

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování**



**Bakalářská práce**

**Zatížení řeky Litavky těžkými kovy**

**Jitka Doubravová**

© 2020 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jitka Doubravová

Krajinářství  
Územní technická a správní služba

Název práce

**ZATÍŽENÍ ŘEKY LITAVKY TĚŽKÝMI KOVY**

Název anglicky

**LOADING LITHUANIA LOADS BY HEAVY METALS**

---

### Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je posoudit současný stav kvality vody v řece Litavce v Příbrami a okolního území z hlediska zatížení těžkými kovy, základních chemických a biologických ukazatelů kvality vody. Dalším cílem je alespoň přibližně zhodnotit vliv vypouštěných odpadních vod z jednotlivých bodových zdrojů na kvalitu vody v Litavce a získat alespoň přibližnou představu o plošných zdrojích znečištění, které z nich do řeky proniká. Získaná data budou statisticky zpracována a vyhodnocena. V případě, že charakter dat porovnání umožní, bude provedeno srovnání získaných výsledků s platnou legislativou.

### Metodika

Rešerše literatury o stavu povrchových, odpadních vod, o řece Litavce a o Kovohuti Příbram. Získat a analyzovat data z Povodí Vltavy, z ČOV Kovohuti Příbram a z 1SČV Příbram.

**Doporučený rozsah práce**

30

**Klíčová slova**

toxické kovy, jakost vody, monitoring, povrchové vody, odpadní vody

---

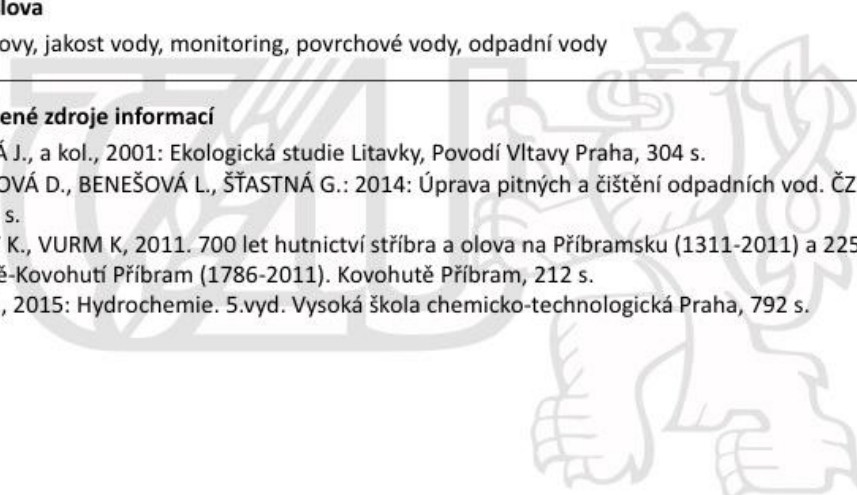
**Doporučené zdroje informací**

HAVLOVÁ J., a kol., 2001: Ekologická studie Litavky, Povodí Vltavy Praha, 304 s.

KOMÍNKOVÁ D., BENEŠOVÁ L., ŠŤASTNÁ G.: 2014: Úprava pitných a čištění odpadních vod. ČZU, Praha, 238 s.

KUNICKÝ K., VURM K., 2011. 700 let hutnictví stříbra a olova na Příbramsku (1311-2011) a 225 let Sříbrné hutě-Kovohutí Příbram (1786-2011). Kovohutě Příbram, 212 s.

PITTET P., 2015: Hydrochemie. 5.vyd. Vysoká škola chemicko-technologická Praha, 792 s.



---

**Předběžný termín obhajoby**

2019/20 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Martin Heřmanovský, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

---

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2020

**doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 5. 3. 2020

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2020

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Zatížení řeky Litavky těžkými kovy vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Příbrami dne 20.5. 2020

---

### **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Martinovi Heřmanovskému, Ph.D, za odborné rady, cenné informace a připomínky při zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat panu Ing. Václavu Tajčovi z vodohospodářské laboratoře v Plzni a ekologům z Kovohutí Příbram paní Bc. Soně Fiřtové a panu Ing. Vladimíru Pluchovi. V neposlední řadě bych také ráda poděkovala, celé mé rodině za veškerou podporu.

# Zatížení řeky Litavky těžkými kovy

## Abstrakt

Tato bakalářská práce se z větší části zabývá problematikou těžkých kovů v řece Litavce. Hodnoceny byly těžké kovy a základní chemické a biologické ukazatele kvality vody. Vyhodnocení bylo prováděno v podélném profilu řeky na osmi profilech za období 2017 až 2018. Dále práce popisuje vliv příbramské aglomerace a podniku Kovohutě Příbram na kvalitu vody v řece Litavce. Data byla poskytnuta státním podnikem Povodí Vltavy, podnikem Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. a I.SčV Příbram. Získaná data byla zpracována do tabulek a grafů a vyhodnocení bylo provedeno v souladu s platnou legislativou, nařízením vlády č. 401/2015 Sb., podle kterého můžeme posuzovat jak vypouštěné odpadní vody ze zmiňovaných čistíren, tak znečištění povrchových vod v profilu Litavky.

Na základě získaných dat lze konstatovat, že rozhodující podíl těžkých kovů se do řeky dostává z plošného znečištění v zájmové lokalitě Příbramska, které nese významné ovlivnění lidskou činností a pozůstatky dřívější těžby a úpravny rud. Nejvyšší koncentrace těžkých kovů (zejména Cd, Ni, Pb a Zn) byly zaznamenány v profilech pod městem Příbram. Dále můžeme konstatovat, že ze základních chemických a biologických ukazatelů kvality vody má na znečištění největší podíl celkový fosfor, celkový dusík, BSK<sub>5</sub> a CHSK<sub>Cr</sub>. Data z většiny profilů neukazují překročení přípustných limitů. Na znečištění Litavky mají také podíl Kovohutě Příbram, jejichž vypouštěná odpadní voda obsahuje těžké kovy. Výrazný podíl na znečištění řeky kovy a jejich sloučeninami vychází již z některých vodních nádrží situovaných v Brdech, poblíž kterých pramení a odtéká povrchová voda do celého toku. Můžeme se domnívat, že jakost vody ve vodních nádržích může být ovlivněna jak hornickou historií na Příbramsku, tak i minulým a nynějším vlivem emisí do ovzduší současného průmyslu.

**Klíčová slova:** toxické kovy, jakost vody, monitoring, povrchové vody, odpadní vody

# Loading Lithuania loads by heavy metals

## Abstract

This bachelor thesis largely deals with the issue of heavy metals in the Litavka river. Heavy metals and basic chemical and biological indicators of water quality were evaluated. The evaluation was performed in the longitudinal profile of the river on eight profiles for the period 2017-2018. Furthermore, the work describes the influence of the Příbram agglomeration and the company Kovohutě Příbram on the water quality in the river Litavka. The data were provided by the state enterprise Vltava river, the company Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. and I.SČV Příbram. The obtained data were summarized into tables and graphs and the evaluation was carried out in accordance with the valid legislation, Government Regulation No. 401/2015 Coll., so, based on the results we can assess the outgoing waste water from the mentioned treatment plant as well pollution of surface water in the Litavka profile.

Based on the obtained data, we can state that the decisive share of heavy metals reaches the river from surface pollution in the locality of Příbram, which bears a significant impact on human activity and the residues of former mining and ore treatment. The highest concentrations of heavy metals (especially Cd, Ni, Pb and Zn) were recorded in the profiles below the town of Příbram. Furthermore, we can state that of the basic chemical and biological indicators of water quality, total phosphorus, total nitrogen, BOD<sub>5</sub> and COD<sub>Cr</sub> have the largest share in pollution. Data from most profiles do not show that the allowable limits are exceeded. Kovohutě Příbram also contributes to the pollution of Litavka, whose discharged wastewater contains heavy metals. A significant share of the pollution of the river by metals and their compounds already comes from some water reservoirs situated in Brdy, near which surface water springs and flows into the entire stream. We can assume that the quality of water in water reservoirs can be influenced both by the mining history in the Příbram region and by the past and present impact of emissions into the air of current industry.

**Keywords:** toxic metals, water quality, monitoring, surface water, wastewater

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Cíle práce .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>3</b>
3.1 Povrchové vody.....	3
3.1.1 Jakost povrchových vod .....	3
3.2 Monitoring jakosti vod.....	5
3.2.1 Monitoring povrchových a podzemních vod .....	5
3.2.2 Způsoby hodnocení jakosti vod.....	6
3.3 Znečištění povrchových vod .....	7
3.3.1 Bodové zdroje znečištění povrchových vod .....	7
3.3.2 Plošné a difuzní znečištění povrchových vod.....	8
3.4 Kovy způsobující znečištění povrchových vod.....	8
3.4.1 Výskyt, základní charakteristika a rizika kovů ve vodě .....	8
3.4.2 Možnosti odstraňování kovů z vody .....	12
<b>4. Metodika .....</b>	<b>14</b>
4.1 Popis zájmové lokality .....	14
4.2 Zdroje dat .....	16
4.3 Kovohutě Příbram a jejich vliv na jakost vody v Litavce .....	16
4.4 Čistírny odpadních vod v Kovohutích Příbram .....	21
4.5 Vliv města Příbram na jakost vody v Litavce .....	24
4.5.1 Čistírna odpadních vod Příbram .....	24
<b>5. Výsledky práce .....</b>	<b>26</b>
5.1 Vyhodnocení koncentrace těžkých kovů a specifických látek ve zvolených profilech Litavky a jejích přítoků.....	26
5.2 Vyčištěné odpadní vody z ČOV Příbram a z obou ČOV Kovohutí Příbram z pohledu těžkých kovů.....	34
5.3 Porovnání kvality vody ve vybraných vodních nádržích v povodí Litavky z pohledu těžkých kovů.....	36
<b>6. Diskuse .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Závěry .....</b>	<b>40</b>
<b>8. Seznam použitých zdrojů .....</b>	<b>41</b>
8.1 Seznam literatury: .....	41



8.2 Seznam internetových zdrojů .....	45
8.3 Seznam obrázků .....	45
8.4 Seznam tabulek .....	46
8.5 Zdroje použitých dat .....	47

## Seznam použitých zkratk

ČOV.....	čistírna odpadních vod
OV.....	odpadní voda
VN.....	vodní nádrž
BSK <sub>5</sub> .....	biochemická spotřeba kyslíku
CHSK <sub>Cr</sub> .....	chemická spotřeba kyslíku
RAS.....	rozpuštěné organické soli
IP.....	integrované povolení
OÚ.....	okresní úřad
MŽP.....	Ministerstvo životního prostředí
MZe.....	Ministerstvo zemědělství
ČHMÚ.....	Český hydrometeorologický ústav
ČIŽP.....	Česká inspekce životního prostředí
TK.....	těžké kovy
CHKO.....	Chráněná krajinná oblast
ČR.....	Česká republika

# 1 Úvod

Znečištění vody a vodních toků je jeden z největších problémů, které řeší celý svět. Nárůstem lidské populace se zvyšují nároky na vodní zdroje, dochází ke znečištění životního prostředí. To se promítá do stavu vod, vodních toků, nádrží a tím dochází ke zhoršující se kvalitě vodních ekosystémů a jejich okolí. Jakost povrchové vody je důležitá pro stabilitu krajiny a k získání pitné vody. K největšímu znečištění dochází v průmyslových a zemědělských oblastech, kde se používají pesticidy a jiné chemické přípravky, které znečišťují vodu. Tomu lze částečně předcházet důsledným čištěním odpadních vod a dbát na to, aby byly v řádné kvalitě vypouštěny do vodních toků a recipientů.

Vzhledem k poloze a přírodním podmínkám České republiky jsou i menší toky významným prvkem naší krajiny. Jedním z nich je říčka Litavka, jejíž znečištění je v rámci bakalářské práce vyhodnoceno. Pramení v nejmladší chráněné krajinné oblasti Brdy. Je dravým podhorským potokem protékajícím městem Příbram, která je známá bohatou těžební a průmyslovou historií. Významně ji ovlivňuje lidská činnost, je zde možný vliv starých environmentálních zátěží v okolí Litavky, zejména úpravní rud, hald, odkališť a skládek. Nachází se v ní velké množství těžkých kovů, zejména se jedná o kadmium, nikl, olovo a zinek.

Je důležité pamatovat na skutečnost, že zachování množství a kvality vody v našich tocích není jen úkolem, který řeší ochrana životního prostředí, ale je to výzva, která se promítá do plánování v oblasti zemědělství a ekonomiky a má přímý dopad do politické, sociální a kulturní oblasti.

## **2 Cíle práce**

Cílem této bakalářské práce je dle dat poskytnutých podnikem Povodí Vltavy vyhodnotit koncentraci těžkých kovů ve zvolených profilech Litavky a jejích přítoků. Průměry z měření jsou za období 2017 až 2018. Získaná data budou zpracována do tabulek a grafů a poté vyhodnocena. V případě, že charakter dat porovnání umožní, bude provedeno srovnání získaných výsledků s platnou legislativou.

Dalším cílem je alespoň přibližně zhodnotit vliv vypouštěných odpadních vod z čistírny odpadních vod v Příbrami a ze dvou čistíren odpadních vod z Kovohutí Příbram a posoudit, zda mají vliv na kvalitu vody v řece Litavce. Dále vyhodnotit ve zvolených profilech, základní chemické a biologické ukazatele kvality vody. A nakonec ve třech vodních nádržích, které jsou zároveň zdrojem pitné vody pro příbramskou aglomeraci, vyhodnotit kvalitu vody z pohledu obsahu těžkých kovů.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Povrchové vody

*„Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních“ (§2 odst. 1 zákona č. 254/2001 Sb).*

Složení tekoucích povrchových vod se mění šířkou i délkou toku. Významnější je vliv šířky jen u veletoků, v našich poměrech bývá málo výrazný, v případě, že nejde o oblasti toku pod místem vypouštění odpadních vod, nebo pod místem vyústění přítoku (Pitter, 2015).

Změny v povrchových vodách jsou dlouhodobé, nebo krátkodobé. Dlouhodobější trvalejší změny jsou způsobeny antropogenní činností tj. chemizací zemědělství, urbanizací a industrializací. Krátkodobé změny jsou způsobeny převážně hydrologickými nebo klimatickými poměry. Časovými změnami v chemickém složení se povrchové vody odlišují od podzemních, u nichž kolísání v složení v dané lokalitě bývá poměrně menší (Pitter, 2015). Složení povrchových vod může být ovlivněno vysokým kolísáním ukazatelů kvality vody, např. (Pitter, 20015):

- antropogenní činností (průmysl, zemědělství, komunální odpady)
- půdně botanickými poměry (zalesnění, druhy půd)
- skladbou geologických vrstev a složením dnových sedimentů (složením horninové vrstvy a složením sedimentární vrstvy)
- příronem podzemní vody (množství přítoku podzemní vody)
- hydrogeologicko-klimatickými poměry (teplota, srážky, roční období, dálkový transport škodlivin).

#### 3.1.1 Jakost povrchových vod

Voda je považována za důležitou složkou pro život na zemi. Ovlivňuje abiotickou a biologickou složku a je zásadním významem pro ekologickou stabilitu celé krajiny (Kender, 2000). V posledním období je po celém světě věnována značně velká pozornost problematice jakosti vody. Problematikou stavu vod se zabývá Státní politika životního

prostředí České republiky – prioritou Zajištění ochrany vod a zlepšování jejich stavu v rámci tematické oblasti Ochrana a udržitelné využívání zdrojů. Ochrana povrchových vod vychází ze zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění předpisů.

Obecně o jakosti vody můžeme konstatovat, že v letních měsících je horší. Způsobují to vyšší teploty, které mají za následek oteplení vody, a vytvoření podmínek vhodných pro růst mikroorganismů a bakterií (Komínková a kol., 2014).

Zásadní význam na jakost vody má vypouštění odpadních vod do vod povrchových z městských a obecních čistíren a průmyslových závodů. Dle původu odpadních vod můžeme dělit vypouštění na komunální, průmyslové, ze zemědělství a ostatní (energetiky, rybníkářství apod.). Samostatnou kategorií je znečištění povrchových vod, které bylo způsobeno haváriemi, jedná se o havarijní znečištění. Nadměrné zalidnění, průmyslová výroba a kvalita čištění vod značně ovlivňují množství znečištěných odpadních vod a dané oblasti (Komínková a kol., 2014).

Příčinou zhoršování jakosti povrchových vod ve vodních tocích jsou zdroje znečištění. Je důležité o nich vědět, sledovat jakost vypouštěných vyčištěných vod a na odtoku dbát o snižování znečišťujících látek (Kolektiv autorů, 2000).

Pro zjištění jakosti povrchových vod máme k dispozici celou řadu ukazatelů. U vod tekoucích se jakost mění v délce i šířce toku, u vod povrchových stojatých je změna kvality ovlivněna hloubkou. Změny ovlivňuje antropogenní znečištění, sezónní jevy, cirkulace vody v nádržích. Ve velké míře kolísají hodnoty pH, obsah rozpuštěných látek a koncentrace rozpuštěného kyslíku (Komínková a kol., 2014).

Jakost povrchové vody snižuje eutrofizace. Jedná se o proces obohacování vody nebo půdy živinami, a to převážně dusíkem a fosforem. Eutrofizaci dělíme na přírodní a antropogenní. Přírodní eutrofizace způsobuje stárnutí jezer. V přírodě je tento jev přirozený například rozklad mrtvých vodních organismů. Činností člověka však eutrofizace přerostla v neúnosnou mez, se kterou se příroda sama těžko vypořádá. Odpadními vodami nebo zemědělskými hnojivy se dostává do vody a půdy velké množství dusíku a fosforu. Výrazně se mění dané podmínky dochází k úbytku kyslíku a světla a k ohrožení živočichů a rostlin. Následkem je růst toxických sinic. Eutrofizaci lze částečně předcházet důsledným čištěním vod, používáním ekologických a nezávadných čistících prostředků a šetrných zemědělských hnojiv (Pitter, 1999).

Kontaminace a znečištění vod, může být následkem těžební činnosti. Na území, které bylo v minulosti silně zatíženo těžbou jsou povrchové vody ve velké míře ovlivněny důlními vodami. Významným přínosem pro životní prostředí má čištění těchto vod, musí být dodržována přísná kritéria, aby vody byly ve správné jakosti vypouštěny do recipientů. Silné znečištění je zapříčiněno rudnými ložisky obsahujícími velké množství těžkých kovů a jiných prvků, z uranových ložisek jsou to uran a radium. Příčinou znečištění povrchových vod jsou spady prachu z rudných plat. Např. na Příbramsku v okolí Březových Hor a vodního toku Litavky byly v 16.století vybudovány těžební podniky pro úpravnu rud. Úpravny a samotné těžby měly špatný dopad na blízké okolí a životní prostředí. Vlivem atmosférických srážek docházelo k výluhu kovů z hornin. Dlouholetou těžbou v místě, kde byla činnost vykonávána, docházelo ke kontaminaci vody a půdy toxickými kovy. To mělo za následek silné znečištění povrchové vody a půdy (Kafka, 2003).

Na území, které je zalidněno silnou hustotou obyvatel, dochází k velkému znečištění a výraznému poklesu kvality vody. To má negativní dopad na ekosystémy, je ohrožena biodiverzita a zdraví lidské populace. Známi jsou případy, kdy bylo ve vodních tocích zjištěno nelegální ukládání odpadu z průmyslu a zemědělství. Zvláště ve vodním prostředí jsou toxické odpady nebezpečné pro vodní organismy, neboť dochází k transportu potravinovým řetězcem (Ellison, 2014).

Dále ke znečištění povrchové vody dochází prostřednictvím odtokové vody a erozních sedimentů, které jsou zároveň nosiči kontaminantů. Pokud pronikají tyto nebezpečné látky do vod stojatých, jsou ohroženy především zdroje pitné vody. V oblasti tekoucích vod jsou nejvíce zatíženy široké říční nivy, které jsou z velké části kontaminovány, a to jak odpadními vodami, tak atmosférickou depozicí (Němeček a kol., 2010).

## **3.2 Monitoring jakosti vod**

### **3.2.1 Monitoring povrchových a podzemních vod**

Hlavním cílem monitoringu jakosti vod je zjišťování a vyhodnocování stavu povrchových a podzemních vod (Hubačiková, Opeltoová, 2008). V rámci požadavků dle směrnice č. 2000/60ES - ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, byl

v roce 2007 změněn systém sledování kvality vody v České republice a byly dány do provozu nové programy monitoringů (ČHMU, 2007).

Monitorování vývoje hydrosféry má na území ČR dlouhou tradici, především počátky kvantitativního sledování povrchových vod (vodní stavy a průtoky) se datují od 19. století. Vzhledem k postupnému rozvoji a budování veřejných vodovodů se začalo uvažovat o monitorování podzemních vod. V počátku 60. let 20. století byla kvalita vody nepřetržitě sledována, jelikož docházelo k silnému znečištění povrchových vod, a byla ohrožena funkce vody jako složky životního prostředí (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

Monitorování hydrosféry zahrnuje:

- množství a jakost podzemních vod,
- množství a jakost povrchových vod,
- umělé akumulace vody, odběrů a převodů vody, vypouštění odpadních vod a jiných faktorů umělého ovlivnění.

Cílem monitoringu je hodnocení jakosti vody, trend v jakosti vody, určená místa, kde jsou překročeny limity jakosti vody, monitoring pro výzkumné záměry (Hlavínek, Říha, 2014).

### **3.2.2 Způsoby hodnocení jakosti vod**

V České republice se kvalita vody začala sledovat v pravidelných intervalech od roku 1963. Monitorovací síť byla během let částečně pozměňována v závislosti na poznávání stavu povrchových vod počtem a umístěním profilů, ale také rozsahem sledovaných ukazatelů a četností sledování (VÚV TGM, 2006).

Na začátku monitorování bylo do sítě zařazeno 150 profilů na významných vodních tocích. Odběry vzorků byly vykonávány 4x během roku, a poté byly postoupeny k základním chemickým rozborům. V současnosti je monitorováno 12x až 24x ročně okolo 250 profilů a je zahrnut celkový rozbor všech ukazatelů. Jedná se o biologické, chemické a mikrobiologické ukazatele, těžké kovy a specifické organické látky. Správcem celé sítě ve sledování jakosti vody je Český hydrometeorologický ústav. Pod dozorem má vodu v tocích a další profily, u kterých je od roku 1966 prováděn rozbor radiochemických ukazatelů. Kromě sítě celé republiky vykonávají sledování a monitoring pro potřeby správy vodohospodářských vodních toků také státní podniky Povodí (například Povodí

Ohře, státní podnik) a pro výzkumné činnosti také Výzkumný ústav vodohospodářský (VÚV TGM, 2006).

O způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod se zabývá vláda v dokumentu Vyhláška č. 154/2016, a úprava povrchových vod nařízení vlády Vyhláška č.401/2015 Sb. Hlavním zákonem v oblasti vodního hospodářství je zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Zákon prošel několika novelizacemi a je plně v souladu s unijním právem. Účelem zákona je ochrana podzemních a povrchových vod, přispívá k zajištění zásobení obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních ekosystémů. Jsou stanoveny ukazatele přípustného znečištění povrchových vod. Jakost vody je hodnocena podle ČSN 75 7221 „Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod podle míry znečištění se tekoucí povrchové vody zařazují do pěti tříd jakosti (Pitter, 2015):

- **Třída I** - neznečištěná voda - stav povrchové vody nebyl značně ovlivněn lidskou činností a ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích.
- **Třída II** - mírně znečištěná voda - stav povrchové vody byl ovlivněn lidskou činností, ale ukazatele jakosti vody dosahují hodnot pro výskyt vyváženého, bohatého a udržitelného ekosystému.
- **Třída III** - znečištěná voda - stav povrchové vody byl ovlivněn lidskou činností a ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, kde nemusí být vytvořeny podmínky pro existenci vyváženého, bohatého a udržitelného ekosystému.
- **Třída IV** - silně znečištěná voda - stav povrchové vody byl ovlivněn lidskou činností a ukazatele jakosti vody dosahují hodnot pouze pro existenci nevyváženého ekosystému.
- **Třída V** - velmi silně znečištěná voda - stav povrchové vody byl ovlivněn lidskou činností a ukazatele jakosti vody dosahují hodnot pouze pro existenci silně nevyváženého ekosystému.

### **3.3 Znečištění povrchových vod**

#### **3.3.1 Bodové zdroje znečištění povrchových vod**

Zdrojem znečištění se dle normy značí místo, které výrazně ovlivňuje a zhoršuje jakost vody v toku. Následkem znečištění mohou být dešťové komory, odlehčovací komory,



nepřipojení znečišťovatele nebo domovní čistírny odpadních vod. Bodové zdroje znečištění se nacházejí na jednom daném místě. Za bodové znečištění je považováno např. vyústění městské odpadní kanalizace, nebo vyústění z čistíren odpadních vod. Jsou tam zahrnuty i průmyslové odpadní vody a ostatní odpadní zdroje. Zalidnění, průmyslová výroba a kvalita čištění vod značně ovlivňují množství znečištěných odpadních vod v dané oblasti (Komínková a kol., 2014).

### **3.3.2 Plošné a difuzní znečištění povrchových vod**

Plošné znečištění povrchových vod (mimo znečištění z bodových zdrojů) je jedním z hlavních vlivů, který určuje jakost vod a stav vodních útvarů. Zásadním zdrojem plošného zatížení vod je dusík a vybrané pesticidy. Nejvýznamnějším vstupem je zemědělství (fosfor, dusík, pesticidy) a atmosférická depozice (těžké kovy) (VÚV TGM, 2006).

Plošné a difuzní znečištění pochází z bodových zdrojů, jedná se o neodkanalizovaná lidská sídla. Do vody se nedostávají na jednom místě, ale přicházejí do vodního toku po delší době na jednom úseku. Je obtížné je lokalizovat a najít jejich zdroj, může se jednat o starou skládku odpadu či sezónní hnojení. Mezi největší plošné a difuzní znečištění řadíme zemědělství, tj. senážní a silážní šťávy, statková hnojiva a drobná sídla, tj. odpadní vody a topné oleje. Nečištěné odpadní vody vypouštěné jakýmkoliv způsobem z jednotné kanalizace jsou aktuálním zdrojem znečištění povrchových vod. Proto je nutné, aby vypouštění znečištěných odpadních vod bylo známo a sledováno, v jakém množství znečištění je z nich vypouštěno. Na základě toho by měla být přijata opatření (Kolektiv autorů, 2000).

## **3.4 Kovy způsobující znečištění povrchových vod**

### **3.4.1 Výskyt, základní charakteristika a rizika kovů ve vodě**

Jako těžké kovy označujeme skupinu kovů s hustotou vyšší než 5 t/m<sup>3</sup>. Kovy patří mezi vodohospodářsky i hygienicky významné ukazatele. Stále více se zpřísňují kritéria, která vymezují jejich obsahy v povrchových, pitných i odpadních vodách, dále pak v půdě, v kalech, v potravinových a zemědělských produktech (Horáková a kol., 2000).

K obohacení vody těžkými kovy dochází stykem s půdou a horninami. V okolí rudných nalezišť může být voda obohacena velkým množstvím toxických kovů. Vulkanická činnost je dalším přírodním zdrojem kovů a polokovů. Je velmi těžké rozlišit přírodní pozadí ve vodách od antropogenního znečištění, platí to také ve složení sedimentů, které mohou být v důsledku remobilizačních procesů zdrojem znečištění přírodních vod kovy (Pitter, 2015). Poměr obohacení toxickými kovy mezi původní půdou a sedimentem je ovlivněn obsahem skeletu v původní půdě. K transportu kovů dochází především ve vazbě na sedimenty, významné jsou však i jejich koncentrace ve vodě. Ke změně koncentrace toxických kovů ve vodě dochází okamžitě po styku s půdou (Janeček, 2008).

Při posuzování znečištění prostředí kovy či polokovy se velmi často hovoří o samostatné skupině kovů zvaných těžké, nebo toxické, tato skupina však není přesně specifikována, pojem toxický kov lze vymezit snáze. Často se název těžké kovy používá jako synonymum pro toxické kovy, což může vést k určitým nesrovnalostem (např. beryllium je sice toxický kov, ale nikoliv těžký, železo a mangan patří sice mezi těžké kovy, ale nelze je zařadit mezi kovy toxické). Proto se doporučuje nepoužívat název těžké kovy jako synonymum pro toxické kovy, ale jen tehdy, je-li zapotřebí je odlišit např. od Na, K, Ca a Mg, které mají rozdílné chemické a biologické chování (Pitter, 2015).

Podle Raclavské (1998) a Siegela (2002) je vhodnější obecné označení rizikové kovy, případně toxické kovy. Jejich ionty jsou nejvíce toxickými anorganickými znečišťujícími látkami v půdách. Jsou-li zastoupeny ve vyšších koncentracích, projevuje se jejich toxicita. Mezi nejrizikovější kovy patří např. olovo, kadmium, rtuť a nikl, případně metaloidy, např. arsen (Raclavská, 1998, Siegel, 2002).

Významným antropogenním zdrojem kovů a polokovů jsou odpadní vody z těžby a zpracování rud. Dále vody z hutí, válcoven, z povrchové úpravy kovů, z fotografického, kožedělného a textilního průmyslu. Dalším zdrojem jsou agrochemikálie a vyluhování kalových deponií. Také atmosférické vody znečištěné exhalacemi ze spalování fosilních paliv a výfukovými plyny motorových vozidel mohou být důležitým zdrojem kovů a polokovů a povrchových vodách. V některých oblastech může být antropogenní vstup kovů atmosférickou cestou velmi důležitý, neboť některé sloučeniny kovů při spalování komunálních odpadů sublimují a nezůstávají jen v popelu, ale část jich přechází i do plynné fáze v závislosti na složení odpadu. Příkladem je měď, jenž z velké části zůstává v popelu. Zato kadmium přechází do plynných zplodin (Pitter, 2015).

Mobilita toxických prvků je ovlivněna biologickými mechanismy, sedimentací, filtrací, srážením a rozpouštěním. Například těžební odpad z rudných a uhelných dolů je příkladem mobilizace toxických prvků, kdy je zasažena voda, půda, les. Ve vodách mají toxické kovy za následek špatný růst organismů, v půdách se vytrácejí živiny apod. (Khun a kol., 2008). Jak zmiňuje Alloway (1990), jsou chrom, olovo a rtuť nejméně pohyblivé prvky v rostlinách. Kobalt, nikl a měď jsou naopak středně pohyblivé (Alloway, 1990).

Jedním z hygienických a vodohospodářských ukazatelů je obsah toxických kovů ve vodě. Nacházejí se tam jako jednoduché anionty, kationty nebo neutrální molekuly či komplexní anionty. Dle množství a formy výskytu daného toxického prvku je daná i jeho toxicita.

V současné době jsou největším nebezpečím urbanizované oblasti, kde dochází k hromadění kontaminantů, jejich splachování atmosférickými srážkami z povrchu a odtoku do povrchových vod, kanalizací a do čistíren odpadních vod. Toxické látky nezůstávají pouze ve vodě, ale v krátké době přecházejí do sedimentů a do vodních organismů. (Štarmanová a kol., 2010).

Jak zmiňuje Siegl (2002), jsou tři hlavní cesty, po nichž se dostanou toxické (potenciální) kovy z přírodních prvků do živých organismů. První verze je přes atmosféru nepřímo depozicí, nebo přímo respirací v půdě a ve vodě. Druhá verze je přes pitnou vodu při přípravě vaření nebo vodu k zalévání rostlin. A poslední verze je přes potravinový řetězec, ve kterém dochází k vychytávání kovů rostlinami (Siegel, 2009).

**Antimon (Sb)** – nejčastěji se nachází ve stříbrných, olověných a měděných rudách. Pokud se antimon nachází v ovzduší, tak je to následek lidské činnosti. Ve vodě je nerozpustný, má charakteristické vlastnosti pro kovy i nekovy. Elektrárny, slévárny, spalovny a závody na spalování uhlí jsou jeho zdrojem. V ovzduší může setrvávat mnoho dní, je-li ve formě rozpustných fluoridů, dostane se do vodního prostředí. Je toxický pro vodní organismy a řadí se mezi neprokázané karcinogeny (Suchna, 2009).

**Arsen (As)** – v přírodě se nachází ve formě sulfidů. Jedná se o polokovový prvek, mění se na toxický až při metabolizování na další arzenité sloučeniny. Jeho zdrojem jsou lesní požáry a vulkanické činnosti. Do ovzduší se dostává spalováním fosilních paliv. Vymytím deštěm nebo spadem se dostává do vody a do půdy, kde dlouhou dobu přetrvává, a tím je zapojen do potravního řetězce. Sloučeniny arzeny jsou velmi toxické, část z nich tvoří teratogeny a karcinogeny. Arzen se kumuluje v sedimentech nádrží, toků a také ve vodních organismech (Suchna, 2009).

**Chrom (Cr)** – nachází se v přírodě jako minerál chromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) a krokoit ( $\text{PbCrO}_4$ ). Vyskytuje se v minerálech, kde je obsažen hliník. Antropogenním zdrojem jsou odpadní vody z barevné metalurgie, povrchové úpravy kovů, textilní (barvicí lázně) a kožedělný průmysl (chromočinění). Používá se při rozvodu teplé vody a při čištění kotlů. Větší koncentraci chromu můžeme nalézt ve vodách z hydraulické dopravy popílků (Pitter, 2015).

**Kadmium (Cd)** – nachází se v zemské kůře, je to měkký tažný kov, odolný proti korozi, byl objeven v roce 1871 jako nečistota v minerálu smithsonitu. Přirozeně se uvolňuje při sopečné činnosti. Jeho výskyt v prostředí zapříčinila převážně antropogenní činnost, do které můžeme zařadit nakládání s nebezpečnými odpady, spalování fosilních paliv, odpadů, používání hnojiv apod. Významným zdrojem kadmia v životním prostředí lidí je cigaretový kouř. Nachází se v půdách a sedimentech v podobě prachu, podstatná část však zůstává ve vodě (Fauci, 2008).

**Měď (Cu)** – v přírodě se nachází ve formě sulfidů. V důsledku jejich rozkladů se měď může dostávat do vod podzemních. Antropogenním zdrojem mědi v povrchových vodách mohou být odpadní vody z povrchové úpravy kovů. V pitné a užitkové vodě může být zdrojem mědi vodovodní potrubí. Dalším zdrojem mědi je voda odtékající ze střech z měděných okapů a atmosférické depozice v blízkosti hutních závodů. Měď řadíme mezi kovy, jenž se snadno komplexují, proto mohou být její formy výskytu ve vodách velice rozmanité v závislosti na jejich složení (Pitter, 2015).

**Nikl (Ni)** – v přírodě se nachází jako ryzí kov v rudách. Dobře odolává vodě i vzduchu. Přirozeně se vyskytuje v povrchových vodách zvětráváním horninového podloží. Patří mezi potencionální karcinogeny, avšak pro člověka není příliš toxický. Je přítomen ve vodách v oxidačním stupni II., např. antropogenním zdrojem jsou odpadní vody z povrchové úpravy kovů. Dalším zdrojem niklu mohou být poniklované části v rozvodových sítích (Pitter, 2015).

**Olovo (Pb)** – hlavní ruda je galenit ( $\text{PbS}$ ). Je nejznámějším a nejrozšířenějším těžkým kovem v půdě, ve vodách i v biosféře. Nejčastěji je využíváno v průmyslu a v běžném životě. Olovo má však negativní účinky na lidské zdraví a na celé ekosystémy. V minulosti byly zásadním antropogenním zdrojem olova výfukové plyny motorových vozidel. V pevném skupenství není klasifikováno jako nebezpečné k vodnímu prostředí, protože má nízkou rozpouštěcí schopnost a rychlé odstranění z vodního sloupce. Anorganické olověné

sloučeniny jsou považovány za vysoce toxické ve vztahu k životnímu prostředí a také představují dlouhodobé nebezpečí pro vodní organismy. Jeho toxicita záleží na hodnotě volného iontu olova v rozpouštědle, jenž je ovlivněno tvrdostí vody, faktorem pH, obsahem soli apod. Vyšší toxicita olova bývá v měkkých vodách (Pitter, 2015).

**Rtuť (Hg)** – hlavní ruda je cinabarit (rumělka) (HgS). Významným zdrojem rtuti v povrchových vodách jsou atmosférické vody kontaminované spalováním fosilních paliv. V průmyslových odpadních vodách mohou být obsaženy sloučeniny rtuti, např. z organických syntéz a z rudných úpraven. V poslední době dochází k pozvolnému zákazu používání některých rtuťnatých preparátů, dochází k nižší toxicitě rtuti, což se příznivě projevuje na zlepšování jakosti složek životního prostředí (Pitter, 2015).

**Zinek (Zn)** – patří mezi nejvíce sledovaný toxický prvek, který ve velkém rozsahu ohrožoval Litavku. Nachází se ve všech složkách životního prostředí v organickém a rostlinném materiálu. Největší podíl má v horninách v zinkové rudě. V životním prostředí se nalézá přirozeným způsobem výskytu, emisemi a kontaminovanými odpadními vodami při zpracování zinkové rudy. Řadí se mezi prvky, jež jsou nezbytné pro živé organismy. Jejich nedostatek je škodlivý, toxicky však může působit i jejich přebytek. V lidském těle zaujímá zinek pouze malé množství. Z vodních živočichů je na sloučeniny zinku velmi citlivý pstruh a jeho plůdek, s přibývajícím věkem ryb se odolnost vůči zinku zvyšuje. Je následkem těžební činnosti (Suchna, 2009).

### 3.4.2 Možnosti odstraňování kovů z vody

Skoro miliarda obyvatel naší planety nemá přístup k čisté pitné vodě. Těžké kovy v průmyslových procesech toto číslo poměrně rychle zvyšují a tím dochází k nárůstu toxickému znečišťování vody. Obyvatelé naší planety by měli být informováni o tom, jak je nebezpečné šíření kovů do prostředí a do zdrojů vody.

Významná negativní vlastnost mnohých kovů je velká schopnost hromadit se v sedimentech a ve vodní fauně a flóře (bioakumulace a biosorpce). Vysokou bioakumulační schopnost mají Cu, Hg, Pb, Se, Zn atd. (Pitter, 2015).

Při biologickém čištění odpadních vod dochází k adsorpci kovů a polokovů na primárním a biologickém kalu. V závislosti na technologických parametrech čištění odpadních vod a hodnotě pH je možno z vody odstranit 20% - 90% různých kovů a polokovů, fyzikálně chemickými procesy. Na odstranění se podílí i vazba kovů na extracelulární polymery, jež

obsahují bílkoviny a polysacharidy, které produkují buňky. Zvýšené hodnoty koncentrací toxických kovů v kalech můžou negativně ovlivnit jejich využitelnost při kompostování a hnojení a proces biologického čištění (Pitter, 20015).

Ve vodárenství se k odstranění kovů používá koagulace, u menších zdrojů adsorpce na aktivní uhlí nebo speciálních ionexech, nebo reverzní osmóza. Je zapotřebí přesně dodržovat postup likvidace odpadních vod, snažit se nevytvářet nelegální skládky a nebezpečný odpad dávat do sběrných dvorů. Současné komerční metody odstraňování těžkých kovů z vody jsou finančně nákladné, energeticky náročné a nedostatečně účinné. Zato méně obvyklé přístupy mohou být efektivnější, ale většinou jsou jednorázové.

## 4. Metodika

### 4.1 Popis zájmové lokality

Povodí Litavky (obr. 1) je situováno ve dvou okresech ve středních Čechách, tj. Příbram a Beroun. Jihovýchodní rozvodnice je tvořena spojnici nejvyšších vrcholů brdských lesů, na západní a severní straně tvoří rozvodnice s řekou Berouňkou jižní výběžek křivoklátských lesů, východní rozvodnice má přímý směr od severu k jihu, tj. od Berouna k Příbrami po vrcholcích brdského výběžku mezi menšími městy, tj. Hostomicemi a Dobříší (Kolektiv autorů, 2000).

Tok Litavky tvoří vlastní hydrologickou osu povodí. Pramení ve výšce 790 m.n.m., nad obcí Ternová, pod třemi důležitými vrcholy: Malý Tok, Hradiště a Brdce, uvnitř chráněné krajinné oblasti Brdy západně od obce Láz. Délka vodního toku je 54,6 km, celková plocha povodí 629 km<sup>2</sup>. Vodní tok Litavka protéká brdskými lesy, pokračuje okrajovými částmi města Příbram, dále protéká ložisky polymetalických rud (kde v minulosti probíhala těžba), poté zemědělskou krajinou a u Berouna se vlévá do řeky Berouňky (Žák a kol., 2009).

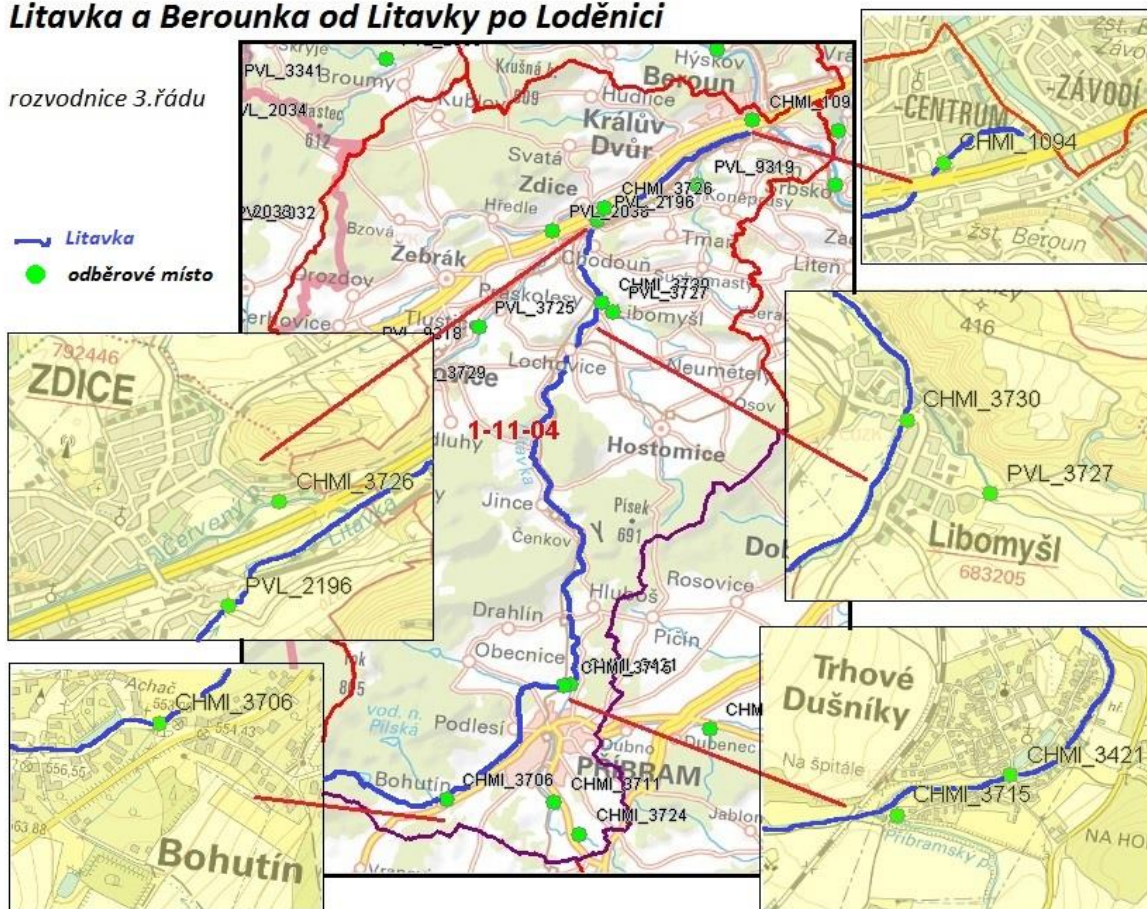
Po 18 km od pramene se do Litavky vlévá Příbramský potok. V tomto úseku dochází k akumulaci vody z Brd v nádržích Láz, Pilská a Obecnice, jež zásobují město Příbram pitnou vodou. Hlavními pravostrannými přítoky jsou: Vokačovský potok, Příbramský potok, Návesný potok, Chumava potok a Suchomostský potok. Levostrannými přítoky jsou: Pilský potok, Obecnický potok, Čenkovský potok, Ohrazenický potok, Červený potok apod. Podél toku Litavka se nacházejí města např. Příbram, Čenkov, Jince, Zdice, Králův Dvůr, a Beroun (Havlová a kol., 2001).

## Litavka a Berounka od Litavky po Loděnici

rozvodnice 3.řádu

→ Litavka

● odběrové místo



Obrázek 1 - Povodí Litavky s vyznačenými odběrovými místy (www.hydromapy.cz)



V **tabulce 1** jsou prezentovány odběrové profily spolu s jejich identifikátory dle ČHMÚ a informací, na jakém toku se nacházejí (přesné lokace jsou patrné na obr. 1)

**Přehledná tabulka odběrových míst pro sledování jakosti povrchových vod**

ČHP: 1		Název rozvodnice 1.řádu: povodí Labe		
ČHP: 1-11		Název rozvodnice 2.řádu: Berounka od Úslavy po ústí		
ČHP: 1-11-04		Název rozvodnice 3.řádu: Litavka a Berounka od Litavky po Loděnici		
pořadí	identifikátor profilu	název profilu	název toku (přítok)	říční km
1	CHMI_3706	Bohutín	Litavka	47,2
1-1	CHMI_3715	Trhové Dušníky	Příbramský potok	0,1
2	CHMI_3421	Trhové Dušníky	Litavka	37,3
3	CHMI_3730	Libomyšl	Litavka	14,8
3-1	PVL_3727	Libomyšl	Chumava (přítok Litavky)	0,9
4	PVL_2196	Litavka - Zdice	Litavka	9,8
4-1	CHMI_3726	Zdice	Červený potok	0,2
5	CHMI_1094	Beroun	Litavka	0,9

**Tabulka 1 - Přehledná tabulka odběrových míst pro sledování jakosti povrchových vod**

## 4.2 Zdroje dat

Pro vyhodnocení zatížení řeky Litavky těžkými kovy byla použita data měřených koncentrací těžkých kovů a specifických látek. Měření probíhalo v měsíčních intervalech v období 2017 až 2018. Data poskytl státní podnik Povodí Vltavy, s.p. Praha, Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. a I.SčV, a.s. Praha se sídlem v Příbrami.

## 4.3 Kovohutě Příbram a jejich vliv na jakost vody v Litavce

Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. (obr. 2) se nachází severozápadně od města Příbram. Území areálu hutí bylo kdysi využíváno k hutnímu zpracování olovených a stříbrných rud nalézajících se v okolním důlním revíru již od středověku. První písemné informace pocházejí z roku 1311, počátek hutnické činnosti v Příbrami je popsán v roce 1786. V roce

1972 bylo zastaveno zpracování primárních surovin olova. V roce 1994 se staly Kovohutě akciovou společností a od roku 1997 se v Evropě řadí mezi hutě, které využívají moderní technologie. Po roce 2000 se stala přední evropskou hutí na výrobu stříbra a olova, jedinečnou ve své komplexní výrobě a technologii. V současné době jsou Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. moderním hutnickým závodem. Huť má k dispozici unikátní komplexní zařízení na ekologickou recyklaci odpadů s obsahem olova, výrobu olova a jeho slitin, zpracovává elektrické odpady a elektronické zařízení vyřazené z provozu (Kunický, Vurm, 2011).



**Obrázek 2 - Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. (www.kovopb.cz, 2019)**

Areál závodu Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. (obr. 2) je situován na levém břehu Litavky, na severu sousedí s Obecnickým potokem (přítokem Litavky). Na jižní straně areálu se nachází skládka sodné strusky (obr. 4), na východní straně (za Litavkou) rekultivované hutnické odvaly a odkaliště Huťské a Na Vrších, významné havárie těchto odkališť, kdy došlo k odtoku odkalištních vod až do Litavky. Na východní a na západní straně areál sousedí s lesními pozemky. Po pravé straně břehu Litavky jsou lokalizovány technologické nádrže a sanovaný prostor úložiště kaustifikačních kalů. Severovýchodně od areálu Kovohutí na levém břehu Litavky se nacházejí haldy hutního odpadu č. I a č. 2

(obr. 3). Mezi haldami vede silnice z Příbrami do obce Lhota u Příbramě. Haldu č. II ze severu obklopují zemědělské pozemky a z východu skládka (ČIŽP, 2011).



**Obrázek 3 - Stará odpadní halda pod Kovohutěmi (archiv Kovohutí Příbram, 2019)**

Jedním z největších zdrojů znečištění nesaturované a saturované zóny a povrchové vody v Litavce v okolí Kovohutí je skládka sodné strusky. Sodná struska je dle zákona č. 185/2001 Sb. nebezpečným odpadem, č. dle katalogu odpadů 10 04 01 – odpady z pyrometalurgie olova a strusky (z 1. a 2. tavení). Ze skládkových lagun docházelo k úniku kontaminované odpadní vody, která pronikala do vod podzemních. K odstranění závažného stavu území areálu Kovohutí a jeho okolí, byla uložena Českou inspekcí životního prostředí nápravná opatření. Zásadním cílem těchto opatření bylo zabezpečit skládku sodné strusky, dále následovala sanace hald hutního odpadu a minitoring vodního toku Litavka (ČIŽP, 2011).



**Obrázek 4 - Sládkva sodné strusky (Seifert Z., 2009, [www.pribramsky.denik.cz](http://www.pribramsky.denik.cz))**

Sodná struska vzniká odpadem z recyklace olověných autobaterií a při výrobě olova. Má vysokou hodnotu pH a je nestabilní ve vodném prostředí, její výluh obsahuje těžké kovy a soli. Kovy obsažené v sodné strusce se mohou dostat do podzemních vod a také mohou způsobit úhyn ryb v povrchových vodách. Jedná se o nebezpečný odpad s nadlimitním obsahem těžkých kovů, především arzenu, chromu a olova. Ukládáním sodné strusky vznikal odpad z krátkých bubnových pecí, které během recyklace především pecních úletů bylo používáno jako tavidlo uhličitan sodný ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Používání sody bylo důvodem složení úletů, jež vlivem PVC separátorů v autobateriích obsahovaly chlór navázaný na olovo ve formě sloučeniny chloridu olovnatého ( $\text{PbCl}_2$ ). Další sloučeninou v úletech byl síran olovnatý ( $\text{PbSO}_4$ ), který vznikal afinitou síranových iontů k olovu. Síra byla původně používána v elektrolytu tvořeného naředěnou kyselinou sírovou a v menší míře i olověnou pastou, která vznikala v důsledku vybíjení autobaterie (Malý, 2011). Soda při tavení na sebe vázala síru a chlór ve formě chloridu a síranu sodného. Při odlévání olova z pecí olovo přecházelo na hličitan olovnatý, který se pak redukoval na olovo. Sodná struska je směs síranů chloridů, které obsahují těžké kovy z procesu tavení a je velmi dobře rozpustná (Malý, 2011). Skládkva strusky byla založena v roce 1966 a ukončena byla v roce 1993 a zároveň byla sanována. V současné době nelze bez předchozí úpravy uložit nebezpečný odpad na skládku.

Kvalita vody v Litavce podél areálu Kovohutí je sledována monitoringem Kovohutí Příbram nástupnická, a.s. v pravidelných měsíčních intervalech po dlouhou řadu let v pěti profilech. V roce 2008 bylo z dosavadního monitoringu zřejmé, že po provedení sanačních zásahů Kovohutí jsou hlavním zdrojem kontaminace Litavky haldy I. a II. a skládka sodné strusky (Monitoring s.r.o. Praha, od 7/2008).

Významná kontaminace podzemních vod ropnými látkami v areálu Kovohutí nebyla prokázána. Potvrzeno bylo znečištění povrchové vody v Litavce a také v malém úseku Obecnického potoka a to těžkými kovy zejména arzenem. Dále bylo znečištění Litavky zjištěno před vstupem do areálu Kovohutí. Povrchové vody Litavky a Obecnického potoka mohou být ohroženy infiltrací kontaminované podzemní vody, splachy z areálu (v současné době již v omezené míře – dešťové i odpadní vody jsou odváděny na ČOV), starými výustěmi odpadních vod zaústěnými do Litavky. V současnosti slouží jedna výust' k odvodnění podzemních vod měkké zvodně. Za normálního stavu jsou čerpány na ČOV, při vyšších stavech podzemních vod tečou přepadem do vodoteče. Další výusti do Litavky jsou zaslepené. Znečištění zdroje pitné vody v areálu závodu – vrt v severozápadní části areálu není předpokládán, neboť je situování vrtu proti směru migrace znečištění (Ekomonitor, 2018).

V okolí a ve středu města Příbram probíhalo několik studií a analýz, zkoumaly se vzorky nivní půdy (Vaněk a kol., 2009, Borůvka a kol., 1996), korytové sedimenty (Ettler, 2006), obsah antimonu, arzenu, kadmia, mědi, olova a zinku. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v okolí Kovohutí. Koncentrace kovů postupně klesala od místa hutí. Hlavním zdrojem znečištění byl pravděpodobně kovohuťský komín (Rieuwerts, Farago, 1996). Z mezinárodního pohledu se na vyhodnocování rizik na kontaminovaných území zabývá Wise et al. (2000) a Ferguson (1999).

Ekolog Kovohutí Příbram nástupnická, a.s. Ing. Vladimír Plucha má v náplni své práce dohlížet na nápravná opatření nedávno minulá a očekávaná v nejbližších letech, která mají vliv na kvalitu vody v Litavce, např:

- sanace bývalé flotační úpravny rudnin v Příbrami na Březových Horách (bývalý důl Vojtěch) v letech 2009 (analýza rizik dané lokality) až 2014 (vlastní sanace 2013 - 2014) a následný monitoring (2014 – 2015)
- sanace odkaliště na Vrších a Huťského odkaliště ukončená v roce 2009

- sanace skládky arsenového vápna v r. 1993 (pravý břeh Litavky v prostoru Kovohutí Příbram)
- probíhající sanace skládky sodné strusky v areálu Kovohutí Příbram v k.ú. Podlesí nad Litavkou (2009 – 2020 – předpoklad) – vymístění uloženého nebezpečného odpadu, jehož výluhy v podobě těžkých kovů (zejména As) a solí se dostávaly do Litavky
- připravovaná sanace obou hutských hald na levém břehu Litavky v k.ú. Lhota u Příbramě (částečná sanace formou aplikace tzv. hydroosevu proti průniku a následnému průsaku srážkových vod do těles obou hald a následně do Litavky) (Plucha, 2019).

#### 4.4 Čistírny odpadních vod v Kovohutích Příbram

Velmi významný pro Kovohutě a byl rok 1995. Byla uvedena do provozu centrální čistírna odpadních vod (obr. 5) s odděleným čištěním dešťových vod a splaškových vod, které jsou kontaminovány toxickými kovy. Dvojitý kanalizační systém měl za následek vyřazení z provozu část kanálů z minulé doby, jejichž provozem byla kontaminovaná voda ve vodním toku Litavka (Kovohutě, 2001).

Kovohutě disponují čistírnou odpadních vod pro biologické a dešťové odpadní vody: ČOV CFR 160 a chemickou čistírnou: ČOV SD 10. Zbytkové znečištění v předčištěné vodě, které je vypouštěno do Litavky se pravidelně monitoruje a předepsané emisní limity jsou dlouhodobě plněny. Vypouštěné těžké kovy v odpadních vodách se neustále snižují a 1x měsíčně jsou odebrány směsné 24hodinové vzorky. Dané limity pro vypouštění do Litavky jsou: As – 0,1 mg/l, Pb – 0,2 mg/l, Cd – 0,2 mg/l, Zn – 1,4 mg/l, Sn – 2,0 mg/l, Ni – 0,5 mg/l, Ni – 0,5 mg/l. Stanoveny jsou také limity pro fosfor celkový, NL, NEL, RAS, pH a  $CHSK_{Cr}$  (Plucha, 2007).

**Čistírna odpadních vod SD 10** je chemická čistírna pro čištění průmyslových a jiných odpadních vod. Např. podzemních a průsakových vod, jenž obsahujících těžké kovy, ropné látky v dispergované, suspendované formě, případně i jiné kontaminanty. ČOV se nachází ve starém objektu a potřebný nový prostor na rozšíření vznikl zakrytím akumulčních nádrží ANDV1 a ANDV2. Celé dispoziční řešení technologického zařízení je rozmístěno

tak, aby bylo co nejlépe dostupné obsluze dopravních činidel potřebných pro chod ČOV. Z retenční nádrže jsou dešťové vody čerpány do technologického zařízení čistírny SD 10. V hlavní provozní nádrži probíhá odstraňování iontů těžkých kovů z dešťových vod a sorpční deemulgace ropných látek působením upraveného bentonitu a úpravou pH vápenným mlékem.

Po přidání přípravku flokulantu SOKOFLOK 26, nebo jiného přídatku s podobnými vlastnostmi se zvětšují vločky kalu a urychluje se jejich sedimentace. Vyčerením čistěných dešťových vod a sedimentací kalů se čirá voda vypouští do vyrovnávací nádrže - betonové jímky, uvnitř v ČOV CFR 160, o objemu 25 m<sup>3</sup>. Odtud se voda řízeně vypouští v množství 2 l/s do kanalizace a poté do Obecnického potoka. Vodnatý kal je vypouštěn do ocelového kontejnerového kalového pole a dochází k jeho dalšímu odvodnění. Recipient z ČOV do Obecnického potoka je ve Lhotě u Příbrami, ř.km 40,9, nevodárenského charakteru.

Množství odpadní vody a její znečištění.

- Maximální denní kapacita ČOV je 200 m<sup>3</sup>/den, tj. 73 000 m<sup>3</sup>/rok.
- Povolené množství vypouštěné odpadní vody: Q = průměr 3 l/s.

Čistírna byla navržena na zachytávání deště po dobu 10 minut z celkové plochy 8,8407 ha. Roční množství čistěných dešťových a průsakových vod je 72 000 m<sup>3</sup> a závisí na počasí (Plucha, 2007).



**Obrázek 5 - Hlavní budova čistíren odpadních vod Kovohutí (Doubravová J., 2019)**

**Čistírna typu CRF 160** je moderní čistírna s jemnobublinnou areací pro čištění komunálních odpadních vod. Pracuje jako průtočná v cyklech, jenž jsou řízeny cyklovačem. Základní nastavení je jedna hodina vzduchování a poté nastává hodina klidu. V době klidu po 45 min. se automaticky přečerpává dle nastaveného času z dosazovací nádrže zachycený sediment kalu a vrací se zpět do aktivační nádrže. Nádrž čistírny se skládá ze čtyř sekcí:

- nádrž aktivace
- rozdělovací objekt
- čerpací nádrž v dosazovací nádrži
- vertikální dosazovací nádrž

Nádrž aktivace s dosazovákem jsou paralelně zdvojeny. Mezi aktivací a dosazovákem se nachází suchá jímka, která je vybavená čerpadlem pro vyčerpání případných průsaků. Čistírna odpadních vod typ CFR 160 splňuje v plné míře požadavky, které jsou kladené na jakost vypouštěné vody. Vzorčky vyčištěné odpadní vody musí být odebírány při jejím odtoku do odpadu. Je nutno sledovat ukazatele určené ve vodoprávním rozhodnutí. Denní



přítok odpadní vody na ČOV je max. 96 m<sup>3</sup>/den. Největšími zdroji znečištění jsou komunální a odpadní vody a ostatní zdroje znečištění. Povolené množství vypouštěné odpadní vody je:  $Q = \text{průměr } 1,11 \text{ l/s max. } 3,5 \text{ l/s}$  (Plucha, 2007).

Biologická ČOV CFR 160 v roce 2014 vykazovala standardní míru účinnosti čištění. Vypouštěné hodnoty znečištění, byly stejné s předešlými roky. Nebyl zjištěn žádný větší trend znečištění ve výši vypouštěných vod (Plecitý, 2015).

## **4.5 Vliv města Příbram na jakost vody v Litavce**

Ekologický stav vodního toku Litavka je výrazně ovlivněn příbramskou aglomerací. Neobvyklé problémy s čištěním komunálních odpadních vod, nejsou známi, ale i přes veškerou úroveň čištění jde o zdroj, který vyvolává poměrně velkou úživnost recipientu do vodního toku, do něhož vytékají vyčištěné vody z čistírny odpadních vod v Příbrami (obr. 6). Zásadním problémem stále zůstává kontaminace Litavky a její nivy toxickými kovy, související s dřívější důlní a průmyslovou činností na Příbramsku. Možné je i působení historických vlivů, jako výluhů ze starých podzemních hald. K dispozici nemáme bližší údaje, ale mluví se o nadstandardní kontaminaci říčního pásu, a spodních vrstev sedimentů, toxickými kovy. Vedle morfologické degradace toku technickými úpravami a znemožnění migrační prostupnosti příčnými stavbami, může být důvodem, že oživení Litavky zřejmě zaostává za možnostmi, které by odpovídaly vodnímu toku dané velikosti a typu (Kolektiv autorů, 2000).

### **4.5.1 Čistírna odpadních vod Příbram**

Čistírna odpadních vod Příbram čistí odpadní vody z města Příbram a blízké obce Háje. Pro čištění používá mechanické, biologické a fyzikálně chemické procesy. Na začátku je voda zbavena hrubých nečistot – hygienických potřeb, zbytků jídel apod. Pak dochází k cezení přes hrubé a poté jemné česle. Provzdušňovacím lapákem je odstraněn písek, jinak by mohlo dojít k poškození strojního vybavení. Nato přitéká do usazovacích nádrží voda, dochází k rozdělení v poměru 1:2 na dvě linky tzv. aktivačního kalu (mechanicky předčištěná odpadní voda se mísí s aktivovaným kalem, který je směsí více druhů bakterií). Střídají se zóny, dochází k provzdušňování, probíhá oxidace amoniakálního dusíku a organického znečištění. Dochází ke vzniku dusičnanů, ty se redukují v neprodyšných

zónách na neškodný plynný dusík, který je postupně uvolňován do atmosféry. Začne se dávkovat síran železitý a dojde k odstranění fosforu. Odstranění dusíku a fosforu má velmi velký význam v oblasti čištění odpadních vod. Vyčištěná odpadní voda se odděluje od aktivovaného kalu usazováním ve čtyřech dosazovacích nádržích, poté je filtrována v mikrosítu a odtéká do Příbramského potoka (Archiv 1.SčV Příbram).



Obrázek 6 - Letecký snímek ČOV Příbram (Jiroušek J., [www.nebeske.cz](http://www.nebeske.cz))

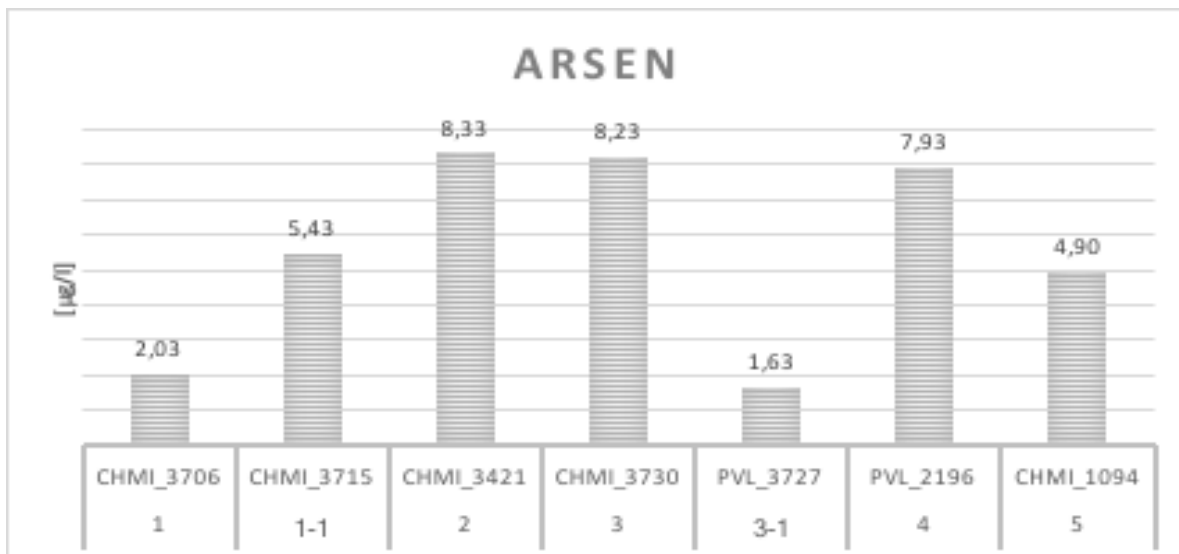
## 5. Výsledky práce

### 5.1 Vyhodnocení koncentrace těžkých kovů a specifických látek ve zvolených profilech Litavky a jejích přítoků

V tabulce 2 na obrázku 7 až 14 jsou prezentovány výsledky měření koncentrace vybraných těžkých kovů v 8 zvolených profilech v povodí Litavky. Prezentované hodnoty jsou průměry z měření za období 2017 až 2018. Zvýrazněné hodnoty znamenají překročení přípustného limitu nařízení dle přílohy č.3 NV č.401/2015 Sb. Vše je uváděno v jednotkách [ $\mu\text{g/l}$ ]. Data poskytl Povodí Vltavy Praha.

pořadí	identifikátor profilu	arsen	chrom	kadmium	měď	nikl	olovo	rtuť	zinek
1	CHMI_3706	2,03	0,55	0,07	1,04	1,20	0,99	0,04	10,04
1-1	CHMI_3715	5,43	0,96	0,47	1,94	12,83	20,51	0,04	290,16
2	CHMI_3421	8,33	0,66	1,94	2,24	6,56	32,58	0,04	421,67
3	CHMI_3730	8,23	0,58	0,30	2,35	3,65	1,27	0,04	175,38
3-1	PVL_3727	1,63	0,63	0,05	1,37	1,77	0,50	0,03	5,52
4	PVL_2196	7,93	0,58	0,19	2,50	3,32	1,06	0,03	115,76
4-1	CHMI_3726	N	N	N	N	N	N	N	N
5	CHMI_1094	4,90	0,69	0,10	1,83	2,54	0,55	0,04	63,96
přípustný průměrný limit dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb.		11,0 $\mu\text{g/l}$	18,0 $\mu\text{g/l}$	0,25 $\mu\text{g/l}$	14,0 $\mu\text{g/l}$	4,0 $\mu\text{g/l}$	1,2 $\mu\text{g/l}$	0,07 $\mu\text{g/l}$	92,0 $\mu\text{g/l}$

Tabulka 2 - Hodnoty ukazatele těžkých kovů 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 3 NV č.401/2015 Sb. Zvýrazněné hodnoty v tabulce znamenají hodnoty nad limitem přípustného znečištění



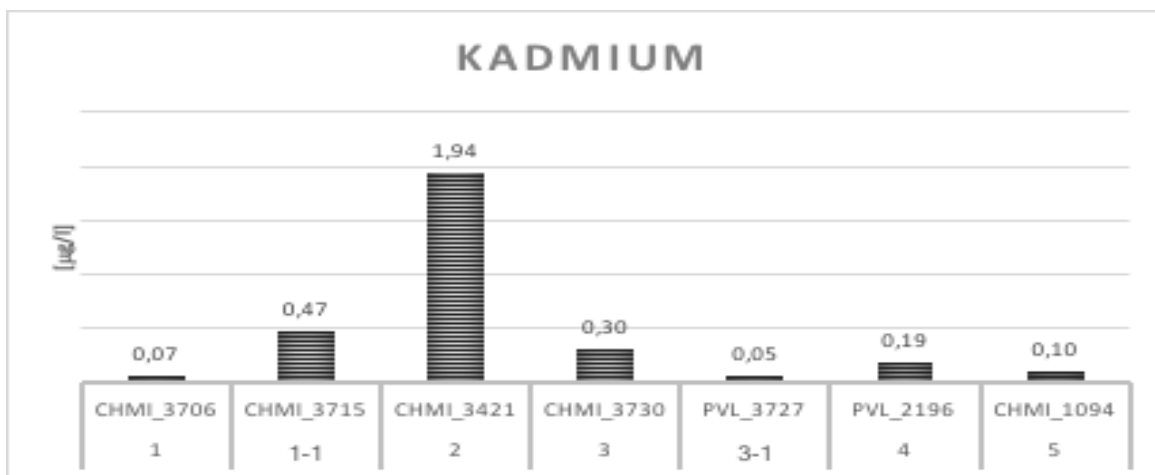
**Obrázek 7 - Průměrné koncentrace arsenu ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018)**

Na obrázku 7 jsou prezentovány průměrné koncentrace arsenu ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Pro všechny profily je patrné nepřekročení přípustného limitu, který je dle přílohy č.3 NV č. 401/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 11,00 µg/l. Zvýšené koncentrace arsenu má Litavka v Trhových Dušnicích (CHMI\_3421) v Libomyšli (CHMI\_3730) a ve Zdicích (PVL\_2196). Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v profilech Chumava v Libomyšli (PVL\_3727) a v Litavce v Bohutíně (CHMI\_3706). Z tab. 2 a obr. 7 je patrné, že Příbramský potok (profil CHMI\_3715) je významným zdrojem arsenu v Litavce (koncentrace arsenu jsou zde více než dvojnásobné oproti profilu v Bohutíně výše po toku Litavky). Po soutoku Litavky s Příbramským potokem jsou koncentrace arsenu v profilech na Litavce velmi podobné. K poklesu arsenu dochází až před soutokem s Berouňkou v Berouně.



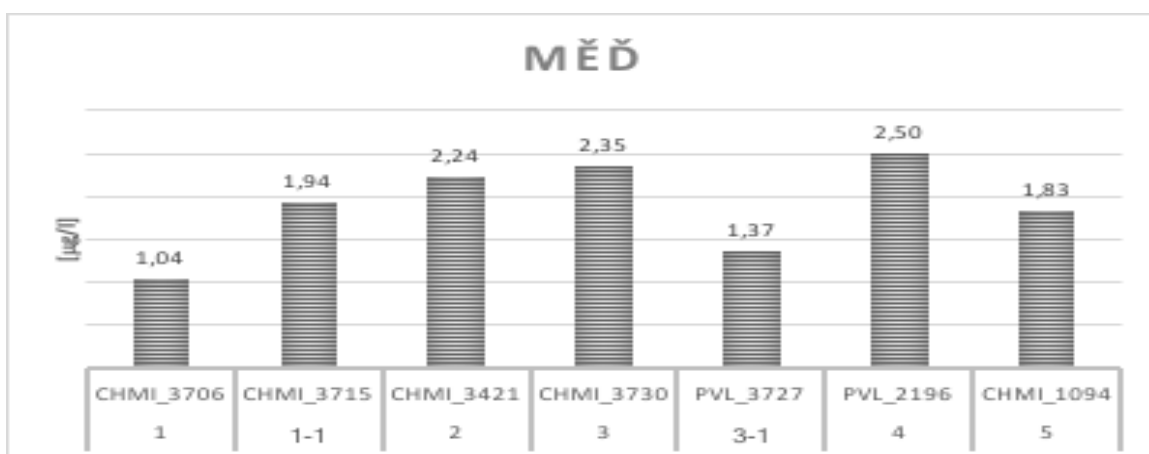
**Obrázek 8 - Průměrné koncentrace chromu ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018)**

Na obrázku 8 jsou prezentovány průměrné koncentrace chromu ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Pro všechny profily je patrné nepřekročení přípustného limitu, který je dle přílohy č.3 NV č. 401/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 18,00 µg/l. V žádném z profilů není koncentrace zvýšena. Nejvyšší hodnoty chromu má Příbramský potok (CHMI\_3715). Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v profilech v Litavce v Bohutíně (CHMI\_3706), v Libomyšli (CHMI\_3730) a ve Zdicích (PVL\_2196). Z tab. 2 a obr. 8 je patrné, že všechny hodnoty jsou hluboko pod limitem (koncentrace chromu jsou zde několikrát menší, než je stanovený limit). Na více profilech jsou koncentrace velmi podobné. Chrom Litavku příliš nezatěžuje.



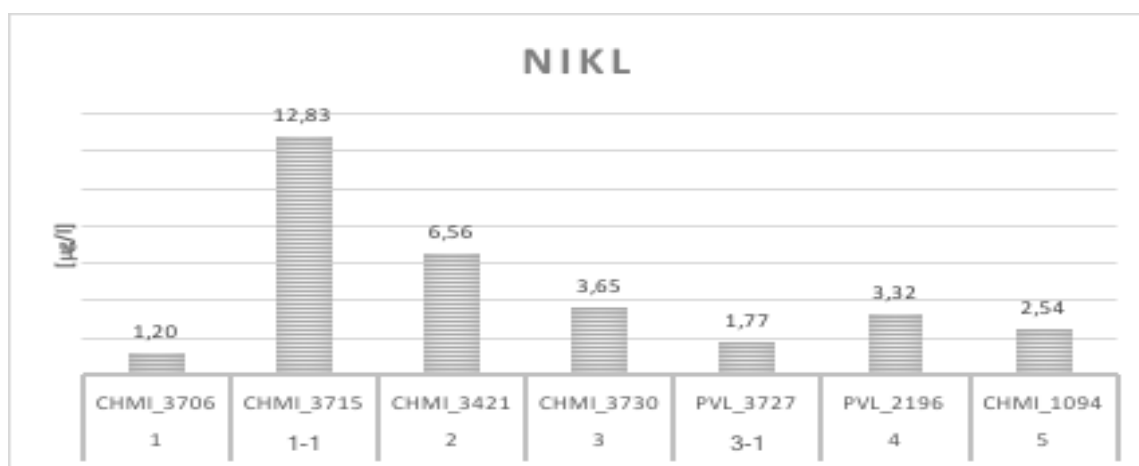
**Obrázek 9 - Průměrné koncentrace kadmia ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018)**

Na obrázku 9 jsou prezentovány průměrné koncentrace kadmia ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Pro tři profily je patrné překročení příprustného limitu, který je dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 0,25 µg/l. Nejvyšší překročené koncentrace kadmia má Litavka v Trhových Dušníkách (CHMI\_3421) v Příbramském potoce (CHMI\_3715) a v Libomyšli (CHMI\_3730). Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v profilech Chumava v Libomyšli (PVL\_3727) a v Litavce v Bohutíně (CHMI\_3706). Z tab. 2 a obr. 9 je patrné, že zdroj nárůstu kadmia se nachází mezi odběrovými místy, tj. Příbramským potokem (CHMI\_3715) a Litavkou v Trhových Dušníkách (CHMI\_3421). Koncentrace po toku směrem k Berounce mají klesající tendenci.



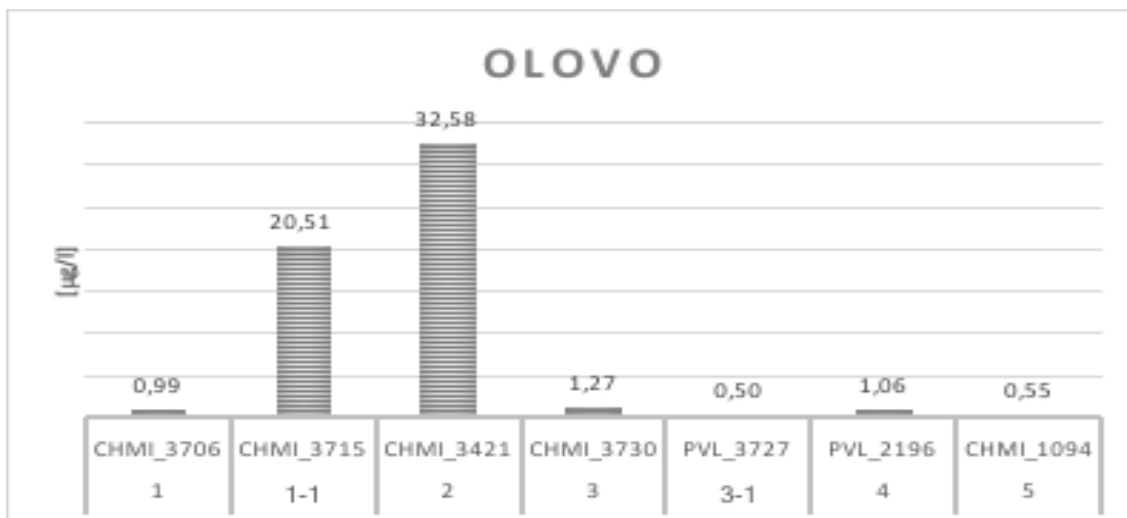
**Obrázek 10 - Průměrné koncentrace mědi ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018).**

**Na obrázku 10** jsou prezentovány průměrné koncentrace mědi ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Pro všechny profily je patrné nepřekročení přípustného limitu, který je dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 14 µg/l. Žádný z profilů není zvýšen. Nejvyšší hodnoty mědi má Litavka ve Zdicích (PVL\_2196). Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v profilech Litavka v Bohutíně (CHMI\_3706) a v potoce Chumava v Libomyšli (PVL\_3727). Z tab. 2 a pbr. 10 je patrné, že hodnoty na všech profilech jsou hluboko pod limitem a některé jsou si podobné. Litavka není mědí příliš zatížena.



**Obrázek 11 - Průměrné koncentrace niklu ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018)**

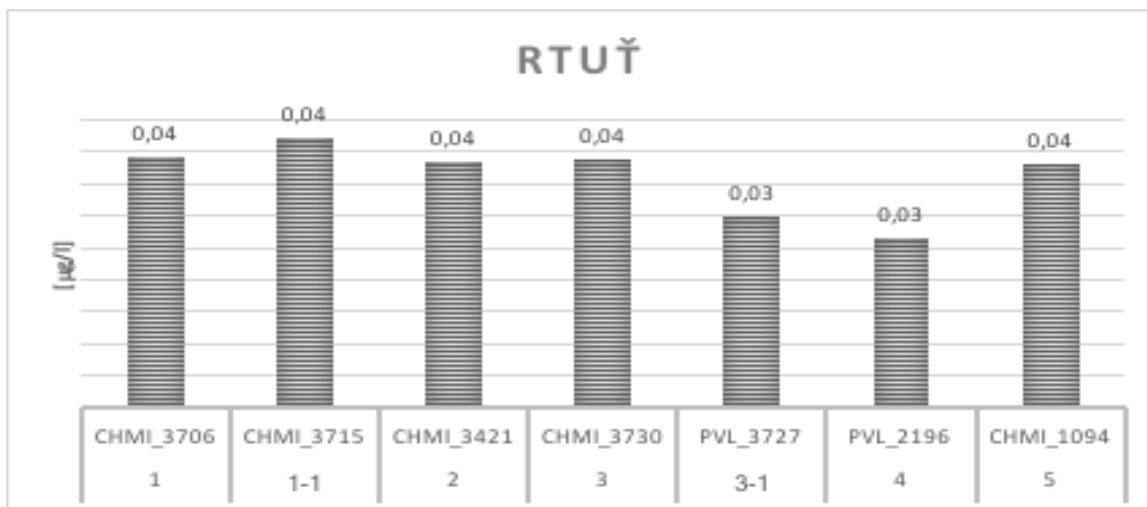
**Na obrázku 11** jsou prezentovány průměrné koncentrace niklu ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Pro dva profily je patrné překročení přípustného limitu, který je dle přílohy č.3 NV č. 415/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 4,00 µg/l. Nejvyšší překročené koncentrace niklu má Příbramský potok (CHMI\_3715) a Litavka v Trhových Dušníkách (CHMI\_3421). Zvýšené koncentrace má Litavka v Libomyšli (CHMI\_3730) a ve Zdicích (PVL\_2196). Naopak nejnižší hodnoty jsou v Litavce v Bohutíně (CHMI\_3706). Z tab. 2 a obr. 11 je patrné, že Příbramský potok (CHMI\_3715) je významným zdrojem niklu v Litavce (koncentrace jsou zde více než desetinásobné oproti profilu v Bohutíně výše po toku Litavky). Po soutoku Litavky s Příbramským potokem dochází k poklesu koncentrace po toku.



**Obrázek 12 - Průměrné koncentrace olova ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018)**

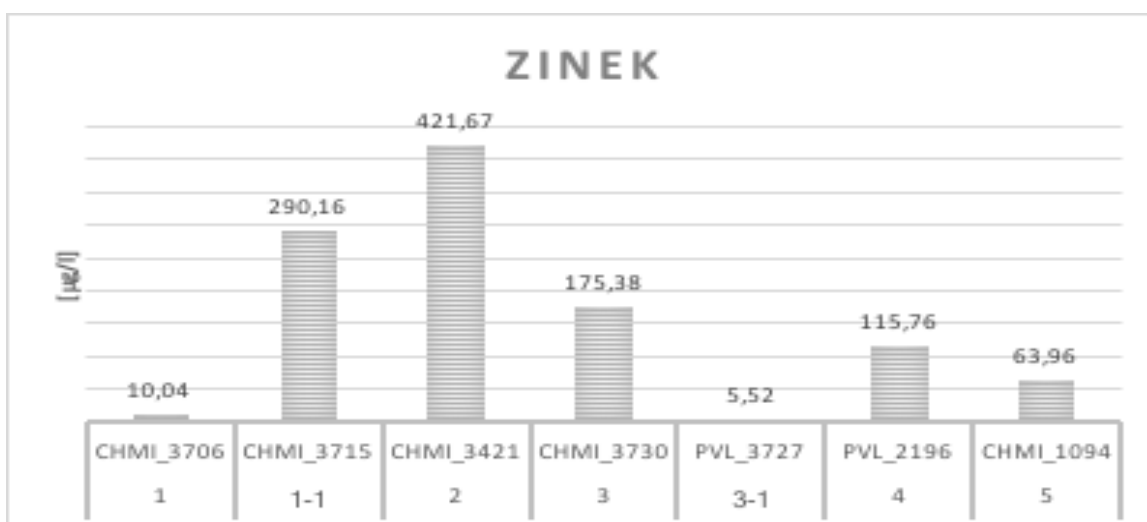
Na obrázku 12 jsou prezentovány průměrné koncentrace olova ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Pro tři profily je patrné překročení přípustného limitu, který je dle přílohy č.3 NV č. 401/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 1,20 µg/l. Nejvyšší překročená koncentrace olova je v Litavce v Trhových Dušnicích (CHMI\_3421) (koncentrace olova jsou překročeny skoro třicetinásobně) v Příbramském potoce (CHMI\_3715) (koncentrace olova jsou překročeny skoro dvacetinásobně) a v Litavce v Libomyšli (CHMI\_3730) (koncentrace olova jsou těsně nad limitem). Zvýšené koncentrace olova má Litavka ve Zdicích (PVL\_2196). Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v potoce Chumava v Libomyšli (PVL\_3727). Z tab. 2 a obr. 12, je patrné, že Příbramský potok je významným zdrojem olova v Litavce. Po soutoku Příbramského potoka (CHMI\_3715) s Litavkou v Trhových Dušnicích (CHMI\_3421) se koncentrace olova v profilech na Litavce snižuje.





**Obrázek 13 - Průměrné koncentrace rtuti ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018)**

Na obrázku 13 jsou prezentovány průměrné koncentrace rtuti ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Všechny profily jsou pod úrovní přípustného limitu, který je dle přílohy č.3 NV č. 401/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 0,07 µg/l. Žádný z profilů není zvýšen. Z tab. 2 a obr. 13 je patrné, že koncentrace rtuti na všech profilech jsou velmi podobné, jsou skoro o polovinu menší, než je stanovený limit.



**Obrázek 14 - Průměrné koncentrace zinku ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018)**

Na obrázku 14 jsou prezentovány průměrné koncentrace zinku ve zvolených profilech za období 2017 až 2018. Pro čtyři profily je patrné překročení přípustného limitu, který je dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. pro povrchové vody stanoven ve výši 92 µg/l. Nejvyšší

překročené koncentrace zinku má Litavka v Trhových Dušníkách (CHMI\_3421) (koncentrace zinku jsou téměř pětinasobné), Příbramský potok (CHMI\_3715), Litavka v Libomyšli (CHMI\_3730) a Litavka ve Zdicích (PVL\_2196). Naopak nejnižší hodnoty byly zjištěny v profilech Chumava v Libomyšli (PVL\_3727) a v Litavce v Bohutíně (CHMI\_3706). Z tab. 2 a obr. 14 je patrné, že Příbramský potok je výrazným zdrojem zinku v Litavce. K poklesu koncentrace zinku dochází v Litavce v Libomyšli (CHMI\_3730) a v Litavce ve Zdicích koncentrace opět narůstá a v následujícím profilu se opět snižuje.

**V tabulce 3** jsou prezentovány výsledky měření koncentrace základních chemických a biologických ukazatelů kvality vody v 8 zvolených profilech ve vodním toku Litavka. Prezentované hodnoty jsou průměry z měření za období 2017 až 2018. Zvýrazněné hodnoty znamenají překročení přípustného limitu nařízení dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. Vše je uváděno v jednotkách [mg/l]. Data poskytl Povodí Vltavy Praha.

pořadí	identifikátor profilu	NL	kyslík rozpuštěný	CHSK-Cr	BSK-5	dusík celkový	fosfor celkový
1	CHMI_3706	3,41	9,57	13,83	1,77	1,86	0,09
1-1	CHMI_3715	12,11	8,16	27,80	4,54	6,76	6,76
2	CHMI_3421	7,02	10,12	18,21	2,27	3,95	0,29
3	CHMI_3730	8,73	10,75	16,91	1,99	3,32	1,23
3-1	PVL_3727	10,91	9,96	20,42	2,48	3,46	0,23
4	PVL_2196	7,57	10,57	16,53	1,95	3,13	0,19
4-1	CHMI_3726	12,41	9,86	22,92	4,27	3,45	0,36
5	CHMI_1094	10,68	10,20	20,76	2,95	2,90	0,19
přípustný průměrný limit dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb.		20 mg/l	9 mg/l	26 mg/l	3,8 mg/l	6 mg/l	0,15 mg/l

**Tabulka 3 - Hodnoty základních chemických a biologických ukazatelů kvality vody 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. Zvýrazněné hodnoty v tabulce jsou hodnoty nad limitem přípustného nařízení.**

Na prvním odběrovém místě Litavka Bohutín (CHMI\_3706) v tab. 3 jsou dle získaných dat průměrné hodnoty všech ukazatelů pod úrovní přípustných limitů nařízení, dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. Následné odběrové místo je pravostranný přítok Litavky, a to vody

vypuštěné z Příbramský potok v Trhových Dušníkách (CHMI\_3715) jehož vody obsahují vyčištěné čistírny odpadních vod Příbram. Odběrný profil má v porovnání s nařízením překročeny přípustné limity v ukazatelích  $CHSK_{Cr}$ ,  $BSK_5$ , dusík celkový, fosfor celkový a hodnoty kyslíku rozpuštěného nedosahují minimálního průměrného obsahu daného nařízením. Povrchové vody dalšího odběrového místa Litavky v Trhových Dušníkách (CHMI\_3421) jsou obohaceny, jak o přítok Příbramského potoka, vyčištěných vod z ČOV Příbram, tak o levostranný přítok Obecnického potoka včetně vypouštěných vyčištěných vod z Kovohutí Příbram a vod z vodní nádrže Obecnice. V profilu jsou téměř dvakrát překročeny zvýšené hodnoty fosforu celkového oproti nařízení a lehce zvýšené hodnoty jsou v ukazatelích  $CHSK_{Cr}$ ,  $BSK_5$  a dusíku celkovém. Následné odběrové místo je vzdáleno zhruba 20 ř. km, a to Litavka v Libomyšli (CHMI\_3730). Na tomto profilu je překročení koncentrace fosforu celkového. Následuje pravostranný přítok Litavky potok Chumava v Libomyšli (PVL\_3727). Jediný ukazatel, který je překročen je fosfor celkový. Zvýšené hodnoty jsou v ukazatelích  $CHSK_{Cr}$  a  $BSK_5$ . Odběrový profil Litavka ve Zdicích (PVL\_2196) má překročené hodnoty ve fosforu celkovém. Poslední z uváděných přítoků je levostranný přítok Litavky Červený potok ve Zdicích (CHMI\_3726). Ze sledovaných ukazatelů jsou limitní hodnoty překročeny v parametrech  $BSK_5$  a fosfor celkový, lehce zvýšené hodnoty má ukazatel  $CHSK_{Cr}$ . Poslední odběrové místo je Litavka v Berouně (CHMI\_1094), kde jsou parametry překročeny pouze v ukazateli fosfor celkový a zvýšené koncentrace  $CHSK_{Cr}$  a  $BSK_5$ .

## **5.2 Vyčištěné odpadní vody z ČOV Příbram a z obou ČOV Kovohutí Příbram z pohledu těžkých kovů**

V **tabulce 4** jsou prezentovány výsledky měření koncentrace vybraných těžkých kovů z ČOV Příbram a z ČOV Kovohutě Příbram. Prezentované hodnoty jsou průměry z měření za období 2017 až 2018. Limit nařízení dle přílohy č. 1 NV č. 401/2015 Sb. a dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015. Vše uváděno v jednotkách [ $\mu\text{g/l}$ ]. Data poskytly Kovohutě Příbram nástupnická, a.s.

<b>identifikátor profilu</b>	arsen	kadmium	olovo	zinek	železo	nikl	cín	chrom	měď
Kovohutě ČOV SD10	20,2	2,0	16,7	20,2	45,2	3,4	10,0	-	-
Kovohutě ČOV CFR160	14,3	1,5	60,2	340,9	-	-	-	-	-
Příbram městská ČOV	-	2,0	31,3	2003,2	-	24,1	-	10,0	32,4
přípustný průměrný limit dle přílohy č. 1 tab. 2 NV č. 401/2015 Sb. [CZ-NACE 24.4]	-	400 µg/l	500 µg/l	2000 µg/l	-	500 µg/l	-	-	-
Přípustný průměrný limit dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb.	11 µg/l	0,25 µg/l	1,2 µg/l	92,0 µg/l	-	4,0 µg/l	-	18 µg/l	14 µg/l

**Tabulka 4 - Hodnoty ukazatele těžkých kovů 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 1 NV č. 401/2015 Sb. a dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015**

Vypouštěné odpadní vody za všech čistíren odpadních vod (tab. 4) byly porovnány s přílohou č.1 nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Odpadní vody z biologických čistíren, tedy ČOV Příbram a ČOV Kovohutě CFR 160 vypouštěné z komunálních čistíren odpadních vod dle kategorie ČOV vyjádřené počtem ekvivalentních obyvatel. U ČOV Kovohutě CFR 160 jsou navíc uvedeny i limity, které má společnost stanovené Rozhodnutím o integrovaném povolení (dále „IP“) od Krajského úřadu Středočeského kraje. Limity uváděné v IP jsou navíc rozšířeny o těžké kovy vzhledem k charakteru provozu.

V tab. 4 jsou prezentovány průměrné hodnoty těžkých kovů pro vypouštěné a vyčištěné odpadní vody z ČOV Příbram a z ČOV Kovohutí Příbram, za období 2017 až 2018, dle přílohy č. 1 NV č. 401/2015 Sb. Z tabulky č. 4 je patrná mírně překročená hodnota zinku v ČOV Příbram. Ostatní hodnoty se pohybují pod limitem nařízení.

Porovnáme-li vypouštěné a vyčištěné odpadní vody dle přílohy č. 3 nařízení vlády č. 401/2015 Sb., tak je většina těžkých kovů v limitu překročena. Kovohutě ČOV SD 10 mají překročené hodnoty v ukazatelích arsen, kadmium, olovo. Kovohutě ČOV CFR160 mají překročené hodnoty v ukazatelích arsen, kadmium, olovo, zinek. A městská ČOV Příbram má překročené hodnoty v ukazatelích kadmium, olovo, zinek, měď a nikl.

### 5.3 Porovnání kvality vody ve vybraných vodních nádržích v povodí Litavky z pohledu těžkých kovů

V tabulce 5 jsou prezentovány výsledky měření koncentrace vybraných těžkých kovů z vodních nádrží Láz, Pilská a Obecnice. Prezentované hodnoty jsou průměry z měření za období 2017 až 2018. Zvýrazněné hodnoty v tabulce jsou nad limitem nařízení dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. Vše uváděno v jednotkách [ $\mu\text{g/l}$ ]. Data poskytla 1.SčV Příbram.

identifikátor profilu	rok	arsen	chrom	kadmium	měď	nikl	olovo	rtuť	zinek
VN Láz	2017	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
	2018	500,0	0,0	200,0	0,0	2800,0	0,0	0,0	9,0
VN Pilská	2017	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0
	2018	0,0	0,0	200,0	0,0	2000,0	0,0	0,0	24,0
VN Obecnice	2017	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0
	2018	1900,0	0,0	100,0	0,0	800,0	1600,0	0,0	0,0
přípustný průměrný limit dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb.		11,0 $\mu\text{g/l}$	18,0 $\mu\text{g/l}$	0,25 $\mu\text{g/l}$	14,0 $\mu\text{g/l}$	4,0 $\mu\text{g/l}$	1,2 $\mu\text{g/l}$	0,07 $\mu\text{g/l}$	92,0 $\mu\text{g/l}$

Tabulka 5 - Hodnoty ukazatele těžkých kovů 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. Zvýrazněné hodnoty v tabulce jsou hodnoty nad limitem přípustného znečištění

Průměrné hodnoty znečištění lze v některých ukazatelích porovnat již v počátečních zdrojích Litavky, a to ve vodních nádržích. Ve všech vodních nádržích jsou průměrné hodnoty horší v roce 2018, a to většinou v ukazatelích arsen, kadmium, nikl a olovo. Kvalita povrchových vod v porovnání s přílohou č. 3 nařízení vlády č. 401/2015 Sb. dle poskytnutých naměřených hodnot ve vodních nádržích vykazuje několika násobně zvýšené hodnoty některých kovů. VN Láz, skrz kterou protéká Litavka, vykazuje zvýšené koncentrace arsenu, kadmia a niklu. Tato voda je následně obohacena o vodu, která je vypouštěná z vodní nádrže Pilská, která opět vykazuje zvýšené koncentrace kadmia a niklu. Co se týká vodní nádrže Obecnice je největší koncentrace v ukazatelích arsen, kadmium, nikl, olovo. Z VN Obecnice je voda odváděna Obecnickým potokem, následně je obohacena o vyčištěné vody z podniku Kovohutě Příbram a za dalších 30 m se vlévá do Litavky.

## 6. Diskuse

Výsledky prezentované v tab. 2 na obr. 7 až 14 ukazují na kontaminaci Litavky těžkými kovy v oblasti Příbrami. Významným zdrojem znečištění se pak jeví Kovohutě Příbram a Příbramský potok, jehož vody obsahují vyčištěné vody z čistírny odpadních vod Příbram. Z pohledu kovů překračuje průměrné limity ukazatel kadmium, nikl, olovo a zinek. Toto znečištění můžeme spojit s přítokem zbytků důlních vod, průsaků splachů z výsypek a vypouštěním odpadní vody z Kovohutí Příbram. Dalším významným zdrojem znečištění dle tab. 2 ukazuje na Litavku v Trhových Dušníkách. Odběrné místo překračuje výrazně limity v ukazatelích kadmium, nikl, olovo a zinek. Koncentrace znečištění přichází po proudu a poté dochází k poklesu. Snižující se koncentrace může být i vlivem narůstající průtočnosti směrem k Berounce. V profilu Litavka ve Zdicích je větší koncentrace zinku, a to nad přípustným limitem.

Z tab. 3 jsou patrné nadlimitní koncentrace fosforu celkového. To může být zapříčiněno zemědělstvím, tj. nadměrným hnojením, dále pak z čistících a pracích prostředků, jež se dostávají do povrchových vod přes vypouštěné a vyčištěné odpadní vody. Poté následuje BSK<sub>5</sub>, což je pravděpodobně následkem absence čistíren odpadních vod, nebo pasteveckého chovu na loukách, kde může ve srážkovém období docházet ke splachu.

Dle tab. 5 se můžeme domnívat, že jakost vody ve vodních nádržích může být ovlivněna jak hornickou historií na Příbramsku, tak minulým a nynějším vlivem emisí současného průmyslu do ovzduší. Ve vodních nádržích je zachycována povrchová, ale i podzemní voda z CHKO Brdy. Tyto vody mohou být znečištěny právě z výše uvedených důvodů, tedy i ze znečištění, které se zachytává nad pohořím Brd a vlivem srážek dochází k jeho splachům dále do povodí. Jeden z dalších možných problémů zvýšených ukazatelů znečištění je i uložení v dnových a břehových sedimentech u dotčených nádrží.

V roce 1991 byla v Příbrami ukončena těžební činnost na uranových dolech. Důsledkem této lidské činnosti, tj. těžbou nerostných surovin, byla poškozena krajina a okolí města. Začalo se jednat o zlepšení stavu rekultivací a navrácení postižených pozemků k původnímu účelu. I po provedení nápravných opatření nebylo ohrožení vodního toku Litavka vlivem zvýšených obsahů zinků, olova a kadmia úplně odstraněno, ale bylo z velké části sníženo. Chybí dostupné technologické a finanční prostředky. Otázkou je, zda ponechat území přírodním obnovitelným procesům, které jsou levnější a šetrnější, ale

zároveň jsou dlouhodobé. To by pak kontaminace řeky těžkými kovy bez zásahu člověka trvala mnoho let a neustále by byl narušován celý vodní ekosystém.

Pravděpodobný je i vliv na znečišťování povrchové vody z pozvolného uvolňování těžkých kovů z říčních sedimentů řeky Litavky právě v oblasti Trhových Dušníků. Sedimenty jsou zatíženy obsahem těžkých kovů z odpadů rozemletého horninového materiálu, který vznikal při těžbě a zpracování hornin na Příbramsku a byl ukládán na odkaliště. Na odkališti umístěném v oblasti Březových Hor došlo vlivem vysokých srážek k haváriím (r. 1932, 1952), protržení hráze a tím k odnosu jemnozrnných materiálu do koryta Litavky. Niva u obce Trhové Dušníky byla vlivem snížení spádu a ztráty unášecí schopnosti ideálním místem k uložení materiálu (Ekolist cz, 2020). Koryto Litavky v lokalitě Trhových Dušníků je ponecháno přirozenému vývoji a je zde zejména po povodních viditelná změna meandrování, které odkrývá stále nové a nové kontaminované sedimenty, z kterých mohou být uvolňovány koncentrace těžkých kovů.

Ve vývoji všech řek jsou často patrné časové etapy, jež vycházejí z dlouhodobých změn klimatu a změn ve využití povodí člověkem. Lze je vzájemně odlišit v režimech erozních a depozičních procesů v nivě. V Litavce pod Příbramí kolem úseků od Trhových Dušníků po Bratkovice jsou k vidění takovéto změny. Nivní sediment těžce kontaminovaný v důsledku těžby a úpravy rud je v současnosti zdrojem materiálu podléhajícího erozi. Při zvýšených průtocích Litavka bočně eroduje nivní sedimenty a její koryto se rozšiřuje a posouvá bočním směrem. Eroze starých environmentálních zátěží a transport splavenin jsou významným zdrojem kontaminace Litavky a navazující říční sítě (Ekolist cz, 2020).

Dalším možným vstupem těžkých kovů do Litavky může být materiál z hald a odvalů jak z hornické, tak z hutnické činnosti využívaný pro úpravy cest a terénu v širokém okolí, včetně areálu Kovohutí. Na tuto činnost nebylo dohlíženo, ani nebyla nijak omezována, proto s největší pravděpodobností docházelo k druhotnému rozšíření těchto materiálů s vysokými obsahy kovů do prostředí a do okolí. Na základě zpráv z předsanačního monitoringu a AAR z let 2004 až 2018, které probíhaly v areálu společnosti Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. včetně výsledků monitoringu na lokalitě Vojtěšské prádlo můžeme konstatovat, že došlo k významnému snížení koncentrací těžkých kovů, zejména arsenu a zinku, a to v měrných profilech v úseku od starého Podlesí a kolem areálu Kovohutí Příbram včetně hald. Ke zlepšení hmotnostní bilance v ukazateli arsen až o 80% došlo zejména v důsledku odtěžení deponovaných nebezpečných odpadů v objemu cca

35 000 tun z netěsněné skládky sodné strusky ve vlastnictví Kovohutí Příbram nástupnická, a.s. v letech 2009 až 2016, která je stále řešena jako stará ekologická zátěž. Hmotnostní bilance znečištění zinkem byla snížena o cca 60% vlivem zejména úspěšné sanace bývalého důlně – úpravárenského závodu v Příbrami Březových Horách, a dále zaslepením historických výpustí drénujících kontaminované podzemní vody v areálu Kovohutí Příbram a jejich přečerpáváním na podnikovou ČOV. V roce 2019 byla schválena tzv. Účelová analýza rizik lokality hutních odvalů, na jejímž základě byly Rozhodnutím ČIŽP OI Praha stanoveny další sanační postupy na těchto odvalech ležících na levém břehu Litavky pod areálem Kovohutí, které by měly v dalších letech vést k dalšímu významnému snížení dotace Litavky těžkými kovy.



## 7. Závěry

Úkolem této práce bylo na datech, která poskytl státní podnik Povodí Vltavy provést vyhodnocení těžkých kovů a základních chemických a biologických ukazatelů ve vodním toku Litavka. Data byla vyhodnocována za období 2017 až 2018. Vyhodnocení bylo provedeno na osmi profilech. Dalším úkolem bylo alespoň přibližně zhodnotit stav vypouštěných vyčištěných odpadních vod z pohledu těžkých kovů z ČOV Příbram a z ČOV Kovohutí Příbram do vodního toku Litavka. Dále byly vyhodnoceny z pohledu těžkých kovů tři vodní nádrže, kterými protéká vodní tok Litavka. Data byla poskytnuta podnikem Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. a I.SčV Příbram.

Po vyhodnocení je možné konstatovat, že nejvyšší hodnoty těžkých kovů jsou dle získaných dat v porovnání s přílohou č. 3 nařízení vlády č. 401/2015 Sb. na odběrném místě Litavka v Trhových Dušnicích (CHMI\_3421) a v Příbramském potoce v Trhových Dušnicích (CHMI\_3715). Součástí povrchových vod protékajících odběrovým místem jsou již vyčištěné vody z čistíren odpadních vod, jak z té městské, tak z obou čistíren z průmyslového areálu. V těchto odpadních vodách byly dle výsledků také zjištěny nadlimitní koncentrace těžkých kovů. Dále je zde možný vliv starých environmentálních zátěží v okolí Litavky, zejména úpravny rud, hald, odkališť a skládek, které jsou postupně sanovány z garančních fondů. Ze specifických látek je Litavka znečištěna převážně fosforem. Průměrné hodnoty znečištění lze v některých ukazatelích pozorovat již v počátečních zdrojích Litavky, a to v vodních nádržích. Ve všech vodních nádržích (Láz, Pilská, Obecnice) jsou průměrné hodnoty horší v roce 2018, a to většinou v ukazatelích arsen, kadmium, nikl a olovo.

V celém podélném profilu Litavky jsou průměrné hodnoty kadmia, niklu, olova a zinku v některých profilech nad úrovní přípustné meze dle nařízení, od Trhových Dušnic, kde jsou nejvíce násobné, ale mají klesající tendenci až po profil Berouna, kde je hodnota téměř na polovině přípustného průměru. Tento snižující se trend může být následkem zvyšujícího se průtoku, tedy toho, že dochází k naředění koncentrací vyskytujících se v povrchových vodách Litavky.

## **8. Seznam použitých zdrojů**

### **8.1 Seznam literatury:**

ALLOWAY B. J. (ed.), 1990: Heavy Metal in Soils. Blackie and Son Ltd. Glasgow and London, 339 s.ram.

ARCHIV 1.SčV Příbram, interní podniková dokumentace společnosti 1. SčV Příbram.

BORŮVKA L., HUAN-WEI CH., KOZÁK J., KRIŠTOUFKOVÁ S., 1996: Heavy Contamination of soil with Cadmium, Lead and Zinc in the Alluvium Litavka River. Rostlinná výroba 42 (12): 543-550.

ČHMÚ, 2007: Hydrologická ročenka České republiky 2007. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 193 s.

ČIŽP, 2011: Rozhodnutí ČIŽP/41/OOV/SRO2/0913474. Česká inspekce životního prostředí, Praha, 9 s.

EKOMONITOR 2018: Závěrečná zpráva výsledků průzkumných prací, Kovohutě Příbram, 57 s.

ELLISON K., 2014: Mercury rising. Frontiers in Ecology and the Enviroment 2. S. 56.

ETTLER V., MICHALJEVIČ M., ŠEBEK O., MOLEK M., GRYGAR T., ZEMAN J., 2006. Geochemical and Pb isotope evidence for sources and dispersal of metal contamination in stream sediments from the mining and smelting district of Příbram, Czech Republic. Environmental Pollution 142: 409-407.

FAUCI A. (ed.), 2008: Harrison's principles of internal medicine. McGraw-Hill Medical, New York: 2754 s.

FERGUSON C. C., 1999: Assessing risks from contaminated sites: policy and practice in 16 European countries Land Contamination and Reclamation, The University of Nottingham, Nottingham, 7(2), 87-108.

HAVLOVÁ J., a kolektiv, 2001: Ekologická studie Litavky, Povodí Vltavy Praha. 304 s.

HLAVÍNEK P., ŘÍHA J., KUŽMOVÁ V., MIKLÁNKOVÁ J., 2004: Jakost vody v povodí Brno: Akademické nakladatelství CERM, 209 s.

HUBAČÍKOVÁ V., OPPELTOVÁ P., 2008: Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 130 s.

HORÁKOVÁ M., a KOLEKTIV, 2000: Analytika vody, Vysoká škola Chemicko – technologická v Praze, 283 s.

JANEČEK M., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, 180 s.

KAFKA J., 2003: Rudné a uranové hornictví České republiky. Nakladatelství Anagram, s.r.o., Ostrava, 647 s.

KENDER J., (ed.), 2000: Teoretické a praktické aspekty ekologie krajiny. Ministerstvo životního prostředí: Enigma, Praha, 220 s.

KHUN M., ĎURŽA O., MILIČKA J., DLAPA P., 2008: Environmentálna geochemia. Geografika, Bratislava, 278 s.

KOLEKTIV AUTORŮ, 2000: Modelové území povodí Litavka, krajinnotvorné programy, Příbram, 136 s.

KOMÍNKOVÁ D., BENEŠOVÁ L., ŠTASTNÁ G., 2014: Úprava pitných a čištění odpadních vod. ČZU, Praha, 238 s.

KOVOHUTĚ, 2001: Interní dokumentace společnosti Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. Příbram.

KUNICKÝ K., VURM K, 2011. 700 let hutnictví stříbra a olova na Příbramsku (1311-2011) a 225 let Stříbrné hutě – Kovohutí Příbram (1786–2011). Kovohutě Příbram nástupnická, a.s., 212 s.

MALÝ M., 2011: Aktualizovaná analýza rizik staré ekologické zátěže celého areálu společnosti Kovohutě Příbram nástupnická, a.s., Bioprofit s.r.o., 117 s.

MONITORING s.r.o. Praha od 7/2008: Zpráva pro Kovohutě Příbram nástupnická, a.s.

NĚMEČEK J., VÁCHA R., PODLEŠÁKOVÁ E., 2010: Hodnocení kontaminace půd v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 148 s.

PITTER P., 2015: Hydrochemie. 5. vydání, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 792 s.

PITTER P., 1999: Hydrochemie. 3. vydání, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha 568 s.

PLECITÝ B., 2015: Komplexní zpráva o stavu integrovaného systému řízení za rok 2014, Kovohutě Příbram nástupnická, a.s., 37 s.

PLUCHA V., 2007: Zpráva o zdraví, bezpečnosti a životním prostředí 2006 až 2007, Kovohutě Příbram nástupnická, a.s., 31 s.

PLUCHA V., 2019: Interní zpráva Kovohutě Příbram nástupnická, a.s.

RACLAVSKÁ H., 1998: Znečištění zemin a metody jejich dekontaminace (skripta). Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Hornicko – pedagogická fakulta, Ostrava: 111 s.

RIEUWERTS J., FARAGO M., 1996: Heavy metal pollution in the vicinity of a secondary lead smelter in the Czech Republic. *Applied Geochemistry* 11: 17-23.

SIEGEL R. F., 2002: *Environmental Geochemistry of Potentially Toxic Heavy Metals*. Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 218 s.

SUCHNA M., 2009: Analýza rizik území ve správě s.p. DIAMO – oz. SUL Příbram bývalého úpravárenského závodu Březové Hory – Příbram. EKOM CZ a.s., Praha: 101 s.

ŠTARMANOVÁ D., KOMÍNKOVÁ D., NÁBĚLKOVÁ J., 2010: Osud těžkých kovů ve vodních ekosystémech pod ČOV. In: RNDr. Říhová Ambrožová J.PhD. (ed.): *Vodárenská biologie 2010. Sborník konference. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim*. S. 196-200.

VANĚK A., BORŮVKA L., DRÁBEK O., MICHALJEVIČ M., KOMÁREK M., 2005: Mobility of lead, zinc and cadmium in alluvial soils heavily polluted by smelting industry: *Plant soil environ* 51. S. 316–321.

VÚV TGM, 2006: *Základní charakteristika povodí Ohře*, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka.

WISE D.L., TRANTOLO D. J., CICHON E. J., INYANG H. I. Et STOTTMEISTER U., 2000: *Remediation engineering of contaminated soils*. CRC Press, New York, 981 s.

ŽÁK K., ROHOVEC J., NAVRÁTIL T., 2009: Fluxes of Heavy Metals from a Highly Polluted Watershed During Flood Events: A Case Study of the Litavka River, Czech Republic. *Water, Air, and Soil Pollution*, 203:343–358.

### **Legislativa:**

Norma ČSN 75 7221 – Klasifikace jakosti povrchových vod

Směrnice č. 2000/60/ES – ustanovující rámec pro Činnost společenství v oblasti vodní politiky

Vyhláška č. 401/2015 Sb. – o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod

Vyhláška č. 154/2016 Sb. – o způsobu hodnocení stavu útvarů povrchových vod

Zákon č. 254/2001 Sb. - o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů

Zákon č. 185/2001 Sb. – o odpadech č. dle katalogu odpadů 10 04 01

## **8.2 Seznam internetových zdrojů**

Ekolist cz, 2020: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/ricni-niva-reky-litavky-nechtene-toxické-dedictvi>.

## **8.3 Seznam obrázků**

Obrázek 1 - Povodí Litavky s vyznačenými odběrovými místy ( <a href="http://www.hydomapy.cz">www.hydomapy.cz</a> ).....	15
Obrázek 2 - Kovohutě Příbram nástupnická, a.s. ( <a href="http://www.kovopb.cz">www.kovopb.cz</a> , 2019).....	17
Obrázek 3 - Stará odpadní halda pod Kovohutěmi (archiv Kovohutí Příbram, 2019) .....	18
Obrázek 4 - Sládka sodné strusky (Seifert Z., 2009, <a href="http://www.pribramsky.denik.cz">www.pribramsky.denik.cz</a> ).....	19
Obrázek 5 - Hlavní budova čistíren odpadních vod Kovohutí (Doubravová J., 2019) .....	23
Obrázek 6 - Letecký snímek ČOV Příbram (Jiroušek J., <a href="http://www.nebeske.cz">www.nebeske.cz</a> ) .....	25
Obrázek 7 - Průměrné koncentrace arsenu ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018) (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha) .....	27
Obrázek 8 - Průměrné koncentrace chromu ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018) (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha) .....	28
Obrázek 9 - Průměrné koncentrace kadmia ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018 (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha).....	29

Obrázek 10 - Průměrné koncentrace mědi ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018) (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha). .....	29
Obrázek 11 - Průměrné koncentrace niklu ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018) (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha) .....	30
Obrázek 12 - Průměrné koncentrace olova ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018) (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha) .....	31
Obrázek 13 - Průměrné koncentrace rtuti ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018) (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha) .....	32
Obrázek 14 - Průměrné koncentrace zinku ve zvolených profilech (průměrné hodnoty zpracovány na základě dat z let 2017 až 2018 (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha).....	32

## 8.4 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehledná tabulka odběrových míst pro sledování jakosti povrchových vod (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha) .....	16
Tabulka 2 - Hodnoty ukazatele těžkých kovů 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 3 NV č.401/2015 Sb. Zvýrazněné hodnoty v tabulce znamenají hodnoty nad limitem přípustného znečištění (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha) .....	26
Tabulka 3 - Hodnoty základních chemických a biologických ukazatelů kvality vody 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. Zvýrazněné hodnoty v tabulce jsou hodnoty nad limitem přípustného nařízení (zdroj dat – Povodí Vltavy, Praha). .....	33
Tabulka 4 - Hodnoty ukazatele těžkých kovů 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 1 NV č. 401/2015 Sb. a dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 (zdroj dat – Kovohutě Příbram nástupnická, a.s.).....	35
Tabulka 5 - Hodnoty ukazatele těžkých kovů 2017 až 2018 (přípustný limit) dle přílohy č. 3 NV č. 401/2015 Sb. Zvýrazněné hodnoty v tabulce jsou hodnoty nad limitem přípustného znečištění (zdroj dat – 1.SčV, a.s. Příbram).....	36

## **8.5 Zdroje použitých dat**

Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 3178/8, 150 00 Praha 5 Smíchov

Kovohutě Příbram nástupnická, a.s., Kovohutě 530, Příbram VI - Březové Hory 261 01  
Příbram

1.SčV, a.s. Praha, Ke Kablu 971, 100 00 Praha 10 (se sídlem v Příbrami)