ) otupíte kyselost na pH (5) a vznikne **nažloutlá sraženina** (Obr. 38).
- Vzniklá sraženina je poté **nerozpustná** v kyselině octové ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ).





**Obr. 38** Důkazová reakce fosforečnanů, po přidavku NaOH

**Zjištění:**

Působením chloridu železitého na fosforečnany a následným otupením kyselosti vznikají nažloutlé sraženiny.

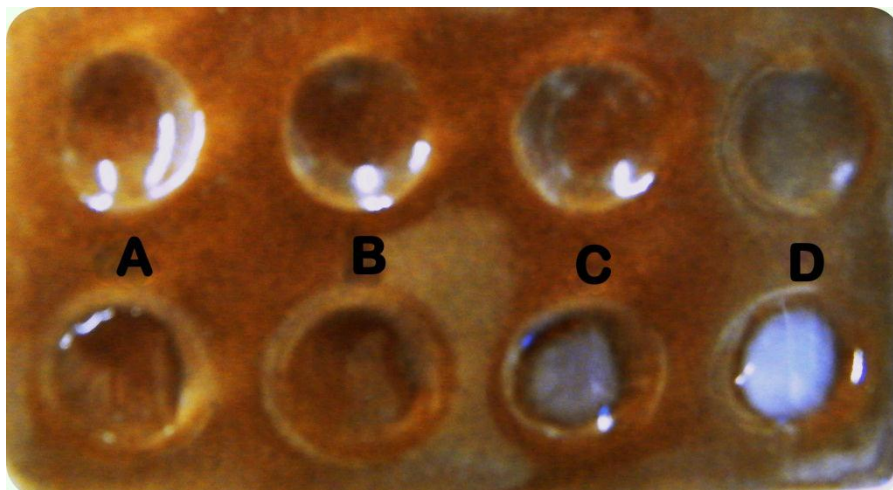
**Závěr:**

Nadměrné množství fosforu způsobuje eutrofizaci vod. Jedná se o složitý proces, který vede ke zvýšení biologické produkce a k nežádoucímu zarůstání vodního biotopu (sinice, řasy, aj.)<sup>81</sup>.

**7.4.5 Důkaz vápníku**

**Pracovní postup:**

- K 1 ml vzorku přidáte několik kapek stejného objemu 0,5 M kyseliny šťavelové (COOH)<sub>2</sub>.
- Dojde k okamžité reakci za vzniku **bílé sraženiny** (Obr. 39).
- **Ověření** přítomnosti vápenaté soli provedte plamenovou reakcí.



**Obr. 39** Důkazové reakce fosforečnanů, po přidavku kyseliny šťavelové

**Zjištění:**

Vápník se projeví oranžovým zbarvením plamene. Ale také vznikem bílé sraženiny při reakci s kyselinou šťavelovou.

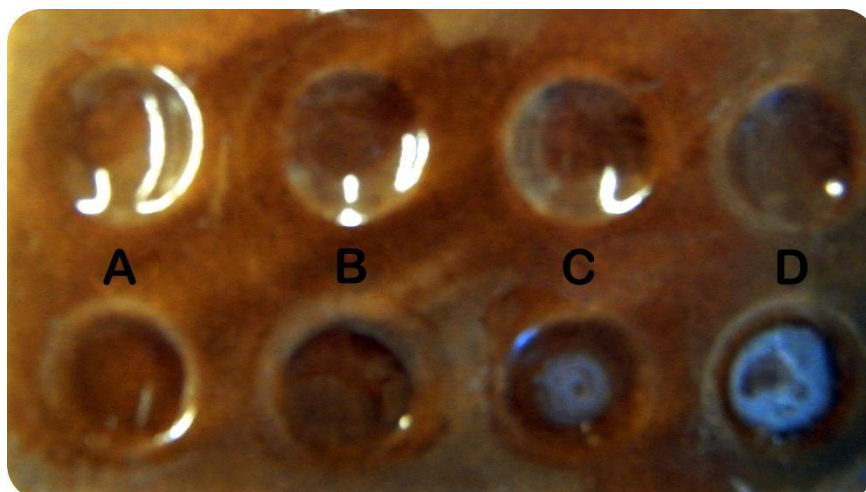
**Závěr:**

Určitá přítomnost vápníku spolu s hořčíkem je ve vodě žádoucí, neboť pomáhá chránit před vznikem řady civilizačních chorob. Vody, které obsahují vysoký obsah vápníku a hořčíku nejsou vhodné k přípravě potravin a nápojů. Větší množství  $\text{Ca}^{2+}$  iontů ve vodách je dáno obsahem rozpuštěného  $\text{CO}_2$ , jenž výrazně zvyšuje rozpustnost látek na bázi uhličitánů.

**7.4.6 Důkaz hořčíku**

**Pracovní postup:**

- Do 1 ml zkoumaného vzorku přidáte fosforečnan amonný ( $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_3$ ).
- Vnikne **bílá sraženina** (Obr. 40).
- Dokonalost srážení je možno zvýšit přidavkem hydroxidu amonného ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) ke vzorku.



**Obr. 40** Důkazová reakce hořčíku, po přidavku fosforečnanu amonného

**Zjištění:**

Různá intenzita vzniku sraženiny je závislá na obsahu hořečnatých iontů ve vzorku vody. Pokud sraženina nevznikne ihned, přidáme hydroxid amonný.

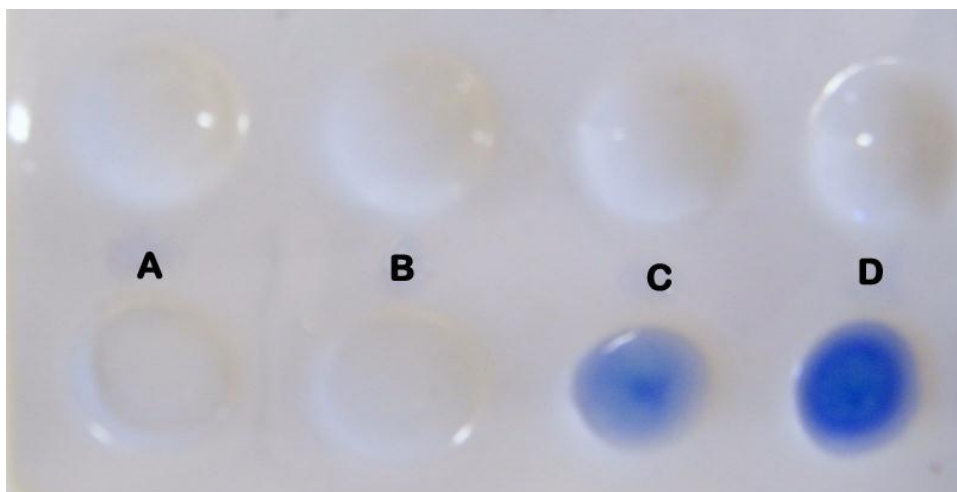
**Závěr:**

Hořčík je spolu s vápníkem součástí pitných vod.  $Mg^{2+}$  ionty jsou ve vodách kvantitativně méně zastoupeny než  $Ca^{2+}$  ionty. Vody s vysokým obsahem  $Mg^{2+}$  iontů mají projímavé (*laxativní*) účinky, např. minerální vody Zaječická, Šaratice<sup>82</sup>.

**7.4.7 Důkaz mědi:**

**Pracovní postup:**

- K 1ml vzorku přidáte pár kapek hydroxidu amonného ( $NH_4OH$ ).
- Vznikne **modrý roztok** (Obr. 41).
- Přítomnost  $Cu^{2+}$  formy je možno potvrdit reakcí s hexakynoželeznatanem draselným  $K_4 [Fe(CN)_6]$  vzniká **hnědá sraženina**.



**Obr. 41** Důkazová reakce mědi, po přidavku  $\text{NH}_4\text{OH}$

**Zjištění:**

Různá intenzita zbarvení je závislá na obsahu měďnatých iontů ve vzorku vody. Přítomnost měďnatých iontů je možné také potvrdit plamenovými reakcemi.

**Závěr:**

Na zvýšenou koncentraci mědi ve vodě může ukázat i přítomnost losových a kaprovitých ryb. Je způsobena vypouštěním odpadních látek z továren do vody, stále častějšími povodněmi a následným splachováním půd do vodního prostředí (spolu s minerály)<sup>83</sup>.

## 7.5 Stanovení hořečnatých a vápenatých iontů ve vodě

**Cíl:** Zjištění stanovení koncentrace vápenatých a hořečnatých iontů

### **Materiál a chemikálie:**

**Materiál:** analyzovaný vzorek, titrační aparatura, titrační baňky, špachtle.

**Chemikálie:** Schwarzenbachovův roztok, erichromčerně T, Chelatonem 3, murexid, hydroxid sodný

### **Komentář k obrázkům:**

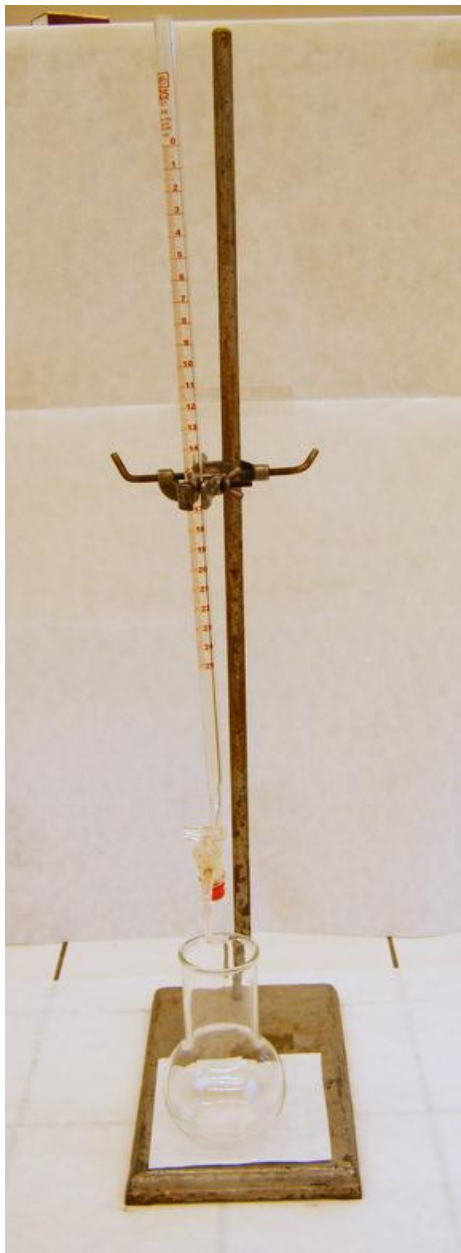
Na obrázcích jsou titrační baňky, které jsou označeny číslicemi **1, 2, 3 a 4**. Příslušné číslice znázorňují:

- **1** – titrační baňku před zahájením titrace
- **2** – titrační baňku před bodem titrace
- **3** – titrační baňku v bodě ekvivalence
- **4** – titrační baňku po překročení bodu ekvivalence

### **Pracovní postup:**

- Sestavte si **titrační aparaturu** podle obrázku 42.
- Do titrační baňky nepipetujte 30ml zkoumaného vzorku.
- Odměrným válcem přidejte do titrační baňky 5ml **Schwarzenbachova roztoku** - tlumivý roztok ekvimolární směsi amoniaku a chloridu amonného ve vodě.
- Nakonec do titrační baňky přidejte na špičku špachtle **erichromčerně T**, jejíž struktura je zobrazena na obr. 43.
- Byretu naplňte 0,05 M Chelatonem 3 po rysku a ihned titrujte.
- V bodě **ekvivalence** (konec titrace) dojde k **barevné změně** vínově červeného roztoku na modrý, tuto reakci si poznačte.
- Důležité je neustále míchat titrační baňku *krouživými* pohyby, abyste zpozorovali barevný přechod (Obr. 44).
- Titraci opakujte pro ověření správnosti výsledku ještě **dvakrát**.

- Po každé titraci je nutné znovu doplnit Chelaton 3 po rysku. Odečtená spotřeba odpovídá **celkovému množství**  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$  solí.



**Obr. 42** Titrační aparatura

- Do druhé titrační baňky napipetujte 100ml zkoumaného vzorku. Přidejte 5-7 ml hydroxidu sodného ( $\text{NaOH}$ ) a na špičku špachtle **murexid**, strukturní vzorec je znázorněn na **obr. 45**.

- Analyzovaný vzorek titrujte **Chelatonem 3** (Obr. 46) do bodu ekvivalence, kdy dojde ke **změně zbarvení** titrovaného roztoku z růžového zbarvení na modrofialové (Obr. 47).
- Titraci pro ověření správnosti proveďte **dvakrát**. Spotřeba titračního činidla odpovídá obsahu **Ca<sup>2+</sup> iontů**.
- Vypočtete koncentraci vápenatých a hořečnatých iontů.



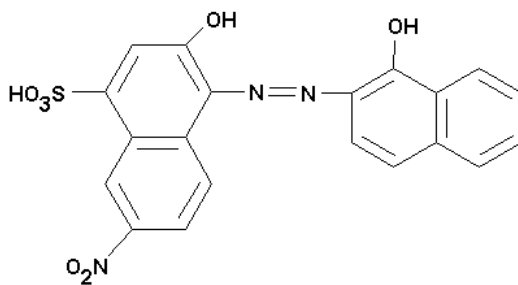
**Obr. 44** Chelatometrická titrace stanovení celkového množství Ca<sup>2+</sup> a Mg<sup>2+</sup> solí



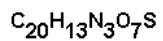


Obr. 47 Chelatometrická titrace stanovení množství  $\text{Ca}^{2+}$

**Struktury obrázků používaných látek**

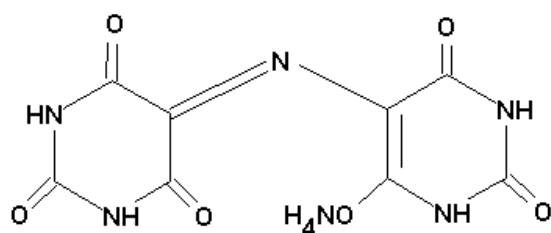


**Eriochromová čern T**

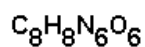


Obr. 43 Struktura erichromové černi T<sup>84</sup>

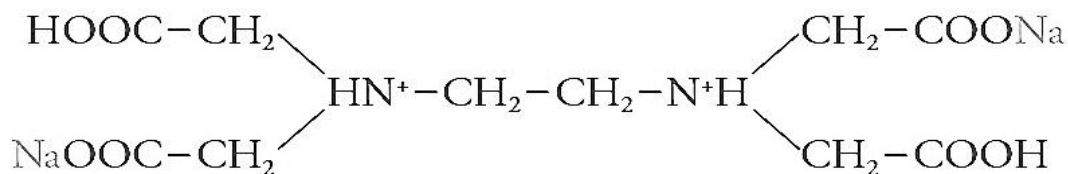




**Murexid**



**Obr. 45** Struktura murexidu<sup>84</sup>



**Obr. 46** Struktura chelatonu<sup>72</sup>

### Zjištění:

Ke stanovení těchto iontů se využívá **chelatometrické titrace**. Podstatou této zkoušky je tvorba chelátů v prostředí o pH 10. Cheláty (komplexní cyklické sloučeniny) vznikají reakcí **chelatonu 3** – dvojsodná sůl kyseliny Ethylendiamintetraoctové, nejdříve s vápenatými a poté horečnatými ionty. Spotřeba odměrného roztoku chelatonu je úměrná tvrdosti vody.

**Tab. VIII** Tvrdost vody<sup>85</sup>

<b>Voda</b>	<b>mmol/l</b>
<b>Velmi měkká</b>	< 0,7
<b>Měkká</b>	0,7 – 1,25
<b>Mírně tvrdá</b>	1,26 – 2,5
<b>Tvrdá</b>	2,51 – 3,75
<b>Velmi tvrdá</b>	> 3,75

**Závěr:**

Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb. řadí vápník a hořčík mezi látky, jejichž přítomnost se v pitné vodě vyžaduje. Mezní hodnota vápníku je 30 mg/l s tím, že tato hodnota představuje minimální obsah. V souvislosti s obsahem vápníku a hořčíku ve vodě se někde stále ještě objevuje termín „*tvrdost vody*“. Rozeznáváme *přechodnou, trvalou a celkovou* tvrdost vody.

## 7.6 Orientační stanovení tvrdosti vody

**Cíl:** Zjištění přibližné tvrdosti vody vzhledem k dalším úpravám vody a jejímu použití

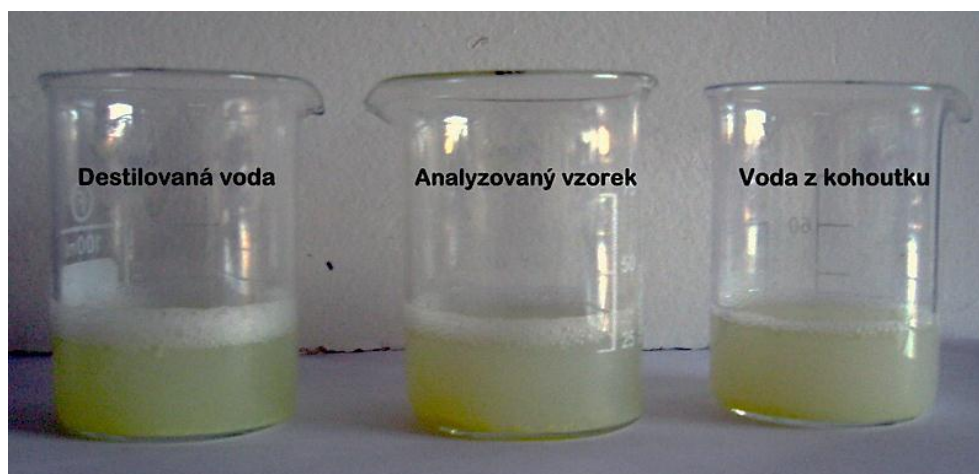
### **Materiál a chemikálie:**

**Materiál:** 3x kádinka, kapátko, odměrný válec, analyzovaný vzorek, tyčinka, nůž.

**Chemikálie:** mýdlo, ethanol, destilovaná voda.

### **Pracovní postup:**

- Do první kádinky nalijte odměrným válcem 30 ml destilované vody, do druhé kádinky stejný objem analyzovaného vzorku vody.
- Poté do obou kádinek přidejte 2 g nastrohaného **mýdla** a důkladně promíchejte.
- Přikápněte 10 kapek ethanolu ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) a znovu důkladně promíchejte.
- Změřte výšku **pěny** v jednotlivých kádinkách (Obr. 48).
- Vzniklé změny a výsledky si запиšte.



**Obr. 48** Orientační stanovení tvrdosti vody

### **Zjištění:**

Pěna vzniká z důvodu, že veškeré vápenaté a hořečnaté soli již s mýdlem zreagovaly. Nejvíce pěny se vytváří v destilované vodě, neboť neobsahuje žádné soli, způsobující tvrdost vody. V měkké vodě, kde je malá koncentrace  $\text{Ca}^{2+}$  iontů mýdlo dobře pění, ve tvrdé vodě se pěna 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, protože se při jejich používání netvoří vodní kámen, zatímco tvrdou vodu je nutné pro tyto účely upravovat.

## ZÁVĚR

Rozšíření výuky chemie na středních školách (o chemii životního prostředí) se vzhledem k dnešním požadavkům na kvalitu života jeví jako jedna z cest jak dostat do povědomí společnosti důležitost ochrany životního prostředí. Průmyslová výroba hnaná požadavky trhu vyvíjí nové technologie a materiály. Jejich výroba sebou přináší i problémy s odpady a znečišťováním životního prostředí.

Tato bakalářská práce přináší utříděné informace, laboratorní návody a praktickou laboratorní část. Pokouší se také charakterizovat nejkritičtější kontaminanty jednotlivých složek životního prostředí. Objasňuje metody od počátečního vzorkování až po konečný proces analýzy odebraného vzorku. Pro zpestření výuky je v závěru této práce popsána laboratorní úloha, věnující se analýze tekoucích vod.

Ať chceme nebo ne, životní prostředí nás všude obklopuje. Jeho kvalita ovlivňuje náš zdravotní stav, neboť některé polutanty jsou ve vysokých koncentracích životu nebezpečné. Proto by se mělo v rámci prevence začít s rozsáhlejší výukou chemie životního prostředí co nejdříve. Z tohoto důvodu se tato bakalářská práce zabývá možností rozšíření výuky chemie na středních školách o oblast chemie životního prostředí.

## LITERATURA

1. KALAČ, Petr a Jan TRÍSKA. *Chemie životního prostředí*. České Budějovice: Jihočeská Univerzita, 1998, s. 7. ISBN 80-7040-325-X.
2. MANAHAN, Stanley E. *Environmental Chemistry*. 7th ed. Boca Raton: CRC Press, 2000, 898 s. ISBN 1-56670-492-8.
3. Legislativa. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-10-11]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/cz/legislativa>
4. HERČÍK, Miroslav. *Životní prostředí: základy environmentalistiky*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2006, s. 3. ISBN 80-248-1073-5.
5. KOŘÍNKOVÁ, Karina. *Ekologie* [online]. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Přírodovědecká fakulta, 2008 [cit. 2012-10-03]. Dostupné z: <http://biology.ujep.cz/vyuka/file.php/1/opory/Ekologie.pdf>
6. HERČÍK, Miroslav. *Životní prostředí: základy environmentalistiky*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2006, 142 s. ISBN 80-248-1073-5.
7. BURROUGHS, H.E. a Shirley J. HANSEN. *Managing Indoor Air Quality*. 5th ed. Lilburn: The Fairmont Press, 2011. ISBN 10: 0-88173-661-9.
8. CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ: Úvod do chemie životního prostředí. NÁPRAVNÍK, Vladimír. *Fakulta pedagogická: Katedra chemie* [online]. [2008], 20. 1. 2010 [cit. 2011-11-20]. Dostupné z: <http://www.kch.zcu.cz/cz/kfs/uvod.pdf>
9. *Vodní elektrárny v České republice: Kolik vyrobí elektřiny?* [online]. 16. 03. 2010 [cit. 2012-04-27]. ISSN 1803-4160. Dostupné z: <http://www.nazeleno.cz/energie/vodni-energie/vodni-elektrarny-v-ceske-republice-kolik-vyrobi-elektriny.aspx>
10. MOUREK, Daniel. 3E - Integrace principů udržitelného rozvoje do cestovního ruchu a turistiky: Kapitola 1. *Centrum pro otázky životního prostředí UK* [online]. 2000, 18. 05. 2005 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.czp.cuni.cz/projekty/sdcz/moduly/3E/s01.pdf>
11. Historie a poslání MŽP. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/cz/ministerstvo>
12. NÁBĚLKOVÁ, Jana a Jana NEKOVÁŘOVÁ. *Chemie: chemie životního prostředí*. Praha: České vysoké učení technické, 2010, 197 s. ISBN 978-80-01-04534-3.
13. KALAČ, Pavel a Jan TRÍSKA. *Chemie životního prostředí*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 1998, s. 63. ISBN 80-7040-325-X.

14. Jak to bylo s Českou republikou...: 4,6 miliardy let. *Scientica* [online]. © 2008 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: [http://www.scientica.cz/dvdpdg/index.php?oddil=1&cast=\\_46](http://www.scientica.cz/dvdpdg/index.php?oddil=1&cast=_46)
15. WHARTON, Jennifer. *Academic encounters: The natural world*. New York: Cambridge University Press, 2009, 218 s. Academic encounters. ISBN 05-217-1517-2.
16. Astronomy and Earth Science Sites. *Faculty.lacitycollege*. [online]. © 2012 [cit. 2011-11-09]. Dostupné z: <http://faculty.lacitycollege.edu/goodmatm/astronomy.htm>
17. HERČÍK, Miroslav. *111 otázek a odpovědí o životním prostředí: chytrá kniha pro studenty, odborné pracovníky a širokou veřejnost*. Ostrava: Montanex, 2004, 160 s. ISBN 80-7225-123-6.
18. BÁLEK, Rudolf. *Životní prostředí*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Elektrotechnická fakulta, 2000, 143 s. ISBN 80-010-2205-6.
19. HERČÍK, Miloslav, Jiří FIEDOR a Hana MÜLLEROVÁ. *Legislativa a ochrana životního prostředí*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 182 s. ISBN 978-80-248-1837-5.
20. BÁLEK, Rudolf. *Životní prostředí*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Elektrotechnická fakulta, 2000, s. 23. ISBN 80-010-2205-6.
21. Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>). *Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě* [online]. [2010], 27.04.2012 [cit. 2012-11-25]. Dostupné z: [http://www.zuova.cz/informace/oxid\\_siricity\\_so2.php](http://www.zuova.cz/informace/oxid_siricity_so2.php)
22. Sulfur dioxide lewis structure. *Belmapro* [online]. [2003] [cit. 2011-10-22]. Dostupné z: <http://belmapro.com/gallery/MarkSisom-2003/thumbnails/sulfur-dioxide-lewis-structure-i0.png>
23. ERISMAN, J a Geert DRAAIJERS. *Atmospheric deposition in relation to acidification and eutrophication*. New York: Elsevier Science, 1995, 405 s. ISBN 04-448-2247-X.
24. KRÁL, Bohuslav. Inhalace oxidu dusnatého v terapii plicní hypertenze. [online]. Praha: Karolinum, 1998, 7 - 8, s. 141-144 [cit. 2011-10-10].
25. Nitrogen Dioxide. In: *ChemEd DL* [online]. ©2012 [cit. 2011-10-18]. Dostupné z: <http://www.chemeddl.org/resources/models360/models.php?pubchem=3032552>
26. ETTLER, Karel. Účinky UV záření na kůži a fotoprotekce. *Medicína pro praxi* [online]. 2007, č.6, s. 273-275 [cit. 2012-02-06]. Dostupné z: <http://www.medicinapropraxi.cz/pdfs/med/2007/06/09.pdf>
27. Ozone Generating Air Purifier Technology Guide. *Airpurifierguide* [online]. © 2010 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.airpurifierguide.org/tech/ozone-generating-air-purifier-technology-guide>

28. Oxid uhelnatý: Účinky na zdraví. *Ekologické centrum Most* [online]. © 2001 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: [http://www.ecmost.cz/ver\\_cz/ovzdusi/smernice/smernice4.htm](http://www.ecmost.cz/ver_cz/ovzdusi/smernice/smernice4.htm)
29. KHOPKAR, S. M. *Environmental pollution: monitoring and control*. New Delhi: New Age International (P) Ltd, 2004, 494 s. ISBN 978-812-2415-070.
30. Scientific Figures. *Wikipremed* [online]. [2000], [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: [http://www.wikipremed.com/image.php?img=020300\\_68zzzz185900\\_235px-Lewis\\_CO2.svg\\_68.jpg&image\\_id=185900](http://www.wikipremed.com/image.php?img=020300_68zzzz185900_235px-Lewis_CO2.svg_68.jpg&image_id=185900)
31. Polychlorované bifenyly. *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [2004] [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/87>
32. POPspedia. Genesis [online]. 22. 2. 2012 [cit. 2012-02-27]. Dostupné z: <http://www.genesis.cz/index.php?pg=pops>
33. Molecule of the Week: Polychlorinated biphenyls (PCBs). *Webb of Science* [online]. 23 May 2009 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.webbofscience.com/2009/05/23/molecule-of-the-week-polychlorinated-biphenyls-pcbs/>
34. Chlorofluorou-hlodivky (CFC). *Integrovaný registr znečišťování* [online]. [2004] [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.irz.cz/node/58>
35. Dichlorodifluoromethane. In: *ChemEd DL* [online]. ©2012 [cit. 2011-12-03]. Dostupné z: <http://www.chemeddl.org/resources/http://www.chemeddl.org/resources/models360/models.php?pubchem=6391>
36. Historie ústavu. Český hydrometologický ústav [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-04-26]. Dostupné z: [http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal\\_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P5\\_0\\_O\\_nas/P5\\_2\\_Historie\\_ustavu&last=false](http://portal.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P5_0_O_nas/P5_2_Historie_ustavu&last=false)
37. Legislativa a metodické pokyny. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/legislativa\\_metodicke\\_pokyny\\_ovzdusi](http://www.mzp.cz/cz/legislativa_metodicke_pokyny_ovzdusi)
38. KALAČ, Pavel. *Chemie životního prostředí*. 2., dopl. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010, 171 s. ISBN 978-80-7394-232-8.
39. *Earth materials and health: research priorities for earth science and public health*. Washington, DC: National Academies Press, c2007, 176 s. ISBN 03-096-6852-2.



40. The Amazing Properties of Water. *Nrich.maths* [online]. © 2007 [cit. 2012-04-27].  
Dostupné z: <http://nrich.maths.org/7273>
41. Koloběh vody v přírodě. *Ústav procesní a zpracovatelské techniky* [online]. 25.září 2011 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z:  
<http://www.fs.cvut.cz/cz/u218/peoples/hoffman/PREDMETY/COVP/Foto-ekologie/Kolobeh%20vody%20v%20prirode.jpg>
42. PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4. aktualiz. vyd. Praha: VŠCHT, 2009, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
43. Voda v ČR. Vodnístrážci [online]. ©2010 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z:  
<http://www.vodnistrazci.cz/vse-o-vode/o-vode/voda-v-cr.html>
44. Aktuální informace: stavy a průtoky na tocích. *Hlasná a předpovědní povodňová služba* [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z:  
<http://hydro.chmi.cz/hpps/index.php#>
45. Druhy vod. *Úprava a čištění vody* [online]. 2010 [cit. 2012-01-14]. Dostupné z:  
[http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka\\_2010/dv.html](http://homen.vsb.cz/hgf/546/Materialy/Radka_2010/dv.html)
46. Vegetační lesní stupně v České republice. *OBNOVA LESA* [online]. 2004 [cit. 2012-01-17]. Dostupné z: <http://obnova-lesa.euweb.cz/VLS.pdf>
47. POPL, Milan a Jan FÄHNRICH. *Analytická chemie životního prostředí*. 4. přeprac. vyd. Praha: VŠCHT, 1999, 218 s. ISBN 80-708-0336-3.
48. Celkový fosfor. Integrovaný *registr znečišťování* [online]. 2004 [cit. 2012-02-03].  
Dostupné z: [http://www.irz.cz/repository/latky/celkovy\\_fosfor.pdf](http://www.irz.cz/repository/latky/celkovy_fosfor.pdf)
49. Phosphate Anion Chemical Structure. *Chemistry.about* [online]. ©2012 [cit. 2012-01-02].  
Dostupné z: <http://chemistry.about.com/od/factsstructures/ig/Chemical-Structures---P/phosphate.htm>
50. Co dělat s rozbitým teploměrem. *IReceptář* [online]. 4. 5. 2011 [cit. 2012-04-20].  
Dostupné z: <http://www.ireceptar.cz/zdravi/co-delat-s-rozbitym-rtutovym-teplomerem/>
51. Elemente im Periodensystem der Elemente. *Periodensystem* [online]. © 1995-2012 [cit. 2012-04-27]. Dostupné z: <http://www.periodensystem.info/elemente/>
52. STENERSEN, Jørgen. *Chemical pesticides: mode of action and toxicology*. Boca Raton: CRC Press, c2004, 276 s. ISBN 07-484-0910-6.
53. Pesticidy a naše zdraví. *Bio do škol* [online]. [2006] [cit. 2011-12-19]. Dostupné z:  
[http://www.biodoskol.cz/docs/Pesticidy\\_brozura.pdf](http://www.biodoskol.cz/docs/Pesticidy_brozura.pdf)

54. Vzorkovací zařízení. *Služby pro laboratoře: Bohumín* [online]. [2010] [cit. 2011-12-27].  
Dostupné z: <http://www.spl-bohumin.cz/indexcz.htm>
55. ORGANOCHLORINES. *General Chemistry Laboratory* [online]. 21 May 2012 [cit. 2011-12-27]. Dostupné z: <http://generalchemistrylab.blogspot.com/2012/03/organochlorines-ocs-structures.html>
56. Sinice ohrožují zdroje pitné vody. *Vysoká škola chemicko - technologická* [online]. 3.8.2009 [cit. 2011-10-14]. Dostupné z:  
[http://www.vscht.cz/homepage/tisk/tiskove\\_zpravy/sinice](http://www.vscht.cz/homepage/tisk/tiskove_zpravy/sinice)
57. Monitorig vod. Ministerstvo životního prostředí [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2012-04-04].  
Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/monitoring\\_vod](http://www.mzp.cz/cz/monitoring_vod)
58. Informační systémy. Ministerstvo životního prostředí [online]. © 2008 - 2012 [cit. 2011-10-14]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/cz/monitoring\\_vod](http://www.mzp.cz/cz/monitoring_vod)
59. LANÍK, J., HALADA, J. *Kniha o půdě 1. [díl] : Půda a rostlina*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1960. 259 s.
60. SEIDLEROVÁ, Jana, Daniela PLACHÁ a Gabriela KRATOŠOVÁ. *Analytická chemie odpadních materiálů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 120 s. ISBN 80-248-1010-7.
61. PLŠKO, Eduard. *Všeobecná analytická chemia*. 1. vyd. Český Těšín: 2 Theta, 2011, 193 s. ISBN 978-80-86380-61-2.
62. ČERMÁK, Jiří J. a Josef JANKŮ. *Vzorkování odpadů* [online]. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2006 [cit. 2011-10-14]. Dostupné z:  
[http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/vzorkovani/Vzorkovani\\_070104\\_4.pdf](http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/vzorkovani/Vzorkovani_070104_4.pdf)
63. Zemní vrták: Güde GH 150 ruční. *EVA: internetový obchod* [online]. © 1991 - 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z: <http://www.eva.cz/zbozi/41040/vrtak-zemni-gude-gh-150-rucni/>
64. Water Samplers. *Enasco* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-20]. Dostupné z:  
<http://www.enasco.com/c/science/Environmental+Science/Water+Analysis/Water+Samp lers/>
65. FUKSA, Josef K. *Doporučené techniky odběru vzorků a jejich transportu do laboratoří: metodická příručka*. 2., opr. vyd. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský Tomáše Garrigua Masaryka, 1999, 56 s. ISBN 80-859-0027-0.

66. Systém provozu monitoringu: metodické zásady. *Zemědělská vodohospodářská správa* [online]. 2001 [cit. 2012-02-10]. Dostupné z:  
<http://www.zvhs.cz/documents/metodika/met34.pdf>
67. Thermo Andersen TSP Sampler. *Pine Environmental* [online]. © 2009 [cit. 2012-02-15].  
Dostupné z: <http://www.pine-environmental.com/ambient-particulate-samplers/andersen-tsp-sampler.htm>
68. Publikace. Genasis [online]. [2010]., 3. 1. 2012 [cit. 2012-02-15]. Dostupné z:  
<http://www.genasis.cz/index.php?pg=publikace--narodni-inventura-pops--narodni-inventura-pops-2007>
69. MONET. *Monet* [online]. [2012] [cit. 2012-02-15]. Dostupné z: <http://www.monet-cz.cz/>
70. Úpravy vzorku. *Vysoká škola* [online]. Vysoká škola chemicko-technologická, 2008 [cit. 2012-04-28]. Dostupné z:  
[http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/vzorkovani/6\\_Vzorkovani\\_pevnych\\_materialu\\_II.pdf](http://www.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/vzorkovani/6_Vzorkovani_pevnych_materialu_II.pdf)
71. ZÁKLADY ANALYTICKÉ CHEMIE. *CHEMIE NA GYMNÁZIUM POLIČKA* [online]. 1998 [cit. 2012-10-17]. Dostupné z:  
[http://www.chesapeake.cz/chemie/download/skripta/analyticka\\_chemie.pdf](http://www.chesapeake.cz/chemie/download/skripta/analyticka_chemie.pdf)
72. Výuka. *Analýza léčiv: VOŠZ a SŠZ Hradec Králové* [online]. [2011] [cit. 2012-04-28].  
Dostupné z: <http://anl.zshk.cz/vyuka/analyza-kationtu.aspx>
73. ŠIMEK, Jiří. *Důkaz některých anorganických iontů vybranými*. Olomouc: UP, 2000.
74. Rozbor vody. *Chemie na GJO* [online]. 2010 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z:  
[http://chemiegjo.webzdarma.cz/Lab2\\_Projekt.pdf](http://chemiegjo.webzdarma.cz/Lab2_Projekt.pdf)
75. REICHEL, Jiří. *Kapitoly metodologie sociálních výzkumů*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2009, 184 s. Sociologie (Grada). ISBN 978-80-247-3006-6.
76. Konduktometry. *Proinex* [online]. © 2012 [cit. 2012-04-22]. Dostupné z:  
<http://www.proinex.cz/2-laboratorni-pristroje-pro-natery-a-povrchove-upravy/vodivost/-ph/konduktometry.html>
77. Odběry vzorků odpadních vod. *Technoaqua* [online]. 2004 [cit. 2011-11-1]. Dostupné z:  
<http://www.technoaqua.cz/publikujeme/prednasky/odbery-vzorku-odpadnich-vod/>
78. Vodivost vody. *Analýza vody* [online]. [2010] [cit. 2012-11-1]. Dostupné z:  
<http://www.analyzavody.cz/konduktivita/>
79. *Chémia vody. Ďalšie vzdelávanie učiteľov chémie s využitím dištančnej vzdelávacej technológie* [online]. 2007 [cit. 2012-11-01]. Dostupné z:

[http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/VODA/VlastnostiVody.htm#\\_Toc1320372](http://www.fpv.umb.sk/~vzdchem/KEGA/TUR/VODA/VlastnostiVody.htm#_Toc1320372)  
48

80. Filtrační papíry. *Laboratorní technika* [online]. © 2007-2008 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: [http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech/pages/filtracni\\_papiry.html](http://www.ped.muni.cz/wchem/sm/hc/labtech/pages/filtracni_papiry.html)
81. APLIKOVANÁ HYDROBIOLOGIE III: eutrofizace. *Katedra ekologie a životního prostředí: UP Olomouc* [online]. ©2007 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://ekologie.upol.cz/ku/ahdo/Eutrofizace.pdf>
82. Kationty. *Odělení rybářství a hydrobiologie* [online]. © 2000 - 2012 [cit. 2012-02-21]. Dostupné z: <http://www.rybarstvi.eu/dok%20rybari/kationty.pdf>.
83. Copper. *Chemet* [online]. © 2006 [cit. 2012-04-12]. Dostupné z: [http://www.chemet.com/products/agricultural\\_copper.asp](http://www.chemet.com/products/agricultural_copper.asp)
84. Komplexometrické indikátory. *Gymnázium & SOŠPg Liberec Jeronýmova* [online]. ©2005 - 2012 [cit. 2012-04-5]. Dostupné z: <http://www.jergym.hiedu.cz/~canovm/indikato/odjinud/odjinud.html>
85. Tvrdost vody. *Vody a kanalizace* [online]. [2009] [cit. 2012-02-06]. Dostupné z: <http://www.vodakhu.cz/tvrdostvody.html>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>Obr. 1</b> Ilustrace blízkých vztahů mezi složkami životního prostředí (převzato z cit. <sup>2</sup> )	7
<b>Obr. 2</b> Složení atmosféry <sup>14</sup>	11
<b>Obr. 3</b> Výškové členění atmosféry <sup>16</sup>	12
<b>Obr. 4</b> Sloučenina SO <sub>2</sub> (cit. <sup>22</sup> )	14
<b>Obr. 5</b> Sloučenina NO <sub>2</sub> (cit. <sup>25</sup> )	15
<b>Obr. 6</b> Sloučenina ozonu <sup>27</sup>	16
<b>Obr. 7</b> Sloučenina CO <sub>2</sub> (cit. <sup>30</sup> )	16
<b>Obr. 8</b> Sloučenina PCB <sup>33</sup>	17
<b>Obr. 9</b> Sloučenina dichlordifluormethan <sup>35</sup>	18
<b>Obr. 10</b> Rozložení zásob vody <sup>39</sup>	19
<b>Obr. 11</b> Molekula vody <sup>40</sup>	20
<b>Obr. 12</b> Koloběh vody v přírodě <sup>41</sup>	20
<b>Obr. 13</b> Aktuální informace o stavu a průtoku na tocích ze dne 20. 4. 2012, Šumperk <sup>44</sup>	21
<b>Obr. 14</b> Sloučenina NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> a NO <sub>2</sub>	23
<b>Obr. 15</b> Sloučenina PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (cit. <sup>49</sup> )	23
<b>Obr. 16</b> Rozbitý teploměr s uvolněnou rtuť <sup>50</sup>	24
<b>Obr. 17</b> Lahvička s olovem <sup>51</sup>	25
<b>Obr. 18</b> Vzorec sloučeniny DDT <sup>54</sup>	25
<b>Obr. 19</b> Sinice <sup>55</sup>	26
<b>Obr. 20</b> Zastoupení jednotlivých skupenských fází <sup>12</sup>	28
<b>Obr. 21</b> Lahvička s kadmíem <sup>51</sup>	30
<b>Obr. 22</b> Lahvička s chromem <sup>51</sup>	31
<b>Obr. 23</b> Lahvička s mědí <sup>51</sup>	31
<b>Obr. 24</b> Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany <sup>32</sup>	32
<b>Obr. 25</b> Trubkový vzorkovač se seříznutým koncem <sup>54</sup>	33
<b>Obr. 26</b> Spirálový vrták <sup>63</sup>	34
<b>Obr. 27</b> Odběrové zařízení na odběr vzorků vody <sup>64</sup>	34
<b>Obr. 28</b> Aktivní vzorkovač ovzduší- velkoobjemové čerpadlo PS-1 <sup>67</sup>	36
<b>Obr. 29</b> Pasivní vzorkovač ovzduší <sup>69</sup>	36
<b>Obr. 30</b> konduktometr Hanna <sup>76</sup>	41
<b>Obr. 31</b> odběr vody <sup>77</sup>	42

<b>Obr. 32</b> Měření pH – A) indikačními papírky; B) pH metr	45
<b>Obr. 33</b> Filtrační aparatura <sup>80</sup>	48
<b>Obr. 34</b> Plamenová reakce sodíku	50
<b>Obr. 35</b> Důkazová reakce síranů, po přidavku Ba(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	54
<b>Obr. 36</b> Důkazová reakce chloridů, rozpouštění sraženiny v NH <sub>4</sub> OH	55
<b>Obr. 37</b> Důkazová reakce dusičnanů, vznik modrých skvrn difenylaminem	56
<b>Obr. 38</b> Důkazová reakce fosforečnanů, po přidavku NaOH	57
<b>Obr. 39</b> Důkazové reakce fosforečnanů, po přidavku kyseliny šťavelové	58
<b>Obr. 40</b> Důkazová reakce hořčíku, po přidavku fosforečnanu amonného	59
<b>Obr. 41</b> Důkazová reakce mědi, po přidavku NH <sub>4</sub> OH	60
<b>Obr. 42</b> Titrační aparatura	62
<b>Obr. 43</b> Struktura erichromové černi T <sup>84</sup>	64
<b>Obr. 44</b> Chelatometrická titrace stanovení celkového množství Ca <sup>2+</sup> a Mg <sup>2+</sup> solí	63
<b>Obr. 45</b> Struktura murexidu <sup>84</sup>	65
<b>Obr. 46</b> Struktura chelatonu <sup>72</sup>	65
<b>Obr. 47</b> Chelatometrická titrace stanovení množství Ca <sup>2+</sup>	64
<b>Obr. 48</b> Orientační stanovení tvrdosti vody	67

## SEZNAM TABULEK

<b>Tab. I</b> Plamenové reakce iontů <sup>72</sup>	40
<b>Tab. II</b> Rozlišení vod podle teploty <sup>74</sup>	43
<b>Tab. III</b> Hodnoty pH <sup>74</sup>	46
<b>Tab. IV</b> Hodnocení zápachu <sup>74</sup>	47
<b>Tab. V</b> Plamenové reakce <sup>72</sup>	51
<b>Tab. VI</b> Přehled skupinových reakcí kationtů <sup>73</sup>	53
<b>Tab. VII</b> Přehled skupinových reakcí aniontů <sup>73</sup>	53
<b>Tab. VIII</b> Tvrdost vody <sup>85</sup>	66

## SEZNAM PŘÍLOH

Bezpečnost práce v laboratoři

**Příloha č. 1** (cit.<sup>60,72</sup>)



## **Bezpečnost práce v chemické laboratoři:**

Před prací v laboratoři by měli být studenti seznámeni se zásadami bezpečnosti, neboť v chemických laboratořích pracujeme s chemikáliemi, elektrickými přístroji, či otevřeným ohněm. Aby nedošlo k poškození zdraví, je nutné dodržovat základní zásady bezpečnostní práce a dbát na pokyny vyučujícího.

### Obečně je nutné dodržovat:

1. Do laboratoří mají vstup zakázán těhotné ženy, podnapilé osoby i osoby pod vlivem omamných látek.
2. Studenti jsou povinni seznámit se s umístěním hasicích přístrojů a únikových chodeb. Do laboratoře vstupujeme přezutí, při práci nosíme pracovní plášť a používáme ochranné pomůcky (brýle, štíty).
3. Tašky a oblečení si odkládáme pouze na vyhrazená místa.
4. V laboratoři nejíme, nepijeme a nekouříme.
5. Nikdy neprovádíme samovolné opravy na elektrických přístrojích. Případné poškození vždy hlásíme vyučujícímu.
6. Pracujeme-li s žíravinami nebo jinými toxickými látkami, pracujeme co nejdál od obličeje a využíváme ochranných pomůcek (rukavice, štíty, brýle).
7. Vlastnosti chemikálií nezkoušíme ochutnáváním a neinhaluujeme.
8. Při pipetování využíváme balónky či pipetovací nástavce. NIKDY nepipetujeme ústy!
9. Ústí zkumavek držíme vždy odvrácené od obličeje jak svého tak spolupracovníka.
10. Pracujeme-li, s hořlavinami nesmí být v blízkosti otevřený oheň.
11. Pracujeme-li, s koncentrovanými kyselinami musíme dbát na to, abychom při ředění vlévali vždy kyselinu, případně zásadu tenkým proudem po tyčince do vody. NE naopak!!
12. Pracujeme-li s étery, dbáme na bezpečnostní opatření, nebezpečí vznícení od horkých součástí.
13. Své pracoviště udržujeme čisté a dbáme na pořádek na pracovní ploše.
14. Zbytky toxických látek likvidujeme podle pokynů vyučujícího.
15. Každý úraz je nutné hlásit vyučujícímu, v případě potřeby poskytneme první pomoc.

## **Nejdůležitější zásady první pomoci:**

1. Při poleptání silnou zásadou nebo kyselinou. Postižené místo důkladně propláchneme proudem vody, případně provedeme neutralizaci. Kyseliny neutralizujeme roztokem hydrogenuhličitanu sodného ( $20 \text{ g.l}^{-1}$ ), zásady zředěnou kyselinou octovou ( $5 \text{ g.l}^{-1}$ ).
2. Zasáhne-li chemikálie oko, ihned ho vypláchneme slabým proudem vody a přivoláme lékaře.
3. Při opaření či popálení postižené místo zchladíme proudem tekoucí vody. Poté chladíme pomocí ledu zabaleného do vhodného obalu. V případě rozsáhlejších popálenin nestrháváme oděv, pokud je pevně přichycen. Postižené části přikryjeme suchým obvazem a přivoláme lékaře.
4. Při úrazu elektrickým proudem okamžitě vypneme elektrický okruh, případně odsuneme vodič nevodivým předmětem. Pokud postižený nedýchá a nemá hmatný puls, začneme resuscitovat a okamžitě přivoláme lékaře.
5. Při pořezání sklem, z povrchových ran odstraníme sklo, okolí rány vydesinfikujeme a obvážeme sterilním obvazem, případně zalepíme náplastí. Při větších zraněních přivoláme lékaře.