

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIROMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ



Kvalita vody řeky Ohře v Karlovarském kraji
v závislosti na jejích přítocích

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Bakalantka: Veronika Vyletová

2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Veronika Vyletová

Aplikovaná ekologie

Název práce

Kvalita vody řeky Ohře v Karlovarském kraji v závislosti na jejích přítocích

Název anglicky

The water quality of Ohře river in Karlovy Vary region, depending on its tributaries

Cíle práce

- zhodnocení přítoků na základě analýzy vzorků
- porovnání kvality vody přítoků a Ohře
- celkové zhodnocení Ohře
- výsledné zpracování

Metodika

- literární rešerše
- výběr přítoků a odběrných míst, teoretická příprava k odběru vzorků
- odběr vzorků, stanovení fyzikálních vlastností
- analýza a zpracování vzorků
- vyhodnocení zjištěných informací

Doporučený rozsah práce

35 stran textu

Klíčová slova

Ohře, chemismus vody, kvalita vody, Karlovarský kraj

Doporučené zdroje informací

Horáková M., 2003, Analytika vody, VŠCHT, Praha

Landa S., Karas F., 1952, Jakost a úprava vod, Technicko- vědecké vydavatelství, Praha

Pitter P., 2015, Hydrochemie, VŠCHT, Praha



Předběžný termín obhajoby

2016/17 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 18. 10. 2016

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 11. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 06. 04. 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala pod vedením doc. Mgr. Marka Vacha, Ph.D., a že jsem uvedla všechny zdroje, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 24.4.2017

Veronika Vyletová

Poděkování

Chtěla bych poděkovat doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za odborné vedení práce, vstřícnost a trpělivost při konzultacích.

Dále bych ráda poděkovala Ing. Lucii Součkové za zpracování vzorků v laboratoři.

Také děkuji pracovníkům Krajského úřadu Karlovarského kraje, kteří mi velmi ochotně poskytli veškeré informace, které jsem potřebovala.

Mé poděkování patří i rodině a přátelům za jejich neustálou podporu a pozitivní myšlení.

V Praze dne 24.4.2017

Veronika Vyletová

Abstrakt

Ve své bakalářské práci jsem se zabývala těžkými kovy v řece Ohři a ve vybraných přítocích. Zajímalo mě, jak (pokud vůbec) koncentrace těžkých kovů daných přítoků ovlivňují koncentraci těžkých kovů v Ohři po soutoku s nimi.

V teoretické části se zabývám charakteristikou Karlovarského kraje a Ohře, podrobným zařazením a složením vody, jakožto základního faktoru pro život. Dále charakteristikou těžkých kovů, které v rámci své bakalářské práce na daném území analyzuji. Také je v této části nastíněn vývoj problematiky čištění a jakosti vody od počátku minulého století do současnosti. V závěru této části jsou vypsány nejdůležitější právní předpisy, kterými se řídí úprava a hospodaření s povrchovými vodami.

Metodická část je zaměřená na vybrané přítoky a jejich charakteristiku. Je zde popsán jejich výběr i výběr jednotlivých odběrných míst. Nechybí popis práce v terénu ani důkladný popis metody, kterou byly vzorky analyzovány.

Finální částí je vyhodnocení výsledků. Každé odběrné místo bylo zvlášť vyhodnocené na základě stejných ukazatelů. Ve druhé části byly vyhodnocené jednotlivé zjištěné koncentrace těžkých kovů.

Klíčová slova: Ohře, chemismus vody, kvalita vody, Karlovarský kraj

Abstract

In my Bachelor thesis I focused on heavy metals in the Ohře river and selected tributaries. I was interested in how [if at all] heavy metal concentration of these tributaries affect heavy metal concentration in the Ohře river after confluence with them.

In the theoretical section I focus on the characteristics of the Karlsbad region and the Ohře, detailed classification and composition of water as the essential life source. In the next part of my Bachelor thesis I describe the heavy metals which I analyze in the given territory. The history of water purification and water quality since the beginning of the last century to the present is also outlined. At the end of this part the most important legislation governing the treatment and management of surface waters is listed.

The methodological section is focused on the selected tributaries and their characteristics. The processes of choosing the tributaries and the individual sampling points are also described here. It also contains a description of the fieldwork and a thorough description of the method which was used to analyze the samples.

The final section contains the evaluation of results. Each sampling point was evaluated separately based on the same indicators. In the second part the concentrations of the individual heavy metals are evaluated.

Key words: the Ohře river, water chemistry, water quality, Karlsbad region

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce	10
3. Charakteristika oblastí	11
3.1 Karlovarský kraj	11
3.2 Ohře	12
4. Voda.....	13
4.1 Dělení vody	13
4.2 Látky ve vodě	14
4.3 Toxické kovy	14
4.4 Těžké kovy	15
4.4.1 Zinek (Zn)	15
4.4.2 Měď (Cu)	15
4.4.3 Nikl (Ni).....	16
4.4.4 Olovo (Pb).....	16
4.4.5 Kadmium (Cd)	17
4.5 Stav jakosti vody	17
4.5.6 1.polovina 20.století.....	17
4.5.7 2.polovina 20.století.....	18
4.5.8 Současnost.....	19
Předpisy a nařízení týkající se současného stavu vodního prostředí.....	20
5. Metodika	21
5.1 Výběr přítoků	21
5.1.1 Plesná	21
5.1.2 Odrava.....	22
5.1.3 Libocký potok	22
5.1.4 Svatava	22
5.1.5 Rolava	22
5.1.6 Teplá.....	23

5.1.7	Bystřice	23
5.2	Výběr odběrných míst	23
5.3	Odběr	23
5.4	Atomová absorpční spektrometrie (AAS)	24
5.4.8	Plamenová atomová absorpční spektrometrie (FAAS)	25
5.4.9	Atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací (ETA-AAS)	25
6.	Výsledky	26
6.1	Zhodnocení odběrných míst	26
6.1.1	Ohře (odběr č.1)	27
6.1.2	Plesná (odběr č.2)	28
6.1.3	Ohře po soutoku s Plesnou (odběr č.3)	29
6.1.4	Odrava (odběr č.4)	30
6.1.5	Ohře po soutoku s Odnavou (odběr č.5)	31
6.1.6	Libocký potok (odběr č.6)	32
6.1.7	Ohře po soutoku s Libockým potokem (odběr č.7)	33
6.1.8	Svatava (odběr č.8)	34
6.1.9	Ohře po soutoku se Svatavou (odběr č.9)	35
6.1.10	Rolava (odběr č.10)	36
6.1.11	Ohře po soutoku s Rolavou (odběr č.11)	37
6.1.12	Teplá (odběr č.12)	38
6.1.13	Ohře po soutoku s Teplou (odběr č.13)	39
6.1.14	Bystřice (odběr č.14)	40
6.1.15	Ohře po soutoku s Bystřicí (odběr č.15)	41
6.2	Zhodnocení jednotlivých koncentrací	42
6.2.16	Stanovení koncentrace Zn	42
6.2.17	Stanovení koncentrace Cu	43
6.2.18	Stanovení koncentrace Ni	44
6.2.19	Stanovení koncentrace Pb	45
6.2.20	Stanovení koncentrace Cd	46
6.2.21	Celkové koncentrace	47

7. Diskuze	49
7.1 Faktory ovlivňující výsledné koncentrace v Ohři	49
7.1.1 Průtok	49
7.1.2 Analýza všech přítoků	49
7.1.3 Opakované měření	49
7.2 Jiné zdroje těžkých kovů	49
7.2.4 Sediment	49
7.2.5 Geologické podloží	50
7.2.6 Vypouštění	50
8. Závěr	51
9. Seznam použitých zdrojů	52
9.1 Literární zdroje	52
9.2 Právní předpisy	53
9.3 Internetové zdroje	54
10. Seznam obrázků	56

1. Úvod

Předpokladem pro slušný život ve 21. století je snadný přístup k nezávadným zdrojům pitné vody, vody určené na hygienu a vody užitkové. Realita je taková, že pro velké množství lidí je tento předpoklad přepychovým luxusem nebo snem. V roce 2015 bylo 14 milionů lidí, spadající do oblasti Evropského regionu Světové zdravotnické organizace, bez zdroje pitné vody. 62 milionů lidí bylo bez adekvátní sanitace. Tito lidé jsou vystaveni permanentnímu nebezpečí v podobě nemocí. Ať už jde o nemoci z konzumace kontaminované vody nebo z nedostatku vody obecně, mívají fatální následky (Světová zdravotnická organizace, 2017). Voda může být znečištěná několika druhy kontaminantů. Nejčastěji jde o biologické, radiologické a chemické kontaminanty (Kožíšek, 2014).

Kontaminace povrchových a podpovrchových vod těžkými kovy je jedním ze zásadních celosvětových problémů.

Vzhledem k tomu, že je pro Karlovarský kraj typická těžební činnost, je možné předpokládat, že se projeví ve vodních tocích v podobě zvýšených koncentrací těžkých kovů. Tento předpoklad bych ráda vyvrátila.

Kromě samotné koncentrace těžkých kovů ve vybraných vodních tocích mě zajímalo, jak ovlivňují přítoky svými koncentracemi hlavní vodní tok Karlovarského kraje-Ohří. Jestli je, na základě dostupných informací, možné o nějakém ovlivnění vůbec mluvit.

2. Cíle práce

Cílem celé práce je určení, jaký vliv mají koncentrace sledovaných prvků ve vybraných přítocích na Ohři.

Pro dosažení tohoto cíle bylo nutné splnit tyto dílčí cíle:

- Stanovení koncentrací sledovaných prvků ve vybraných vodních tocích a vyhodnocení těchto toků.
- Porovnání kvality Ohře a jednotlivých přítoků z hlediska koncentrace těžkých kovů.
- Zhodnocení Ohře, jakožto stěžejního vodního toku Karlovarského kraje.
- Výsledné zpracování zjištěných informací.

Kromě určení vlivu přítoků na Ohři je splněným cílem i prohloubení dosavadních znalostí dané problematiky a osvojení si techniky odběru vzorků.

3. Charakteristika oblasti

3.1 Karlovarský kraj

Karlovarský kraj je nejzápadnější místo České republiky. Na severu sousedí s Ústeckým krajem, na jihu s krajem Plzeňským a od Německa je na západě ohraničen Krušnými horami. Krušné hory jsou největším pohořím kraje. Nejvyšším bodem Karlovarského kraje je Klínovec (1244 m n. m.). Karlovarský kraj je velmi rozmanitý co do přírodních podmínek.

Geologický podklad Karlovarského kraje je velmi pestrý. Nachází se zde ložiska rud, nerudních a energetických surovin a minerálních vývěřů. Mezi stěžejní lokality patří Jáchymov, jakožto oblast, kde se těžil uran. Okolí Karlových Varů je, z hlediska geologie, typické svým kaolínovým bohatstvím. Dominantou Karlovarského kraje je také těžba hnědého uhlí, které se těží v Sokolovské pánvi. Oblast Krušných hor je již po staletí známá těžbou rud stříbra, uranu, mědi, olova, zinku, niklu a mnoho dalšího (Rojík, 2015).

Ze živé přírody se může Karlovarský kraj pyšnit nadprůměrnou zalesněností území. Nejvýznamnějším lesem je CHKO Slavkovský les, která je zároveň jediným velkoplošným ZCHÚ. Počet maloplošných ZCHÚ má rostoucí tendenci, což přispívá ke zlepšení kvality přírodních podmínek v kraji. V roce 2010 bylo evidovaných 70 maloplošných ZCHÚ na území Karlovarského kraje. Dále je zde vedeno 53 evropsky významných lokalit a 2 ptačí oblasti (Doupovské hory a Novodomska rašeliniště-Kovářská). Z pohledu Územního systému ekologické stability se v Karlovarském kraji nachází 22 nadregionálních biokoridorů a biocenter a 329 regionálních biokoridorů a biocenter. Z celkového pohledu je možné síť ÚSES na tomto území zařadit jako odpovídající podmínkám pánevních a horských oblastí.

Klima v Karlovarském kraji není moc příznivé. Převažují zde chladné a mírně teplé oblasti, což má negativní dopad na zemědělství, a proto se kraj zaměřuje spíše na průmyslovou a těžební činnost.

Kvalita ovzduší je v Karlovarském kraji celkem příznivá, ale kraj je druhý nejhorší v České republice v koncentracích emisí oxidu siřičitého. Tyto emise jsou produkovány hlavně hnědouhelnými elektrárnami a lokálními topeništi. V letech 2007-2008 došlo k odsíření elektrárny Tisová, což výrazně zlepšilo stav ovzduší v této oblasti. Přesto bylo v roce 2010 evidováno téměř 80 významných bodových znečišťovatelů ovzduší. Mezi ty nejznámější patří Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., Elektrárna Tisová a Ostrovská teplárenská a.s. K dalšímu znečišťování dochází pochopitelně dopravou (Zdražil a kol. 2012).

Téměř celá oblast kraje spadá do povodí Ohře. V Karlových Varech se nachází největší koncentrace léčivých pramenů na světě (Rentková, 2017) a vyvěrá zde kolem 80 termálních pramenů. Některé z nich jsou vedeny do sedmi kolonád, kde jsou lidem volně přístupné (Anonym, 2012). Největší zdroje pitné vody se nachází v Chráněných oblastech přirozené akumulace vod Karlovarského kraje, konkrétně CHOPAV Chebská pánev-Slavkovský les a CHOPAV Krušné hory. Kvalita podzemní vody je celkem dobrá, ale jsou tu i podzemní vody znehodnocené radioaktivitou. Voda v okolí míst narušených těžbou většinou vyžaduje úpravu vodních zdrojů, nebo je pro pitné účely nepoužitelná. Všechny obce nad 2 000 obyvatel mají čističku odpadních vod, ale jejich výkonnost není na nejvyšší úrovni. V roce 2010 bylo zaznamenáno 16 významných vypouštění důlních vod do vod odpadních. Mimo to zde dochází ke znečištění vod i v důsledku hnojení. Celkově v Karlovarském kraji převládá voda neznečištěná, nebo jen mírně znečištěná (Zdražil, 2012).

3.2 Ohře

Její prameniště najdeme v německém Bavorsku v přírodní rezervaci Smrčiny. Ohře je se svými 256 km na českém území čtvrtá nejdelší řeka v České republice (Anonym, 2017). Hned ze začátku napájí nádrž Skalku, která je kousek od Chebu. Dále pokračuje skrz Sokolovskou pánev, míjí Slavkovský les a teče skrz Doupovské hory až po úpatí Krušných hor. Tato část toku je nejzachovalejší, najdeme zde poměrně mnoho slepých ramen. Až doposud se mohl tok pyšnit velkou spádovou rychlostí a erozní schopností. Oblast mezi Kláštercem nad Ohří a Kadaní je již více rovinatá a poklidnější. Po celé délce má v této oblasti na pravé straně Doupovské hory a na levé straně Krušné hory. V tomto úseku najdeme hustou pobřežní vegetaci. Následuje trasa přes Mosteckou pánev, která je silně poznamenaná těžařskou a průmyslovou činností až do přehrady Nechanice a pak dále přes Žatecko. Poslední část je lemovaná z levé strany Českým středohořím a meandruje od Loun až do Litoměřic, kde končí svou cestu a vlévá se do Labe (Horáčková a kol. 2011).

Zajímavé vodní dílo, Podkrušnohorský přivaděč, umožňuje snižovat vodnost toku. Voda Ohře je po celém toku charakterizovaná jako mimopstruhová. Ohře je atraktivní řekla pro vodáky, velmi hojně ji využívají pro sjíždění (Vlček, 1984). Kvalita toku kolísá v různých částech toku mezi I. až III. třídou (Obr.2- Jakost vody v tocích ČR v letech 2006-2007).

4. Voda

4.1 Dělení vody

Voda je chemická látka složená z jednoho atomu kyslíku a dvou atomů vodíku. Její funkce je nezastupitelná v mnoha ohledech. Již z historie víme, že byla považovaná za jeden ze základních živlů. Na Zemi ji můžeme najít ve třech skupenstvích. Plynná složka je zastoupena vodní párou. V pevné formě se vyskytuje jako led. Za normálních podmínek je voda kapalina bez barvy a zápachu.

Zemský povrch je z 71% tvořen vodou. Z těchto 71% zaujímá slaná voda přes 97%. Slanou vodu najdeme v mořích a oceánech. Na druhou stranu voda sladká má největší zásobárnu v ledovcích. Necelé 1,5% připadá na povrchovou a podzemní vodu (Janda, 2006). Třetím druhem vody podle obsahu solí je voda smíšená neboli brakická.

Z hlediska užítkovosti se voda dělí na pitnou a užitkovou (Pitter, 1977). Za vodu pitnou se považuje voda se specifickými fyzikálními a chemickými vlastnostmi, které nepředstavují nebezpečí pro lidské zdraví (vyhláška č. 252/2004 Sb.).

Voda užitková je určena pro různé provozní účely například chlazení a mytí. Od toho se odvíjí i její jakost a kritéria, která se mohou v různých případech lišit (Povodí Moravy, 2017).

Vodu můžeme v souvislosti se Zemí rozdělit na vodu atmosférickou, hydrosférickou, biosférickou a v zemském povrchu. Atmosférická voda se vyskytuje například v podobě deště, mlhy, sněhu. Biosférická voda je voda v organismech. Voda v zemském povrchu je zastoupená juvenilní vodou, metamorfní vodou nebo vodou v minerálech.

Hydrosféru lze ještě rozdělit na povrchovou a podzemní vodu a moře a oceány. Povrchové vody jsou podle vodního zákona č. 254/2001 Sb. paragrafu 2 definované jako: „*vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních*“. Příkladem tekoucí povrchové vody jsou řeky nebo potoky. Příkladem stojaté povrchové vody jsou jezera, přehrady, rybníky, nádrže.

Podzemní vody jsou vodním zákonem č. 254/2001 Sb. paragrafu 2 definované jako: „*vody přirozeně se vyskytující pod zemským povrchem v pásmu nasycení v přímém styku s horninami; za podzemní vody se považují též vody protékající*

podzemními drenážními systémy a vody ve studních“. Mají také své další dělení, a to na vody půdní, mělké podzemní (spodní) a vlastní podzemní. Z kategorie vlastní podzemní vody je třeba vyčlenit vody minerální a termální (Myslil, 1999).

4.2 Látky ve vodě

Veškerá voda vyskytující se v přírodě obsahuje rozpuštěné plyny a organické nebo anorganické látky. Látky se do vody mohou dostat hned několika způsoby. Například z atmosféry, z podloží, infiltrací do půdy a následným odtokem do vodního toku a antropogenní činností. Antropogenní činnost se ve vodě projeví v podobě průmyslových a splaškových odpadních vod a nečistot z ovzduší.

Z fyzikálního hlediska mohou být látky ve vodách nerozpuštěné a rozpuštěné. Ty rozpuštěné se vyskytují v iontové a neiontové formě. Rozpuštěné látky v iontové formě se ještě dále dělí na kationty (vápník, hořčík, sodík, draslík) a anionty (hydrogenuhličitan, sírany, chloridy, dusičnany). Tyto látky najdeme ve všech přírodních i užitkových vodách.

Příkladem rozpuštěných látek v neiontové formě ve vodách jsou sloučeniny křemíku a rozpuštěné plyny (kyslík, oxid uhličitý) (Pitter, 1977).

Nerozpuštěnými látkami se myslí pevné nebo koloidní látky, které je možné zachytit filtrem (Doláková a Janýšková, 2012). Konkrétně v přírodních i užitkových vodách můžeme nalézt hydratované oxidy kovů, fytoplankton, zooplankton, tuky, oleje (Pitter, 1977).

Z chemického hlediska máme ve vodách látky organické a anorganické. Mezi látky organické patří například benzen nebo tetrachlormethan. Naopak z anorganických látek lze uvést sloučeniny železa, manganu, zinku nebo mědi (Doláková a Janýšková, 2012).

4.3 Toxické kovy

Toxické kovy jsou definovány jako kovy, které mají toxické účinky. I v malých dávkách mají negativní dopad na lidské zdraví, organismy nebo životní prostředí. Toxickými je činí množství, forma nebo cesta vstupu kovu do organismu. Mezi takové kovy patří mimo jiné i olovo a kadmium (Sareš a Maglesi, 2013).

4.4 Těžké kovy

Těžké kovy můžeme definovat jako kovy, které mají hustotu větší než 5 g/cm³ (Víden, 2005). Je dokázané, že toxické kovy splňují, až na pár výjimek, podmínku těžkých kovů, což znamená, že spolu tyto dva pojmy úzce souvisí. V dnešní době se velmi často zaměňují a užívají jednotně (Duffus, 2002). Patří mezi ně například měď, zinek, olovo, nikl. Těžké kovy se ve svých chemických vlastnostech značně liší, ale jejich společnou vlastností je, že nepodléhají rozkladným procesům.

Lidem a zvířatům ovlivňují život výskytem v potravním řetězci a pitné vodě. Do potravního řetězce se dostávají skrz hnojenou půdu (Bradl, 2005). Těžké kovy se do vody dostávají především antropogenním znečištěním. Příkladem takového znečištění je těžební odpad, skládkový výluh, průmyslové a komunální odpadní vody. Z průmyslových odpadů jde zejména o elektrolytickou, elektronickou oblast a povrchovou úpravu kovů. Tyto kovy jsou pro živé organismy toxické již při malých koncentracích (Sharma, 2015).

4.4.1 Zinek (Zn)

Zinek je středně tvrdý, křehký těžký kov. Dobře vede elektrický proud (Havel a kol. 2014). Je nezbytný pro lidský organismus, ale nadbytek zinku je pro lidi toxický. Nadměrné množství zinku v organismu se projevuje zvracením, anémií, bolestmi svalů a břicha, v extrémnějších případech může velké množství vést k chudokrevnosti a problémy s cholesterolem (Sharma, 2015).

V přírodě se vyskytuje pouze ve sloučeninách (Havel a kol. 2014). Mezi hlavní zdroje zinku ve vodě, vzduchu a půdě patří důlní a hutní zpracování a průmyslové využití zinkových rud (Sharma, 2015). Pro povrchové vody se stanovuje limit na základě normy enviromentální kvality vyjádřené jako celoroční průměrné hodnoty (NEK-RP). Tato norma je definovaná takto: „*Pro každý daný útvar povrchových vod se použitím NEK-RP rozumí, že aritmetický průměr koncentrací naměřených v různých časech průběhu roku v žádném reprezentativním monitorovacím místě ve vodním útvaru nepřekračuje dotyčnou normu*“. Pro zinek je mezní hodnota stanovená na 92 µg/l (nařízení vlády č.401/2015 Sb.).

4.4.2 Měď (Cu)

Měď se řadí mezi měkké, ale tažné těžké kovy se skvělou tepelnou a elektrickou vodivostí (Kleger a Válek, 2014). Měď je esenciální stopový prvek, který zajišťuje správné fungování některých enzymů v organismech provádějících

fotosyntézu. Pro vodní organismy je kritická i velmi malá koncentrace. Prvními projevy toxicity u lidí je podráždění očí, nosu a úst, může následovat nevolnost. Trvalé nebo opakované vstřebávání mědi do organismu může mít za následky poškození ledvin a následnou smrt (Sharma, 2015).

Hornictví, hutnictví a průmyslové aplikace jsou hlavním zdrojem mědi v životním prostředí (Sharma, 2015). Používá se jako součást fungicidů a algicidů (Kleger a Válek, 2014). NEK-RP je u mědi stanovena na 14 µg/l (nařízení vlády č.401/2015 Sb.).

4.4.3 Nikl (Ni)

Nikl je tvrdý, ale kujný těžký kov. Je to dobrý vodič elektrického proudu a odolává korozi (Kleger a Válek, 2014). Má především průmyslové využití v podobě automobilových a letadlových dílů, baterií, mincí, kosmetiky a nerezové oceli. Používá se pro výrobu nikl-kadmiových baterií. Ve vodě jsou soli niklu dobře rozpustné, a proto je vodní prostředí velmi náchylné na kontaminaci právě tímto kovem (Sharma, 2015). Při akutní otravě niklem je poškozen trávicí trakt a centrální nervová soustava. Projevem chronické otravy je onemocnění pokožky (Anonym, 2016).

V přírodě se vyskytuje ve vulkanických horninách a předpokládá se, že ve vnitřním a vnějším zemském jádře. Snadno se váže na železo a hořčík, tvoří sloučeniny, které se hojně vyskytují v půdě (Kleger a Válek, 2014). Hodnota niklu, podle NEK-PR, je limitně stanovena na 4 µg/l (nařízení vlády č.401/2015 Sb.).

4.4.4 Olovo (Pb)

Olovo je lesklý kujný těžký kov. Ojedinele se vyskytuje samostatně, většinou se nachází ve sloučeninách. Jeho množství na zemi se stále zvětšuje, je to totiž konečné stádium radioaktivního rozpadu uranu a thoria (Havel a kol. 2014). Slouží k výrobě akumulátorů (Greenwood a Earnshaw, 1993). Pro člověka, vodní živočichy i hospodářská zvířata je vysoce toxické (Sharma, 2015). Akutní otrava olovem se projevuje nasládlou chutí v ústech, zvracením, krvácením a křečovými bolestmi v žaludku, ale v dnešní době už není tak častá. Častější je chronická otrava, která má za následek popelavé zbarvení kůže, pokles tělesné hmotnosti, změnu červených krvinek, psychickou změnu a retardaci. Při otravě jsou napadeny cévy, krev a nervový systém (Horák a kol. 2012).

V přírodě se olovo vyskytuje jako součást nerostů a rud. Dále se dá olovo i vyrábět (Anonym, 2016). Pro olovo se na základě NEK-RP stanovila hodnota 1,2 µg/l (nařízení vlády č.401/2015 Sb.).

4.4.5 Kadmium (Cd)

Kadmium patří mezi těžké kovy. Je to měkký a tažný kov, který se svými vlastnostmi podobá zinku (Petrлік a Válek, 2014). Je to vysoce toxický kov, který má nejsilnější účinek, když se vdechuje nebo konzumuje. Otrava kadmiiem se projevuje dýchacími obtížemi, kovovou chutí v ústech, pícháním pod žebry. Pokud oběť přežije, dochází k dlouhodobému poškození jater, ledvin a reprodukčních orgánů. Významnou vlastností kadmia je kumulativní účinek. Ukládá se v ledvinách.

Kadmium se v přírodě samostatně téměř nevyskytuje, ale dostává se do půdy přírodními fosfáty, kde dochází ke kontaminaci půdy a tím i kontaminaci potravin. Dalším zdrojem je výroba nikel-kadmiových akumulátorů (Petrлік a Válek, 2014; Horák a kol. 2012). Kadmium je také produkováno cigaretovým kouřem. Lidem, kteří aktivně kouří, byly naměřeny vyšší hodnoty kadmia v krvi (Magelsir, 2016). Kadmium má svou hodnotu podle NEK-RP stanovenou v rozmezí 0,08-0,25 µg/l na základě třídy tvrdosti (nařízení vlády č.401/2015 Sb.).

4.5 Stav jakosti vody

4.5.6 1.polovina 20.století

Již od 1. poloviny 20. století patří biologická spotřeba kyslíku (BSK) mezi důležité ukazatele jakosti vody, především obsahu kyslíku ve vodě (Landa a Karas, 1952). BKS je definovaná jako: „*hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného při biochemické oxidaci organických, popř. anorganických látek ve vodě za aerobních podmínek. Vyjadřuje se v mg/l*“ (Kaličinská, 2006). Podle obsahu rozpuštěného kyslíku ve vodě byly vodní toky rozděleny do pěti skupin kvality (velmi čisté toky, čisté toky, průměrně čisté toky, pochybné, nečisté).

K čištění odpadních vod docházelo, ale buď bylo drahé, takže se provádělo nedůsledně, nebo bylo téměř nefunkční. Čističky odpadních vod se stavěly kvůli úředním nařízením, ale častokrát byly stavěné neprofesionály. Úřady sice nařídily postavit čističku, ale dále již nikdo nekontroloval její výkon, nebo dokonce funkčnost. Kvalita vod byla v tomto období na velmi špatné úrovni. V té době, nebylo vodním zákonem konkrétně stanoveno, jak kvalitně má být odpadní voda vyčištěna, než se vypustí do veřejného toku. Dodržovalo se pouze to, aby vyčištěná

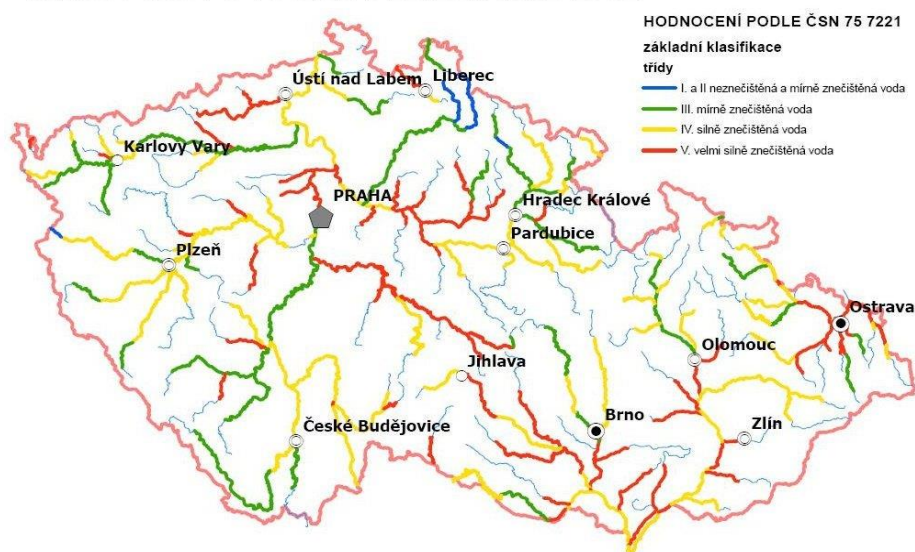
odpadní voda neohrožovala zdraví a zájmy ostatních. Takovým základním ukazatelem bylo, aby sloučením odpadní vody a veřejného toku nedocházelo k úhynu ryb. Ryby se považovaly (a dodnes jsou považovány) za přírodní ukazatel znečištění toku (Landa a Karas, 1952).

4.5.7 2.polovina 20.století

Pravidelná měření probíhají od 60. let 20. století. I přes tyto kontroly, které nedopadaly dobře, nedocházelo ke zlepšení stavu vodních toků. Zavedla se různá opatření, byly vydané zákony, které měly kvalitu povrchových vod zlepšit, ale jejich dodržování nebylo důrazné. Byly udělovány výjimky, které opravňovaly dotyčného vypouštět odpadní vody do vodních toků. Dalším výrazným zdrojem znečištění bylo plošné znečištění, které bylo způsobeno plošnými chemickými postřiky a plošným použitím hnojiv. V neposlední řadě docházelo ke znečišťování z důvodů havárií. Výsledkem takového zacházení s vodou bylo výrazné zhoršování jakosti pitné vody, omezené možnosti rekreace a tlak okolních států na zlepšení kvality vody (Synáčková, 1950). Ještě na počátku 90. let minulého století se znečištění povrchových vod považovalo za největší problém v oblasti životního prostředí v České republice.

V průběhu 90. let došlo ke dvěma významným zlomům v oblasti znečištění vod. Prvním světlým momentem bylo snížení výroby a tím pádem i snížení vypouštění znečištěné vody do vodních toků. Druhým momentem byl výrazný technický pokrok a rozsáhlé výstavby moderních čističek odpadních vod (Volaufová, 2008).

JAKOST VODY V TOCÍCH V LETECH 1991-1992



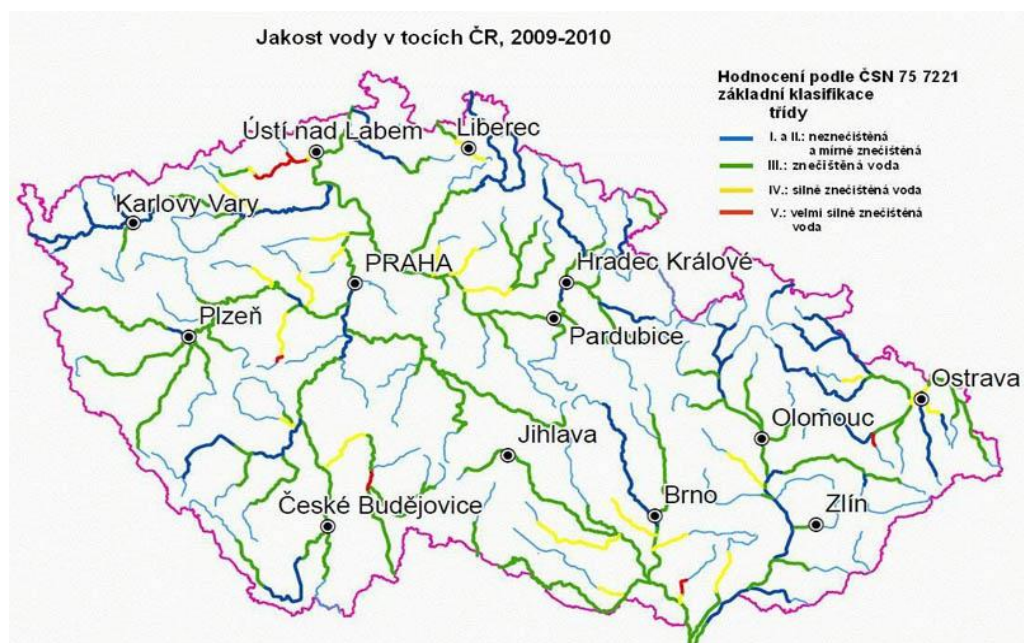
Obr.1: Jakost vody v tocích v letech 1991-1992

4.5.8 Současnost

V roce 2008 bylo zřejmé, že je české vodní hospodářství na velmi dobré cestě. Od roku 2001, kdy vešel v platnost nový vodní zákon, se vzhledem k běžným ukazatelům ještě výrazněji zlepšila kvalita vody.

Nové možnosti s sebou nesly i řadu problémů v podobě látek různorodého původu. Povrchové vody začaly být těmito látkami ohroženy, protože technologie čištění vod nebyla na tuto situaci připravená. I když odborníci pohotově reagují na aktuální problémy, výsledky se nemusí dostavit ihned, proto tyto látky způsobily řadu změn v přírodě. Příkladem může být hormonální antikoncepce (Kodeš a Leontovyčová, 2008). Bylo dokázáno, že zbytky po hormonální antikoncepci není možné z odpadních vod zcela zlikvidovat, tudíž se dostávají do vodního prostředí a pravděpodobně i v malém množství do pitné vody. Existuje dlouhodobá studie, která zkoumala vliv hormonální antikoncepce na rozmnožovací schopnosti ryb. Do izolovaného jezera byl vypouštěn roztok hormonální antikoncepce a během pěti let došlo k vymizení populace (Sovová, 2017).

V porovnání s předchozími roky, které je možné díky pravidelnému mapování jakosti vody, je stav vodních toků v České republice uspokojivý, a to i přes to, že některé toky nadále spadají do V. jakostní třídy, tedy té nejhorší. Na některých tocích došlo oproti roku 2014 ke zhoršení, ale jsou i toky, které hlásí lepší kvalitu. V rámci Evropy se řadí Česká republika, co do kvality vodních toků v základních ukazatelích (BSK5, ortofosfáty a dusičnany), mezi nadprůměrné (Kratina a kol. 2016).



Obr. 2: Jakost vody v tocích ČR, 2009-2010

Předpisy a nařízení týkající se současného stavu vodního prostředí

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

Hlavním důvodem této směrnice je potřeba sjednotit různé způsoby ochrany vodního prostředí ve Společenství. Směrnice stanovuje rámec pro ochranu všech povrchových (vnitrozemských, brakických i pobřežních) i podzemních vod za účelem zlepšení stavu vodních ekosystémů, udržitelného užívání vod, zmírnění dopadů sucha a povodní, snížení znečištění podzemních vod (směrnice 2000/60/ES).

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

Tento zákon chrání povrchové a podzemní vody a obecně vodní ekosystémy. Upravuje podmínky hospodaření s vodou a zajišťuje zlepšování jakosti vod. Přispívá k zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Vodní zákon upravuje řadu vztahů souvisejících s vodním prostředím. Po právní stránce řeší vztahy mezi fyzickými a právními osobami v souvislosti s využíváním povrchových a podzemních vod, pozemků a staveb, které s těmito vodami přímo souvisí. Podstatou těchto vztahů je trvale udržitelné užívání povrchových a podzemních vod, bezpečnost vodních děl a zamezení či zmírnění následků živelných pohrom v podobě povodní a sucha (zákon č. 254/2001 Sb.).

Vyhláška č. 154/2016 Sb., kterou se mění vyhláška č. 98/2011 Sb. o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod, ve znění vyhlášky č. 313/2015 Sb.

Vyhláška vychází z předpisů Evropské unie. Upravuje způsoby hodnocení stavu povrchových vod. Konkrétně v oblasti útvarů povrchových vod, ekologického potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a programů pro hodnocení stavu povrchových vod včetně náležitostí daných programů (vyhláška č. 154/2016 Sb.).

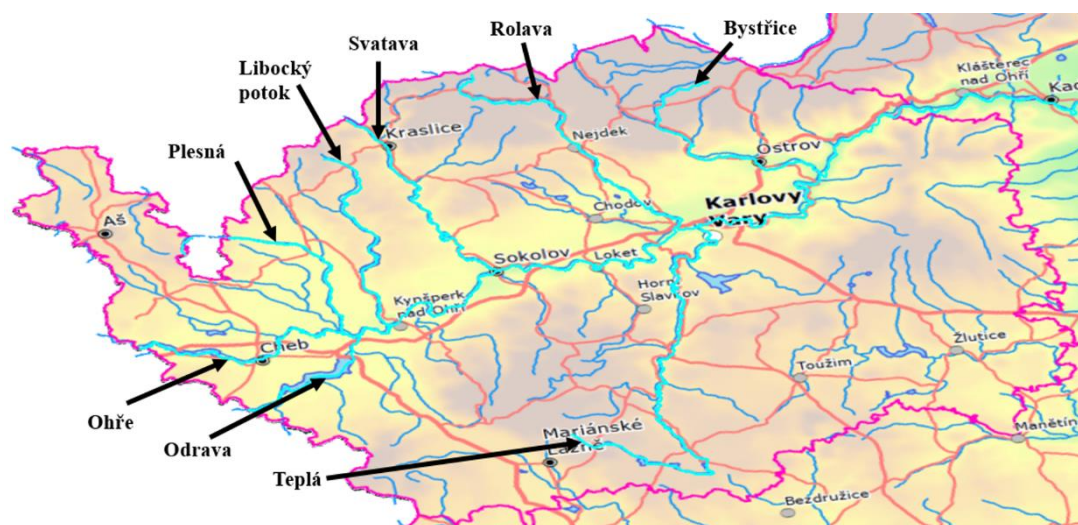
Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Nařízení stanovuje ukazatele stavu povrchových vod. Mimo jiné jsou tímto nařízením stanovené ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro odpadní vody a vody povrchové podle účelu jejich využití. Jsou zde uvedeny seznamy prioritních látek a prioritních nebezpečných látek (nařízení vlády č. 401/2015 Sb.).

5. Metodika

5.1 Výběr přítoků

Z důvodu velkého počtu přítoků Ohře jsem musela určit jen některé. Jako hlavní kritérium jsem brala velikost toku a s tím související i dostupnost informací o daném přítoku. Dále byla podstatná přístupnost k potenciálnímu místu odběru. Po vyhodnocení těchto parametrů jsem vybrala tyto přítoky: Plesná, Odrava, Libocký potok, Svatava, Rolava, Teplá, Bystřice.



Obr.3: Mapa Karlovarského kraje s vybranými vodními toky

5.1.1 Plesná

Řeka Plesná pramení v Německu při hranicích s Českou republikou kousek od vesnice Barendorf. Délka toku je 29,1 km. Do Ohře se zleva vlévá u Nebanic (Anonym, 2013). Celý tok se dá charakterizovat jako mimopstruhový a z hlediska kvality spadá do III. třídy, na některých krátkých úsecích až do IV. třídy (Vlček, 1984). Zajímavostí řeky je, že podél jejího levého břehu nedaleko obce Vackovec, se nachází přírodní vývěry minerálních pramenů a plynů. Celá oblast vývěrů se nazývá Bublák a je zařazena mezi Geologické lokality doporučené k ochraně (Skácelová, 2006).

5.1.2 Odrava

Odrava pramení v Německu nedaleko Hraničního vrchu. Celý tok je zařazený do kategorie-mimopstruhová voda. Délka Odavy je 59,4 km a do Ohře se vlévá zprava (Vlček, 1984). Kvalita vody v Odravě spadá mezi I. a II. třídu kvality (Obr.2- Jakost vody v tocích ČR v letech 2006-2007).

5.1.3 Libocký potok

Libocký potok má prameniště v Krušných horách u Sněžné. Do Ohře se vlévá zleva u Liboce. Délka toku je 30 km (Povodí Ohře, 2016). Pro svou oblast je to hydrologicky významný tok, jeho voda je charakterizovaná jako pstruhová po celé délce toku. Kategoricky patří do II. třídy kvality (Vlček, 1984). Patří mezi vodní toky, na jejichž části je zakázána plavba plavidel se spalovacími motory (vyhláška č. 46/2015 Sb.).

5.1.4 Svatava

Prameniště Svatavy je v Německu, jihovýchodně od města Schöneck. Celková délka toku je přes 40 km. Po překročení národní hranice se zleva vlévá do Ohře zhruba po 30 km (VÚV-TGM, 2006). Dno řeky je kamenité. Břehy jsou lemované olšemi, vrbami a kapradinami. Řeka trpí na tání sněhu, její hladina vysoko stoupá, což má za následek sezónní povodně v Kraslicích (Anonym, 2009). Svatava patří mezi toky s pstruhovou vodou. Více než polovina vodního toku je vodácky využívaná (Vlček, 1984). Její kvalita se pohybuje kolem II. třídy (Obr.2- Jakost vody v tocích ČR v letech 2006-2007).

5.1.5 Rolava

Rolava pramení v Přírodním parku Přebuz v Národní přírodní rezervaci Rolavská vrchoviště nedaleko německých hranic (Anonym, 2017). Se svou délkou toku téměř 37 km se řadí k významným přítokům Ohře. V historii měla řeka velký význam pro železářskou a textilní výrobu, která byla v této oblasti rozšířená. Oblast je také poznamenána hornickou činností a těžbou rud (Anonym, 2012). Téměř před soutokem s Ohří, do které se vlévá zleva v Karlových Varech, míjí Rolava ekologickou farmu Kozodoj (Kozodoj.cz, 2017). Po celý tok je voda pstruhová. Nachází se zde vodácky využívané části toku (Vlček, 1984). Rolava je z hlediska kvality charakterizovaná jako voda neznečištěná a mírně znečištěná, což odpovídá I. a II. třídě (Obr.2- Jakost vody v tocích ČR v letech 2006-2007).

5.1.6 Teplá

Řeka Teplá pramení u Mariánských lázní v Tepelské vrchovině. Svůj název dostala podle termálních pramenů, které se v povodí toku nachází, a které tok oteplují. Tato řeka je právě díky termálním pramenům velmi důležitá pro město Karlovy Vary (Karlovarský kraj, 2017). Teplá plyne krajinou přes 60 km a na okraji Karlových Varů se vlévá jako pravostranný přítok do Ohře. Je to její největší přítok v Karlovarském kraji (VÚV-TGM, 2006). Nádrž Betlém odděluje tok z hlediska pstruhových revírů. Nad nádrží, se nachází pstruhová voda a pod nádrží najdeme mimopstruhovou vodu (Vlček, 1984). Kvalitou vody se řeka Teplá řadí do III. třídy kvality (Obr.2- Jakost vody v tocích ČR v letech 2006-2007).

5.1.7 Bystřice

Bystřice pramení pod Božídarským špičákem nedaleko obce Hřebečná. Délka toku je necelých 30 km a do Ohře se vlévá zleva asi 5 km od města Ostrov (VÚV-TGM, 2006). Pstruhovou vodu najdeme po celé délce toku. Od obce Merklín spadá kvalita Bystřice do IV. třídy (Vlček, 1984).

5.2 Výběr odběrných míst

Celkem jsem měla 15 odběrných míst, osmkrát Ohři a sedm přítoků. První výběr odběrných míst jsem prováděla za pomoci map dostupných na internetu a šlo o orientační výběr. Druhý a přesnější výběr proběhl přímo na místě odběru. Bylo nutné přizpůsobit výběr odběrného místa terénu a přístupnosti k vodnímu toku.

U odběrů vody v Ohři po soutoku s přítokem jsem odebírala vzorky alespoň 100 m po soutoku, aby došlo k vmísení přítoku do Ohře.

5.3 Odběr

Pro potřebu mé práce jsem odběr vzorků prováděla na základě dostupné literatury a na základě vlastního uvážení.

S ohledem na účel odběru jsem odebírala prosté vzorky. Všechny vzorky jsem odebírala manuálně buď ze břehu nebo z mělkého okraje vodního toku za pomoci horizontální tyče a plastové nádoby (Doláková a Janýšková, 2012). Snažila jsem se všechny vzorky odebírat cca 20 centimetrů pod hladinou. Z plastové nádoby jsem učinila samotný odběr do jednorázové plastové uzavíratelné lahvičky, kterou jsem jedenkrát vypláchla odebíranou vodou a následně ji až napustila. Víčku i lahvičku

jsem přiřadila číslo, které odpovídalo číslu v seznamu odběrů a učinila záznam (Šebestová, 2017). Záznam obsahoval název vodního toku, pořadové číslo, datum, barvu, zápach a popis okolí.

Vzorky byly zakonzervované kyselinou dusičnou čistoty Suprapur od firmy Merck. Následně byly zpracované pomocí Atomové absorpční spektrometrie.

5.4 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Atomová absorpční spektrometrie je metoda, kterou se stanovují stopové prvkové analýzy. Její podstatou je absorpce elektromagnetického záření volnými atomy. Patří k nejrozšířenějším analytickým metodám, a to především pro velkou citlivost stanovení, schopnost stanovit až 60 prvků a relativně nízké pořizovací náklady. Předností této metody je stanovení všech kovů a metaloidů.

Základní části atomového absorpčního spektrometru jsou: zdroj, atomizátor, monochromátor a detektor.

Funkcí zdroje je po celou dobu zásobovat proces zářením. Zdroje záření jsou speciální výbojky, které jsou specifické pro každý určovaný prvek (Opekar a kol. 2005).

Tato metoda vyžaduje převedení atomů do volného stavu. Procesu převodu atomů na atomovou páru se říká atomizace. Na konci tohoto procesu je atomová pára schopná absorbovat vlnové záření specifické pro daný prvek. Celý děj probíhá za určitých teplot v atomizátorech, které se liší podle způsobu zahřívání. Nejčastěji se používá plamenový nebo elektrotermický atomizátor.

Funkcí monochromátoru je oddělit vlnové záření stanovovaného prvku od zbylých záření (např. záření vzniklá v atomizátoru).

Závěrečnou částí je detektor, který na základě původního záření vyhodnotí jeho výsledné zeslabení a tím i koncentraci daného prvku ve vzorku (Komárek, 2000).

Pro tuto práci byla použita metoda AAS plamenová (FAAS) a AAS s elektrotermickou atomizací (ETA-AAS).

5.4.8 Plamenová atomová absorpční spektrometrie (FAAS)

U metody FAAS dochází k atomizaci prostřednictvím plamene. Ten umožňuje dosažení potřebných teplot a samotnou změnu stavu atomů.

Plamen se skládá ze čtyř zón (předehřívací, primární reakční, mezireakční, sekundární reakční). Cílem předehřívací zóny je zahřátí plynů na zápalnou teplotu. Ve druhé zóně dochází ke tvorbě radikálů. Mezireakční zóna je nejužší, ale nejdůležitější. Zde dochází ke vzniku redukčních radikálů a molekul. V sekundární fázi dochází k difúznímu hoření a dohořívání (Komárek, 2000).

Tato metoda byla v mé práci použita pro stanovení koncentrace zinku.

5.4.9 Atomová absorpční spektrometrie s elektrotermickou atomizací (ETA-AAS)

Elektrotermický atomizátor se zahřívá na potřebnou teplotu za pomoci elektrického proudu. Existují různé druhy těchto atomizátorů především na základě toho, z čeho jsou vyrobené (Komárek, 2000).

Metoda ETA-AAS byla v mé práci použita pro stanovení koncentrací mědi, olova, kadmia a niklu.

Výhodou ETA-AAS je, že má oproti metodě FAAS nižší mez detekce. Tato mez se pohybuje mezi 0,01-1 mg/l. V dnešní době již některé přístroje ETA-AAS umožňují za vhodných podmínek určit až čtyři prvky najednou (Opekar, 2005).

6. Výsledky

6.1 Zhodnocení odběrných míst

Na místě odběru jsem prováděla vizuální hodnocení odebrané vody. Barvu jsem určovala na mnou vytvořené stupnici čirá až žlutá s mezistupni čirá-méně nažloutlá-středně nažloutlá-více nažloutlá-žlutá.

Zápach byl hodnocen podle přítomnosti-bez zápachu nebo se zápachem.

V kategorii okolí jsem se snažila zachytit objekty, které byly ve skutečnosti v těsné blízkosti vodního toku a mohly by mít vliv na výsledky měření. Dále jsem zařadila i to, v jakém přírodním prostředí se vodní tok nachází.

Pro upřesnění místa odběru je u každého z nich přiložená mapa, ve které je odběrné místo vyznačené. Mapy byly tvořené v programu ArcMap v měřítku 1:60 000. Podkladovými mapami byly mapy: Ortofoto dostupná na geoportal.cuzk.cz a podkladová mapa CENIA ze serveru geoportal.gov.cz. S ohledem na fakt, že jsem v mapách pracovala jen s vodními toky nepřikládám legendu ostatních položek, které se v mapách nachází, protože nebyly pro tuto práci relevantní.

6.1.1 Ohře (odběr č.1)



Obr.4: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Plesná (ze severu), červeně vyznačené odběrné místo č.1

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: středně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: břehy velmi hustě zarostlé vegetací, v okolí louky a pole

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,001 mg/l

Cu= 2,04 µg/l

Ni= 2,121 µg/l

Pb= nebylo detekováno přístrojem

Cd= nebylo detekováno přístrojem

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Zjištěné koncentrace byly ve stanovených limitech. V některých případech byla koncentrace tak malá, že ji nebylo možné přístrojem stanovit.

6.1.2 Plesná (odběr č.2)



Obr.5: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Plesná (ze severu), červeně vyznačené odběrné místo č.2

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: méně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: les, ohrada s koňmi, chov koní Nebanice

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,005 mg/l

Cu= 2,8 µg/l

Ni= 1,777 µg/l

Pb= 0,28 µg/l

Cd= 0,017 µg/l

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Zjištěné koncentrace byly ve stanovených limitech.

6.1.3 Ohře po soutoku s Plesnou (odběr č.3)



Obr.6: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Plesná (ze severu), červeně vyznačené odběrné místo č.3

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: středně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: ohrada s koňmi, louky

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,027 mg/l

Cu= 2,83 µg/l

Ni= 2,707 µg/l

Pb= 0,64 µg/l

Cd= nebylo detekováno přístrojem

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Zjištěné koncentrace byly ve stanovených limitech. Koncentrace Cd byla tak malá, že ji nebylo možné stanovit.

6.1.4 Odrava (odběr č.4)



Obr.7: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Odrava (z jihu), červeně vyznačené odběrné místo č.4

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: méně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: údolí lemované stromy

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,011 mg/l

Cu= 2,04 µg/l

Ni= 2,302 µg/l

Pb= 0,46 µg/l

Cd= 0,022 µg/l

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Zjištěné koncentrace byly ve stanovených limitech.

6.1.5 Ohře po soutoku s Odravou (odběr č.5)



Obr.8: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Odrava (z jihu), červeně vyznačené odběrné místo č.5

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: méně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: travinné břehy

Vyhodnocení koncentrací

Zn= nebylo detekováno přístrojem

Cu= 1,45 µg/l

Ni= 1,487 µg/l

Pb= 0,73 µg/l

Cd= 0,02 µg/l

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Zjištěné koncentrace byly ve stanovených limitech.

6.1.6 Libocký potok (odběr č.6)



Obr.9: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na severovýchod), její přítok Libocký potok (ze severu), červeně vyznačené odběrné místo č.6

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: čirá

Zápach: bez zápachu

Okolí: zprava rodinné domky a zástavba, zleva lesík

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,007 mg/l

Cu= 1,62 µg/l

Ni= 2,124 µg/l

Pb= 1,95 µg/l

Cd= nebylo detekováno přístrojem

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. U koncentrace Pb byl překročen limit o 0,75 µg/l. Ostatní koncentrace byly pod limitem. Koncentraci Cd nebylo možné stanovit.

6.1.7 Ohře po soutoku s Libockým potokem (odběr č.7)



Obr.10: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na severovýchod), její přítok Libocký potok (ze severu), červeně vyznačené odběrné místo č.7

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: více nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: louky

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,016 mg/l

Cu= 2 µg/l

Ni= 3,784 µg/l

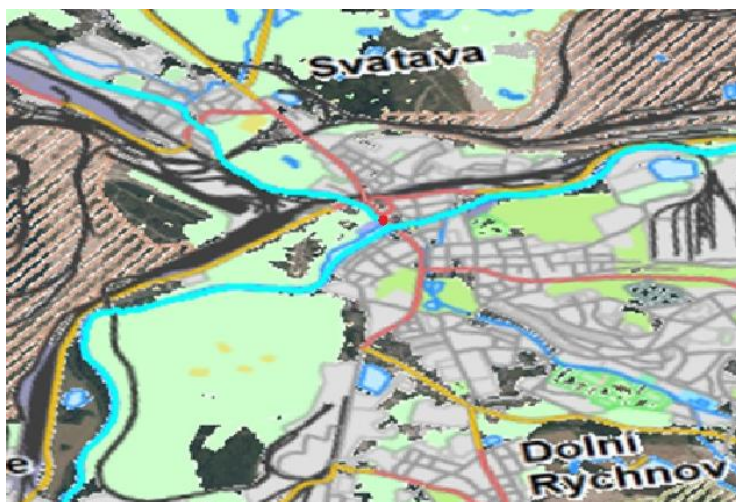
Pb= 1,63 µg/l

Cd= 0,078 µg/l

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. U koncentrace Pb byl překročen limit o 0,43 µg/l. Ostatní koncentrace byly pod limitem.

6.1.8 Svatava (odběr č.8)



Obr.11: Modře vyznačená řeka Ohře (z jihu na východ), její přítok Svatava (ze západu), červeně vyznačené odběrné místo č.8

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: méně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: zprava les, zleva most a silnice

Vyhodnocení koncentrací

Zn= nebylo detekováno přístrojem

Cu= 5,24 $\mu\text{g/l}$

Ni= 5,505 $\mu\text{g/l}$

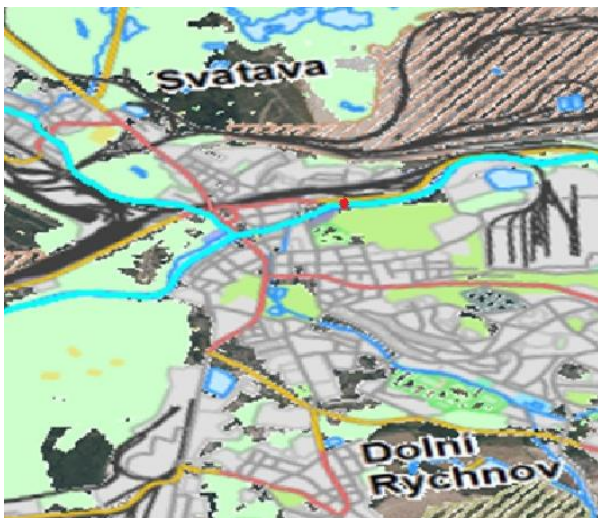
Pb= 0,53 $\mu\text{g/l}$

Cd= 0,037 $\mu\text{g/l}$

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. U koncentrace Ni byl překročen limit o 1,505 $\mu\text{g/l}$. Ostatní koncentrace byly pod limitem. Koncentraci Zn nebylo možné stanovit.

6.1.9 Ohře po soutoku se Svatavou (odběr č.9)



Obr.12: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Svatava (ze západu), červeně vyznačené odběrné místo č.9

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: méně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: park

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,013 mg/l

Cu= 2,98 µg/l

Ni= 2,145 µg/l

Pb= 3,76 µg/l

Cd= 0,01 µg/l

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. U koncentrace Pb byl překročen limit o 2,56 µg/l. Ostatní koncentrace byly pod limitem.

6.1.10 Rolava (odběr č.10)



Obr.13: Modře vyznačená řeka Ohře (z jihu na východ), její přítok Rolava (ze západu), červeně vyznačené odběrné místo č.10

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: více nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: zástavba

Vyhodnocení koncentrací

Zn= nebylo detekováno přístrojem

Cu= 3,23 $\mu\text{g/l}$

Ni= 1,794 $\mu\text{g/l}$

Pb= 3,79 $\mu\text{g/l}$

Cd= nebylo detekováno přístrojem

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. U koncentrace Pb byl překročen limit o 2,59 $\mu\text{g/l}$. Ostatní koncentrace byly pod limitem. Koncentraci Zn a Cd nebylo možné stanovit.

6.1.11 Ohře po soutoku s Rolavou (odběr č.11)



Obr.14: Modře vyznačená řeka Ohře (z jihu na východ), její přítok Rolava (ze severozápadu), červeně vyznačené odběrné místo č.11

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: méně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: cyklostezka lemovaná stromy, silnice, zástavba

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,003 mg/l

Cu= 6,85 µg/l

Ni= 2,457 µg/l

Pb= nebylo detekováno přístrojem

Cd= nebylo detekováno přístrojem

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Všechny koncentrace byly pod limitem. Koncentraci Pb a Cd nebylo možné stanovit.

6.1.12 Teplá (odběr č.12)



Obr.15: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Teplá (z jihu), červeně vyznačené odběrné místo č.12

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: středně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: zástavba, silnice

Vyhodnocení koncentrací

Zn= nebylo detekováno přístrojem

Cu= 1,23 $\mu\text{g/l}$

Ni= 3,214 $\mu\text{g/l}$

Pb= 3,62 $\mu\text{g/l}$

Cd= 0,006 $\mu\text{g/l}$

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. U koncentrace Pb byl překročen limit o 2,42 $\mu\text{g/l}$. Ostatní koncentrace byly pod limitem. Koncentraci Zn nebylo možné stanovit.

6.1.13 Ohře po soutoku s Teplou (odběr č.13)



Obr.16: Modře vyznačená řeka Ohře (ze západu na východ), její přítok Teplá (z jihu), červeně vyznačené odběrné místo č.13

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: méně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: zástavba, silnice

Vyhodnocení koncentrací

Zn= nebylo detekováno přístrojem

Cu= 2,01 $\mu\text{g/l}$

Ni= 1,247 $\mu\text{g/l}$

Pb= 1,19 $\mu\text{g/l}$

Cd= 0,021 $\mu\text{g/l}$

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Všechny koncentrace byly pod limitem. Koncentraci Zn nebylo možné stanovit.

6.1.14 Bystřice (odběr č.14)



Obr.17: Modře vyznačená řeka Ohře (z jihu na sever), její přítok Bystřice (ze západu), červeně vyznačené odběrné místo č.14

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: středně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: zleva les se zahrádkářskou kolonií, zprava zástavba

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,016 mg/l

Cu= 8,09 µg/l

Ni= 3,965 µg/l

Pb= 0,09 µg/l

Cd= 0,037 µg/l

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovaly zvláštnosti. Všechny koncentrace byly pod limitem.

6.1.15 Ohře po soutoku s Bystřicí (odběr č.15)



Obr.18: Modře vyznačená řeka Ohře (z jihu na sever), její přítok Bystřice (ze západu), červeně vyznačené odběrné místo č.15

Vyhodnocení na místě odběru

Barva: středně nažloutlá

Zápach: bez zápachu

Okolí: hustá břehová vegetace

Vyhodnocení koncentrací

Zn= 0,012 mg/l

Cu= 7,09 µg/l

Ni= 4,25 µg/l

Pb= 2,54 µg/l

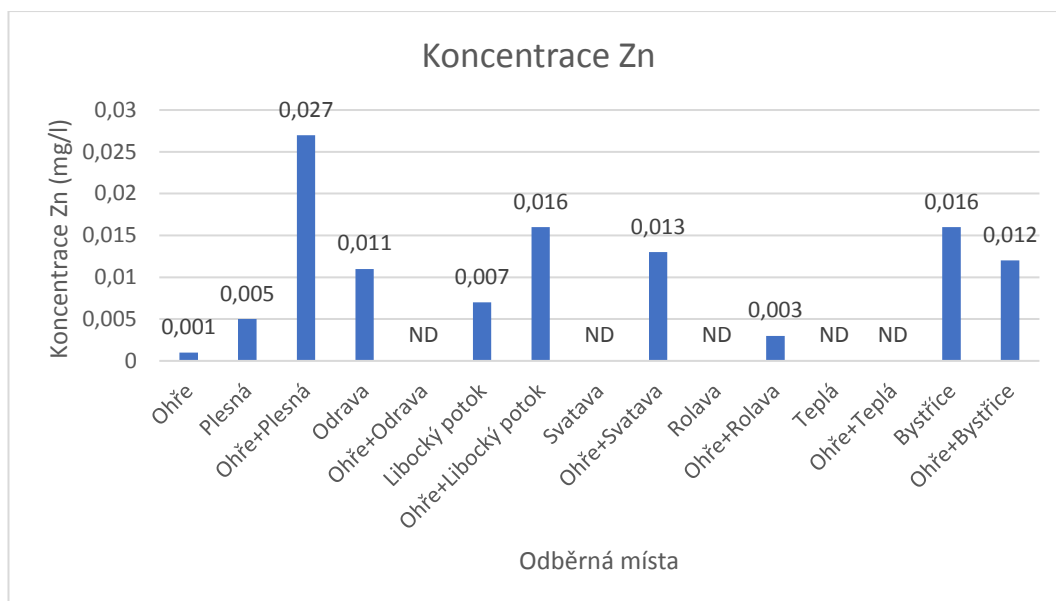
Cd= 0,002 µg/l

Celkové zhodnocení

Všechny vlastnosti, které byly stanovené na místě odběru, byly v pořádku a nevykazovala zvláštnosti. U koncentrace Ni byl překročen limit o 0,25 µg/l. U koncentrace Pb byl překročen limit o 1,34 µg/l. Ostatní koncentrace byly pod limitem.

6.2 Zhodnocení jednotlivých koncentrací

6.2.16 Stanovení koncentrace Zn

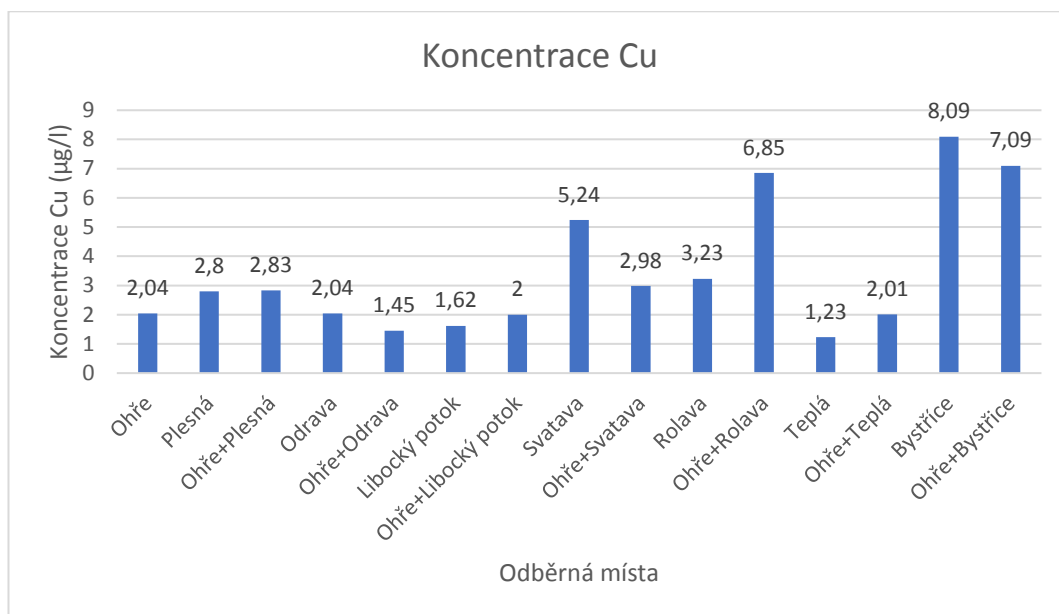


Obr.19: Graf koncentrací Zn

Nejvyšší koncentrace Zn byla naměřená v Ohři po soutoku s Plesnou. Naopak nejnižší stanovená koncentrace Zn byla v Ohři před prvním soutokem. V žádném případě nedošlo k překročení limitní hodnoty stanovené nařízením vlády č. 401/2015 Sb. 92 $\mu\text{g/l}$. V pěti případech byla koncentrace Zn pod limitem přístroje, tudíž ji nebylo možné přesně stanovit (ND).

Ve čtyřech ze sedmi vzorků po soutoku s přítokem byla hodnota koncentrace Zn v Ohři vyšší než před soutokem, což značí vliv přítoku na koncentraci Zn v Ohři. Z grafu je zřejmé, že vliv na koncentraci Zn v Ohři nemá pouze přítok, ale lze předpokládat, že v Ohři bude nějaký jiný zdroj tohoto prvku, popřípadě nějaké jiné ovlivnění. Příkladem místa, kde je jiný zdroj Zn zřejmý je soutok Ohře s Plesnou. Ohře před soutokem i Plesná dosahují nízkých koncentrací Zn v porovnání s Ohří po soutoku s Plesnou. Podobně je na tom i soutok Ohře s Libockým potokem.

6.2.17 Stanovení koncentrace Cu



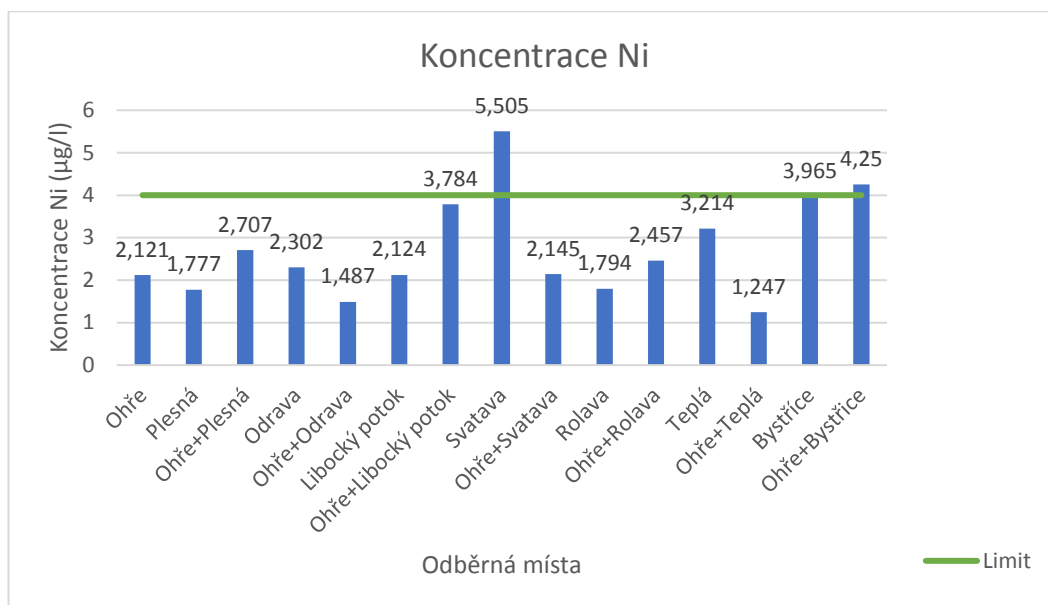
Obr.20: Graf koncentrací Cu

Koncentrace Cu je nejvyšší v Bystřici a druhá nejvyšší v Ohři po soutoku s Bystřicí. Nejnižší koncentrace Cu byla naměřená v řece Teplé. V žádném vzorku nedošlo k překročení limitní koncentrace 14 µg/l.

U těchto výsledků je možné na první pohled hovořit o vlivu koncentrace Cu v přítoku a v Ohři po soutoku s přítokem. Důkazem je to, že se koncentrace Cu v Ohři mění přiměřeně podle koncentrací Cu v přítocích. Vyšší koncentrací Cu jsou více zatížené vodní toky ve druhé polovině odebíraných vzorků.

Ohře po soutoku s Rolavou vykazuje daleko vyšší koncentraci Cu než Ohře před soutokem s Rolavou nebo Rolava samotná. Je zde tedy zřejmý vliv vedlejšího faktoru.

6.2.18 Stanovení koncentrace Ni

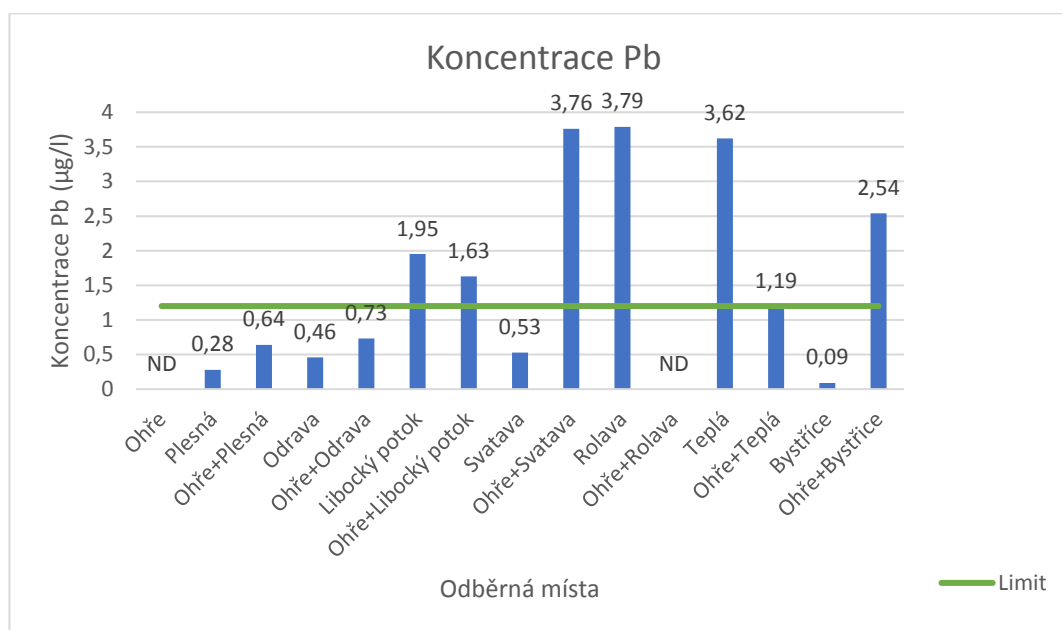


Obr.21: Graf koncentrací Ni

Nejnižší koncentrace Ni byla stanovena v Ohři po soutoku s řekou Teplá. Nejvyšší koncentraci Ni vykazuje řeka Svatava. U této řeky došlo k překročení limitní hodnoty 4 µg/l. Tento limit dále přesáhla Ohře po soutoku s Bystřicí. Řeka Bystřice byla k jeho překročení velmi blízko.

U tohoto grafu je možné hovořit o vlivu koncentrací Cu z přítoků na koncentraci Cu v Ohři. Koncentrace Cu v přítocích i v Ohři po soutocích jsou podobné a s přihlédnutím k velikosti Ohře, jsou vlivy přítoků patrné. Nepochybně graf vykazuje výkyvy, které svědčí i o jiném zdroji Ni v Ohři. Nejvíce patrný je vliv jiného zdroje v případě Ohře po soutoku s Libockým potokem. Libocký potok i Ohře před soutokem s Libockým potokem vykazují nižší koncentrace Cu než Ohře po soutoku s tímto přítokem.

6.2.19 Stanovení koncentrace Pb

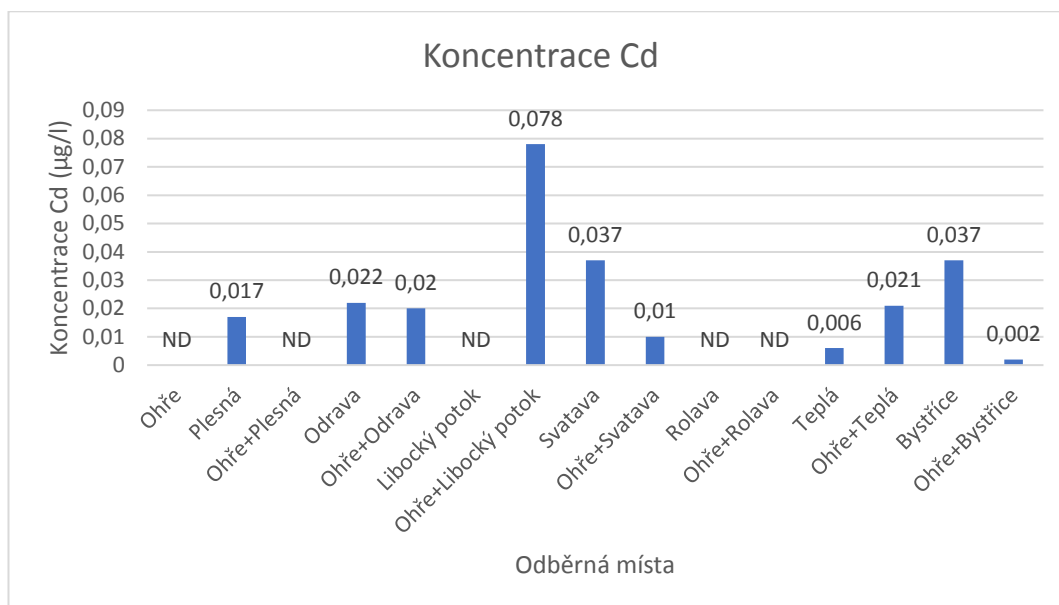


Obr.22: Graf koncentrací Pb

Limitní koncentrace pro Pb je u povrchových vod stanovena na 1,2 µg/l. Šest z 15 vodních toků překročilo danou mez. Nejvyšší koncentrace Pb byla naměřena u řeky Rolavy. Na druhém místě se těsně umístila Ohře po soutoku se Svatavou. Nejnižší naměřená koncentrace Pb byla zjištěna u Bystřice. Ve dvou případech byly koncentrace pod limitem přístroje, takže je nebylo možné přesně určit (ND).

Je zřejmé, že koncentrace Pb stoupá se vzdáleností Ohře od prvního k poslednímu odběru, což naznačuje, že zde vliv koncentrací přítoků na Ohři je. Z tohoto grafu vyplývá, že Ohře po soutoku se Svatavou musí být významně ovlivněna nespécifickým Pb zdrojem. U první části, tedy od samotné Ohře až po soutok Ohře se Svatavou je vliv přítoků na Ohři patrný. V dalším soutoku, s Rolavou, má Ohře velmi malou koncentraci Pb, což mohlo způsobit například velké zředění v Ohři. V dalších soutocích má koncentrace Pb v Ohři opět vzrůstající tendenci, což opět vliv přítoků dokazuje.

6.2.20 Stanovení koncentrace Cd



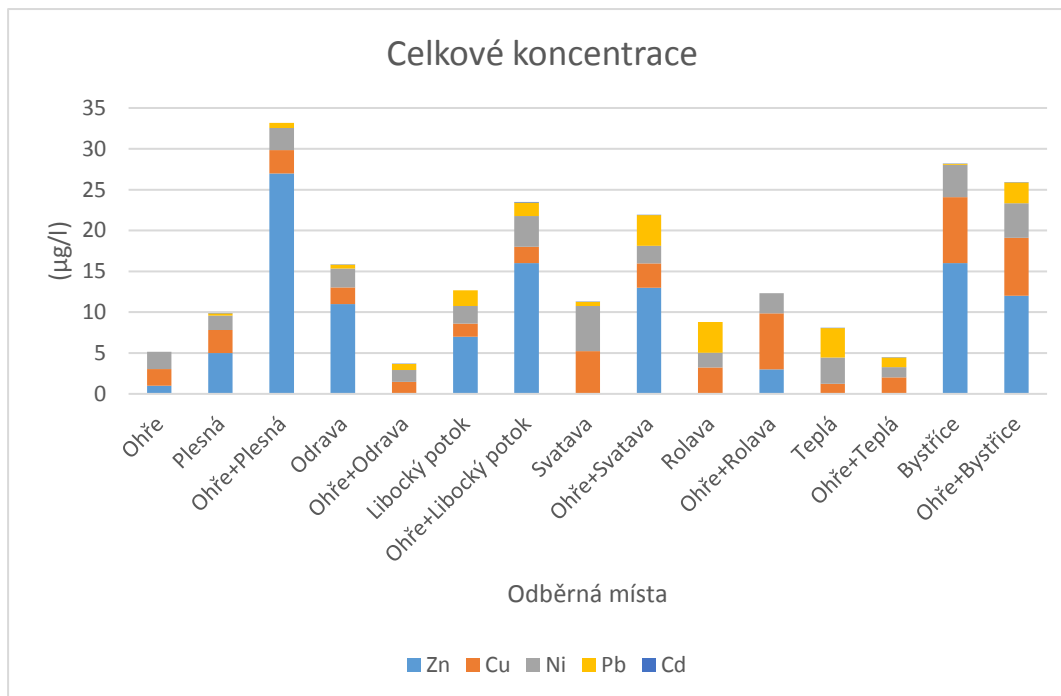
Obr.23: Graf koncentrací Cd

V Ohři po soutoku s Libockým potokem byla naměřena nevyšší koncentrace Cd. Zároveň jen o 0,022 µg/l nedošlo k překročení spodní limitní hranice stanovené nařízením vlády č. 401/2015 Sb. Nejnižší naměřenou koncentraci Cd vykazuje Ohře po soutoku s Bystřicí. V pěti případech nebylo možné koncentrace Cd stanovit, protože byly zastoupené v množství, které bylo pod limitem přístroje (ND).

Z tohoto rozložení dat není možné jednoznačně určit, zda přítoky Ohři celkově ovlivňují. U soutoků Ohře s přítokem, u kterých byla koncentrace Cd stanovená, došlo ve dvou ze tří případů ke snížení koncentrace Cd v Ohři oproti přítokům, což může být vysvětleno velkým naředěním Cd v Ohři.

Nejvíce patrný vliv vedlejšího zdroje Cd je u Ohře po soutoku s Libockým potokem. Ohře před soutokem s Libockým potokem ani Libocký potok samotný nemá tak vysokou koncentraci Cd jako výsledná Ohře.

6.2.21 Celkové koncentrace



Obr.24: Graf celkových koncentrací

Z grafu celkových koncentrací vyplývá, že nejvíce těžkých kovů se nachází v Ohři po soutoku s Plesnou. Na druhém místě je Bystřice, na třetím je Ohře po soutoku s Bystřicí. Naopak nejnižší celkové množství těžkých kovů můžeme najít v Ohři po soutoku s Odnavou.

Voda v Ohři byla odebrána celkem osmkrát. První odběr byl provedený před prvním soutokem. Ve čtyřech případech byla koncentrace těžkých kovů v Ohři po soutoku s přítokem nižší než před soutokem.

Nejčistší je Ohře po soutoku s Odnavou. Naopak nejvíce kontaminovaná je v místě prvního soutoku, tedy po soutoku s Plesnou. Přítoky, jejichž koncentrace těžkých kovů mají značný vliv na koncentrace těžkých kovů v Ohři, jsou Plesná, Libocký potok a Bystřice.

Rozdíl koncentrací těžkých kovů naměřených v Ohři před soutokem s Plesnou a po soutoku s Plesnou je téměř 30 µg/l.

V případě Libockého potoka je rozdíl koncentrací těžkých kovů před soutokem s Libockým potokem a po něm cca 20 µg/l.

Bystřice má vysokou koncentraci těžkých kovů a při porovnání koncentrace těžkých kovů v Ohři po soutoku s Teplou a v Ohři po soutoku s Bystřicí je rozdíl téměř 20 µg/l.

Z grafu celkových koncentrací je zřejmé, že některé vodní toky ústící do Ohře ovlivňují její výsledné koncentrace těžkých kovů.

7. Diskuze

Z výsledků vyplývá, že kvalita Ohře z pohledu těžkých kovů je přítoky ovlivněná, ovšem jsou patrné nesrovnalosti, které značí, že Ohře musí být ovlivněna i jinými faktory než jen vybranými přítoky, které těžké kovy obsahují.

7.1 Faktory ovlivňující výsledné koncentrace v Ohři

7.1.1 Průtok

Každý přítok přispívá do Ohře určitou koncentrací těžkých kovů. Pro porovnání přítoků z hlediska látkových toků těžkých kovů do Ohře je vedle hodnot jejich koncentrací samozřejmě nutno vzít do úvahy i průměrné průtoky ve vyhodnocovaných přítocích. Nicméně srovnání přítoků na základě zjištěných koncentrací sledovaných těžkých kovů (viz prezentované grafy) je s ohledem na relativně menší míru odlišnosti průměrných průtoků v hodnocených přítocích opodstatněné a má vypovídací hodnotu.

7.1.2 Analýza všech přítoků

Aby bylo možné považovat výsledky za kompletní, byla by nutná analýza všech vodních toků, které přitékají do Ohře.

7.1.3 Opakované měření

Pro odstranění náhodných chyb v podobě extrémně vysokých nebo extrémně nízkých koncentrací těžkých kovů ve vodních tocích způsobených ojedinělými stavy ve vodním prostředí, by bylo nutné několikrát opakovat měření.

7.2 Jiné zdroje těžkých kovů

V této části jsem se zaměřila na možné zdroje těžkých kovů ve vybraných vodních tocích.

7.2.4 Sediment

Největší množství těžkých kovů v povrchových vodách je uloženo v sedimentech. Ty v negativním smyslu slouží jako zásobárny těžkých kovů a mají významnou funkci při kovových transportech (Peng a kol. 2009). K těmto

transportům dochází při změnách průtoků nebo vlastností vodního prostředí. Na úrovni fyzikálně-chemických vlastností vodního prostředí dochází ke změnám pH, redoxního potenciálu a kyslíkových poměrů. Tyto změny umožní uvolnění těžkých kovů ze sedimentů do kapalné fáze. Velké množství vodních toků a ploch je vystaveno riziku kontaminace těžkými kovy právě kvůli jejich relativně snadnému transportu vodním prostředím (Nábělková a Komínková, 2009).

7.2.5 Geologické podloží

Na výskyt těžkých kovů ve vodních tocích v Karlovarském kraji má také značný vliv geologické podloží, protože jak již bylo v práci řečeno, nachází se zde velké množství ložisek těchto kovů.

7.2.6 Vypouštění

Dalším způsobem, jak se těžké kovy mohou dostat do vodního toku je vypouštěním důlních vod a odpadních vod s obsahem těžkých kovů. Vzhledem k tomu, že je Karlovarský kraj značně ovlivněn těžební činností, nachází se zde řada vodních toků, do kterých jsou tyto důlní vody vypouštěny. Z důvodu toho, že mohou obsahovat těžké kovy, je nutné jejich monitorování. Monitorování provádí společnosti, které důlní vody do vodních toků vypouští. Příkladem společnosti, která tak činí, je Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. Podkladem pro tuto informaci jsou rozhodnutí vydaná úřadem Karlovarského kraje, který v těchto věcech působí jako věcně příslušný vodoprávní úřad.

Konkrétním příkladem je případ řeky Ohře, do které je vypouštěna důlní voda z lomu Jiří-jih (č.j. 4146/ZZ/13-11). Do Svatavy je vypouštěna důlní voda z Úpravny důlních vod Medard (č.j. 665/ZZ/10-5, prodloužené č. j. 1386/ZZ/16-5).

Příkladem vypouštění odpadní vody s obsahem těžkých kovů do řeky Teplé je Elektro, výrobní družstvo v Bečově nad Teplou (č. j. 2301/ZZ/15-11). Dále INVESTMENT LOFIDAMI GROUP, a.s. vypouští kontaminované odpadní vody do Boreckého potoka, což je přítok řeky Bystřice (č. j. 1160/ZZ/12-4). AMATI - DENAK, s. r. o. vypouští odpadní vody s obsahem těžkých kovů do řeky Svatavy (č. j. 1288/ZZ/16-10 a č. j. 3590/ZZ/15-6).

Ve všech těchto případech došlo ke stanovení mezí, ve kterých je vypouštění vod do vodních toků možné. Podle příslušných rozhodnutí dochází k pravidelným kontrolám a monitoringu.

8. Závěr

Ze všech odebraných vzorků byly zjištěné koncentrace těžkých kovů. U olova a niklu došlo v několika případech k překročení limitů stanovených vyhláškou. U některých vzorků se koncentrace nacházely pod detekčním limitem přístroje, z čehož vyplývá, že byly velmi nízké. Jedná se o koncentrace zinku, olova a kadmia.

Z okolí odběrných míst nebylo možné spolehlivě určit, z jakých zdrojů těžké kovy ve vodních tocích pocházejí.

Pokud jde o zhodnocení vlivu přítoků na Ohři pouze na základě koncentrací těžkých kovů ve vodě, je možné říct, že koncentrace těžkých kovů v řece Plesné, v Libockém potoce a v řece Bystřici ovlivňují koncentrace těžkých kovů v Ohři. Vzhledem k tomu, že některé koncentrace těchto kovů vykazují odchylky, uvedla jsem ve své práci faktory, které by bylo nutné více rozpracovat a tím i vysvětlit tyto odchylky, aby bylo možné udělat plnohodnotný závěr. Příkladem faktoru je několikrát opakovat měření a zanalyzovat všechny přítoky Ohře.

Dále jsem uvedla, jaké jsou možné zdroje těžkých kovů ve vybraných vodních tocích. Na základě zjištěných informací jsem došla k závěru, že výskyt těžkých kovů ve vodních tocích v Karlovarském kraji má přímou souvislost s těžební a zpracovatelskou činností těchto kovů.

Při zpracování tohoto tématu jsem narazila na zásadní překážku v podobě nedostatku informací. I přesto, že dochází k pravidelnému monitorování stavu vodních toků, informací pro detailnější analýzy je z mého pohledu málo.

Ráda bych se tomuto tématu dále věnovala, protože mi přijde zajímavé. Chtěla bych dokončit kompletní analýzu dané problematiky.

9. Seznam použitých zdrojů

9.1 Literární zdroje

Bradl H. (ed), 2005: Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation, Academic Press: 282 s.

Doláková L., Janýšková R., 2012: Chemický rozbor vody-Hydrobiologie. Nepublikováno, Střední škola přírodovědná a zemědělská, Nový Jičín: 67 s.

Duffus J.H., 2002: „Heavy metals“- a meaningless term? IUPAC Technical Report. Pure and Applied Chemistry 74: 793-807.

Greenwood N. N., Earnshaw A., 1993: Chemie prvků. Informatorium, Praha: 789 s.

Horáčková J., Ložek V., Juříčková L., 2011: Nivní malakofauna řeky Ohře – její minulost a současnost. Malacologica Bohemoslovaca 10: 51-64.

Horák J., Linhart I., Klusoň P., 2012: Úvod do toxikologie a ekologie pro chemiky. Vysoká škola chemicko-technologická. Praha: 188 s.

Kaličinská J., 2006: Monitorování životního prostředí. Nakladatelství Pavko, Ostrava: 88 s.

Kodeš V., Leontovyčová D., 2008: Jakost vody v ČR. Vesmír 87 2008/11: 771-773.

Komárek J., 2000: Atomová absorpční spektrometrie. Masarykova univerzita, Brno: 85 s.

Kratina J., Luka V., Mertl J., Pernicová H., Pokorný J., Ponocná T., Rollerová M., Vlčková V., 2016: Zpráva o životním prostředí za rok 2015, Praha: 286 s.

Landa S., Karas F., 1952: Jakost a úprava vod. Technicko-vědecké vydavatelství, Praha: 197 s.

Magelsir H.M.I., 2016: Heavy metal toxicity-metabolism, absorption, distribution, excretion and mechanism of toxicity for each of the metals. World News of Natural Sciences 2016/4: 20-32.

Myslil V., 1999: Voda, země, život. Ministerstvo životního prostředí, Praha: 85 s.

Nábělková J., Komínková D., 2009: Těžké kovy v drobných městských tocích a jejich význam. Vodní hospodářství 59 2009/6: 217-220.

Opekar F., Jelínek I., Rychlovský P., Plzák Z., 2005: Základní analytická chemie. Karolinum, Praha: 202 s.

Peng J., Song Y., Yuan P., Cui X., Qui G., 2016: The remediation of heavy metals contaminated sediment. *Journal of Hazardous Materials* 161: 633-640.

Pitter P., 1977: *Hydrochemie*. Nakladatelství technické literatury, Praha: 338 s.

Povodí Ohře, 2016: Plán oblasti povodí Ohře, dolního Labe a ostatních přítoků Labe-II. Plánovací období (2015-2021).

Rojík P., 2015: *Geologie a nerostné zdroje Karlovarského kraje*. Karlovarský kraj-MEDIA a.s., Karlovy Vary: 195 s.

Saresh T.G., Magelsir H.M.I., 2013: Toxicity, mechanism and health effects of selected heavy metals. *International Journal of Chemical and Biochemical Research*, 2013/2: 27-37.

Sharma S.K. (ed), 2015: *Heavy Metals In Water*. Royal Society of Chemistry, Cambridge: 357 s.

Synáčková M., 1950: *Čistota vod*. České vysoké učení technické, Praha: 208 s.

Víden I., 2005: *Chemie ovzduší*. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha: 98 s.

Vlček V. (ed), 1984: *Zeměpisný lexikon ČSR-Vodní toky a nádrže*. Academia, Praha: 315 s.

Volaufová L., 2008: Kvalita povrchových vod v České republice. *Vesmír* 87 2008/11: 768-770.

Zdražil V., Keken Z., Martiš M., Zimová M., Mudra S., 2012: Program rozvoje Karlovarského kraje pro období 2014-2020 - Vyhodnocení. 119 s.

9.2 Právní předpisy

Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., 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 platném znění.

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky.

Vyhláška č. 46/2015 Sb., o stanovení vodních nádrží a vodních toků, na kterých je zakázána plavba plavidel se spalovacími motory, a o rozsahu a podmínkách užívání povrchových vod k plavbě, v platném znění.

Vyhláška č. 154/2016 Sb., kterou se mění vyhláška č. 98/2011 Sb. o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod, způsobu hodnocení ekologického

potenciálu silně ovlivněných a umělých útvarů povrchových vod a náležitostech programů zjišťování a hodnocení stavu povrchových vod, ve znění vyhlášky č. 313/2015 Sb.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

9.3 Internetové zdroje

Anonym, 2009: Řeka Svatava, online: <http://www.krusnohorsky.cz/2009/03/18/reka-svatava/>, cit: 22.2.2017.

Anonym, 2012: Karlovy Vary, online: <http://www.zivykraj.cz/cz/lazne-a-wellness/karlovy-vary>, cit: 16.2.2017.

Anonym, 2012: Řeka Rolava, online: <http://www.krusnohorsky.cz/2012/08/11/reka-rolava/>, cit: 22.2.2017.

Anonym, 2013: CO6-Plesná, online: https://www.geocaching.com/geocache/GC4Q61H_co6-plesna?guid=61c13120-e1a7-442a-9cba-07bc159b4450, cit: 22.2.2017.

Anonym, 2016: Nikl, online: <http://www.prvky.com/28.html>, cit: 8.3.2017.

Anonym, 2016: Olovo, online: <http://www.prvky.com/82.html>, cit: 8.3.2017.

Anonym, 2017: Řeka Rolava v Krušných horách, online: <http://www.turistika.cz/mista/reka-rolava-v-krusnych-horach>, cit: 22.2.2017.

Anonym, Řeka Ohře, online: <https://ohre.ceskehory.cz/>, cit: 16.2.2017.

Havel M., Gažáková L., Válek P., 2014: Olovo, online: <http://arnika.org/olovo>, cit: 9.3.2017.

Havel M., Vebr V., Petrlík J., Válek P., 2014: Zinek, online: <http://arnika.org/zinek>, cit: 9.3.2017.

Janda M., 2006: Najde se čtvrté skupenství vody? 21.století, online: <http://21stoleti.cz/2006/12/19/najde-se-ctvrte-skupenstvi-vody/>, cit: 1.3.2017.

Karlovarský kraj, 2017: Řeka Teplá, online: <http://cestovani.kr-karlovarsky.cz/cz/pronavstevniky/Priroda/Vodstvo/Stranky/Tepla.aspx>, cit: 22.2.2017.

Kleger L., Válek P., 2014: Měď, online: <http://arnika.org/med>, cit: 9.3.2017.

Kleger L., Válek P., 2014: Nikl, online: <http://arnika.org/nikl>, cit: 9.3.2017.

Kozodoj.cz, 2017: Naučná stezka, online: <http://kozodoj.cz/farma/naucna-stezka/>, cit: 22.2.2017.

Kožíšek F., 2014: I pitná voda může škodit, vesmir.cz, online: <http://vesmir.cz/2014/08/28/pitna-voda-muze-skodit/>, cit: 10.4.2017

Petrlík J., Válek P., 2014: Kadmium, online: <http://arnika.org/kadmium>, cit: 9.3.2017.

Povodí Moravy, 2017: Provozní voda, online: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodohospodarsky-slovník/provozni-voda/>, cit: 1.3.2017.

Rentková K., 2017: Karlovarský kraj, online: <http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/Stranky/karlov-kraj.aspx>, cit: 16.2.2017.

Skácelová Z., 2006: Bublák, online: <http://lokality.geology.cz/2537>, cit: 22.2.2017.

Sovová L., Chemické látky ve vodě, online: <http://www.veronica.cz/chemicke-latky-ve-vode>, cit: 14.3.2017.

Světová zdravotnická organizace, Water and sanitation are still a luxury for millions of Europeans, online: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/water-and-sanitation/water-and-sanitation>, cit: 10.4.2017

Šebestová P., Odběr vzorků z vodních nádrží, řek a potoků, online: <https://rccv.vsb.cz/mostech/voda/data/Odber%20vzorku%20povrchove%20vody.pdf>, cit: 16.3.2017.

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka (VÚV-TGM), 2006: Základní charakteristiky toku BYSTRICE a jeho povodí, online: <http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>, cit: 22.2.2017.

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka (VÚV-TGM), 2006: Základní charakteristiky toku SVATAVA a jeho povodí, online: <http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>, cit: 22.2.2017.

Výzkumný ústav vodohospodářský T.G.Masaryka (VÚV-TGM), 2006: Základní charakteristiky toku TEPLÁ a jeho povodí, online: <http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html>, cit: 22.2.2017.

10. Seznam obrázků

Obr.1: VÚV-TGM, online: <http://heis.vuv.cz/data/spusteni/popisy/jakostpovvyvoj1.png>, cit: 10.4.2017.

Obr.2: Český statistický úřad, online: <https://www.czso.cz/documents/10180/20545397/31136412k11.jpg/3114ab97-e9ec-4355-a73f-b4aa05b23c7b?version=1.1&t=1427890701313>, cit: 10.4.2017.

Obr.3: Mapa Karlovarského kraje s vybranými vodními toky, měřítko 1:400 000, podkladová mapa CENIA ze serveru geoportal.gov.cz

Následující mapy (Obr.4-Obr.18) byly tvořené v programu ArcMap v měřítku 1:60 000. Podkladovými mapami byly mapy: Ortofoto dostupná na geoportal.cuzk.cz a podkladová mapa CENIA ze serveru geoportal.gov.cz.

Obr.4: Mapa s vyznačením odběrného místa č.1

Obr.5: Mapa s vyznačením odběrného místa č.2

Obr.6: Mapa s vyznačením odběrného místa č.3

Obr.7: Mapa s vyznačením odběrného místa č.4

Obr.8: Mapa s vyznačením odběrného místa č.5

Obr.9: Mapa s vyznačením odběrného místa č.6

Obr.10: Mapa s vyznačením odběrného místa č.7

Obr.11: Mapa s vyznačením odběrného místa č.8

Obr.12: Mapa s vyznačením odběrného místa č.9

Obr.13: Mapa s vyznačením odběrného místa č.10

Obr.14: Mapa s vyznačením odběrného místa č.11

Obr.15: Mapa s vyznačením odběrného místa č.12

Obr.16: Mapa s vyznačením odběrného místa č.13

Obr.17: Mapa s vyznačením odběrného místa č.14

Obr.18: Mapa s vyznačením odběrného místa č.15

Obr.19: Graf koncentrací Zn

Obr.20: Graf koncentrací Cu

Obr.21: Graf koncentrací Ni

Obr.22: Graf koncentrací Pb

Obr.23: Graf koncentrací Cd

Obr.24: Graf celkových koncentrací