

UNIVERZITA PARDUBICE
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

LUCIE MOTÁKOVÁ

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Význam přírodních i antropogenních vlivů pro kvalitu vod

Lucie Motáková

Bakalářská práce

2022

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Lucie Motáková**
Osobní číslo: **C20189**
Studijní program: **B0512A130006 Analýza biologických materiálů**
Téma práce: **Význam přírodních i antropogenních vlivů pro kvalitu vod**
Téma práce anglicky: **Importance of Natural and Antropogene Impacts For the Quality of Waters**
Zadávací katedra: **Katedra biologických a biochemických věd**

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši k tématu práce a to spíše se zaměřením na vybrané aktuální otázky a problémy. Pozornost přitom věnujte jak vybraným typům lokálních aspektů a projevů, tak i globálním souvislostem, jakož i roli člověka a lidské společnosti, kterou v těchto souvislostech hrají.
2. S využitím získaných poznatků, znalostí a nabytých zkušeností posuzujte a vyhodnoťte stávající stav, např. pokud jde o různé druhy vod, různorodé přírodní i antropogenní vlivy, jejich sledování a důsledky. Uveďte též příklady technických, organizačních, legislativních, příp. politických a dalších opatření s cílem zajistit předpoklady pro udržitelný rozvoj v rámci diskutovaného tématu práce. Zmiňte se v té souvislosti též o stavu péče o zdroje a kvalitu vod v ČR.
3. Bakalářskou práci zpracujte v souladu se Směrnicí UPa č. 7/2019 „Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací“ v platném znění.

Rozsah pracovní zprávy: **25 s.**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Ladislav Novotný, DrSc.**
Ústav environmentálního a chemického inženýrství

Konzultant bakalářské práce: **Mgr. Gabriela Kuchtová**

Datum zadání bakalářské práce: **18. prosince 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2022**

prof. Ing. Petr Kalenda, CSc. v.r.
děkan

L.S.

prof. Mgr. Roman Kandár, Ph.D. v.r.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. února 2022

Prohlášení

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

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 27.06.2022

Lucie Motáková

Poděkování

Ráda bych poděkovala panu prof. Dr. Ing. Ladislavu Novotnému, DrSc. za trpělivost a milý přístup při konzultacích, za cenné rady, věcné připomínky a neocenitelnou pomoc.

ANOTACE

Ačkoliv poměrně mladé téma, péče o kvalitu vody už dosáhla pozoruhodných výsledků. Její historie dokumentuje četná opatření v tomto směru. Největším úspěchem je vybudování souvislého obrázku od jednoduchého využívání přírodních vod k uskutečňování moderních způsobů, jejich monitorování, čištění a recyklování. To je úzce spojeno s novými typy anorganických a organických polutantů, jakož i špičkových analytických a separačních technik a technologií. Nicméně, jak tato práce ukázala, velmi žádoucí je další pokrok ve směru komplexního přístupu k ochraňování prostředí a zdraví.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kvalita vody, kontaminace a její kontrola, monitorování, čištění a recyklování vod, zelená enviromentální chemie

TITLE

Importance of natural and antropogene impacts for the quality of waters

ANOTATION

For a relatively young subject, a care of the water quality has achieved remarcable results. Its history establishes numerous precautions in this respect. The most success is building up a coherent picture from a simple use of natural waters to putting into effect modern ways of their monitoring, cleaning and recycling. It is close connected with new types of inorganic and organic polutants as well as advanced analytical and separation techniques and technologie. Nevertheless, as the present work documented, a further progress in the complex treatment to protecting environment and health is desirable.

KEY WORDS

Water quality, polution and its control, water monitoring, cleaning, recycling, green enviromental chemistry

Obsah

ÚVOD	13
1 PŘÍRODNÍ VODY	14
1.1 Koloběh vody	14
1.2 Dešťová voda.....	15
1.3 Vody povrchové	16
1.4 Vody podpovrchové	17
1.5 Slané vody	17
1.6 Sladké vody	21
2 VYBRANÉ ANTROPOGENNÍ Vlivy NA KONTAMINACI VOD ..	27
2.1 Příklady antropogenního znečištění vod	27
2.1.1 Dusík.....	27
2.1.2 Nerozpustné látky	28
2.1.3 Amoniakální dusík.....	28
2.1.4 Dusičnany	29
2.1.5 Fosfor	29
2.1.6 Polychlorované bifenyly	29
2.1.7 Polycyklické aromatické uhlovodíky.....	30
2.1.8 Fenoly	30
2.1.9 Polycyklické aromatické uhlovodíky.....	31
2.1.10 Polyaromatické uhlovodíky	32
2.1.11 Bisfenol A	33
2.1.12 Diclofenac	33
2.1.13 Kofein	34
2.1.14 Alkaloidy.....	34
2.1.15 Barviva	37
2.1.16 Léčiva vs. jejich nadspotřeba	37

2.1.17 Nelegální drogy.....	39
3 VLIV MODERNÍCH TECHNIK A TECHNOLOGIÍ Z HLEDISKA ŽÁDOUCÍHO UDRŽITELNÉHO ROZVOJE.....	40
3.1 Příklady antropogenního působení a přístupů	40
3.1.1 Oxidovadla na bázi chloru při úpravě odpadních vod nepřímou elektrooxidací.....	40
3.1.2 Příklad uzavřených technologií při zohlednění energetických a dalších parametrů	43
3.1.3 Vliv produkce a užití nanočástic stříbra.....	45
4 PŘEDPISY, VYHLÁŠKY A LIMITY	47
Závěr.....	55
Seznam literatury.....	56

Seznam použitých obrázků

Obrázek 1 – Koloběh vody [1]	15
Obrázek 2 – Reakce vedoucí ke vzniku kyselého deště [3]	16
Obrázek 3 - Schéma znázorňující propustné, polopropustné a nepropustné horniny [1]	17
Obrázek 4 – Složení mořské vody (celkový poměr jednotlivých prvků a aniontů v mořské vodě [7]).....	18
Obrázek 5 – Mapa povrchové salinity vody světového oceánu [8]	19
Obrázek 6 – Karbonátový systém [9]	20
Obrázek 7 – Rozdělení zásob vody na Zemi [13]	22
Obrázek 8 – Rozpuštěné a nerozpuštěné látky ve vodě [16]	23
Obrázek 9 – Rozložení bodových zdrojů znečištění [21]	27
Obrázek 10 – Polychlorované bifenyly	29
Obrázek 11 – Příklady PAH [22]	31
Obrázek 12 – Schéma přípravy magnetického sorbentu pro extrakci polyaromátů z vody [24]	32
Obrázek 13 – Bisfenol A	33
Obrázek 14 – Diclofenac	33
Obrázek 15 – Kofein	34
Obrázek 16 – Hyoscyamin	35
Obrázek 17 – Kokain	35
Obrázek 18 – Morfin.....	36
Obrázek 19 – Kodein.....	36
Obrázek 20 – Chinin.....	36
Obrázek 21 – Hemin [26]	37
Obrázek 22 – Estrogen.....	39
Obrázek 23 – Rozdíly mezi spotřebou drog v různých částech Prahy [28]....	40
Obrázek 24 – Reakční schéma nepřímé elektrochemické oxidace organických látek zprostředkované elektrolyticky generovaným chlorem [33].....	42
Obrázek 25 - Závislosti dodané energie E_e pro depozici Zn na proudové hustotě i a vodivosti κ_i . [47].....	45
Obrázek 26 – Příklad vlivu stříbra na vývoj plůdku [58].....	47

Seznam použitých tabulek

Tabulka 1 – Slabě a středně silně minerální přírodní vody v ČR [15]	25
Tabulka 2 – Silně minerální vody z přírodního léčivého zdroje v ČR [15]	25
Tabulka 3 – Hodnocení celkové významnosti vstupu dusíku ze zemědělství do vod [21]	28
Tabulka 4 – Elektrochemický potenciál oxidovadel na bázi chlóru [33].....	41
Tabulka 5 – Vyhlášky, zákony a směrnice týkající se vod [59].....	49
Tabulka 6 – Mikrobiologické a biologické ukazatele [59].....	50
Tabulka 7 – Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele [59].....	52
Tabulka 8 – ukazatele pro povrchovou vodu [59].....	54
Tabulka 9 – doplňující ukazatele pro podpovrchovou vodu [59].....	54

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
ČOV	čistička odpadních vod
AD	amoniakální dusík
PCB	polychlorované bifenyly
PAH	polycyklické aromatické uhlovodíky
nAg	nano formy stříbra
TEM	transmisní elektronová mikroskopie
SEM	rastovací elektronová mikroskopie
AAS	atomová absorpční spektrofotometrie
PAU	polyaromatické uhlovodíky
POPs	perzistentní organické látky
ZnAE	zinkové amalgámové elektrody
nP	Nanočástice (z ang. nanoparticles)

ÚVOD

Hydrosféra neboli vodní obal Země představuje přibližně 73 % povrchu Země. Zahrnuje vodu na zemském povrchu i pod ním, vodu v atmosféře, ale také vodu vázanou v živých organismech. Planeta Země je díky své poloze vůči slunci jedinou planetou ve sluneční soustavě obsahující kapalnou vodu. Formování hydrosféry je úzce spjaté se vznikem zemské kůry i atmosféry, následně pak se vznikem života na zemi. Hydrosféra se začala formovat po vytvoření zemské kůry v důsledku dopadání ledových meteoritů na Zemi a také kvůli obrovské vulkanické činnosti. Při výstupu magmatu docházelo k uvolňování velkých objemů vodní páry. Vodní pára díky vhodným teplotním podmínkám mohla kondenzovat a zůstat v kapalném stavu.

Existence vody je pro život v přírodě nepostradatelnou podmínkou. Nejde však o jedinou podmínku. Předpokladem jejího působení na život je její dostatečná čistota, nebo vhodné složení. V přírodě je složení vody ovlivňováno především geologickými a klimatickými podmínkami. Tato práce je věnována diskusi vybraných přírodních i antropogenních vlivů na zmíněnou kvalitu vod. Jde o rozsáhlé téma, které má mnoho aspektů a důsledků. V tomto případě byly v práci shrnuty poznatky týkající se jak informací o přírodních procesech zajišťujících vodní zdroje a koloběh vody, tak poznatků o vlivech způsobených lidskou činností.

První část bakalářské práce je tedy věnována problematikám jako jsou například koloběh vody v přírodě, různé druhy přírodních vod, časové trvání cyklů, některé vybrané přírodní zdroje kontaminantů, nebo různé významné přírodní procesy s nutnou rolí vody jakožto chemickou látkou.

Druhá část bakalářské práce shrnuje vybrané příklady antropogenního znečištění prostředí, a tedy i diskutovaných přírodních, průmyslových nebo užitných vod. Na třech zvolených příkladech pak ilustruje systematické uplatnění a důsledky bezinfekčních, čistících a recyklačních technologií, nebo i dopady využívání dříve se téměř nevyskytujících látek.

Cílem práce je tedy shromáždit informace o vybraných přírodních i antropogenních vlivech na kvalitu vod, a i na konkrétních příkladech naznačit

současné aktuální uplatnění moderních technik a technologií z hlediska žádoucího udržitelného rozvoje.

1 PŘÍRODNÍ VODY

1.1 Koloběh vody

Koloběh vody je nepřetržitý pohyb vod uvnitř Země a atmosféry. Jedná se o komplexní systém a zahrnuje mnoho procesů. Tento cyklus je vyvoláván slunečním zářením gravitací a rotací Země. Slunce nerovnoměrně zahřívá vodu i vzduch a tím vyvolává cirkulaci. Koloběh vody dělíme na malý a velký vodní oběh. Kapalná voda je odpařována na vodní páru. Voda se odpařuje z oceánů, rybníků, jezer, vodních toků, ale také z půdy. Tomuto vypařování říkáme evaporace. Pokud se voda vypařuje z rostlin používáme pojem transpirace. Dohromady těmto vypařováním říkáme evapotranspirace.

Vodní pára se začne v oblasti kondenzační hladiny měnit na oblačnost, která je unášena vzdušnými proudy. Oblačnost se neustále přemisťuje v důsledku zemské rotace a nestejnomyerného zahřívání vzduchu nad pevninou a oceány. Poté se sráží a vrací se zpět na Zemi nejčastěji ve formě deště nebo sněhu. Většina těchto vod spadne do oceánu. Tento cyklus se nazývá malý vodní oběh. Do tohoto oběhu patří i voda, která se odpaří nad pevninou a opět na ni spadne.

Mezi oceánem a pevninou probíhá velký vodní oběh. Velká část kapalných srážek, které dopadnou za zemský povrch odtéká potoky a řekami přes jezera nebo i rašeliniště do moří a oceánů. Část srážek je vsakována a dostává se do podzemních vod a do půdy, ze které se dostává kořenovým systémem do rostlin a je poté vypařována. Nejčastěji podzemní voda na povrch vystupuje v podobě pramenů nebo člověkem vytvořených studen nebo vrtů. Část vody je uložena v pevném skupenství ve formě ledovců, které tvoří zásobárnu vody. Výparu z ledu se říká sublimace [1].



Obrázek 1 – Koloběh vody [1]

1.2 Dešťová voda

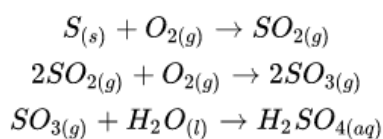
Globálně spadne průměrně 2,7 mm srážek za den. V atmosféře je 13 000 km³ vody. K výměně této vody vlivem srážek a výparů dochází jednou za 9,6 dní.

Dešťová voda není čistá, ale obsahuje rozpuštěné nebo i pevné látky. Tyto látky slouží jako kondenzační jádra při vzniku mikrokapiček. Dešťová voda obsahuje kyslík, oxid uhličitý, dusík a jeho oxidy, amoniak, oxidy síry, ale také pyl, bakterie a další nečistoty.

Nejprve vznikají mikroskopické kapičky, které se zvětšují díky koalescenci. Postupně roste objem i hmotnost kapek, ale snižuje se celkový povrch a tím i odpor vzdušným proudům, které je drží ve vznosu. Až kapky překročí mezní hranici, padají na zem. Nad obydlenými oblastmi jsou deště vydatnější z důvodu většího znečištění vzduchu a obsahují tedy více kondenzačních jader.

Deště v blízkosti oceánů obsahují velké množství solí i přesto, že mořské soli nejsou těkavé. Tyto soli se do ovzduší nedostávají klasickým odpařováním, ale strháváním mořského aerosolu do atmosféry při lámání vln, nebo když dešťové kapky čeří hladinu moří. Tento aerosol je poté odpařován a soli se dostávají pomocí větrů do atmosféry a mohou být přenášeny kilometry daleko.

Během pádu dešťových kapek se do nich rozpouští část vzdušných plynů. Dochází k reakcím s oxidy dusíku a síry za vzniku slabých kyselin. V oblastech se silným znečištěním mohou vody obsahovat také kyseliny chlorovodíkovou. Než došlo k odsíření uhelných elektráren, docházelo k častému výskytu kyselých dešťů. Látky, které jsou rozpuštěné v dešťových kapkách ovlivňují její pH. Reakcí s CO₂ vzniká kyselina uhličitá, které pH snižuje. Naopak rozpuštěný amoniakální dusík kyselost snižuje. Hodnota pH se v České republice pohybuje mezi 4,4 – 6,5. Hodnota pod 5,5 je již však považována za kyselý déšť [2].



Obrázek 2 – Reakce vedoucí ke vzniku kyselého deště [3]

1.3 Vody povrchové

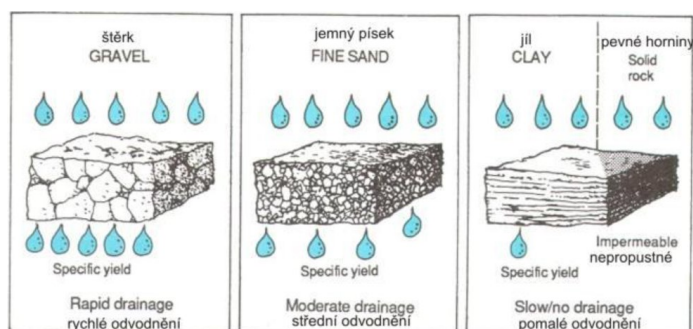
Povrchové vody se přirozeně vyskytují na zemském povrchu. Jsou charakteristické velkou dynamikou a změnami v čase [4]. Povrchové vody rozlišujeme na tekoucí (lotické) a stojaté (lentické). Vody stojaté dále dělíme na jezera, mokřady a umělé nádrže. Do vod tekoucích patří řeky. Počátek řek je v místech kde se podzemní voda dostává na povrch. Těmto místům říkáme prameniště. Základní geomorfologickou jednotkou oběhu vody v přírodě je povodí. U řek se dynamika projevuje prohlubováním koryta, erozí, meandry a vyrovnáváním dna.

Jezera jsou přírodní nádrže, dochází zde k přirozenému zadržování vody. U lentických vod dochází k zarůstání, hromadění živin, nebo sedimentaci. Přirozeným biologickým procesem je stárnutí jezer, kterým se jezera mění v mělčiny a bažiny. Mokřady jsou trvale zamokřená území. Srážky zde převažují nad výparem.

Poslední skupinou jsou umělé vodní nádrže, kam patří rybníky a přehrady. Rybníky slouží převážně k chovu ryb. Přehrady byly vybudovány hlavně kvůli zadržování vody a výrobě elektrické energie, nebo jako ochrana před povodněmi. V dnešní době je spousta přehrad využívána i jako rekreační středisko. [1]

1.4 Vody podpovrchové

Voda se do horninového prostředí dostává korytem řek a potoků, ze srážek, a z tajícího sněhu. Dále voda prosakuje přes pukliny a póry, čím jsou póry větší, tím je prostupnost snadnější. Podle propustnosti hornin je rozlišujeme na propustné, polopropustné a nepropustné. Mezi propustné horniny můžeme řadit písek a štěrk, do polopropustných prachovec a do nepropustných například jílu a vyvřelé horniny [1].



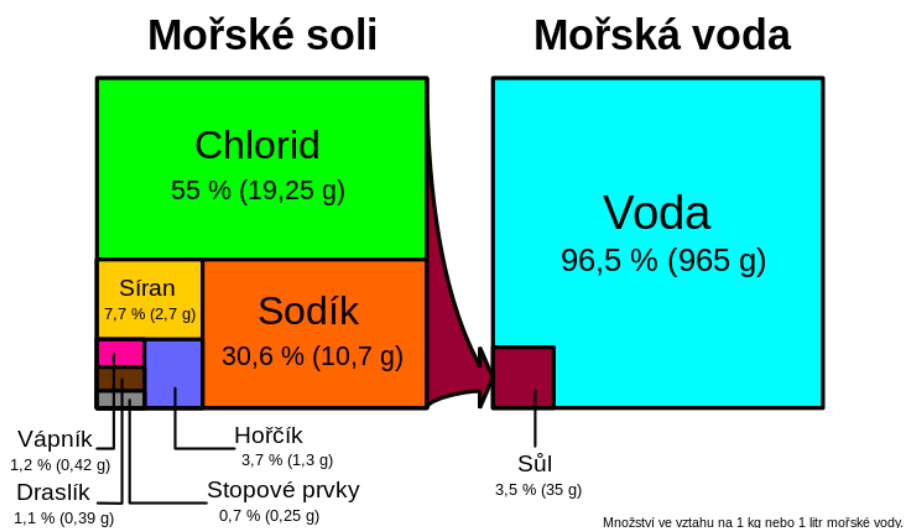
Obrázek 3 - Schéma znázorňující propustné, polopropustné a nepropustné horniny [1]

Hladina podzemních vod je buď volná, anebo napjatá. Vodám s napjatou hladinou říkáme vody Artézské. Kolem kapsy s touto vodou je vrstva nepropustné horniny. Je uložena ve velkých hloubkách a pod velkým tlakem. V případě správného navrtání voda vyvěrá na zemských povrch. Přírozený vývěr podzemní vody označujeme jako pramen [5].

1.5 Slané vody

Mořská voda pokrývá více než 70 % zemského povrchu. Skládá se z 96,5 % vody a 2,5 % solí. Zbývající procento je tvořeno dalšími látkami včetně rozpuštěných organických a anorganických materiálů a částic, nebo rozpuštěných atmosférických plynů, například kyslík, dusík nebo oxid uhličitý [6].

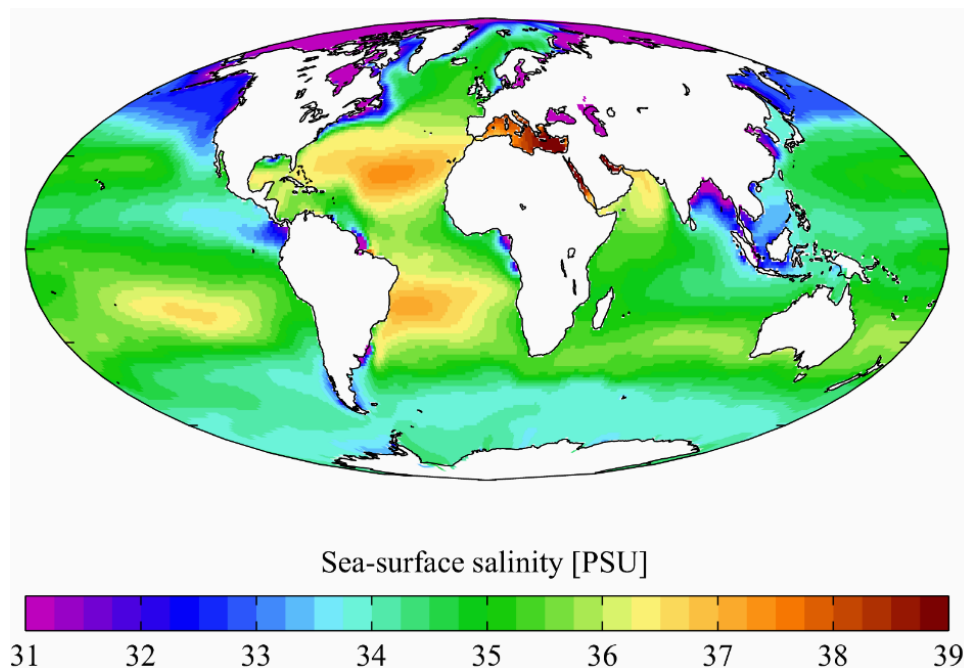
Soli způsobují slanost vody neboli salinitu. Salinita vyjadřuje celkové množství pevných látek v jednom litru vody včetně plynů. Salinita se vyjadřuje v promilích nebo v procentech. Hodnota v procentech přímo určuje množství látek v gramech rozpuštěných v 1 litru vody. Průměrná salinita mořské vody je 35 ‰. Z hlavních prvků jsou nejvíce zastoupeny chlor, sodík, síra a hořčík [7].



Obrázek 4 – Složení mořské vody (celkový poměr jednotlivých prvků a aniontů v mořské vodě.[7]

Další hlavní rozpuštěné látky v mořské vodě jsou anorganický uhlík, bromid, bor, stroncium a fluor. Anorganický fosfor a dusík jsou důležité pro růst organismů, které obývají oceány a moře.

Salinita není stálá, nejvíce ji ovlivňují srážky, výpary, říční toky a tání ledovců. Slanost mořské vody klesá díky srážkám, říčním přítokům a odtávání ledovců. Naopak se zvyšuje při výparu a tvorbě ledových ker. Zjednodušené rozložení salinity narušují lokální vlivy, například absence veletoků, poloha moří, nebo jejich velikost, ale také klimatický vliv pevniny. Nejvyšší hodnoty salinity byly naměřeny v Rudém moři (42 ‰), naopak nejnižší v Baltském moři (4–6 ‰). [7]

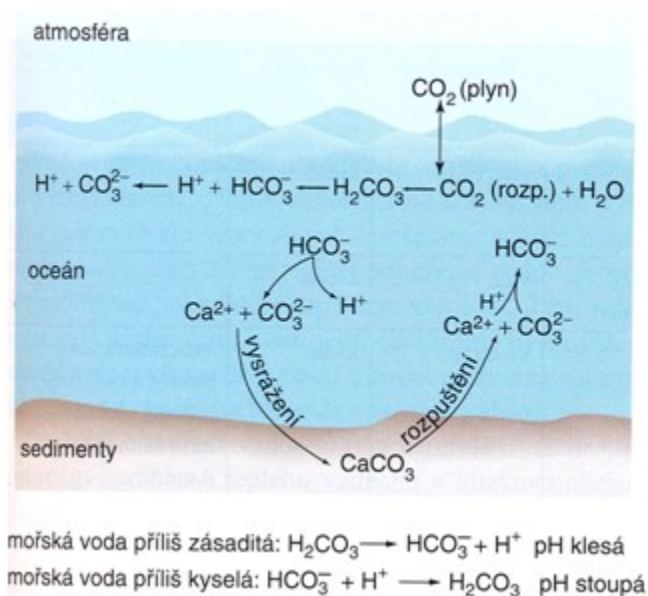


Obrázek 5 – Mapa povrchové salinity vody světového oceánu [8]

Nejvyšší průměrné teploty vzduchu jsou v rovníkových oblastech, tudíž je zde největší výpar a očekávala by se zde nejvyšší salinita. Ta se však vyskytuje v okolí obratníků. To je způsobeno minimálními ročními srážkami a malým množstvím přitékající říční vody v těchto oblastech. Směrem k polárním oblastem se salinita zmenšuje v důsledku menší evaporace. Salinita v polárních oblastech je dále ovlivněna táním ledovců. Místa s nízkou salinitou jsou také u ústí velkých řek do oceánů. Tyto změny salinity probíhají na povrchu. Se vzrůstající hloubkou se salinita mění. Největší změna, která se nazývá haloklina, probíhá od 400 m do 1000 m, kde ustává a již se téměř nemění.

Velký vliv na pH mořské vody má cyklus uhlíku. Tento cyklus probíhá uvnitř oceánu, ale také mezi oceánem a souší. Ve svrchních vrstvách oceánu a moří je koncentrace CO_2 v rovnováze s atmosférickými hodnotami. Když je jeho hodnota v atmosféře zvýšena, přechází do vodního prostředí. Reakcí CO_2 a H_2O vzniká slabá kyselina H_2CO_3 následně produkující např. uhličitany vápenatý. Pokud se kyselost mořské vody snižuje (pokud klesá její pH), zvyšuje se poměr mezi HCO_3^- a CO_3^{2-} . Další chemickou reakcí, která probíhá v oceánech je vznik uhličitany vápenatého, který se částečně vysráží a ukládá na mořském dně, odkud se rozpouští a opět uvolňuje do moře. Tento složitý systém udržuje pH na průměrné hodnotě 8,1. Chladná voda dokáže lépe rozpouštět plyny. Tudíž obsahuje voda při hladině méně oxidu uhličitého

než mořská voda v hlubších částech oceánu. V určité hloubce se nachází tzv. karbonátová kompenzační hladina. Pod touto hladinou se uhličitán vápenatý již nevyskytuje v pevné formě, ale díky kyselině uhličitě je rozpuštěn ve vodě [9].



Obrázek 6 – Karbonátový systém [9]

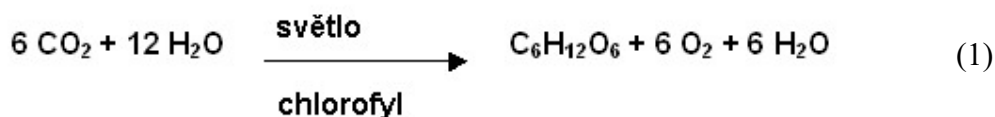
Do mořské vody se dostává celá řada dalších prvků. Mezi klíčové procesy dopravy těchto prvků do oceánu patří říční toky, hydrotermální procesy a sopečná erupce. Naopak ven z oceánů se tyto ionty dostávají vysrážením, biologickými procesy, hydrotermálními pochody, nebo vodní tříští [9].

Brakická voda má slanost mezi salinitou sladké a mořské vody. Nachází se v oblastech, kde se tyto dva typy vod mísí. Nejznámějším příkladem brakických vod je ústí řek. Prostředí je velmi proměnlivé a salinita se zde může drasticky měnit i v průběhu dne v důsledku přílivových cyklů. Mikroby žijící v těchto vodách musí být přizpůsobeny těmto výkyvům slanosti. Je zde vysoká heterotrofní aktivita a velká zásoba organického uhlíku, která může být tak velká, že se ústí může stát až anoxickým po celý rok [10].

Zásadní roli v ekologii oceánů hraje plankton, který ovlivňuje celoplanetární klima. Existují dva hlavní typy planktonů, zooplankton a fytoplankton. Zooplanktony jsou heterotrofní a zahrnují živočichy, kteří nejsou schopni fotosyntézy. Fytoplankton je fotosyntetický plankton, který je autotrofní a vytváří obrovské množství kyslíku. Oba tyto planktony jsou základem potravního řetězce ve vodním prostředí. Jsou

biologicky velmi rozmanité. Další stránkou planktonu, bez níž bychom se běžném životě neobešli, je jeho podíl na vzniku ropy [11].

Fytoplankton má schopnost zachytit sluneční záření a využít jeho energii pro přeměnu anorganického CO₂ a H₂O na organický uhlík, kyslík a energii, podle rovnice (1).



Růst fytoplanktonu závisí na dostupnosti CO₂, slunečního záření a dalších živin (např. dusík, síra, železo, fosfor, vápník...) a sahá do hloubky cca 80 metrů pod mořskou hladinu. Růst dále ovlivňuje teplota, slanost vody a další živočichové, kteří se planktonem živí.

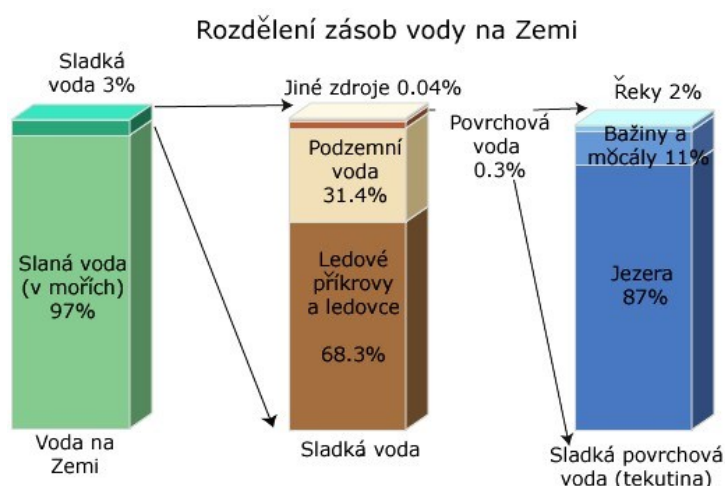
Zooplankton tvoří malé plovoucí organismy, které jsou unášeny mořskými proudy. Je to zásobárna potravy, na které jsou v konečném důsledku závislé téměř všichni vodní živočichové. Zooplankton je tvořen bakteriemi, prvoky, korýši a měkkýši [12].

1.6 Sladké vody

I tyto vody patří mezi nejdůležitější složky přírodního prostředí Země. Mezi jednotlivými geosférami se ustálily procesy látkové výměny, a tak probíhá nejen pohyb hmoty, ale i její nepřetržitě probíhající přeměna. Voda zaujímá klíčové postavení v životě člověka a její úloha roste s postupným rozvojem společnosti. Jednou z vlastností vody je její schopnost se nepřetržitě vázat a uvolňovat, a tedy obnovovat. Tento proces se nazývá koloběh vody, kde je oceán převažujícím zdrojem sladké vody pro pevninu. Sladká voda je zásadní pro život na Zemi vůbec. Zabezpečuje různorodé potřeby související s jejím příjmem a využitím pro zavlažování, energetické nároky atd. Proto je nutností ji i chránit a starat se o to, aby ji byl dostatek.

Sladká voda je tedy základem života většiny organismů na naší planetě. V mnoha ohledech určuje i kvalitu života. Povrch celé planety tvoří ze 4/5 voda. Sladká voda tvoří však pouze 3 % všech zásob na Zemi. To je 28 253 200 km³. Množství dostupné sladké vody je minimální ve srovnání s celkovým množstvím vody na Zemi. Většina zásob sladké vody je navíc zamrzlá v ledovcích, a proto je tak důležité správně využívat zásoby sladké vody. Z celkového objemu veškeré vody na zemi má lidstvo k použití pouze 1 %.

Největším úložištěm sladké vody jsou ledovce. Je zde uloženo přibližně 85 % z celkového množství sladké vody. Dalších 14 % se nachází v podzemí jako voda podzemní. Na jezera a vodní nádrže připadá 0,6 %. Jen velmi malé množství vody je v řekách, v půdě, jako půdní vlhkost, anebo v atmosféře. Hlavními zdroji sladké vody jsou řeky, jezera, vodní nádrže, studny, atmosféra, ledovce, ale také odsolování mořské vody [13].



Obrázek 7 – Rozdělení zásob vody na Zemi [13]

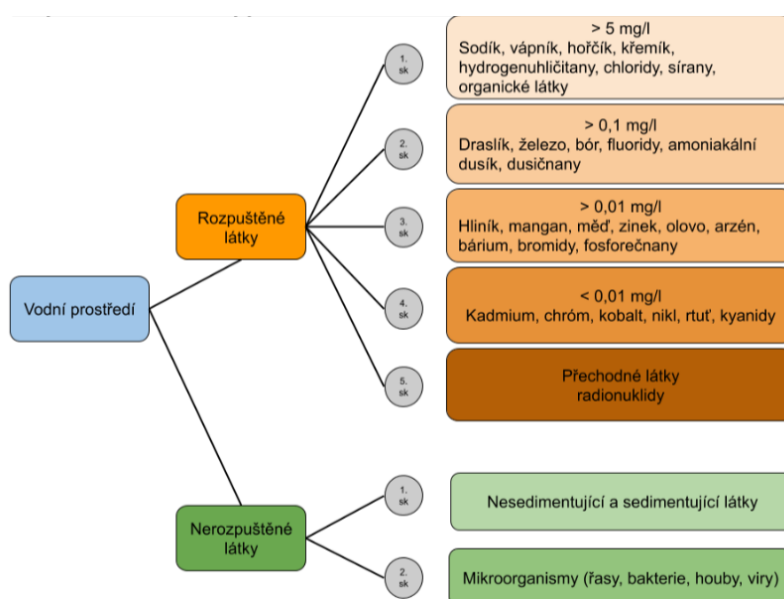
Sladká voda je voda, které obsahuje méně než 0,1 % minerálních látek. Podle jejího složení ji rozdělujeme na vodu karbonátovou, síranovou a chloridovou. Z nichž karbonátová je nejvíce rozšířená.

Mezi všeobecné charakteristiky čisté vody patří tvrdostí, kyselostí, tedy její pH a také její organoleptické vlastnostmi jako je vůně, chuť a barva [14].

Obnovitelným zdrojem sladké vody jsou říční toky. To, že jsou obnovitelné, neznamená, že jsou věčné a lze je bezmyšlenkovitě využívat bez ohledu na

budoucnost. Podzemní zdroje jsou zdrojem kvalitní pitné vody, a to díky tomu, že voda do těchto míst přitéká přes různé vrstvy hornin. Tím dochází k její filtraci. Složení těchto hornin určuje kvalitu a čistotu vody. Voda navíc z těchto hornin přebírá různé minerály a používá se jako voda minerální. Z podzemních zdrojů se čerpá pomocí vrtů [15].

Ve vodě se vyskytuje řada látek a minerálií, některé jsou rozpustné jiné nerozpustné. Vyskytují se také ve formě iontů [16].



Obrázek 8 – Rozpuštěné a nerozpuštěné látky ve vodě [16]

Minerální vody se staly základem léčebného lázeňství v celém světě. U nás je podle „lázeňského zákona“ zdrojem přírodní minerální vody přirozeně se vyskytující podzemní voda původní čistoty, stálého složení a vlastností, která má z hlediska výživy fyziologické účinky dané obsahem minerálních látek, stopových prvků nebo jiných součástí, které umožňují její použití jako potraviny a k výrobě balených minerálních vod. Minerální vodou pro léčebné využití se rozumí přirozeně se vyskytující podzemní voda původní čistoty s obsahem rozpuštěných pevných látek nejméně 1 g/l nebo s obsahem nejméně 1 g/l rozpuštěného oxidu uhličitého nebo s obsahem jiného, pro zdraví významného chemického prvku či sločeniny anebo, která má u vývěru přirozenou teplotu vyšší než 20 °C nebo radioaktivitu radonu nad 1,5 kBq/l [17]. Podle vyhlášky MZČR č. 423/2001 Sb. (2) rozděluje minerální vody podle několika kritérií. Podle mineralizace dělíme vody na velmi slabě mineralizované (50 mg/l)

rozpuštěných pevných minerálních látek), slabě mineralizované (50 až 500 mg/l), středně mineralizované (500 až 1500 mg/l), silně mineralizované (1500 mg/l až 5 g/l) a velmi silně mineralizované (více než 5g/l). Podle obsahu rozpuštěných plynů a obsahu významných složek dělíme minerální vody na uhličité, sirné, jodové a ostatní. Minerální vody jsou léčivé, ale ve větším množství mohou být zdraví škodlivé. Dají se využívat také v terapii v rámci koupelových léčebných postupů. Nejčastějším cílem při pití silně mineralizovaných vod je zlepšení střevní peristaltiky nebo zvýšení diurézy a vylučování ve vodě lépe rozpustných solí, například purinové kyseliny močové, která je ve vodě špatně rozpustná a její ukládání v kloubech způsobuje dnu [18].

Zdroje těchto léčivých minerálních vod můžeme najít například v Karlových Varech, v Poděbradech, v Lázních Bohdaneč, v Lednici, Jáchymově, Lázních Kynžvart, ve Velkých Losinách i jinde [19].

balená voda	klasifikace podle mineralizace	obsah vybraných minerálních látek (v mg/l)					
		hořčík	draslík	vápník	zinek	jód	sodík
přírodní minerální vody v ČR							
Dobrá voda	slabě mineralizovaná	7,7	10,6	5,2	<0,01	<0,005	12,6
Korunní	středně mineralizovaná	20	15,9	59,8	<0,01	<0,005	63,4
Il Sano	středně mineralizovaná	53,7	4,1	69,4	0,013	<0,005	26,1
Magnesia	středně mineralizovaná	156	1,4	37,2	<0,01	<0,005	4,8
Mattoni	středně mineralizovaná	25,2	14,9	84,7	0,011	<0,005	67,9
Ondrášovka	středně mineralizovaná	22,3	1,5	210	<0,01	<0,005	27,5
Hanácká kyselka	silně mineralizovaná	67,3	15,3	271	<0,01	<0,005	243
Poděbradka	silně mineralizovaná	61,8	55,9	158	<0,01	0,047	462

Tabulka 1 – Slabě a středně silně minerální přírodní vody v ČR

balená voda	klasifikace podle mineralizace	obsah vybraných minerálních látek (v mg/l)					
		hořčík	draslík	vápník	zinek	jód	sodík
minerální vody z přírodního léčivého zdroje v ČR							
Bílinská	velmi silně mineralizovaná	42	86	135	<0,01	0,012	1750
Šaratica	velmi silně mineralizovaná	790	24,3	395	0,083	1,24	2090
Zaječická	velmi silně mineralizovaná	5130	728	586	<0,01	0,367	1770
Vincentka	velmi silně mineralizovaná	14,8	131	231	<0,01	7,26	2388

Tabulka 2 – Silně minerální vody z přírodního léčivého zdroje v ČR

Naopak mezi nejméně kvalitní vody patří povrchové vodní toky. Voda v nich bývá často velmi znečištěna a její úprava v kvalitní pitnou vodu je nejsložitější a nejnákladnější. Někdy je dokonce lepší pitnou vodu zajistit z jiného vzdáleného zdroje než tuto vodu čistit. Surová voda z přírodních zdrojů využívaná pro výrobu pitné vody musí být dopravena do úpravný vod, kde je podrobena čištění. O povrchové toky a nádrže v přírodě pečují státní podniky, které působí v daném povodí. Speciální vodárenské nádrže jsou vybudována za účelem akumulace pitné vody. Najdeme je v oblastech, kde jsou zdroje vody velmi kvalitní a kde nehrozí její znečištění. V okolí nádrží je vždy ochranné pásmo, aby se zamezilo znečištění lidskou činností. V těchto oblastech je zakázáno užívání chemických hnojiv nebo přeprava ropy. Tyto nádrže se také nedají využívat k rekreačním účelům [15].

Lidská ekonomická činnost narušuje ekosystém planety, tím se snižuje množství obnovitelných vodních zdrojů a stávají se nevhodnými pro další běžnou spotřebu. Množství odpadu v mnoha řekách se stává neúnosným. Dalším globálním problémem je, že voda je nerovnoměrně rozložena. V některých regionech ji je dostatek, jinde ne. Tento problém je možné řešit odsolováním mořské vody, zatím však nebyly nalezeny technologie, které by tento úkon dostatečně zvládaly. Ekosystém je také narušen kvůli globálnímu oteplování. Určitá rovnováha je udržována díky koloběhu vody [14]. Část srážek odtéká řekami a podzemní cestou zpět do moří a oceánů. Tuto část pevniny nazýváme jako odtokovou oblast. Bezodtoková oblast je oblast, kde řeky a podzemní vody končí v jezerech a bažinách a odtud už neodtékají. Tyto oblasti tvoří asi 20 % rozlohy pevniny [13].

Poptávka po vodě se ale neustále zvyšuje. V poslední době je rychlost nárůstu asi 3 % ročně. Spotřeba vody rok od roku roste a voda je čím dál špinavější. Dnes je již ¼ vod pro pitnou vodu téměř nevyužitelná. Podle odborníků bude mít do poloviny století většina zemí nedostatek pitné vody. Nejvyšší kvalita pitné vody je například ve Finsku, Kanadě a Novém Zélandu. Nejméně kvalitní voda je v Indii, Maroku a Belgii. Z hlediska zásob pitné vody na počet obyvatel je na tom nejlépe Dánsko a Island. Nejhůře je vodou obdařen Kuvajt, Palestina a Spojené arabské emiráty.

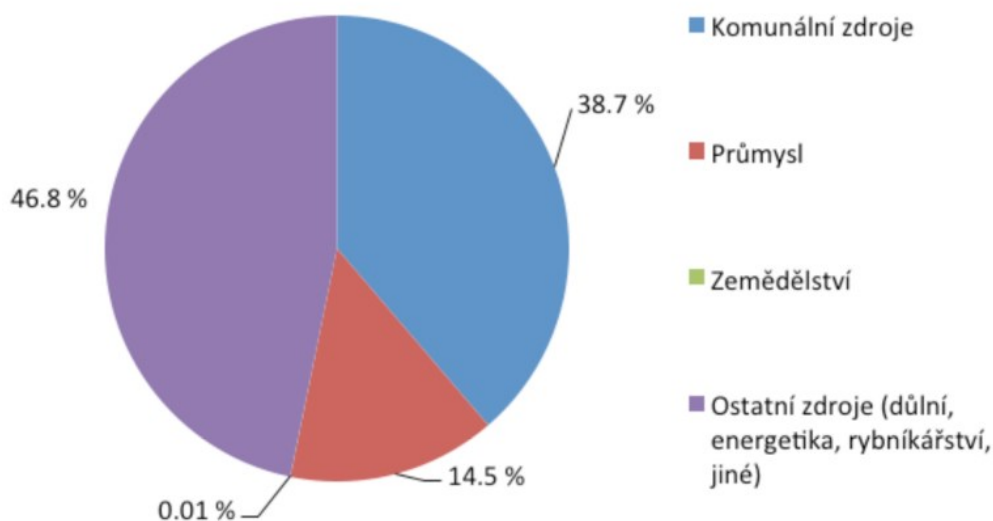
Voda je jedním z nejdůležitějších faktorů určující kvalitu života a rozložení výrobních sil a prostředků. Nejvíce vody spotřebuje zemědělství, po němž následuje průmysl [15].

2 VYBRANÉ ANTROPOGENNÍ VLIVY NA KONTAMINACI VOD

2.1 Příklady antropogenního znečištění vod

Ovlivňování vodních toků antropogenní činností rychle narůstá, a to zejména v posledních desetiletích. Toky ztrácejí svůj přirozený charakter a funkci. To je patrné zejména v hustě zabydlených oblastech [20].

Užívání vod ovlivňuje stav a jejich kvalitu. Povrchové tekoucí vody jsou využívány především k odvádění odpadních vod z obcí, měst, nebo i průmyslových podniků. Mezi bodové zdroje znečištění, které mají významný vliv na kvalitu vody, patří vypouštění odpadních vod z čistíren vod, z průmyslových závodů apod. Výpusti jsou nejčastěji komunální, průmyslové, ze zemědělství, nebo havarijní. Havarijní znečištění je však v objemu vypouštěného množství zanedbatelné [21].



Obrázek 9 – Rozložení bodových zdrojů znečištění [21].

2.1.1 Dusík

Plošné znečištění vod je další z významných vlivů, který určuje jejich jakost. Hlavním ukazatelem bývá obsah dusíku a dalších vybraných organických látek, např. pesticidů. Největším zdrojem plošného antropogenního znečištění vod dusíkem je zemědělství [21].

		Podíl intenzivně využívaných zemědělských půd v povodí vodního útvaru [%]		
		nevýznamný < 20	významný ≥ 20 až < 50	velmi významný ≥ 50
Významnost odtoku dusíku produkovaného hospodářskými zvířaty (vzhledem ke kapacitě útvary v %)	nevýznamný < 20	nevýznamný	významný	velmi významný
	významný ≥ 20 - < 100	významný	významný	velmi významný
	velmi významný ≥ 100	velmi významný	velmi významný	velmi významný

Tabulka 3 – Hodnocení celkové významnosti vstupu dusíku ze zemědělství do vod [21]

Na zemědělských pozemcích, které sousedí s oblastmi transportu a zdrojů povrchových vod, se musí zachovávat ochranný pás nehněné půdy [21].

2.1.2 Nerozpustné látky

Vody jsou mimo jiné znečištěny nerozpustnými látkami. Do této skupiny řadíme hydratované oxidy kovů (Mn, Fe a jiné), hlinitokřemičitany, fytoplankton, zooplankton, oleje, tuky a další. Nerozpuštěné látky jsou z vody odstraňovány pomocí filtrace nebo odstředování. K tomuto čištění dochází v poslední fázi v ČOV. Množství těchto látek ve vodě se rychle mění a je nerovnoměrně rozloženo. Několikanásobně se množství nerozpuštěných látek ve vodě zvedá během povodní [16].

2.1.3 Amoniakální dusík

Další kontrolovanou látkou je amoniakální dusík (AD). Vyskytuje se ve všech typech vod a dělí se na organický a anorganický. Organický dusík je produktem rozkladu organických dusíkatých látek. Do vody se tyto látky dostávají ze zemědělské výroby nebo z vod splaškových. AD je obsažen v odpadních vodách podniků, které zpracovávají uhlí. Hodnota AD nepřesahuje v čistých vodách hodnotu 0,1 mg/l. AD se ve vodách vyskytuje ve dvou formách, ve formě netoxické NH_4^+ a ve formě volné, tedy toxické NH_3 . Poměr těchto dvou forem závisí na teplotě a pH vody [16].

2.1.4 Dusičnany

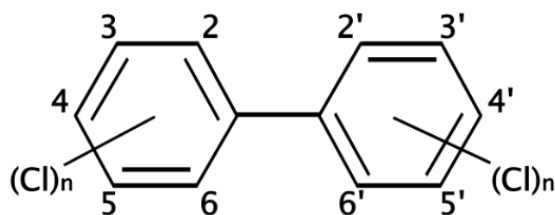
V důsledku nitrifikace AD se ve vodě vyskytují dusičnany, které zde zastupují i konečný stupeň rozkladu organických dusíkatých látek za přístupu O_2 . Dalším zdrojem dusičnanů ve vodách jsou dusíkatá hnojiva, nebo srážková voda obsahující oxidy dusíku. Na obsah dusíku v půdách a ve vodách má značný vliv též příslušná fauna a flóra jakož i nitrifikační bakterie. Nejběžnější metodou pro stanovení dusičnanů je spektrofotometrie nebo potenciometrie, která se využívá při kontrole pitných vod. K rychlému výsledku v terénu lze použít komerční kity. V pitné vodě je limit pro dusičnany stanoven na 50 mg/l [16].

2.1.5 Fosfor

Další látkou, která má zásadní vliv na eutrofizaci vod, je fosfor. Do vody se dostává přirozeně z uhynulých organismů, ze kterých se uvolňuje organický fosfor. Největším zdrojem fosforu však zůstávají hnojiva ze zemědělsky obdělávaných půd, velkochovy zvířat a odpadní vody s obsahem pracích a mycích prostředků. Fosfor se stanovuje nejčastěji spektrofotometricky [16].

2.1.6 Polychlorované bifenyly

Mezi přírodní organické polutanty ve vodě patří lipidy, sacharidy, proteiny. Jedná se o látky biologicky rozložitelné. Organické znečištění vod se často určuje populačním ekvivalentem. Polychlorované bifenyly obsahují uhlík, vodík a chlor. PCB mají toxické účinky na vodní organismy, jsou tepelně nestabilní a do vody se dostávají v důsledku antropogenní činnosti. Do vodního prostředí s PCB dostávají v důsledku havárií, nebo při jejich nevhodné likvidaci. Z vody se odstraňují katalytickou filtrací, nebo odstraněním kalu, na který jsou PCB navázány [16].



Obrázek 10 – Polychlorované bifenyly

2.1.7 Polycyklické aromatické uhlovodíky

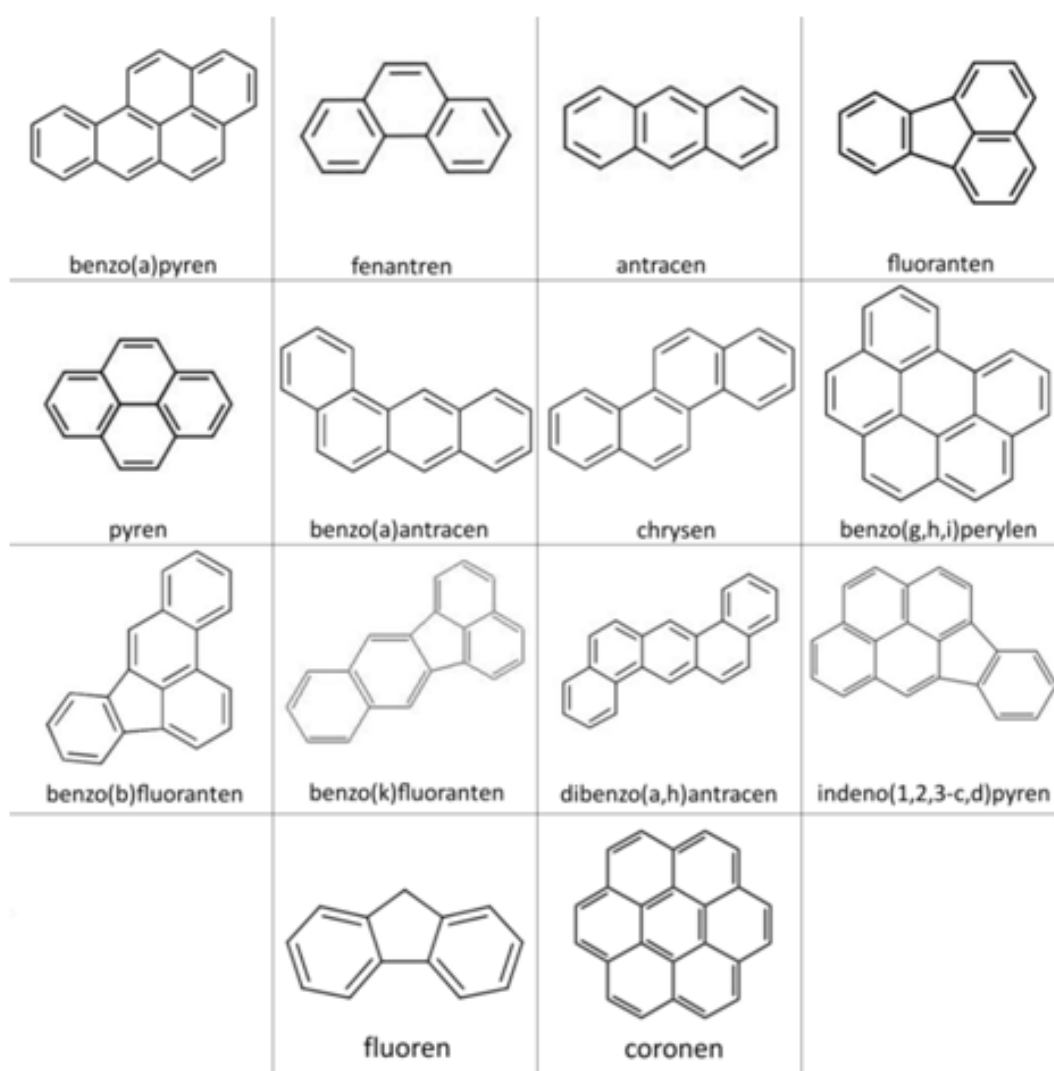
Během řady procesů v průmyslu i domácností se do vodního prostředí dostávají také polycyklické aromatické uhlovodíky. Mezi ty patří koksárny, spalování odpadů, doprava, metalurgický průmysl a další. PAH se do vody dostávají také z odpadních vod nebo při ropných haváriích. Z vody jsou odstraňovány chemickou oxidací nebo katalytickou filtrací [16].

2.1.8 Fenoly

Mezi další příklady látek znečišťující vody patří fenoly. Do přírody se dostávají v důsledku špatného čištění v ČOV, nebo z průsaku ze skládek, při zpracování uhlí a z mnoha dalších průmyslových odvětví. Kovy se také řadí mezi polutanty vnášené do životního prostředí lidskou činností. Patří sem železo, hliník, mangan a další. Z těžkých kovů například rtuť, kadmium, olovo, zinek měď, arsen, antimon, cín, chrom a jiné. Dalšími látkami znečišťující vodní prostředí jsou kyanidy a chlor [16].

2.1.9 Polycyklické aromatické uhlovodíky

Znečištění vod polycyklickými aromatickými uhlovodíky má na svědomí ve většině případů ropa. Únik ropy do vodních prostředí způsobuje dlouhodobé a fatální následky. Již krátkodobá expozice způsobuje úhyn živočichů. Lehké frakce jsou toxičtější než frakce těžké. Zdrojem znečištění vod ropou může být petrochemický průmysl, autoopravny strojírenství, ale také splachy ze silnic nebo havarijní úniky. V tekoucích vodách ropa tvoří emulzi, které se dostává do kontaktu s vodními živočichy. Ve vodách stojatých ropa utvoří nepropustnou vrstvu zamezuje tak okysličování vody [16].



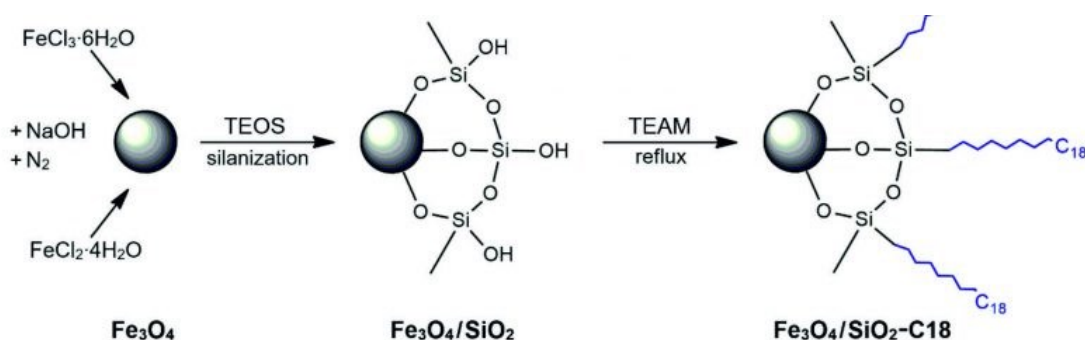
Obrázek 11 – Příklady PAH [22]

2.1.10 Polyaromatické uhlovodíky

Polyaromatické uhlovodíky patří mezi látky zatěžující životní prostředí. Jejich koncentrace a koncentrace obdobných látek (analytů) v odtékající vodě v okolí dálnice a ve městech byla studována ve Francii. V odtékající vodě bylo naměřeno 11-474 ng/l PAH. V centru Paříže byly tyto hodnoty měřeny v pouličních sedimentech a jejich hodnota byla 3-11 mg/kg sušiny. Hailwood ve své práci z 27. července 2001 uvádí, že zdrojem PAH ve výfukových plynech u benzinových i naftových vozidel je i jejich přítomnost v palivu. Významně vyšší hodnoty obsahů PAH dává palivo s obsahem 7-11 % diaromatických uhlovodíků a 1-3 % triaromatických uhlovodíků než palivo, které tyto látky neobsahuje. Snížení obsahu síry v palivu hraje pozitivní roli, protože umožňuje katalytickému systému pracovat efektivněji. Dalším zdrojem znečištění PAH jsou motory skútrů, které spalují palivo obsahující oleje. Dodatečným zdrojem PAH je také obsah PAH v emisích vznikajících otěrem pneumatik, asfaltového povrchu vozovky a brzdového obložení [23].

V současné době nejsou množství PAH v emisích omezena žádnou směrnicí EU. PAH patří do skupiny POPs, pro které existuje protokol o omezení dálkového transportu.

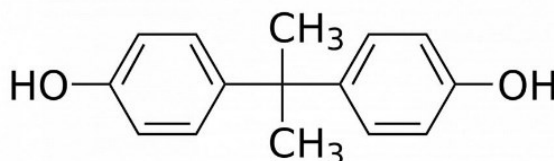
PAH téměř nepodléhají přirozenému rozkladu a některé z nich jsou prokazatelně karcinogenní. Pro čištění vod, které tyto látky obsahují lze použít metodu extrakce magnetickým sorbentem, na který se tyto látky zachytí a odstraní se magnetem [24].



Obrázek 12 – Schéma přípravy magnetického sorbentu pro extrakci polyaromátů z vody [24]

2.1.11 Bisfenol A

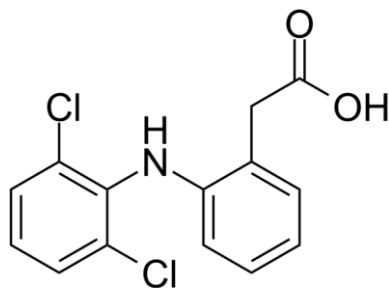
Další látkou, která výrazně ovlivňuje kvalitu a znečištění vod je Bisfenol A. Jedná se o chemickou látku, která se využívá při výrobě plastů. V dnešní době je díky velkému využívání téměř všudypřítomný. Do přírody se dostává při jeho výrobě, ale také při degradaci plastů, s odpadem z domácností, nebo odpadní vodou z ČOV. BPA se z plastů uvolňuje rychleji zahříváním, nebo přítomností kyselin. Patří mezi teratogenní látky a kumuluje se v tukové tkáni [16].



Obrázek 13 – Bisfenol A

2.1.12 Diclofenac

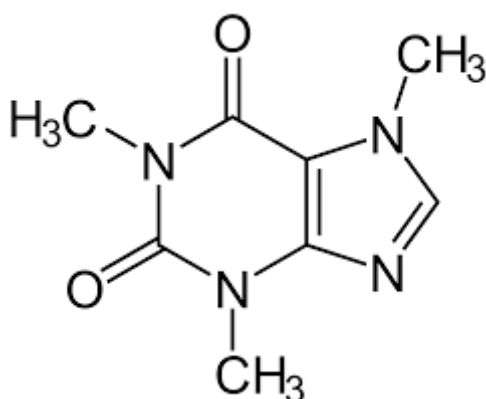
Další látkou ovlivňující kvalitu vod je Diclofenac. Jedná se o léčivo užívané proti bolesti a zánětu, hlavně artrózy a akutních muskuloskeletálních potíží. Tento lék je světově velmi využíván a v České republice je obsažen v mnoha přípravcích, které jsou často volně prodejné. Do životního prostředí se Diclofenac dostává vylučováním tohoto léčiva močí a stolicí. Mezi další zdroje znečištění patří nesprávná likvidace nepoužitých léčiv obsahujících tuto látku. Diclofenac nelze odstranit biologickým čištěním odpadních vod, tím pádem je přítomen i ve vyčištěných vodách. Tímto mechanismem se dále postupně dostává do různých složek životního prostředí, proto je velmi důležité hladinu léku monitorovat a hledat možnosti eliminace [16].



Obrázek 14 – Diclofenac

2.1.13 Kofein

Další zvolenou (sledovanou) látkou ovlivňující kvalitu vod je kofein. Různé studie dokazují, že pití kávy zásadně ovlivňuje životní prostředí. A to tím, že se kofein po vyloučení dostává do odpadních vod a dále do životního prostředí. V dnešní době bylo zjištěno, že pronikl i do vzdálených málo obydlených oblastí. Na divoká zvířata působí však spíše negativně, způsobuje genetické mutace a vyvolává stres. Kofein se do životního prostředí dostává například netěsnícími kanalizací, špatně udržovanými septiky, či spolu s recyklovanou vodou používanou k zavlažování [25].



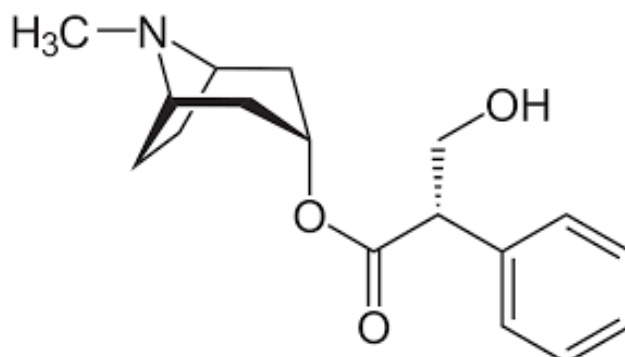
Obrázek 15 - Kofein

Pitná voda musí mít přesně dané fyzikálně-chemické vlastnosti. Nesmí představovat ohrožení veřejného zdraví. Pitná a teplá voda nesmí obsahovat mikroorganismy, parazity a látky jakéhokoliv druhu v počtu nebo koncentraci, které by mohly ohrozit veřejné zdraví. U těchto vod je také regulováno množství některých složek, které jsou uměle snižovány, jako například vápníku [16].

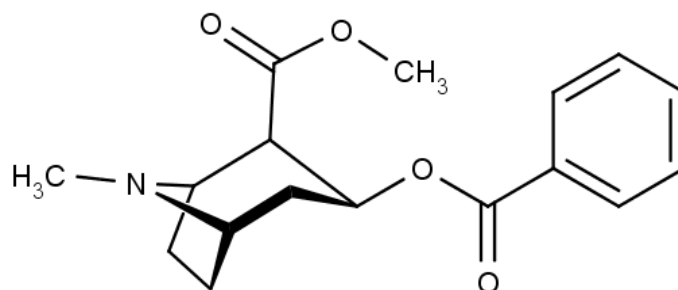
2.1.14 Alkaloidy

S vývojem organické chemie se měnily názory na vznik alkaloidů v přírodě. Vycházelo se ze srovnání struktur, zjišťování vzájemného biologického vztahu jednotlivých alkaloidů a z jejich výskytu v určitém druhu rostlin. Alkaloidy podle teorie vyslovené anglickým chemikem R. Robinsonem vznikají v buňce přeměnou aminokyselin. Většina alkaloidů obsahuje v molekule buď pětičlenný pyrrolidinový kruh, nebo šestičlenný kruh piperidinový. Ester tropinu s opticky aktivní kyselinou troponovou je hlavní alkaloid blínu černého, hyoscyamin je obsažen v rulíku

zlomocném jako alkaloid atropin. Atropin se využívá například v očním lékařství. Kokain je hlavním alkaloidem vyskytujícím se v listech koky. Jeho základní látkou je ekgonin [26].

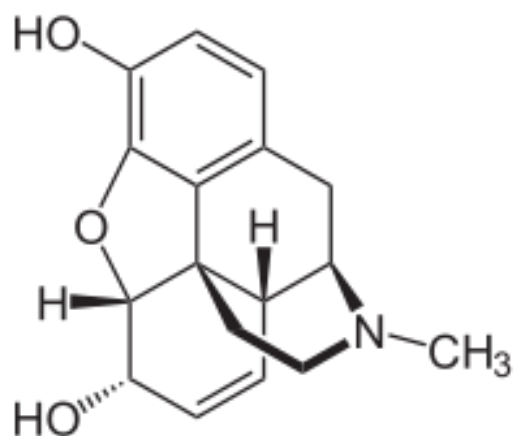


Obrázek 16 – Hyoscyamin

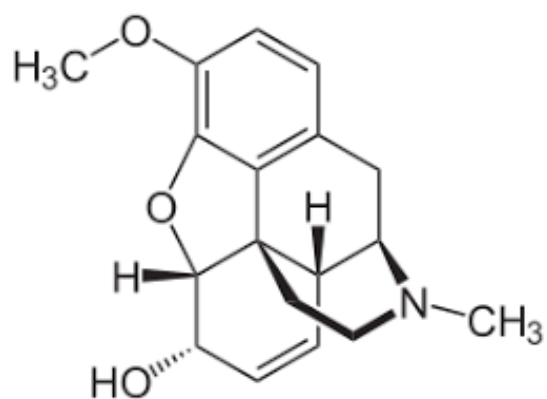


Obrázek 17 – Kokain

V opiu se vyskytují alkaloidy morfinové, které v molekule obsahují fenanthrenové jádro. Nejdůležitějšími z nich jsou morfin a kodein. Morfin patří mezi analgetika, které potlačují bolest nejrůznějšího původu. Velká část izolovaného morfinu se však převádí na kodein, který se v lékařství používá na tišení kašle [26].

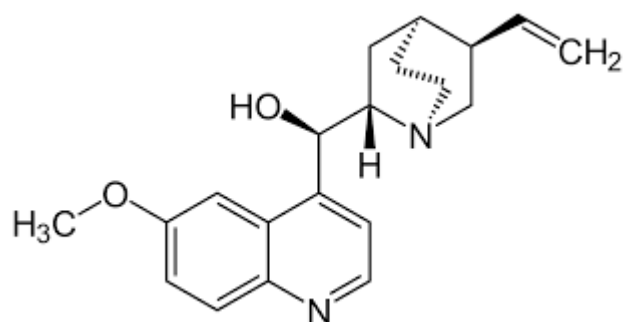


Obrázek 18 – Morfin



Obrázek 19 – Kodein

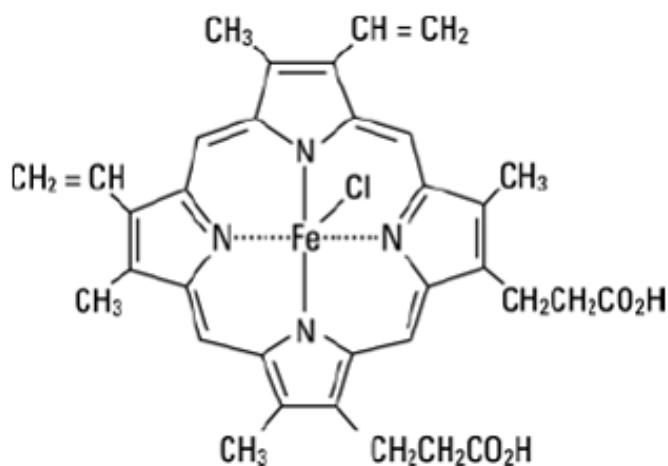
Obměnami yohimbinového skeletu se dostaneme k alkaloidům kůry chininové, z nichž nejznámější, chinin, je dosud nejúčinnějším lékem proti malárii [26].



Obrázek 20 – Chinin

2.1.15 Barviva

Do skupiny přírodních heterocyklických barviv patří zejména krevní barvivo hemin a zeleň listová neboli chlorofyl. Základem těchto dvou látek je porfinový skelet tvořený čtyřmi pyrrolovými jádry, která jsou spojena čtyřmi methiovými skupinami v dokonale konjugovaný kruhový systém. Hemin je komplexní sloučenina vznikající z chloridu železitého a protoporfirinu a ve spojení s bílkovinou globinem vytváří krevní barvivo hemoglobin umožňující oxidaci krve a dýchání. Dalšími přírodními barvivy jsou například anthocyaniny, které jsou obsaženy v okvětních lístcích rostlin [26].



Obrázek 21 – Hemin [26]

2.1.16 Léčiva vs. jejich nadspotřeba

Spotřeba léčiv se v posledních letech zvyšuje, a tak dochází k přebytečnému znečišťování vody právě těmito látkami. Do vody se dostávají léčiva vylučováním organismů, kteří léčiva požíli. ČOV nejsou zcela účinné v jejich odstraňování, a tak se léčiva dostávají také do povrchových vod. Vody mohou být kontaminovány ze skládek, kam se dostanou léky nespotřebované. Léčiva může obsahovat také kal v ČOV, kterým se hnojí, a tak se dostávají na pole a dále do povrchových vod.

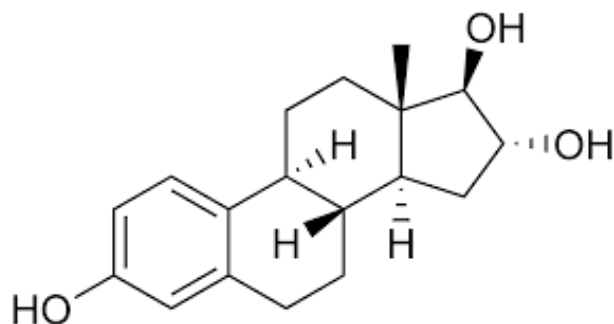
Do životního prostředí se nesprávně zlikvidované léky dostávají průsakem ze skládek nebo také po vyloučení organismy. ČOV nejsou schopny tyto látky zachytit a z vody dostat v celé jejich šíři, a tak se dostávají dále do povrchových vod a dál do životního prostředí. Dalšími kontaminanty v nemalém měřítku jsou veterinární léčiva

podávaná domácím zvířatům. Ta se do prostředí dostávají hnojením. Hnojí se leckdy i samotným kalem z čističek vod, které se používá jako druhotné hnojivo, ačkoliv se toto hnojení nedoporučuje. Kal navíc může obsahovat i zbytky léčiv.

Bylo zjištěno, že tyto látky se vyskytují ve všech složkách životního prostředí, téměř po celé planetě a vodní prostředí významně ohrožují právě. Vyráběna jsou přitom s cílem, aby nepůsobila nespecificky, ale naopak specificky cílila na určité systémy v organismu, např. receptory. Bohužel v současnosti zasahují již už v malém množství do fungování populací a narušují funkce celého ekosystému.

Každé léčivo vykazuje určitou specifickou chemickou odolnost a s tím související i omezenou odbouratelnost. Některé látky jsou odbouratelné lehce, jako například kyselina acetylsalicylová, kterou obsahuje aspirin. Jiné látky však odolávají životnímu prostředí, rozpouštějí se ve vodách i tucích a jsou stálejší. Mezi nejvíce nebezpečné patří látky lipofilní. V přírodě se špatně rozkládají a stávají se součástí potravních řetězců. Mezi významná množství farmak v přírodě patří zejména antibiotika, estrogény, a to jak z hormonální antikoncepce, tak také ze zemědělství, kde se estrogény používají jako růstový hormon. Antibiotika v přírodě vytvářejí rezistenci u bakterií a estrogény zase zásadně ovlivňují populace ryb.

V současné době je objeveno několik technologií, jak tyto látky čistit v čističkách odpadních vod. Tyto technologie jsou však velmi drahé a nedokáží zachytit všechny látky. Dalším krokem pro zamezení znečištění životního prostředí farmaky by bylo omezení jejich užívání a zamezit nadměrné spotřebě. Žádoucí by bylo snížení hladiny předepisovaných léků. V populaci je zřejmý nedostatek informací o negativních účincích nadužívání léků na životní prostředí umocněným vyhazováním léků do odpadů [27].



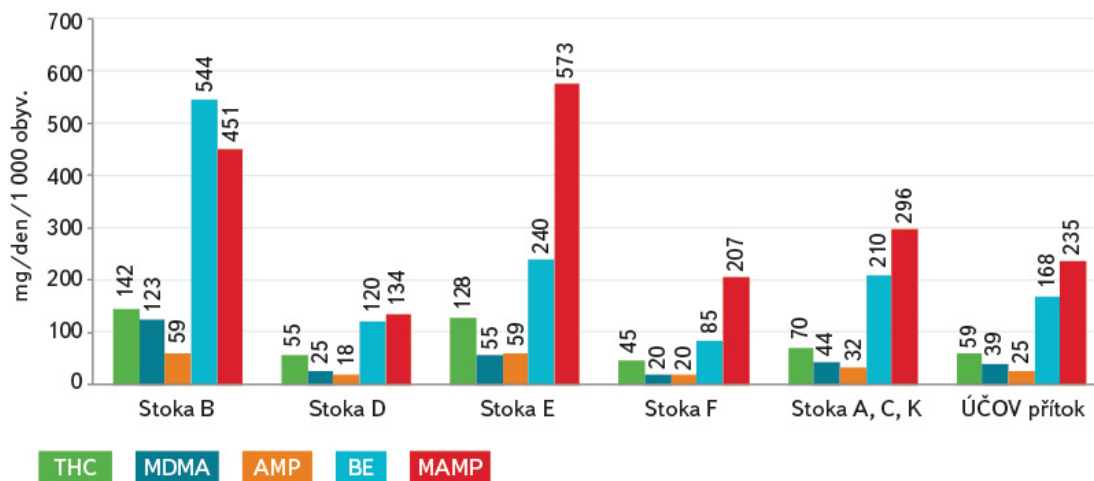
Obrázek 22 – estrogen

2.1.17 Nelegální drogy

Rovněž výskyt nelegálních drog v povrchových vodách je detekován po celém světě. Jejich osud a ekologické účinky však nejsou ještě zcela objasněny. Mnoho nelegálních drog a jejich produktů bylo nalezeno ve vodním prostředí řek, a to nejčastěji v blízkosti, kde jsou tyto látky nejvíce používány a vyráběny.

Bylo zjištěno, že jejich časté a stálé užívání vede k trvalému dlouhodobému výskytu v životním prostředí. Přitom většina vodních organismů např. bakterie, řasy, bezobratlí a ryby mají receptory, které jsou na tyto sloučeniny velmi citlivé. Drogy tedy zásadně ovlivňují kvalitu vod život vodních živočichů. Jejich výskyt v životním prostředí však kvůli návykovosti a poptávce stále roste.

V Praze bylo vybráno šest odběrových míst na kanalizační síti. Vzorky byly odebírány podle plánu a dopravovány k analýze do laboratoře. Pro stanovení ethylsulfátu a nikotinu a jeho metabolitů byly zavedeny dvě zcela nové metody, které byly validovány a akreditovány. Při stanovování těchto látek byla použita kapalinová chromatografie s on-line prekoncentrací a hmotnostní detekcí v ESI + módu, ale také v ESI – módu. Ze zjištěných koncentrací sledovaných látek ve vzorcích odpadních vod můžeme zjistit denní odplavování monitorovaných látek, nebo jejich spotřebu vyjádřenou v g/den/1 000 obyvatel [28].



THC – marihuana, MDMA – extáze, AMP – amfetamin, BE – bezoyleggonin (hlavní metabolit kokainu), MAMP – metamfetamin (pervitin)

Obrázek 23 – Rozdíly mezi spotřebou drog v různých částech Prahy [28]

3 VLIV MODERNÍCH TECHNIK A TECHNOLOGIÍ Z HLEDISKA ŽÁDOUCÍHO UDRŽITELNÉHO ROZVOJE

3.1 Příklady antropogenního působení a přístupů

3.1.1 Oxidovadla na bázi chloru při úpravě odpadních vod nepřímou elektrooxidací

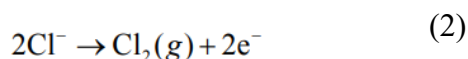
Chlor a jeho sloučeniny jsou při čištění vod využívány již dlouhodobě. Slouží k eliminaci rizik pocházejících z mikrobiologického znečištění a využívají se k dezinfekci vody [29, 30]. Jako první dezinfikoval vodu chlorem v roce 1854 lékař John Snow. Odborné veřejnosti byla soustavná dezinfekce vody chlórem představena v roce 1910 profesorem Carlem Rogersem Darnallem. V Čechách došlo k zavedení této pokrokové vodárenské technologie v roce 1924 ve Vršovické vodárně [29]. Aplikace chloru je v dnešní době podmíněna přísným dodržováním norem a vyhlášek, například vyhláška č. 252/2004 Sb. stanovuje nejvyšší přípustnou hladinu chlóru v pitné vodě na 0,3 mg/l, v případě povrchových vod je hladina snížena na 0,005 mg/l. Hladina chloru je legislativně stanovena také v průmyslových odpadních vodách. Zdrojem chloru v těchto vodách není jen samotný Cl_2 , ale také HClO a ClO^- , nebo nedávno zavedený biocid ClO_2 . jeho koncentrace v pitné vodě je upraveno vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 293/2006. Kromě biocidních účinků těchto látek je důležitá jejich schopnost oxidovat organické polutanty, chlor patří mezi nejsilnější

oxidační činidla. Plynný a zkapalněný chlor je vysoce efektivní a ekonomický prostředek pro úpravu vody, je však důležité nezapomínat na vysoký stupeň jeho toxicity a s tím spojené vysoké nároky na zabezpečení jak výroby, tak manipulace s ním.

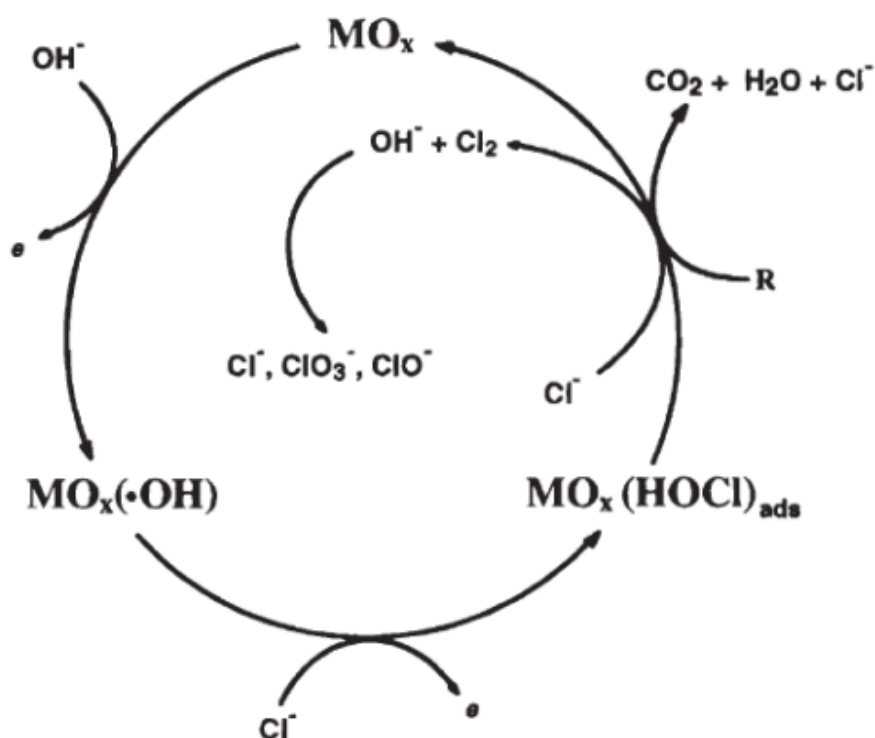
Činidlo	Reakce	E^0 [V]
ClO_3^-	$\text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2^- + 2\text{OH}^-$	0,330
ClO_2^-	$\text{ClO}_2^- + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 4\text{OH}^-$	0,760
ClO^-	$\text{ClO}^- + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + 2\text{OH}^-$	0,890
$\text{ClO}_2(\text{aq})$	$\text{ClO}_2(\text{aq}) + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2^-$	0,954
ClO_3^-	$\text{ClO}_3^- + 2\text{H}^+ + \text{e}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	1,152
$\text{Cl}_2(\text{g})$	$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{Cl}^-(\text{aq})$	1,360
HClO	$\text{HClO} + \text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cl}^- + \text{H}_2\text{O}$	1,490

Tabulka 4 – elektrochemický potenciál oxidovadel na bázi chlóru [33]

Řešením těchto problémů by mohla být příprava potřebných oxidačních činidel in-situ přímo v místě spotřeby. Tudíž přímo v upravované vodě, a to metodou nepřímé elektrochemické oxidace. K této metodě je potřeba jen elektrolyzér a zdroj elektronů a roztok chloridu sodného o koncentraci cca 0,05 až 0,2 mol/l. Při nepřímé elektrochemické oxidaci nedochází k oxidaci přímo na povrchu anody, ale prostřednictvím oxidovadla, které generuje právě anoda. Na oxidovaném povrchu kovové anody dojde k elektrooxidaci OH^- na adsorbovaný hydroxylový radikál, dále pak díky němu dochází v přítomnosti Cl^- k přechodu na produkt a díky němu dochází pak k oxidaci přítomných organických reaktantů R na CO_2 a H_2O . Souběžně dochází k elektrooxidaci Cl^- na plynný Cl_2 , podle rovnice (2).



U často používaného jednokomorového elektrolyzáru se mohou současně mísit anodické a katodické produkty a mohou spolu vzájemně reagovat. Plynný chlor, který vzniká na povrchu anody se rozpouští ve vodě a vzniká vodný roztok jehož množství je závislé na prošlém náboji, typu elektrod, proudové efektivitě elektrolyzáru, pH prostředí, koncentraci chloridového iontu a na teplotní závislosti rozpustnosti chloru ve vodě, které je při 20 °C cca 10 g/l [32]. Proto v případě otevřeného elektrolyzáru může během elektrolyzy dojít k přesycení roztoku Cl_2 a k uvolnění plynného Cl_2 do okolí.



Obrázek 24 – reakční schéma nepřímé elektrochemické oxidace organických látek zprostředkované elektrolyticky generovaným chlorem [33]

Rychlost, respektive účinnost probíhajících elektrochemických reakcí vůči odstraňovaným kontaminantům závisí do značné míry na katalytické aktivitě anod, to je zejména na materiálech, ze kterých jsou zhotoveny. V praxi jsou využívány například vybrané kovy (platina, ocel, měď ad.) nebo jejich slitiny [36-42], oxidy kovů (RuO_2 , TiO_2 aj.) [43] vytvořené na površích vodivých substrátů, nebo i nekovy jako jsou grafit [44] nebo borem dopovaný diamant [45,46].

Využívání chloru a jeho sloučenin k čištění vod se po dlouho dobu jevílo jako bezproblémové a vedlo k vymýcení řady chorob jako např. cholera a tyfus. Je málo nákladné a zajišťovalo dostatek pitné vody. V roce 1974 však byla prokázána přítomnost chloroformu, které souvisela s chlorováním pitné vody [44, 45]. Později byli objeveny i další halogeny a halogenderiváty. V kyselé oblasti mohou vznikat místo halogenderivátů fenoly a ketony a další sloučeniny, vedlejším produktem může být dokonce i chlornan. Místo chloru by se mohl používat jako oxidovadlo ozon nebo peroxid vodíku, nebo také oxid chloričitý, ten přítomné organické látky pouze oxiduje. U této sloučeniny je však nebezpečná její toxicita a výbušnost. S chlorem a jeho sloučeninami se tak budeme setkávat i v budoucnu.

3.1.2 Příklad uzavřených technologií při zohlednění energetických a dalších parametrů

Zinek hraje významnou roli jak pro živé organismy, tak pro jeho využití v různých odvětvích. Při zvýšených koncentracích však ohrožuje životní prostředí. Významným zdrojem znečištění zinkem jsou výrobní procesy, které pracují s roztoky tohoto kovu. Množství zinku je hlídáno a monitorováno a jsou stanoveny maximální hodnoty pro různé druhy vod. V dnešní době se dbá na vývoj technologií, které by recyklovaly zinek z odpadních vod.

Příkladem výrazného vlivu technologie využívající $ZnSO_4$ s dopadem na životní prostředí je výroba viskózy, při které se používají vysoké koncentrace $ZnSO_4$. Ten se pak objevuje v různých koncentracích v průmyslových vodách. Vhodným postupem pro recyklaci zinku je elektrolýza založená na vylučování zinku na katodách a poté jeho rozpouštění ve zředěné H_2SO_4 . Pro čištění vod od menší zbytkové koncentrace zinku se používá nanofiltrace nebo elektrokoagulace. Velmi využívanou technikou je již zmíněná elektrolýza. Dá se využít již při jednoduchém dvouelektrodovém galvanostatickém uspořádání při stejnosměrném proudu. Na výslednou efektivitu elektrolýzy má vliv celá řada faktorů jako například volba materiálu, vodivost roztoků a proudové hustoty. Při výběru techniky se kouká zejména na energetickou náročnost.

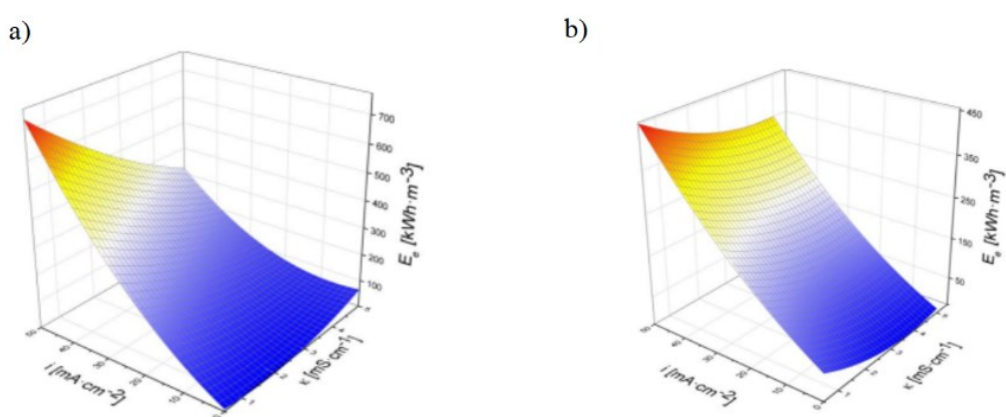
Elektrodepozici kovů provází dlouhá historie a je neustále zdokonalována. K vývoji této metody významně přispěla polarografie, voltametrie a další metody. V technologických a odpadních vodách z výroby viskózy se nachází také významné množství organických sloučenin. To způsobuje vyšší energetické nároky při depozici zinku než u vod, které organické látky neobsahují. Spotřeba energie roste s rostoucí proudovou hustotou.

Mezi nejrozvíjenější metody čištění vod patří nanofiltrace. Nanofiltrace je využívána hlavně u roztoků s malým množstvím přítomných složek. Používá se například k čištění průmyslových vod, které obsahují soli zinku. Pomocí nanofiltrace dochází ke snižování obsahu zinečnatých kationtů obsažených v těchto vodách a zároveň je možné v průběhu sledovat jejich hladinu. Ke sledování změn koncentrace zinečnatých kationtů se běžně musí vzorky posílat do vybavených laboratoří, kde se ke stanovení používají spektrální analytické metody. Kvůli pohodlnější provozní praxi je však důležité vyvíjet i metody, které se budou moct využívat v terénu, nebo alespoň v blízkosti technologického procesu. Těmto požadavkům vyhovují potenciometrická měření. Je však potřeba použít potenciometrické elektrody, které mají pro danou aplikaci dostatečnou citlivost, nebo předpoklady této citlivosti dosáhnout. Mezi ně patří laboratorní elektrody na bázi pevného amalgámu zinku, podobně jako tomu bylo dříve u amalgamů stříbra. Tyto elektrody mohou být připraveny postupem, kdy se jemný zinkový prášek napěchuje do plastové špičky s otvorem o průměru například 1 mm, a poté se za nízkého přetlaku sloupce rtuti přivedeného do kontaktu zinkem ze strany zmíněného otvoru, napěchovaný zinková prach amalgamuje po dobu desítek minut až jednotek hodin. Po odpojení přívodu rtuti se vytvořený pevný amalgám zinku opatří elektrickým kontaktem, takto připravené elektroda se zasune spolu s referentní elektrodou do sledovaného roztoku. Výsledné měření je založeno na snímání potenciálu takto připravené zinkové amalgamové elektrody ZnAE vůči uvedené referentní elektrodě pomocí ionometru nebo speciálního vysokoimpedančního potenciálu. V oblasti koncentrací přibližně $1 \cdot 10^{-4}$ až $5 \cdot 10^{-2}$ M ZnSO_4 poskytuje tak ZnAE vyhovující lineární závislost, odpovídající rovnici (3) [47]:

$$E = -(0,0359 \pm 0,0011) \times \log c - (1,4761 \pm 0,0037) \quad (3)$$

kde E značí potenciál ZnAE vůči referentní elektrodě a c je koncentrace ZnSO_4 .

V současné době je zvláště aktuální nikoliv jen otázka řešení uzavřených technologií jako zmíněná recyklace zinku při výrobě viskózních vláken, ale souběžně i výzkum ve směru snižování energetické náročnosti takových výrob. Ukázkou postupného řešení takových komplexních problémů současnosti je výzkum závislosti energetické náročnosti elektrochemického vylučování zinku na použité proudové hustotě a vodivosti elektrolyzovaného roztoku, navíc při dané volbě materiálu anody i katody. Takto získané prostorové 3D diagramy se stávají vodítkem pro další optimalizaci zmíněných procesů. Jako příklad mohou sloužit 3D diagramy zobrazené na obr. 16 [47]:



Obrázek 25 - Závislosti dodané energie E_e pro depozici Zn na proudové hustotě i a vodivosti κ [47]

Taková a jim podobná optimalizovaná řešení zohledňující finanční náročnost pořízení elektrotechnologických uspořádání, jejich účinnost, provozní i energetickou náročnost apod. jsou předmětem současného výzkumu, v rámci řešení problémů spojených s udržitelným rozvojem environmentální chemie [47].

3.1.3 Vliv produkce a užití nanočástic stříbra

Nanomateriály se využívají při výrobě kosmetiky, diagnostických látek, léčiv, biosenzorů atd. V současné době jejich potřeba roste a s ní roste i riziko úniku těchto látek do životního prostředí. Zjišťování vlivu nanolátek na životní prostředí je navíc velmi omezené. Chování a toxicitu nanomateriálů v životním prostředí značně ovlivňuje jejich heterogenita, a to jak z pohledu chemického složení, tak také z pohledu velikosti částic a jejich distribuce, náboje a povrchového složení. Nejvíce

ohroženou složkou životního prostředí je voda, přesto o negativním vlivu nanočástic ve vodním prostředí víme zatím jen velmi málo [48-50].

Aplikační možnosti nano-formy stříbra (nAg) souvisejí s jeho antibakteriálním působením [51-56]. Právě díky těmto účinkům je vhodnou součástí dezinfekčních prostředků. Kvůli jeho častému využívání byly provedeny testy na toxicitu nAg u velkého množství živočichů. Výsledky těchto testů jsou ale velmi nejednoznačné. Toxicita nAg je totiž ovlivněna řadou faktorů, a to jak vnějších, jako například pH, nebo mocností iontů, tak také vnitřními, jako například velikostí částic, nebo měrným povrchem [57].

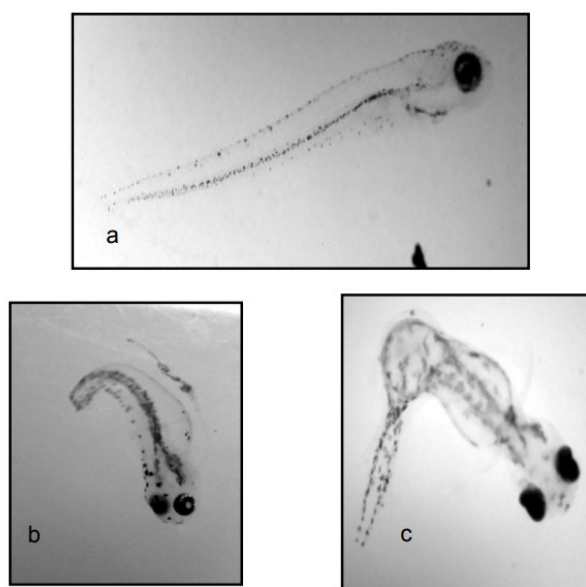
Příprava roztoků nAg probíhá běžně stabilizací připraveného koloidního systému pomocí stabilizačních činidel. Jako stabilizační činidla se používá citrát, bramborový škrob, polyakrylát a další. Poté následuje provedení charakterizace a poté je koloidní systém připraven k ekotoxikologickému testování. Nejvyužívanějšími technikami analýzy velikosti a tvaru částic jsou transmisní a rastrovací elektronová mikroskopie (TEM, SEM). K analýze prvkového složení se využívá AAS.

V průběhu samotného ekotoxikologického testu je téměř nemožné sledovat rychlost aglomerace nAg. Je proto navržen postup, při kterém je možné sledovat velikost aglomerátů, a to bez zásahu do probíhajícího testu pomocí periodické výměny kapalného média médii o definovaných vlastnostech. Proto je třeba formulovat vztah mezi koncentrací testovaných částic v médiu dané iontové síly a rychlostí a míry aglomerace částic. Pomocí tohoto vztahu poté vypočítat rychlost výměny média, tak aby zajišťovalo střední hodnotu velikosti částic.

Výsledky testů ekotoxicity ukázaly, že frekvence výměny média a tím i regulace maximální velikosti aglomerátů stříbra vedly k ovlivnění těchto testů. Můžeme tedy předpokládat, že vliv rychlosti a míry aglomerace nanočástic by bylo možné do jisté míry eliminovat řízením maximální velikosti aglomerátů. To je možné zajistit prostřednictvím rozdílné rychlosti výměny kapalného média. Tímto by bylo možné získat spolehlivější závislost toxicity daného nanomateriálu na jeho koncentraci v roztoku. Znalosti jsou však i přes veškerou snahu velmi omezené.

Přestože je výzkum toxicity nanočástic a materiálů ve stádiu dynamického rozvoje, je možné již na základě dosavadních požadavků shrnout následující

informace. V podstatě v obecnosti platí, že po vygenerování prvotních struktur nanočástic dochází postupně v závislosti na čase k jejich růstu a případně i změně celkové struktury, přičemž se rychlost tohoto růstu snižuje a po dostatečně dlouhé době dosahuje velikost nanočástic (nP, z angl. „nanoparticles“) přibližně limitních hodnot. Pro účinky nanočástic nP je přitom významná zejména jejich velikost. Usuzuje se např., že při velikosti menší než 5 nm (a snad i menší než 30-50 nm) je jejich účinek vysoce toxický. Soudí se, že je tomu tak v důsledku jejich snadného pronikání do jednotlivých strukturních částí buněk. Bylo však pozorováno, že i nanočástice velikosti 200-400 nm mohou významně ovlivňovat živé organismy. Jako příklad lze uvést vliv nanostříbra nAg na vývoj plůdků kapra při velikosti částic nAg řádově okolo 200 nm. Jejich přítomnost v tomto zmíněném případě způsobuje deformaci celého organismu plůdku kapra, který je zjevně pod vlivem povrchových potenciálů a mezifázových interakcí na nAg a deformován a fixován, tak, že se jeho vývoj zastavuje a plůdek hyne. Dokumentuje to např. série vyhotovení na obr. 17 [58]:



a) bez přítomnosti nAg, b) v přítomnosti 200 nm nAg, c) v přítomnosti 300 nm
Obrázek 26 – Příklad vlivu stříbra na vývoj plůdku [58]

4 PŘEDPISY, VYHLÁŠKY A LIMITY

Ochrana vod je komplexní činnost, která spočívá v ochraně množství a jakosti povrchových i podzemních vod v souladu s požadavky českého práva i práva EU. Směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000 je základním právním předpisem Evropského

parlamentu a Rady, který ustanovuje rámec pro činnost společenství v oblasti vodní politiky členských států. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů zase upravuje ochranu vod a jejich využívání a práva k nim. Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství musí každoročně předkládat vládě tzv. Zprávu o stavu vodního hospodářství v ČR. Tato zpráva hodnotí a popisuje stav jakosti a množství podzemních i povrchových vod.

Norma ČSN 75 7221 Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod upravuje úroveň kvality povrchových vod, a to jak z hlediska přípustného znečištění, tak také z hlediska ukazatelů znečištění. Tekoucí vody se podle kvality dělí do pěti tříd [59]:

1. Neznečištěná voda
2. Mírně znečištěná voda
3. Znečištěná voda
4. Silně znečištěná voda
5. Velmi silně znečištěná voda

č. 98/83 EC	Požadavky evropské směrnice č. 98/83 EC o kvalitě vody pro lidskou spotřebu
č. 2000/60/ES	Rámcová směrnice vodní politiky (2000/60/ES) Evropské unie, ze dne 23. října 2000, představuje nejvýznamnější a prozatím nejucelenější právní úpravu pro oblast vody
č. 258/2000 Sb.	Zákon č. č. 258/2000 Sb. Ve znění pozdějších předpisů. „O ochraně veřejného zdraví“
č. 409/2005 Sb.	Vyhláška „O hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravy vody“
Nariadení REACH	REACH, nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1907/2006 o registraci, hodnocení, povolování a omezování chemických látek, o zřízení Evropské agentury pro chemické látky
č. 252/2004 Sb.	Vyhláška č. 252/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů „Hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody“
č. 275/2004 Sb.	Vyhláška č. 275/2004 Sb. ve znění pozdějších předpisů „Požadavky na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a způsobu jejich dopravy“
č. 238/2011 Sb.	Vyhláška č. 238/2011 Sb. „Vyhláška o stanovení hygienických požadavků na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch“
	hodnocení zdravotních rizik a výjimky pro užití vody při překročení MH a NMH
Normy NEK	Uvedeny v Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., ve znění pozdějších předpisů O ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech v příloze č. 3 „Ukazatele vyjadřující stav vody ve vodním toku, normy environmentální kvality a požadavky na užívání vod“
č. 254/2001 Sb.	Zákon č. č. 254/2001 Sb. Ve znění pozdějších předpisů. „Vodní zákon“
č. 274/2001 Sb.	Zákon č. č. 274/2001 Sb. Ve znění pozdějších předpisů. „Zákon o vodovodech a kanalizacích“
č. 428/2001 Sb.	Prováděcí vyhláška zákona č.274/2001 Sb.

Tabulka 5 – Vyhlášky, zákony a směrnice týkající se vod [59]

U pitné vody se kontroluje celkem 62 ukazatelů. Tyto ukazatele jsou rozděleny do skupin. Kontrolují se mikrobiologické a biologické ukazatele, dále pak fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele. Mezi další parametry kontrolované u pitné vody jsou ukazatele radioaktivity, které jsou uvedeny v § 6 odst. 6 zákona č. 18/1997 Sb. Prováděcí předpis vyhláška č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Je-li ve vodě přítomno více přírodních radionuklidů, nesmí být součet podílů objemových aktivit jednotlivých radionuklidů a jim odpovídajících mezních hodnot uvedených ve vyhlášce větší než 1. Měří se a hodnotí obsah přírodních radionuklidů ve vodách s četností 1x za rok.

Výčet mikrobiologických a biologických ukazatelů hlídaných ve vodách je v následujících tabulkách [59].

ukazatel	jednotka	limit	Typ limitu	vysvětlivky
<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100ml	0	MH	1
<i>Enterokoky</i>	KTJ/100ml	0	NMH	
<i>Enterokoky</i>	KTJ/250ml	0	NMH	2
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100ml	0	NMH	
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/250ml	0	NMH	2
<i>Koliformní bakterie</i>	KTJ/100ml	0	MH	
<i>Mikros. obraz abioseston</i>	%	10	MH	3,4
<i>M. obraz počet organismů</i>	Jedinci/ml	50	MH	3,4
<i>M. obraz živé organismy</i>	Jedinci/ml	0	MH	3,5
<i>Clostridium perfringens</i>	KTJ/100ml	0	MH	1
<i>Enterokoky</i>	KTJ/100ml	0	NMH	
<i>Enterokoky</i>	KTJ/250ml	0	NMH	2
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/100ml	0	NMH	
<i>Escherichia coli</i>	KTJ/250ml	0	NMH	2
<i>Koliformní bakterie</i>	KTJ/100ml	0	MH	
<i>Mikros. obraz abioseston</i>	%	10	MH	3,4
<i>M. obraz počet organismů</i>	Jedinci/ml	50	MH	3,4
<i>M. obraz živé organismy</i>	Jedinci/ml	0	MH	3,5

- 1 u vod upravovaných z povrchových zdrojů
2 pouze pro balenou pitnou vodu
3,4 nutné další informace z mikroskopického rozboru
5 MH platí pouze u vod zabezpečovaných desinfekcí
6 méně než 5 m³/den
7 méně než 5 m³/den (i náhradní zásobování)
KTJ kolonie tvořící jednotka
NMH nejvyšší mezní hodnota – v důsledku překročení je vyloučeno použití vody jako pitné (neurčí-li orgán ochrany zdraví jinak) u balené vody se potravina vylučuje z oběhu
MH mezní hodnota – překročení nepředstavuje akutní zdravotní riziko
DH doporučená hodnota (Ca, Mg) – nezávazná hodnota ukazatele minimální koncentrace nebo optimální rozmezí

Tabulka 6 – Mikrobiologické a biologické ukazatele [59]

Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatelé a jejich hodnoty jsou vypsány v následující tabulce

ukazatel	jednotka	limit	Typ limitu
<i>1,2-dichlorethan</i>	µg/l	3,0	NMH
<i>akrylamid</i>	µg/l	0,1	NMH
<i>amonné ionty</i>	mg/l	0,50	MH
<i>antimon</i>	µg/l	5,0	NMH
<i>arsen</i>	µg/l	10	NMH
<i>barva</i>	mg/l Pt	20	MH
<i>benzen</i>	µg/l	1,0	NMH
<i>benzo[a]pyren</i>	µg/l	0,010	NMH
<i>beryllium</i>	µg/l	2,0	NMH
<i>bor</i>	mg/l	1,0	NMH
<i>bromičnany</i>	µg/l	10	NMH
<i>celkový organický uhlík</i>	mg/l	5,0	MH
<i>dusičnany</i>	mg/l	50	NMH
<i>dusitany</i>	mg/l	0,50	NMH
<i>epichlorhydrin</i>	µg/l	0,10	NMH
<i>fluoridy</i>	mg/l	1,5	NMH
<i>hliník</i>	mg/l	0,20	MH
<i>hořčík</i>	mg/l	10	MH
<i>hořčík</i>	mg/l	20-30	DH
<i>CHSK_{Mn}</i>	mg/l	3,0	MH
<i>chlor volný</i>	mg/l	0,30	MH
<i>chlorethen (vinylchlorid)</i>	µg/l	0,50	NMH
<i>chloridy</i>	mg/l	100	MH
<i>chloritany</i>	µg/l	200	MH
<i>chrom</i>	µg/l	50	NMH
<i>chuť</i>	Přijatelná pro odběratele		MH
<i>kadmium</i>	µg/l	5,0	NMH
<i>konduktivita</i>	mS/m	125	MH

ukazatel	jednotka	limit	Typ limitu
<i>kyanidy celkové</i>	mg/l	0,050	NMH
<i>mangan</i>	mg/l	0,050	MH
<i>měď</i>	μg/l	1000	NMH
<i>microcystin-LR</i>	μg/l	1	NMH
<i>nikl</i>	μg/l	20	NMH
<i>olovo</i>	μg/l	25 / 10	NMH
<i>ozon</i>	μg/l	50	MH
<i>pach</i>	Přijatelný pro odběratele		MH
<i>pesticidní látky</i>	μg/l	0,10	NMH
<i>pesticidní látky celkem</i>	μg/l	0,50	NMH
<i>pH</i>	-	6,5 – 9,5	MH
<i>polycyklické arom. uhlovodíky</i>	μg/l	0,10	NMH
<i>rtuť</i>	μg/l	1,0	NMH
<i>selen</i>	μg/l	10	NMH
<i>sírany</i>	mg/l	250	MH
<i>sodík</i>	mg/l	200	MH
<i>stříbro</i>	μg/l	50	NMH
<i>tetrachlorethen</i>	μg/l	10	NMH
<i>trihalomethany</i>	μg/l	100	NMH
<i>trichlorethen</i>	μg/l	10	NMH
<i>trichlormethan (chloroform)</i>	μg/l	30	MH
<i>vápník</i>	mg/l	30	MH
<i>vápník</i>	mg/l	40-80	DH
<i>vápník a hořčík</i>	mmol/l	2-3,5	DH
<i>zákal</i>	ZF(t,n)	5	MH
<i>železo</i>	mg/l	0,20	MH

Tabulka 7 – Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele [59]

Vyhláška č. 428/2001 Sb. č. 428/2001 Sb. je prováděcí vyhláška k zákonu č. 274/2001 Sb. (zákon o vodovodech a kanalizacích). Požadavky na jakost surové vody a ukazatelé této vody a jejich mezní hodnoty pro jednotlivé kategorie standardních metod úpravy surové vody na pitnou vodu najdeme v této vyhlášce. Pro povrchovou

vodu je 40 ukazatelů. Pro podzemní vody je 40 ukazatelů, a navíc se hodnotí Fe, Mn a sulfan. V následující tabulce najdeme hodnocení povrchových vod:

Pořadové číslo	Ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
			mezí	mezí	mezí
1.	Reakce vody	pH	6,5-9,5	5-6,5 9,5-10	< 5 nebo < 10
2.	Barva	mg/l Pt	20	100	200
3.	Nerozpuštěné látky suš.	mg/l	10		
4.	Teplota	°C	20	25	25
5.*	Konduktivita	mS /m	125	125	125
6.	Pach	stupeň	2	5	8
7.	Dusičnany	mg/l	50	50	50
8.	Fluoridy	mg/l	1,5	1,5	1,5
9.	Adsorbovatelné org. vázané halogeny (AOX)	mg/l	0,01	0,02	0,03
10.	Železo celkové	mg/l	0,2	1	2
11.	Mangan	mg/l	0,05	0,5	1,5
12.	Měď	mg/l	0,05	0,05	0,1
13.	Zinek	mg/l	3	5	5
14.	Bor	mg/l	1	1	1
15.	Berylium	mg/l	0,002	0,002	0,002
16.	Nikl	mg/l	0,02	0,03	0,03
17.	Arsen	mg/l	0,01	0,01	0,02
18.	Kadmium	mg/l	0,005	0,005	0,005
19.	Chrom veškerý	mg/l	0,05	0,05	0,05
20.	Olovo	mg/l	0,01	0,025	0,05
21.	Selen	mg/l	0,01	0,01	0,01
22.	Rtuť	mg/l	0,001	0,001	0,001
23.	Kyanidy veškeré	mg/l	0,05	0,05	0,05
24.*	Sírany	mg/l	250	250	250
25.*	Chloridy	mg/l	100	100	250
26.	Tenzidy aniontové	mg/l	0,2	0,2	0,5
27.	Uhlovodíky C10-C40	mg/l	0,05	0,05	0,5
28.	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	µg/l	0,1	0,1	0,2
29.	Pesticidní látky celkem	µg/l	0,5	0,5	0,5
30.	Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	mg /l	3	10	15
31.	Biochemická spotřeba kyslíku (BSK ₅) při 20° C s vyloučením nitrifikace	mg/l	3	5	7
32.	Amonné ionty	mg/l	0,5	1	3
33.	Celkový organický uhlík (TOC)	mg/l	5	7	10
34.	Huminové látky	mg/l	2,5	5,0	8,0
35.	Koliformní bakterie	KTJ/100 ml	50	5 000	50 000
36.	Termotolerantní koliformní bakterie	KTJ/ 100 ml	20	2000	20 000
37.	Fekální streptokoky (Enterokoky)	KTJ/ 100 ml	20	1000	10 000
38.	Mikroskopický obraz	jedinci/ml	50	3 000 500 ¹⁾	10 000 1 000 ¹⁾
39.	Pesticid jednotlivý ²⁾	µg/l	0,1	0,1	0,5
40.	Hliník	mg/l	0,2	1,0	2,0

- A1 jednoduchá fyzikální úprava a dezinfekce, například rychlá filtrace a dezinfekce, popř. prostá písková filtrace, chemické odkyselení nebo mechanické odkyselení či odstranění plynných složek provzdušňováním.
- A2 běžná fyzikální úprava, chemická úprava a dezinfekce, koagulační filtrace, infiltrace, pomalá biologická filtrace, flokulace, usazování, filtrace, dezinfekce (konečné chování), jednostupňové či dvoustupňové odželezňování a odmanganování.
- A3 intenzivní fyzikální a chemická úprava, rozšířená úprava a dezinfekce, například chlorování do bodu zlomu, koagulace, flokulace, usazování, filtrace, adsorpce (aktivní uhlí), dezinfekce (ozon, konečné chlorování). Kombinace fyzikálně chemické a mikrobiologické a biologické úpravy

Tabulka 8 – Ukazatele pro povrchovou vodu [59]

Pro vodu podzemní platí výše uvedená tabulka a k tomu tyto ukazatele:

Ukazatel	Jednotka	A1	A2	A3
Železo	mg/l	0,2	5	20
Mangan	mg/l	0,05	1,0	2,0
Sulfan	mg/l	platí limity pachu		

Tabulka 9 – doplňující ukazatele pro podpovrchovou vodu [59]

Již z uvedených vybraných vyhlášek a nařízení je zřejmé, že v České republice je v problematice ochrany životního prostředí a zdraví věnována mimořádná pozornost. Uvedená legislativa je přitom úzce propojena s legislativou celoevropskou, což velmi usnadňuje vzájemnou spolupráci jak v oblasti výzkumu a vývoje, tak i v oblasti realizace stávajících i nových ekologických projektů. S tím úzce souvisejí i široké možnosti uplatnění poznatků získaných na kterékoliv evropské univerzitě či vysoké škole příslušné odborné úrovni [59].

Závěr

V souladu se zadáním poskytla předložená práce vybrané informace o přírodních i antropogenních vlivech na kvalitu vod, její sledování a technické i technologické úpravy. V principu byla věcně členěna do dvou částí: První z nich byla věnována víceméně všeobecně dostupným informacím o členění druhů vod, o jejich množství, přírodní dostupnosti, o cyklech, kterými tyto vody v přírodě procházejí a o souvislosti mezi jejich chemickým složením a složením litosféry. Zmíněn byl též význam změn klimatických podmínek v kontextu se zmíněnou kvalitou vod. Druhá část práce byla orientována na konkrétní příklady vlivu různých látek týkajících se často antropogenní kontaminace vod a dále činností a technologií spjatých s vývojem procesů vyhovujících požadavkům udržitelného rozvoje a „zelené chemie“. V závěru práce byla na řadě regulačních opatření vydanými vyhláškami a nařízeními dokumentována mimořádná péče o stav kvality a ochrany vod a životního prostředí v České republice i v EU v současnosti. Nicméně bylo též naznačeno, ve kterých směrech je nezbytně třeba orientovat i další výzkum, vývoj a realizace v budoucnu. Mezi příklady tohoto zařízení lze uvést „bezodpadové“ technologie, techniky využívající recyklaci, stále efektivnějších a účinnějších způsobů a postupů ochrany prostředí a zdraví, při rozšiřování jejich běžné dostupnosti, při minimalizaci energetické náročnosti, plnění ekologických cílů dekarbonizace, průmyslu, využívání alternativních zdrojů, omezování fosilních paliv atd. V závěrečných pasážích bakalářská práce zdůraznila nutnost komplexního a kvalifikovaného přístupu [60] k řešení zmíněných problematik.

Seznam literatury

1. Geologie.vsv.cz: Hydrosféra [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/jelinek/tc-hydrosfera.htm>
2. Hydrosphere: Earth science. Britannica [online]. Chicago: Britannica Group [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/hydrosphere>
3. Wikipedia.org: kyselý déšť [online]. [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Kysel%C3%BD_d%C3%A9%C5%A1%C5%A5
4. Mzp.cz: povrchové vody [online]. Ministerstvo životního prostředí [cit. 2022-03-02]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/povrchove_vody
5. Vodní strážci: voda v přírodě [online]. [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://vodnistrazci.cz/voda-v-prirode/arteska-voda>
6. MACKENZIE, F. T. Seawater. Britannica [online]. Chicago: Britannica Group, 28.4.2022 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/science/seawater/Salinity-distribution>
7. Sůl v oceánech a mořích. Waterfuture [online]. Praha, 10.3.2022 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://waterfuture.cz/2020/03/10/sul-v-oceanech-a-morich/>
8. Salinita. Wikipedia [online]. San Francisco, 19.7.2021 [cit. 2022-03-04]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Salinita>
9. RUDA, A. Chemické vlastnosti mořské vody: Salinita. Is.muni [online]. Brno [cit. 2022-03-05]. Dostupné z: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/12-1-chemicke-vlastnosti.html
10. SEVAH, Y. Status and Trends of Water Quality Worldwide. Science direct [online]. Amsterdam, 2014 [cit. 2022-03-06]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/brackish-water>
11. PILÁTOVÁ, J. Mořský plankton jak ho neznáte. Ziva.avcr [online]. 2021 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/morsky-plankton-jak-ho-neznate.pdf>

12. Fytoplankton. Sinice.cz [online]. Brno [cit. 2022-03-15]. Dostupné z:
<http://www.sinice.cz/index.php?pg=o-sinicich--o-rasach-a-sinicich--fytoplankton>
13. RUDA, A. Voda na Zemi: Význam vody na Zemi. Is.muni [online]. Brno [cit. 2022-03-15]. Dostupné z:
https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pedf/ps14/fyz_geogr/web/pages/07-voda.html
14. Kde se nacházejí zdroje sladké vody? Proč mizí světové zásoby pitné vody?. Goravetisyan [online]. 20.01.2022 [cit. 2022-03-23]. Dostupné z:
<https://goaravetisyan.ru/cs/gde-nahodyatsya-zapasy-presnoi-vody-pochemu-na-zemle-ischezayut/>
15. Vodní zdroje. Vhs [online]. 12.5.2013 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z:
<https://www.vhs-sro.cz/cs/co-vedet-o-vode/pitna-voda/vodni-zdroje.html>
16. KOUTKOVÁ, Z. Látky kontaminující vodní prostředí a možnosti jejich odstranění. Vfu [online]. [cit. 2022-04-15]. Dostupné z:
https://www.vfu.cz/files/upload/prorektor%20pro%20strategii%20a%20rozvoj/2410_52_v%C3%BDstup.pdf
17. Zákon č. 164/2001 Sb. Zákon o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů
18. POTUŽÁK, M. Minerální vody ve výživě a terapii. Praktické lékařství [online]. Bakov nad Jizerou, 2011 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: <https://www.praktickelekarenstvi.cz/pdfs/lek/2011/05/10.pdf>
19. Přírodní léčivé zdroje minerální vody a zdroje přírodní minerální vody. Ministerstvo zdravotnictví České republiky [online]. 30.6.2021 [cit. 2022-05-23]. Dostupné z: <https://www.mzcr.cz/prirodni-lecive-zdroje-mineralnich-vod-a-zdroje-prirodnich-mineralnich-vod/>
20. KOMÍNKOVÁ, D. Směrnice EU o vodě ve vztahu k městskému odvodnění. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta Stavební [online]. Praha [cit. 2022-06-01]. Dostupné z: <https://portal.cvut.cz/wp-content/uploads/2017/04/HP2007-02-Kominkova.pdf>

21. UŽÍVÁNÍ VOD A DOPADY LIDSKÉ ČINNOSTI NA STAV VOD. Plán Horní Odry [online]. Praha [cit. 2022-06-01]. Dostupné z: <https://www.pod.cz/plan-Horni-Odry/kapitola-ii/kapitola-ii.html>
22. Polycyklické aromatické uhlovodíky. Čisté nebe [online]. [cit. 2022-06-05]. Dostupné z: <https://www.cistenebe.cz/stav-ovzdusi-na-ostravsku/slovnicek-pojmu/18cs-polycyklicke-aromaticke-uhlovodiky-pau>
23. TRÍSKA, J., V. ADAMEC, K. RŮŽIČKOVÁ, J. HUZLÍK a V. MAREŠOVÁ. Vliv dopravy na životní prostředí. Centrum dopravního výzkumu [online]. [cit. 2022-06-09]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/file/clanek-vliv-dopravy-na-zivotni-prostredi-polyaromaticke-uhlovodiky-v-odtokove-vode-a-sedimentu-z-dalnicniho-telesa/>
24. PILNAJ, D., P. KURÁŇ, M. ŠTASTNÝ, V. PILAŘOVÁ, P. JANOŠ, M. KORMUNDA a J. TOKARSKÝ. Magnetický nanosorbent Fe₃O₄/SiO₂ funkcionalizovaný C18 pro odstraňování PAH z vody. Science direct [online]. Amsterdam, 26.8.2021 [cit. 2022-06-12]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352186421005538?via%3Dihub#!>
25. ČERNÝ, J. Jak pití kávy může poškozovat životní prostředí. VTM [online]. 12.6.2017 [cit. 2022-06-12]. Dostupné z: <https://vtm.zive.cz/bleskovky/jak-piti-kavy-muze-poskozovat-zivotni-prostredi/sc-871-a-188073/default.aspx>
26. ČERVINKA, O., V. DĚDEK a M. FERLES. Organická chemie. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980.
27. Vyhazování léků. Arnika [online]. [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: <https://arnika.org/novinky/vyhazovani-leku-ohrozuje-zivotni-prostredi>
28. OČENÁŠKOVÁ, V., P. TUŠIL, D. MAREŠOVÁ, D. POSPÍCHALOVÁ a N. CIELECKÁ. Komunální odpadní voda jako diagnostické médium hlavního města Prahy. Vtei [online]. 4.5.2020 [cit. 2022-06-17]. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2020/05/komunalni-odpadni-voda-jako-diagnosticke-medium-hlavniho-mesta-prahy/>

29. RIDEAL, S. Disinfection and Disinfectans [online]. London, 1895 [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: <http://www.unz.org/Pub/RidealSamuel-1825>
30. RIDEAL, S. Water and its purification [online]. 1902 [cit. 2022-06-21].
31. Z expozice Muzea pražského vodárenství a vodárny v Podolí, 20.3. 2010 Praha, zřizovatel expozice Pražské vodovody a kanalizace a.s.
32. DUŠEK, L. Purification of Wastewater Using Chemical Oxidation Based on Hydroxyl Radicals. Chemické listy [online]. 15. 10. 2010 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <http://www-.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/1255>
33. DUŠEK, L., B. VYSTRČILOVÁ a L. NOVOTNÝ. Oxidovadla na bázi chlóru. Chemické listy [online]. 2012 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2012_11_1054-1060.pdf
34. MAHMOODI, N., B. HAYATI, M. ARAMI a Christopher LAN. Adsorpce textilních barviv na šišku z barevné odpadní vody: kinetické, rovnovážné a termodynamické studie. Elsevier [online]. 2011 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=6y5cPJwAAAAJ&citation_for_view=6y5cPJwAAAAJ:9yKSN-GCB0IC
35. VIDOVIC, M., B. MILOVANOVIC, I. TRAJKOVIC, J. MOMIC a I. TOMIC. Snížení potenciálu tvorby trihalomethanů adsorpcí přírodních organických látek na iontoměničových pryskyřicích. Scientific research [online]. 2010 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=21894](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=21894)
36. OGAWA, Y., O. TAKAHASHI a O. KIKUCHI. Ab initio MO study of structure and stability of X3-. Science direct [online]. 1977 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166128097001553>
37. SIMOND, O. a Ch. COMNINELIS. Anodic oxidation of or anics on Ti/IrO2 anodes using Nafion as electrolyte. Info Science [online]. 1997 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: <https://infoscience.epfl.ch/record/79804>
38. CHIANG, L., J. CHANG a T. WEN. Indirect oxidation effect in electrochemical oxidation treatment of landfill leachate. Science

- direct [online]. 2000 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004313549400146X>
39. LEFFRANG, U., U. GALLA a H. SCHMIEDER. Integration of indirect electrochemistry and separation by supercritical fluids. Science direct [online]. 2007 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921861096800070>
40. MODIRSHAHLA, N., M. BEHNAJADY a S. KOOSHAIAN. Investigation of the effect of different electrode connections on the removal efficiency of Tartrazine from aqueous solutions by electrocoagulation. Science direct [online]. 2007 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143720806000738>
41. LIN, S. a Ch. PENG. Treatment of textile wastewater by electrochemical method. Science direct [online]. 1994 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004313549490264X>
42. COMNINELIS, Ch. Electrocatalysis in the electrochemical conversion/combustion of organic pollutants for waste water treatment. Science direct [online]. 1994 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0013468694851751>
43. MALPASS, G.R.P., D.W. MIWA, S.A.S MACHADO, P. OLIVI a A.J. MOTHEO. Oxidation of the pesticide atrazine at DSA® electrodes. Science direct [online]. 2006 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389406002160>
44. BONFATTI, F., A. De BATTISTI, S. FERRO, G. LODI a S. OSTI. Anodic mineralization of organic substrates in chloride-containing aqueous media. Science direct [online]. 2000 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013468600005867>
45. MUSILOVÁ, J., J. BAREK a K. PECKOVÁ. Použití diamantových filmových elektrod. Chemické listy [online]. 2008 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: http://chemicke-listy.cz/docs/full/2009_06_469-478.pdf
46. ANGUS, J.C., Y.V. PLESKOV a S.C. EATON. Chapter 3 Electrochemistry of diamond. Science direct [online]. 2004 [cit. 2022-06-25]. Dostupné z:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S008087840480015>

2

47. KUČTOVÁ, G., L. NOVOTNÝ, A. KARÁSKOVÁ a L. DUŠEK. Energy Dependences Associated with Galvanostic Removal of Zinc and Organic. Research gate [online]. [cit. 2022-06-25]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/359800072_Energy_consumption_of_direct_current_galvanostatic_zinc_removal_from_viscose_production_wastewater
48. FRANKLIN, N.M., N.J. ROGERS, S.C. APTE, G.E. BATLEY, G.E. GADD a P.S. CASEY. Comparative toxicity of nanoparticulate ZnO, bulk ZnO, and ZnCl₂ to a freshwater microalga. Pub Med [online]. 2007 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18200883/>
49. GRIFFITT, R.J., J. LUO, J. BONZONGO a D.S. BARBER. Effects of particle composition and species on toxicity of metallic nanomaterials in aquatic organisms. Pub Med [online]. 2008 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18690762/>
50. BLAISE, C., F. GAGNÉ, J.F. FÁRARD a P. EULLAFFROY. Ecotoxicity of selected nano-materials to aquatic organisms. Pub Med [online]. 2008 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18528913/>
51. YOON, K., J.H. BYEON, J. PARK a J. HWANG. Susceptibility constants of Escherichia coli and Bacillus subtilis to silver and copper nanoparticles. Pub Med [online]. 2006 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17173953/>
52. TIAN, J., K. WONG, Ch. HO, Ch. LOK, W. YU, Ch. CHE, J. CHIU a P. TAM. Topical delivery of silver nanoparticles promotes wound healing. Pub Med [online]. 2007 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17075952/>
53. NAVARRO, E., F. PICCAPIETRA, B. WAGNER, F. MARCONI, R. KAEGI, N. ODZAK, L. SIGG a R. BEHRA. Toxicity of silver nanoparticles to Chlamydomonas reinhardtii. Pub Med [online]. 2008 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19192825/>

54. GUBBINS, E., L.C. BATTY a J.R. LEAD. Phytotoxicity of silver nanoparticles to *Lemna minor* L. Pub Med [online]. 2011 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21450381/>
55. YIN, L., Y. CHENG, B. ESPINASSE, et al. More than the ions: the effects of silver nanoparticles on *Lolium multiflorum*. Pub Med [online]. 2011 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21341685/>
56. EHRE, A., H. MAMANE, T. BELENKOVA, G. MARKOVICH a A. ADIN. Silver nanoparticle-*E. coli* colloidal interaction in water and effect on *E. coli* survival. Pub Med [online]. 2009 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19726047/>
57. RÖMER, I., T.A. WHITE, M. BAALOUSHA, K. CHIPMAN, M.R. VIANT a J.R. LEAD. Aggregation and dispersion of silver nanoparticles in exposure media for aquatic toxicity tests. Science direct [online]. 2011 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021967311003827>
58. OPRŠAL, J., P. KNOTEK, M. POUZAR, J. PALARČÍK a L. NOVOTNÝ. Vliv aglomerace stříbrných nanočástic. Chemické listy [online]. 2013 [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: <http://www.-chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemicke-listy/article/view/698/698>
59. Ochrana vod. Ministerstvo životního prostředí [online]. [cit. 2022-06-26]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/ochrana_vod
60. BENCKO, V., J. NOVÁK, M. SUK, R. BÍLEK, M. ĎURIŠ a J. GUNDLOCH. Zdraví a přírodní podmínky: Medicína a geologie. Praha: Dolin, 2013, 2017. ISBN 978-80-905047-0-7. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/cz/ochrana_vod