

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A

ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ



**KVALITA POVRCHOVÝCH VOD V KARLOVARSKÉM
KRAJI**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

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

Bakalant: Laura Kalivodová

2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Laura Kalivodová

Územní technická a správní služba

Název práce

Kvalita povrchových vod v Karlovarském kraji

Název anglicky

Quality of surface water in Karlovy Vary region

Cíle práce

Práce zkoumá kvalitu povrchových vod na odebraných místech v Karlovarském kraji. Povodí Ohře mi poskytne vyhodnocené vzorky těchto míst.

Metodika

K získání cílů bude použita dostupná literatura a další materiály. A v další části bude porovnání poskytnutých informací a výsledků vzorků.

Doporučený rozsah práce

40 stran textu

Klíčová slova

povrchová voda, chemismus, Karlovarský kraj

Doporučené zdroje informací

- DOSTÁL, J. – ČESKO. MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Zásady správné zemědělské praxe zaměřené na ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR v Ústavu zemědělských a potravinářských informací, 2003. ISBN 80-7084-268-7.
- PITTER, P. – VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.
- PŘIKRYL, I. – ŠTĚDRONSKÝ, E. – HARTMAN, P. *Hydrobiologie*. Praha: Informatorium, 2005. ISBN 80-7333-046-6.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 23. 11. 2018

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 11. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci „Kvalita povrchových vod v Karlovarském kraji“ vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a informační zdroje, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes univerzitní informační systém.

V Praze dne:

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Také děkuji Státnímu podniku Povodí Ohře za poskytnutí cenných dat pro zpracování práce. V neposlední řadě své rodině za podporu a trpělivost.

ABSTRAKT

Cílem práce bylo zjistit koncentrace chemických látek v sedmi vodních nádržích Karlovarského kraje.

První část popisuje vodu na Zemi a v České republice. Dále pak informace o chemických látkách, které povrchové vody obsahují a jejichž množství koncentrací jsou zjišťovány. V další kapitole je zmíněna kvalita vod ve 20. stoletím a v současnosti.

Druhá část popisuje Karlovarský kraj a vodní nádrže z všeobecného hlediska. Poté jsou popsány vodní nádrže, ve kterých se zjišťovali koncentrace látek. Mezi látky, které jsou zkoumány patří BSK₅, dusitany, dusičnanový dusík, dusitany, dusitanový dusík, amoniakální dusík, fosforečnany, rtuť, arsen, hliník, vápník, železo, hořčík, měď, olovo, sodík, draslík a stříbro.

Klíčová slova: povrchová voda, chemismus, Karlovarský kraj, vodní nádrže

ABSTRACT

The aim of this work was to find out the concentration of several chemical substances in seven water reservoirs of the Karlovy Vary region.

The first part contains details about water systems of both planet Earth and the Czech republic, as well as information on the chemical substances whose concentrations are measured. The next chapter mentions the quality of water in the 20th century and today.

The second part describes the Karlovy Vary region and water reservoirs in general. Seven reservoirs are then described regarding concentration of the substances. Substances that are studied and measured include BOD₅ (Biochemical oxygen demand in 5 days), nitrate nitrogen, nitrites, nitrite nitrogen, ammonia nitrogen, phosphates, mercury, arsenic, aluminum, calcium, iron, magnesium, copper, lead, sodium, potassium and silver.

Keywords: surface water, chemistry, Karlovy Vary region, water reservoirs

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	CÍLE PRÁCE.....	12
3	VODA.....	13
3.1	Voda na Zemi.....	13
3.1.1	Voda v atmosféře.....	13
3.2	Voda v České republice.....	14
3.2.1	Podpovrchová voda	14
3.2.2	Povrchová voda	15
3.3	Chemismus	16
3.3.1	Vodík a kyslík	16
	BSK ₅ – Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní	17
3.3.2	Dusík.....	17
	Dusitany NO ₂ ⁻	18
	Dusitanový dusík (N- NO ₂ ⁻)	19
	Dusičnany (NO ₃ ⁻).....	19
	Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻).....	20
	Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	20
3.3.3	Fosfor (P)	21
	Fosforečnany (PO ₄).....	21
3.3.4	Rtuť (Hg).....	22
3.3.5	Arsen (As).....	22
3.3.6	Hliník (Al).....	23
3.3.7	Vápník (Ca).....	23
3.3.8	Železo (Fe)	24
3.3.9	Hořčík (Mg)	24

3.3.10	Měď (Cu)	25
3.3.11	Olovo (Pb)	25
3.3.12	Sodík (Na)	25
3.3.13	Draslík (K)	26
3.3.14	Stříbro (Ag)	26
4	KLASIFIKACE KVALITY VODY	27
4.1	Stav jakosti 20. století	29
4.2	Stav jakosti v současnosti	30
4.2.1	Eutrofizace	31
4.2.2	Ohrožení suchem	31
5	CHARAKTERISTIKA KARLOVARSKÉHO KRAJE	32
5.1	Vodní nádrže	35
6	METODIKA	37
6.1	Vodní nádrže v Karlovarském kraji	37
6.1.1	Skalka	38
6.1.2	Jesenice	38
6.1.3	Horka	38
6.1.4	Myslivny	39
6.1.5	Podhora	39
6.1.6	Stanovice	40
6.1.7	Březová	40
6.2	Odběr vzorků	41
6.3	Dokumentace vzorků	41
6.4	Chyby při vzorkování	41
6.5	Výsledky dat	42
6.5.1	BSK ₅	42
6.5.2	Dusitany	42

Dusitanový dusík	43
6.5.3 Dusičnany.....	43
Dusičnanový dusík.....	44
6.5.4 Amoniakální dusík.....	44
6.5.5 Fosforečnany (PO ₄)	45
6.5.6 Rtuť.....	45
6.5.7 Arsen.....	46
6.5.8 Hliník	46
6.5.9 Vápník.....	47
6.5.10 Železo.....	47
6.5.11 Hořčík.....	48
6.5.12 Měď.....	48
6.5.13 Olovo.....	49
6.5.14 Sodík	49
6.5.15 Draslík.....	50
6.5.16 Stříbro.....	50
7 DISKUZE	51
8 ZÁVĚR.....	52
9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ	53
10 ZDROJE OBRAZKŮ A TABULEK.....	58

1 ÚVOD

Voda je pro všechny organismy na planetě Zemi nepostradatelným živlem, bez kterého by nevznikl život. V živých organismech tedy v těle rostlin a živočichů tvoří voda velké zastoupení, které pomáhá ke správnému životu. Výjimkou není ani člověk.

V důsledku lidské činnosti se ve vodě kromě přirozených látek vyskytují i další látky nebo se obsah jinak přirozených látek zvyšuje. Znečištěná voda působí nepříznivě na zdraví člověka a také na skladbu i životaschopnost společenstev organismů. Mohou se však v tělech rostlin a živočichů kumulovat a postupně v potravním řetězci vedoucím k člověku zvyšovat svou koncentraci (Mezřický, 2003).

Kvalita vody je od 60. let 20. století pravidelně klasifikována a hodnocena. Klasifikací Pojem klasifikace je definována jako výpočet charakteristické hodnoty, její porovnání s mezními hodnotami tříd kvality vody a dále se zařazují do 5 tříd kvality dle znečištění (Baudišová a kol., 2017).

2 CÍLE PRÁCE

Cílem práce je zjistit hodnoty koncentrací chemických látek v určitých nádržích v Karlovarském kraji od roku 2014 do 2018. Koncentrace jsou sledovány ve dvou ročních obdobích tedy v letním a zimním.

3 VODA

Voda je nejvýznamnější sloučenina vodíku a kyslíku. Patří mezi nepostradatelné látky. Vyskytuje se ve všech organismech, v atmosféře, v půdě a horninách. Lze ji definovat jako bezbarvou látku, bez chuti a zápachu (Kovalčíková, 2004).

3.1 Voda na Zemi

Země je jediná planeta sluneční soustavy, na které se vyskytuje voda ve všech skupenstvích – pevném jako sníh a led, kapalném jako voda v řekách, jezerech, oceánech i v podzemí a v plynném skupenství se vyskytuje v zemské atmosféře. Lze ji nazývat také „modrou planetou“ díky barvě a množství oceánů. V případě kapalné vody ji spíše dělíme na vodu povrchovou a podpovrchovou (Červinka, 2005).

Voda je v neustálém pohybu a oběhu, tomuto procesu říkáme hydrologický cyklus. Malý koloběh probíhá nejdříve výparem z povrchu oceánů nebo z pevniny a vrací se z velké většiny zpět v podobě srážek. Při velkém koloběhu se nejdříve vypařená voda z oceánů dostane vlivem vzduchu nad kontinenty, kde v podobě srážek (deště, sněhu, krup, rosy, jinovatky) dopadá na zemský povrch. Poté dochází k vstřebání do podpovrchových vod nebo na povrchu se odtokem dostane do vodních toků, které se vlévají do moří a dále do oceánů (Demek a kol., 2001). Důležitou roli zde hraje sluneční energie, díky které se vypařuje voda ze zemského povrchu. Nejvíce se vypařuje z oceánů, zhruba 5x více než z povrchu (Bratrych, 2005).

Podle odhadů se vyskytuje na Zemi 1,34 miliardy km³ vody. V největším zastoupení na Zemi se vyskytuje slaná voda v oceánech a mořích (97 %). Jen 3 % tvoří sladká voda na povrchu, z toho 2/3 je ve formě ledu (28 milionů km³) a zbylá 1/3 (12 milionů km³) tvoří sladká voda v tekutém stavu. Ačkoliv by se mohlo zdát, že je vody dostatek, nemusí tomu tak být. Na planetě Zemi je nerovnoměrnost rozložení zásob vod na planetě (Bratrych, 2005).

3.1.1 Voda v atmosféře

V této sféře je voda velmi proměnlivá a kumuluje se zde výpar z vodních ploch, z půdy, vegetace i z organismů (Kemel, 1996).

Vyskytující se voda v atmosféře je jedním z nejvíce mediálně sledovaným tématem, který se v přírodě děje. Největší význam na formování mraků a srážek má

vodní pára. Mraky a srážky jsou vzácnou složkou hydrologického cyklu a ovlivňují život na pevninách.

Úhrn srážek, který dopadá na zemský povrch, je ze světového hlediska nerovnoměrně rozložen. Například jedním nejsušším místem je poušť Atacama v Jižní Americe, kde už několik let nepadla ani jedna kapka vody (Bratrych, 2005).

V České republice připadá nejvíce srážek na letní období a nejméně v zimě. Nejsušší oblasti se nachází v dešťovém stínu Krušnohoří na Žatecku a na Moravě v Dyjskosvrateckém úvalu. Naopak nejvlhčí bývá v nejvyšších polohách Krkonoš, Jeseníků a Beskyd (Krešl, 2001).

3.2 Voda v České republice

Poloha České republiky na hlavním evropském rozvodí není příznivá z hlediska hospodaření s vodou: většina našich toků u nás i pramení a rozhodujícím vodním zdrojem v našem státu je proto voda, která spadne v podobě srážek. Srážky jsou závislé na nadmořské výšce a poloze vůči převládajícímu směru větru. Návětrné svahy jsou bohatší na srážky než území na závětrné straně. Zhruba 400 mm srážek spadne za rok na srážkových stínech (např. Žatecko, Lounsko, Slánsko, Kladensko). Ve vyšších nadmořských výškách to může být až 1 400 mm, a to na Moravskoslezských Beskydách, vrcholových partií Hrubého Jeseníku (Bratrych, 2005). Celostátní dlouhodobý roční průměr činí 685 mm a 29 % z tohoto množství odtéká z území vodními toky pryč.

Naše řeky patří podle velikosti k malým až středním tokům. Přírodních vodních nádrží (jezer) je na území Česka málo (například Černé a Čertovo jezero), proto byly budovány nádrže umělé – rybníky a přehradní nádrže. Pouze prameny minerálních vod jsou ve srovnání s evropskými státy poměrně bohaté (Čermák a kol., 2004).

3.2.1 Podpovrchová voda

Tento druh vod vzniká vsakováním srážkové vody do půdy. Tyto vody se nacházejí pod povrchem země, vyplňují dutiny hornin a jejich hlavním úkolem je zajištění vody pro život rostlin a působit jako zásobující zdroj pitné vody, nebo také

pro průmysl a zemědělství. Velmi záleží na jejich jakosti, proto rozdělujeme vody na vhodné a nevhodné pro vodárenské účely (Krešl, 2001).

Podpovrchové vody více mineralizují než vody na povrchu (Žáček, 1998). Podzemní vody členíme podle obsahu minerálních látek i dle propustnosti horninového prostředí. Chemické složení závisí na rozpustnosti sloučenin v horninách (Benešová a kol., 2014).

3.2.2 Povrchová voda

Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu, které podporují srážky z atmosféry či voda z podzemní (Benešová a kol., 2014). Tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky či přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo na povrchu (dle § 2 zákona č. 254/2001 Sb.).

Pod tento pojem řadíme vodní toky (tedy prameny, bystřiny, potoky, říčky, řeky) i stojaté vody neboli jezera, nádrže, rybníky, tůňe, bažiny a mokřady (Bratrych, 2005).

Pokud srovnáme povrchové vody s podzemními, lze zjistit, že vody vyskytující se na povrchu mají vyšší proměnlivou teplotu, nižší mineralizaci, větší obsah kyslíku a menší obsah oxidu uhličitého.

Procesy, které probíhají v povrchových vodách, jsou velice významné a ovlivňují hlavně jakost vod. Řadíme je do kategorií fyzikálních, chemických, biologických a mikrobiologických. Dále dochází i k chemickým reakcím mezi složkami vod povrchových a aerobní či anaerobní rozkladem organických látek, které velice ovlivňují mikroorganismy. Výše uvedené procesy jsou v tocích i vodárenských nádržích. Nejen u vodárenských nádrží se vyskytuje zonace, ve které jsou v různé vrstvě odlišné jakosti. Horní vrstva obsahuje více kyslíku, organických látek a je teplejší než spodní vrstva. Ve spodní vrstvě není veliké množství kyslíku, naopak sulfanu i sulfidu bývá větší obsah. Dalším rozdílem mezi horní a spodní vrstvou je v obsahu železa a manganu, které ve větším množství obsahují spodnější vrstvy (Žáček, 1998).

Povrchová voda je pro mnoho organismů prostředím pro život, ať už pro bakterie, viry, řasy nebo vyšší organismy. Mikrobiologické a biologické zastoupení velmi závisí na fyzikálně chemickém složení daného prostředí (Žáček, 1998).

3.3 Chemismus

Povrchové vody bývají z hlediska tvrdosti měkčí než vody podzemní. Chemické složení velice závisí na daném ročním období. V jarním a podzimním období povrchová voda má „měkčí“ vodu a koncentrace solí je v malém množství. V létě naopak dochází k navýšení koncentrací chemických látek (Tesařík a kol., 1985).

3.3.1 Vodík a kyslík

Vodík, který je třetím nejrozšířenějším prvkem na Zemi se vyskytuje ve formě volné a vázané. Do volné vazby členíme sopečné plyny či zemní plyny a do vázané řadíme organické a anorganické látky, biogenní prvky. Nejdůležitější vázanou formou vazby pro náš život je voda (Kotlík a Růžičková, 1999).

Vodíkový atom má více podobu halogenů než alkalické kovy. Důvodem pro to je, že atom obsahuje velkou ionizační energii (1311 kJ/mol). Molekulový vodík velmi málo reaguje a bývá stabilní. S velkým množstvím prvků reaguje vodík jedině při vyšších teplotách, či za přítomnosti katalyzátorů. Pokud se rozštěpí, vzniká vodík singletový, který je velmi reaktivní a má silně redukční vlastnosti, též reaguje s látkami za nízkých teplot (Kotlík a Růžičková, 1999).

Vodík se využívá k ztužování tuků, odstranění síry z ropy, k výrobě NH_3 (dále pak CH_3OH , HNO_3 , dusíkatá hnojiva). V minulosti byl používán ke svařování. Důležitou funkcí vodíku je, že tvoří redukční činidlo (Kotlík a Růžičková, 1999).

Kyslík tvoří z 21 % atmosféru. Řadí se do skupiny biogenních prvků, vzácnou a důležitou vlastností je jeho potřeba při dýchání (Kotlík a Růžičková, 1999). Z hlediska chemického bývá vázaný ve vodě a též v organických i anorganických látkách (Kovalčíková, 2004). Vyskytuje se ve formě vázané (O^{II} , tedy CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , živec a další) a volné (O_2 , O_3) (Kotlík a Růžičková, 1999).

Vlastností tohoto prvku je jeho výskyt ve skupenství plynném bezchuti a zápachu, který je těžší než vzduch (Kovalčíková, 2004). Má silné oxidační účinky,

pohlcuje UV záření v ozonoféře, je bakteriocidní tedy ozonizuje pitné vody (Kotlík a Růžičková, 1999).

Průmyslový kyslík vytvoříme frakční destilací kapalného vzduchu či při dělení vzduchu adsorpcí na sítěch (Kovalčíková, 2004).

Využívá se při výrobě železa a oceli, ke sváření kovů, sklářství, ve farmacii, do dýchacích přístrojů či k výrobě celé řady chemických látek (Kovalčíková, 2004).

BSK₅ – Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní

BSK definuje Kaličinská (2006): „*hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného při biochemické oxidaci organických, popř. anorganických látek ve vodě za aerobních podmínek.*“

„*Biochemická spotřeba kyslíku za 5 dní je ukazatel, díky němuž zjistíme množství rozpuštěného kyslíku, který ukazuje spotřebovávání při biochemické oxidaci látek ve vodě za dobu 5 dnů při teplotě 20 °C*“ (Pitter, 1990).

Vyjadřuje se v jednotkách miligram na liter – mg/l. Je to běžná součást při rozboru povrchových vod a též slouží k hodnocení biologické rozložitelnosti organických látek (Pitter, 2009).

Zdrojem znečištění BSK₅ z velké části pochází z komunálních zdrojů neboli ze splaškových odpadních vod, kanalizace, z čističky odpadních vod nebo dešťové splachy. Další znečištěné vody přitékají z průmyslu a odpadu z živočišné výroby (Langhammer, 2002).

3.3.2 Dusík

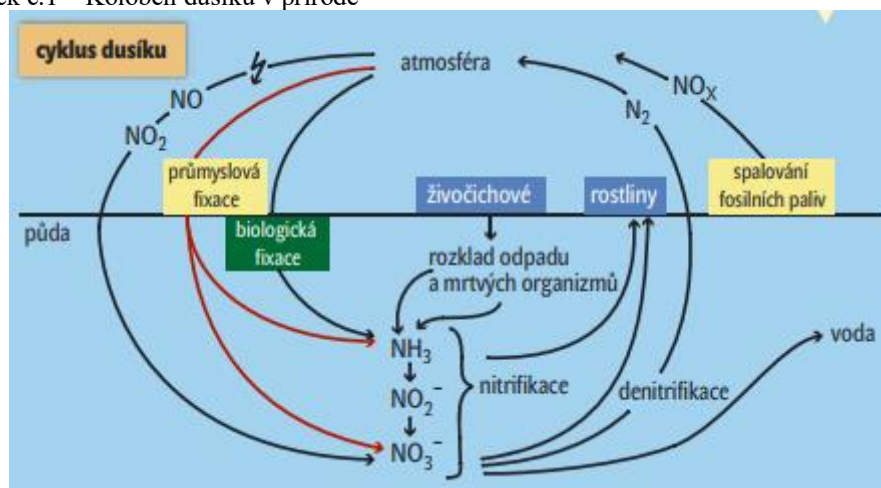
Společně dusík a fosfor řadíme mezi nejdůležitější makrobiogenní prvky. Řadíme ho do skupiny nutrietů, kteří pomáhají při rozvoji mikroorganismů i při všech biologických procesech čištění vody (Pitter, 2009).

Vzduch tvoří ze 78 % elementární dusík. Je to biogenní prvek, který je součástí bílkovin u živých organismů. Bezbarvý plyn bez chuti a zápachu, který bývá lehčí než vzduch. Ve vodě se rozpustí menší množství než kyslíku. Bývá málo reaktivní a považujeme ho tedy za inertní plyn. Dusík je po fluoru a kyslíku, třetím nejvíce elektronegativnějším prvkem. S většinou látek reaguje při vysoké teplotě (Kotlík a Růžičková, 1999).

Jeho použití bývá k vytvoření ochranného obalu při chemických pokusech, k výrobě amoniaku, k výrobě kyseliny dusičné a dusíkatých hnojiv, též k plnění žárovek (Kovalčíková, 2004).

V přírodě je dusík v neustálém koloběhu, který je znázorněn na obrázku č. 1.

Obrázek č.1 – Koloběh dusíku v přírodě



Zdroj: Čilek, 2007

Dusitany NO_2^-

Vyskytují se společně s dusičnany a amoniakálním dusíkem. Jejich množství bývá v malých koncentracích obvykle mezi setinami až desetiny mg/l. Ve splaškových odpadních vodách mohou vody obsahovat až desítky mg/l.

Dusitany vznikají v dusíkatém cyklu při biochemické redukci dusičnanů jako přechodný člen (Horáková a kol., 1989).

Tyto látky se vyskytují přirozeně ve vodách, ale jejich množství bývá velmi nestálé (Kroupová a kol., 2013). Nebezpečí vzniká, když se dostanou do zažívacího traktu, ve kterém se promění na toxické dusitany. V žaludku dochází k reakci se sekundárními aminy v potravě a vznikají N-nitroso sloučeniny, které mají karcinogenní účinky (Kleczek a kol., 2011). Existuje i pravděpodobnost vzniku dusičnanové alimentární methemoglobinaemie (DAM) u kojenců. Při DAM reagují dusitany s krevním barvivem hemoglobinem a přeměnění je na methemoglobin, který nedokáže přenášet kyslík (Milvit Water, 2019).

Vyšší koncentrace dusitanů se může vyskytnout ve vodách, kde se intenzivně chovají ryby. Avšak malé koncentrace jsou toxické pro ryby a vodní organismy (Langhammer, 2002).

Vyhláška 252/2004 Sb. tedy hygienické požadavky na pitnou, teplou vodu, četnost a rozsah kontroly pitné vody je nejvyšší mezní hodnota dusitanů v pitných vodách rovna 0,5 mg/l.

Dusitanový dusík (N-NO₂⁻)

Výhodnější vyjádření koncentrací dusitanů je v podobě dusitanového dusíku, nikoli jako koncentrace iontové formy (Pitter, 2009).

Obsah dusitanů ve vodě se bezprostředně udává hmotnostní koncentrací, a to jako NO₂⁻ nebo N-NO₂⁻. Jednotkou hmotnostní koncentrace dusitanového dusíku jsou mg/l (Horáková a kol., 1989).

Pokud se dusitanový dusík v povrchových vodách vyskytuje samostatně, jejich koncentrace bývají hygienicky nevýznamné (Pitter, 2009).

Dusičnany (NO₃⁻)

Vyskytují se ve všech typech vod v různých koncentracích od několika desetin až po jednotky mg/l NO₃⁻ v podzemních a povrchových vodách a v některých odpadních průmyslových vodách mohou mít až stovky mg/l NO₃⁻ (Horáková a kol., 1989).

Řadí se mezi 4 hlavní anionty (Pitter, 2009). Tyto látky vznikají při nitrifikaci amonných iontů mineralizací organických dusíkatých látek a jsou konečným produktem při tomto procesu.

Přirozená koncentrace dusičnanů je velmi nízká, pokud jsou vodní toky neovlivněné člověkem, ale je zde souvislost s půdní vrstvou a klimatem. V povrchových vodách se tyto látky vyskytují díky nadměrnému používání dusíkatých hnojiv, z energetiky a dopravy. Z hlediska škodlivosti nejsou dusičnany samy osobě škodlivé. Nebezpečí vznikne při přeměně na dusitany, což se děje v traktu člověka. Dusitany reagují s hemoglobinem a přeměňují se na methemoglobin, který nepřenáší kyslík v krvi (Langhammer, 2002).

Dusičnany vyskytující se v povrchových vodách byly ovlivněny hospodářskými a politickými změnami, které nastaly v roce 1989 (Majer a kol., 2012). Pro znečištění povrchových i podzemních vod jsou riziková průmyslová hnojiva na bázi dusičnanů, která jsou rozpustná ve vodě a neváží se v půdě. Pokud půda nedokáže vstřebat tyto látky, snadno se infiltrují do podzemních vod (Langhammer, 2002). Jejich výskyt ve vodách je přirozený, ale z hlediska jejich množství mívají vody větší koncentrace, než by bylo vhodné (Kleczek a kol., 2011). Dusičnany patří mezi nutriety, které přispívají k eutrofizaci povrchových vod (Pitter, 2009).

Došlo ke změně v zemědělství a nejvíce koncentraci ovlivnily snížení emisí ze stacionárních zdrojů, které se z celé České republiky nejvíce projevíly v oblasti Krušných hor a Slavkovského lesa. V zemědělské činnosti došlo ke snížení ploch orné půdy, na které se používaly hnojivy s velkým obsahem dusíku (Majer a kol., 2012).

Dusičnanový dusík (N-NO₃⁻)

U dusičnanů je také výhodné vyjadřovat koncentrace jako dusičnanový dusík N-NO₃⁻ (Pitter, 2009).

Amoniakální dusík (N-NH₄⁺)

Amoniakální dusík vzniká jako primární produkt rozkladu převážně většiny organických dusíkatých látek živočišného a rostlinného původu. Proto jsou splaškové odpadní vody a odpady ze zemědělských výroby zdrojem k vzniku amoniakálního dusíku organického původu. Anorganický původ je ovlivněn dusíkatými hnojivy, která se infiltrací a splachem ze zemědělsky obdělávaných ploch dostávají do povrchových a vsakováním do vod podzemních. Velké množství koncentrací je i obsaženo v průmyslových odpadních vodách, do kterých se tyto látky dostávají z tepelného zpracování uhlí.

Je třeba odlišovat, zda se jedná o (celkový) amoniakální dusík N (NH₄⁺, NH₃), amonný dusík (N-NH₄) nebo dusík amoniakový N-NH₃. Ve vodě se vyskytuje především ve formách disociované NH₄⁺, která neovlivňuje ryby svou toxicitou jako forma nedisociovaná též volná NH₃. Nedisociovaná forma velice svojí toxicitou

ovlivňuje ryby. Hodnota pH a teplota vody hraje klíčovou roli, zda ve vodě bude forma nedisociovaná či disociovaná (Kroupová a kol., 2013).

V povrchových vodách koncentrace nejsou vyšší než 1 mg/l. Výjimku v České republice nalezneme na toku Bíliny, kde průměrné koncentrace bývají 10 mg/l i více (Pitter, 2009).

3.3.3 Fosfor (P)

V přírodě se nevyskytuje volně, vždy je vázaný na organické nebo anorganické sloučeniny (Kovalčíková, 2004). Existuje ve formě minerálů – apatit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaX}_2$ ($\text{X} = \text{F}, \text{Cl}$). Fosforit $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$. Patří do skupiny biogenních prvků, je součástí kostí, zubů, bílkovin DNA a RNA. Vyskytuje se ve třech barevných modifikacích tedy bílý, červený a černý. Bílý fosfor se rozpustí v sirouhlíku (CS_2), ale ve vodě je nerozpustný. Na vzduchu dochází k samovznícení, proto je skladován pod vodou. Bílý fosfor je velmi jedovatý a jeho páry fosforeskují. Červený typ fosforu není jedovatý a málo reaktivní. Výroba spočívá v zahřívání bílého fosforu za nepřístupu vzduchu. Nejméně reaktivní modifikací bývá černý fosfor, který tepelně i elektricky dokáže vodit. Z hlediska využití bývá nejvíce známý červený fosfor z důvodu výroby zápalek a bílý do náplní bomb (Kotlík a Růžičková, 1999).

Organický fosfor se do toku dostává především z fekálních odpadů a hlavním zdrojem je osídlení i živočišná výroba. Koncentrace ve vodách ovlivňuje i rozpustnost minerálů a hornin.

Při zvýšeném obsahu v tekoucích i stojatých vodách dochází k nadměrnému rozvoji řas a sinic a tím pádem k eutrofizaci (Langhammer, 2002).

Fosforečnany (PO_4)

PO_4 bývá označen jako iontová forma fosforu, kde při rozboru vod nás spíše zajímá fosfor ve formě prvku. Je to z důvodu, že se nemusí provádět přepočty. Nejsprávnější bývá vyjádření v látkových koncentracích, kdy 1 mol P = 1 mol PO_4 = 1 mol HPO_4 (Pitter, 2009).

Sloučeniny mají veliký význam pro koloběh v přírodě, kde jsou nepostradatelnými látkami pro růst vyšších a nižších rostlin, které přeměňují fosfor

na organicky vázaný. Fosforečnany nalezneme ve vodách jen v malých koncentracích zhruba v setinách až desetínách mg/l (Kroupová a kol., 2013).

3.3.4 Rtuť (Hg)

Jediný kov tedy rtuť je za normální teploty lesklá kapalina, která je velmi těkavá a má barvu do stříbrné. V krajině tuto látku lze najít v horninách. Rtuť je považována za velmi stálý kov, který neoxiduje se vzdušným kyslíkem. Rozpouští se v koncentrované kyselině sírové za obyčejné teploty a s ostatními kovy při tak zvaném sléváním na slitiny vznikají amalgámy (Kovalčíková, 2004). Amalgámy se využívají ve stomatologii (Kotlík a Růžičková, 1999).

Při dýchání par dojde u živočichů k otravě. Mezi příznaky otravy, které bývají známy patří slinění, červenání dásní, uvolňování zubů či nervové poruchy (Kotlík a Růžičková, 1999).

Nejvýznamnějším použitím tohoto kovu je náplň do měřících přístrojů tedy teploměry a tlakoměry (Kovalčíková, 2004). Pokud nastane situace, při které se poškodí vnitřek teploměrů zasypávají se zinkovým prachem nebo spíše sírou a vznikne amalgám, kterého už se dá odstranit mechanickým způsobem (Kotlík a Růžičková, 1999).

Přírodní vody mají koncentraci rtuti jen v setinách $\mu\text{g/l}$.

3.3.5 Arsen (As)

Tento prvek je též nazýván jako pařížská zeleň neboli arzenid. Arsen se vyskytuje ve formě minerálů např. arzenopyrit (FeAsS), auripigment (As_2S_3), realgar (As_4S_4). Má dvě formy a to arsen šedý, který je křehký a lze ho přeměnit na prášek. Arsen žlutý vzniká prudkým ochlazením arsenových par a dojde k přeměně na arsen šedý. Celkově arsen tedy i jeho sloučeniny jsou jedovaté. Kovový arsen vznikne při tepelném rozkladu z arzenopyritu na arsen. Využívá se jako agrikulturní jedy neboli herbicidy i do elektrotechniky (Kovalčíková, 2004).

Dostává se do vody smýváním z podloží a vulkanickou činností. Zdrojem úniků jsou spalování fosilních paliv a hutní průmysl (Sušienková a Zahrádka, 2017). Větší množství ohrožuje kůži, cévy a oběhový systém (Kleczek a kol., 2011).

Arsen se přidává do krmení kuřatům, neboť kuřatům pomáhají k růstu. Tyto krmená kuřata si v obchodech lidská populace kupuje a konzumuje. Organické sloučeniny jsou méně toxické než samostatný prvek (Gray, 2012).

3.3.6 Hliník (Al)

Hliník lze definovat jako měkký tažný stříbrnošedý kov s malou hustotou. Důležitou vlastností hliníku je odolnost vůči korozi a skvělý tepelný či elektrický vodič. Jeho pevnost může ovlivnit jinými kovy (Kotlík a Růžičková, 1999).

Ke slučování s kyslíkem dochází při vysokých teplotách. Stejně jako měď se hliník používá k výrobě nádobí, duralu (slitina Al, Mg, Cu, Mn).

Ve vodách se vyskytují nízké koncentrace. Hliník bývá spojen s Alzheimerovou chorobou. Problém vzniká při použití vody s nízkým pH v kuchyňských nádobách, které jsou vyrobené z hliníku kdy během zahřívání dochází k uvolňování (Arnold a Brezonik, 2011).

Větší množství koncentrace železa v povrchových i podzemních vodách je ovlivněno kyselými dešti, které zabraňují pohybu prvku v půdě (Synáčková, 1994).

3.3.7 Vápník (Ca)

Patří mezi nejdůležitější bazický kationt, který se ve vodách vyskytuje a je obvykle ve všech vodách. Ovlivňuje tvrdost vody, když je obsah vyšší, tím je voda tvrdší. Obsah bývá mezi desítkami až stovkami mg/l (Kleczek a kol., 2011).

Z celkového počtu všech kationtů tvoří právě vápník více než 50 %, proto lze tento prvek nazývat jako dominantní látkou. Nejvyšší koncentrace bývá v níže položených místech a je velmi ovlivněna geologickým podložím (Majer a kol., 2012).

Sloučeniny vápníku se váží na kosti, také řídí srdeční činnost a Ca^{II} má vliv na celkový oběh krve (Kovalčíková, 2004).

V přírodě se vyskytuje ve sloučeninách, které nazýváme jako dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), kalcit (CaCO_3), kazivec (CaF_2) (Kotlík a Růžičková, 1999).

3.3.8 Železo (Fe)

V zemské kůře je železo 4. nejvíce rozšířený prvek. Vyskytuje se jako magnetovec (Fe_3O_4), krevet (Fe_2O_3), hnědel ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), ocelek (FeCO_3), pyrit (FeS_2). Vlastnosti železa lze definovat jako kujný, lesklý a reaktivní kov, který se snadno rozpustí ve zředěné kyselině chlorovodíkové a sírové. Při mírném zahřívání dochází k reakci s dichlorem (Cl_2), sírou, fosforem či křemíkem. Jelikož chemicky čisté železo snadno podléhá korozi nelze ho v životě využívat jen jako čistý prvek (Kotlík a Růžičková, 1999).

Obsah železa, který nalezneme ve vodách nebývá toxický. Pokud je ho však veliké množství už se stává škodlivým pro živé organismy. Rozložení rozpuštěných látek kolísá sezonně a vertikálně v závislosti na pH (Arnold a Brezonik, 2011).

3.3.9 Hořčík (Mg)

Řadí se do skupiny s-prvků, které mají valenční orbital se dvěma elektrony. Obsahují menší atomové poloměry a tím jsou oproti s^1 vyšší bod tání, hustoty a bývají tvrdší. Některé sloučeniny Mg mají kovalentní charakter. Hořčík v přírodě nalezneme jako magnezit (MgCO_3), dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), karnalit ($\text{MgCl}_2 \cdot \text{KCl} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Důležitou roli hraje při tvorbě chlorofylu. Kdyby nebyl chlorofyl, nemohl by vzniknout život na Zemi (Kovalčíková, 2004). Dále je jeho využití při přípravě Grignardových činidel (Kotlík a Růžičková, 1999).

Po vápníku je hořčík druhým významným prvkem neboli bazickým kationtem. V povrchových vodách se Mg^{2+} vyskytuje z $\frac{1}{4}$ celkové sumy kationtů. Na Moravě je dokonce dominantnější než vápník. Obsah Mg^{2+} ovlivňuje jaké je složení horninového podloží, jakou má geochemickou reaktivitu a délku podpovrchového oběhu vody. Nejvyšší koncentrace nalezneme v nízkých nadmořských výškách, kde čas oběhu je delší. Když nadmořská výška roste, dochází ke snížení koncentrací kvůli změnám v horninovém podloží. Celkově dochází ke snížení obsahu hořčíku v povrchových vodách v oblastech Šumavy, Krkonoš a Orlických hor z důvodu menších kyselých srážek a tím nižším vymýváním z iontově-výměnného komplexu půd (Majer a kol., 2012).

3.3.10 Měď (Cu)

Měď je měkký načervenalý kov, který se využívá pro výrobu elektroinstalačních materiálů. Dále slouží k výrobě slitiny tedy mosazy (Cu + Zn), bronzu (Cu + Sn), mincovních kovů (Cu + Ag, Cu + Al). Nereaguje s vodou a na vzduchu je stálý. Pokud bychom chtěli rozpustit měď v kyselině chlorovodíkové a zředěné kyselině sírové tohoto efektu nelze docílit, avšak při zahřátí koncentrované kyseliny sírové už lze rozpustit Cu (Kotlík a Růžičková, 1999).

Větší množství mědi je do prostředí uvolňováno z hornického průmyslu a spalováním fosilních paliv i odpadu (Sušienková a Zahrádka, 2017).

U dětí, které mají genetickou vrozenost, můžou větší dávky této látky vyvolat zvláštní druh cirhózy neboli poškození jater.

Působí pro vodu i pozitivně a tím, že nedochází k množení bakterií ve vodě a na stěnách potrubí (Kleczek a kol., 2011).

3.3.11 Olovo (Pb)

Šedomodrý tažný kov, který je nerozpustný ve zředěných kyselinách. Díky dobrým vlastnostem se v kyselině dusičné rozpouští. Olovo řadíme do těžkých kovů, nejčastějším prvkem této skupiny je právě Pb. Užívá se k výrobě alobalu, Duralu či při Aluminotermické výrobě daných kovů (Kotlík a Růžičková, 1999).

Látky obsažené v prvku mají vliv na nervové tkáně, též i zvyšují krevní tlak, proto jsou nebezpečné pro těhotné ženy a malé děti (Kleczek a kol., 2011).

3.3.12 Sodík (Na)

Biogenní prvek, který je důležitý pro živé organismy, který pomáhá při tvorbě červených krvinek a žaludečních kyselin (Kovalčíková, 2004).

Sodík spadá do skupiny s-prvků s valenčním orbitalem s jedním elektronem. Tuto skupinu pojmenovali jako ionty alkalických kovů. Sodík zbarvuje plamen do žlutého odstínu. Jelikož na vzduchu samovznítí, musejí být uchovávány pod petrolejem nebo v benzinu (Kotlík a Růžičková, 1999).

Známe formy sodíku je jako kamenná sůl (NaCl), čilský ledek (NaNO₃) či kryolit (Na₃AlF₆). Využívá se k výrobě slitin, v chemickém průmyslu jako redukční činidlo a v jaderné technice (Kovalčíková, 2004).

3.3.13 Draslík (K)

Draslík řadíme do stejné skupiny jako sodík. Má ve většině případů stejné vlastnosti se sodíkem. Liší se v barvě plamenu, kterou má odstín fialové.

Hromadí se v srdečním svalu, a proto je považován za důležitý biogenní prvek. Velikou roli hraje pro život rostlin, kterým pomáhá vzniknout listové zeleni (Kovalčíková, 2004).

Obsah draslíku v povrchových vodách dosahuje okolo 3 % z celkových kationtů. Závisí na složení horninového podloží, jeho geochemické reaktivitě a čase, který strávil v podpovrchovém oběhu vody (Majer a kol., 2012).

3.3.14 Stříbro (Ag)

Ušlechtilý bílý kov, který velmi dobře funguje jako tepelný a elektrický vodič. Vyskytuje se jako argentit (Ag_2S) a i s dalšími prvky například rudy olova, mědi, niklu. Oproti mědi je stříbro méně reaktivní, snadno se slučuje se sírou (Kotlík a Růžičková, 1999).

Vyrábí roztavením stříbra, ke kterému se přidá práškový zinek a po zchladnutí se vrchní část zpracuje destilací. Tomuto procesu říkáme parkesování.

Používá se ke galvanickému postříbřování, fotografickým účelům, k výrobě zrcadel a mincí, v oboru elektrotechnickém a klenotnickém (Kovalčíková, 2004).

4 KLASIFIKACE KVALITY VODY

Česká republika, státy Evropy i světa má stanovené obecně platné požadavky, jak zamezit znečištění a dále bývají různě přizpůsobovány k požadavkům dané země i k přihlednutím k historii (Langhammer, 2002).

Langhammer (2002, s. 185) definuje: „klasifikaci jakosti vody jako zařazení kvalitativních hodnot vybraných ukazatelů kvality vody do pevně daného systému kritérií tak, aby bylo možno nezávisle na velikosti vodního toku, charakteru povodí či časovém období určit stupeň jeho znečištění.“

Zjištění jakosti povrchových vod slouží k účelům:

- a) klasifikaci jakosti povrchových vod
- b) posoudit vhodnost vody pro specifické užití
- c) bilanci znečištění povrchových vod (ČSN 75 7220).

Důležitou legislativou pro toto hodnocení je v České republice norma ČSN 75 7221. Tvoří základ pro srovnání dat mezi ostatními profily, toky i oblasti.

Sledovány jsou ukazatele, které jsou popsány v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1 – Rozdělení pro klasifikaci jakosti vody

Skupina ukazatelů	Ukazatele	
A	Kyslíkového režimu	Rozpuštěný kyslík, BSK ₅ , CHSK _{Cr} nebo CHSK _{Mn}
B	Základní chemické a fyzikální	pH, teplota vody, rozpuštěné látky, vodivost nebo rozpuštěné látky, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, celkový fosfor
C	Doplňující chemické	Vápník, hořčík, chloridy, sírany, tenzidy aniontové, nepolární extrahovatelné látky, organicky vázaný chlor
D	Těžké kovy	Rtuť, kadmium, arsen, olovo
E	Biologické, mikrobiologické	Saprobni index, koliformní bakterie, fekální koliformní bakterie
F	Radioaktivity	Celková objemová aktivita alfa, celková objemová aktivita beta

Zdroj: Langhammer, 2002

Podle výsledků, které se zhodnotí podle tabulky č. 1 se dále podle normy ČSN 75 7221 rozdělí do pěti tříd čistoty na (Žáček, 1998):

- I. **Třída – Neznečištěná voda** - Ze všech tříd je tato třída nejméně ovlivněna voda lidskou činností. Ukazatele jakosti zde nepřesahují hodnoty, které jsou dány normou ČSN 75 7221. Pro všechna užití, hlavně pro vodárenské účely, potravinářský průmysl, koupání, chov lososovitých ryb.
- II. **Třída – Mírně znečištěná voda** - „Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému (ČSN 75 7221).“ Nejvíce využívána pro vodárenské účely, chov ryb, vodní sporty či zásobování průmyslovou vodou.
- III. **Třída – Znečištěná voda** - „Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému (ČSN 75 7221).“ Jen pro zásobení průmyslovou vodou. K vodárenským účelům ji lze použít výjimečně, pokud nelze využít lepší zdroj vody.
- IV. **Třída – Silně znečištěná voda** - „Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému (ČSN 75 7221).“ K využití jen pro omezené účely.
- V. **Třída – Velmi silně znečištěná voda** - „Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému (ČSN 75 7221).“ Není určena k žádným účelům.

Kartograficky se označují třídy jednotlivými barvami od světle modré, tmavě modré, zelené, žluté až po červenou. Rozdělení je popsáno v tabulce číslo 2 (Langhammer, 2002; ČSN 75 7221).

Tabulka č. 2 – mezní hodnoty tříd jakosti vody (ČSN 75 7221)

Ukazatel		Měrná jednotka	Třída				
			I	II	III	IV	V
BSK₅	Biochemická spotřeba kyslíku pět	mg/l	< 2	< 4	< 8	< 15	≥ 15
N-NO₃⁻	Dusičnanový dusík	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
N-NH₄⁺	Amoniakální dusík	mg/l	< 0,3	< 0,7	< 2	< 4	≥ 4
Hg	Rtuť	μg/l	< 0,05	< 0,1	< 0,5	< 1	≥ 1
As	Arsen	μg/l	< 1	< 10	< 20	< 50	≥ 50
Ca	Vápník	mg/l	< 150	< 200	< 300	< 400	≥ 400
Fe	Železo	mg/l	< 0,5	< 1	< 2	< 3	≥ 3
Mg	Hořčík	mg/l	< 50	< 100	< 200	< 300	≥ 300
Cu	Měď	μg/l	< 5	< 20	< 50	< 100	≥ 100
Pb	Olovo	μg/l	< 3	< 8	< 15	< 30	≥ 30

Zdroj: norma ČSN 75 7221

4.1 Stav jakosti 20. století

V 1. polovině 20. století se řadí biochemická spotřeba kyslíku mezi ukazatele, kteří určují jakost vody. Podle tohoto ukazatele se vodní toky rozdělovaly do pěti skupin kvality (velmi čisté, čisté, průměrně čisté, pochybné, nečisté).

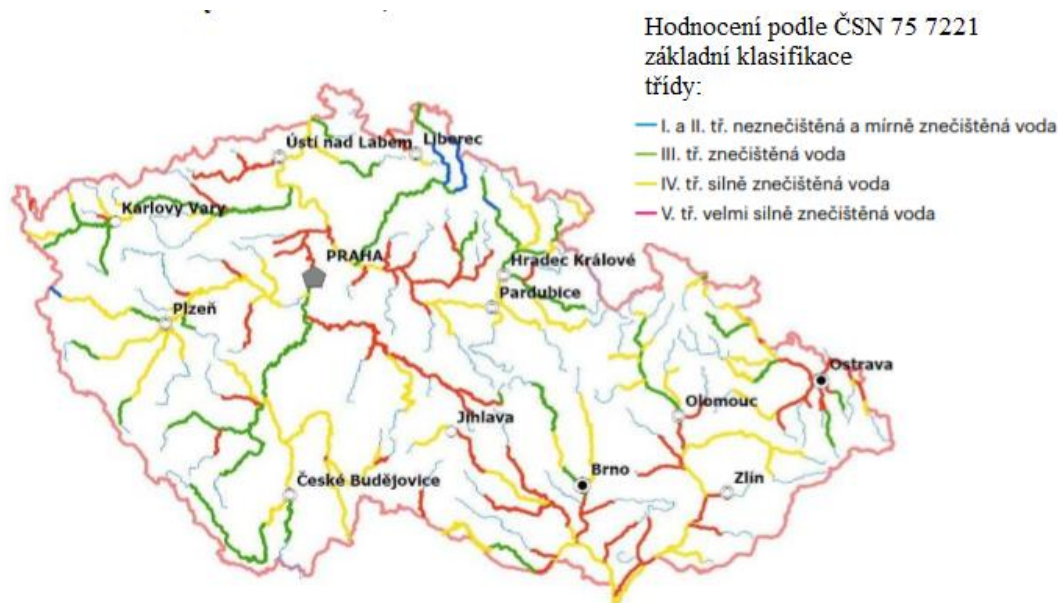
Kvalita vod byla na velmi špatné úrovni. Čističky odpadních vod se stavěly kvůli úředním nařízením, ale nebyly kontrolovány. Hlavním problémem bylo, že čištění stálo moc financí, proto bylo nedůsledné nebo téměř nefungovalo, tak jak by mělo. Vodní zákon tehdy nestanovil, jakých hodnot mají dosahovat odpadní vody, které se vypouštěly do veřejného toku. Hlavním požadavkem bylo, aby vyčištěná odpadní voda neohrožovala zdraví a zájmy ostatních. Ukazatelem sloučené odpadní vody a veřejného toku šlo vidět na úhynu ryb. Ryby se využívaly (i dnes) za přírodní ukazatel znečištění toku (Karas a Landa, 1952).

V 2. polovině 20. století docházelo k častějším měřením, avšak nedocházelo k zlepšení stavu. Vydávaly se i nové zákony, které měly pomoci k dodržování pravidel, ale kvůli špatnému důrazu k tomu nedocházelo (Synáčková, 1994).

V 90. letech bylo považováno znečištění povrchových vod za největší problém životního prostředí v rámci České republiky. Během 90. let došlo k průlomům v této problematice, kde snížením výroby se i snížil objem vypouštěné znečištěné vody do

vodních toků. Těž se zlepšil technický pokrok a stavěly se moderní čističky odpadních vod (Volaufová, 2008).

Obrázek č. 2 – Jakost vody v tocích ČR, 1991-1992



Zdroj: VÚV-TGM

4.2 Stav jakosti v současnosti

V roce 2001 vyšel nový vodní zákon 254/2001 Sb., který přispěl ke zlepšení kvality vody.

Docházelo k vypouštění nových látek, které ohrožovaly povrchové vody a technologie čištění vod nedokázaly tyto látky likvidovat. Takovým příkladem nové látky je hormonální antikoncepce (Kodeš a Leontovyčová, 2008). Antikoncepci nelze z odpadních vod odstranit, proto se v malých koncentracích dostává do vodního ekosystému (Sovová, 2017).

V porovnání se stavem v roce 1991-1992 a 2016-2017 došlo k výraznému zlepšení jakosti vod. Nejvíce vodních toků patří do III. třídy (znečištěná voda). Avšak přibývají toky, které spadají do I. a II. Třídy. Jen málo řek jsou klasifikovány v třídě V. I když došlo od roku 1991 k výraznému zlepšení, aktuálním problémem je eutrofizace a sucho (Čermáková a kol., 2017).

Obrázek č. 3 – Jakost vody v tocích ČR, 2016-2017



Zdroj: MŽP

4.2.1 Eutrofizace

Ve vodách se sleduje výskyt fosforečnanů. Běžně je nazýváme fosfáty. Slouží jako hnojiva a přidávají se jako změkčovadla vody do pracích prášků. Když se ale voda obsahující fosfáty dostane do životního prostředí, může dojít přemnožení nebezpečných sinic a řas, které se pak ve vodě hromadí. Tento úkaz je pojmenován jako vodní květ. Některé druhy vytvářejí vrstvu tak silnou a celistvou, že brání průniku světla a výměně plynů. Toxické látky produkované vodním květem představují problém, kvůli němuž o existenci sinic ví i široká veřejnost. Živé buňky sinic mohou způsobit alergické potíže. Hlavním nebezpečím jsou však buňky umírající, z nichž se uvolňuje celá řada nebezpečných látek. Sinice dokážou zabít i velké zvíře.

Navíc sinice a řasy spotřebovávají kyslík důležitý pro ryby. Jev, kdy voda obsahuje mnoho anorganických živin, což má za následek porušení biologické rovnováhy masovým rozvojem řas a sinic, se nazývá eutrofizace (Bratrych, 2005).

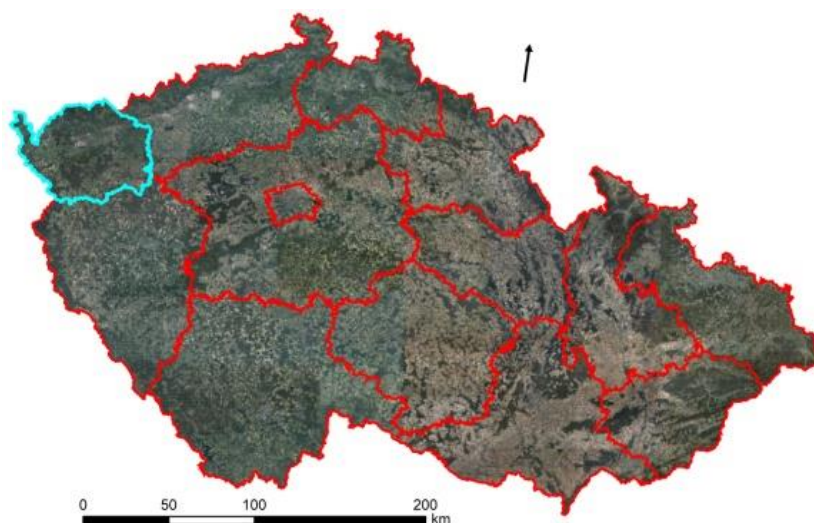
4.2.2 Ohrožení suchem

Území zčásti leží v oblasti s vysokou mírou rizika sucha. Nejsušší je oblast dolní Ohře. Přitom jde často o oblasti s vysokou potřebou vodních zdrojů. Řešení tohoto problému závisí na možnostech vodohospodářských soustav (Hladný a Němec, 2006).

5 CHARAKTERISTIKA KARLOVARSKÉHO KRAJE

Kraj se nachází na západě Čech a z hlediska krajů v České republice je nejzápadnější. Kraj sousedí v České republice na jihovýchodě s Plzeňským a na severovýchodě s Ústeckým krajem. Sever a západ uzavírá území republiky se státní hranicí Německa neboli na jihozápadě sousedí kraj se spolkovou zemí Bavorska a v severozápadní části se Saskem.

Obrázek č. 4 – Poloha kraje



Zdroj: ortofotomapa

Svou rozlohou 3.310 km² se Karlovarský kraj řadí k těm nejmenším, zaujímá pouze 4,2 % území ČR a centrálním sídlem kraje je město Karlovy Vary. Skládá se ze tří okresů: chebský, sokolovský a karlovarský.

Rozpíná se na Krušnohorské soustavě provincii České vysočiny u oblasti Krušných hor (Klínovecká hornatina). Nejvyšším bodem je s nadmořskou výškou 1 244 m n.m. Klínovec v Krušných horách.

Dále leží na oblasti Smrčin (Ašská vrchovina, Hazlovská a Chebská pahorkatina), Chebské pánvi, Sokolovské pánvi a Doupovských hor, Karlovarské vrchovině (Slavkovský les, Tepelská vrchovina a Bezdrůžická vrchovina). Historická geografie začleňuje kraj jako mladý útvar, jemuž v dávné minulosti předcházely územně správní celky (Zeman, 2017).

Hlavní řekou celého území je řeka Ohře a tím celé území spadá do jejího povodí. Ohře odvodňuje téměř celou plochu Krušných hor, severní oblasti

Slavkovského lesa a Doupovských hor. Řeka tvoří přirozenou podélnou osu severozápadních Čech. Horní a střední část povodí se nachází v hornaté oblasti a toky se vyznačují velkou rozkolísaností průtoků, řeky v dolní části povodí tečou otevřenou velmi úrodnou krajinou od Žatce až k Litoměřicím (Švorc a Švorcová, 2006). Mezi další řeky, které jsou na tomto území, patří Teplá, Rolava, Bystřice a Svatava (Zeman, 2017).

V průběhu hercynského vrásnění tedy během prvohor došlo k proniknutí magma z hlubin Země na povrch. Teplé magmatické roztoky se vsakovaly do puklin v horninách, ve kterých pomocí krystalizace vznikly rudní žíly. Tímto způsobem vznikly ložiska polymetalických rud v Slavkovském lese a v Krušných horách. Tyto ložiska nejsou nijak veliká a v minulosti již byla vytěžena. Během druhohor došlo k zarovnání povrchu České vysočiny. Při působení vysokých teplot a chemického vrásněním žuly a jiných ložisek vznikla ložiska kaolínu v Karlovarském kraji. V období třetihor při alpinském vrásnění docházelo k poklesu ker. Nejvýraznější změny díky poklesu ker se projeví v oblasti Podkrušnohoří, kde vznikly tři jezerní pánve, v nichž během několika let vznikla ložiska hnědého uhlí (Čermák a kol., 2004).

Severní část kraje, tedy okolí Krušných hor, leží v klimatu chladné podnebné oblasti. Toto klima zasahuje do všech okresů kraje. V této oblasti jsou průměrné teploty -3 až -4 °C v lednu, 15 °C v červenci. Střední část je v mírně teplé podnebné oblasti, zde jsou teploty v lednu -2 až -3 °C a v červenci 16 °C. V okrese Chebu u nádrže Jesenice se rozpíná chladná oblast, která je však bohatá na srážky (Hrnčiarová a kol., 2009). Tlak vzduchu je v zimě daleko vyšší než v období léta. Během zimního období se vytvářejí teplotní inverze převážně ve velkých městech (Čermák a kol., 2004).

Ovzduší v kraji ovlivňuje nejvíce doprava a vytápění z domácností. Emise z tuhých znečišťujících látek každým rokem postupně klesají nebo se jen minimálně mění množství. Emise NH₃ se oproti ostatním látkám nezmenšily. Tyto emise jsou uvolňovány ze zemědělské činnosti, kde veliký podíl na tom má chov hospodářských zvířat. (Mertl a kol., 2016).

V tomto kraji se rozkládá Chráněná krajinná oblast Slavkovský les, ve které se nachází mnoho dalších přírodních rezervací a památek. Výměra CHKO činí 606 km²

a je také výjimečná svou ochranou vzácných minerálních pramenů, kterou lze najít v lesních komplexech. Další velmi významná lokalita v kraji je sopečná hornatina a ptačí oblast Doupovské hory (Zahajský, 2009). Celková rozloha všech zvláště chráněných území v roce 2017 činila necelých 20 % rozlohy kraje (Čermáková a kol., 2017).

Karlovarský kraj je velmi významný v množství léčivých pramenů, díky tomuto odvětví do západních Čech přicestuje veliké množství turistů. Vznikli zde světově proslulá lázeňská města jako jsou Karlovy Vary, Mariánské Lázně, Františkovy Lázně, Jáchymov a Lázně Kynžvart. Tyto města, však mají společný název, a to Západočeské lázně (Zahajský, 2009).

5.1 Vodní nádrže

Vodní nádrže neboli též vodní díla je uměle vybudovaný a vytvořený prostor, kdy tyto stavby patří mezi nejvýznamnější vodohospodářská opatření a rozhodující prvky vodohospodářských soustav. Umožňují komplexní využití povrchových vod, současně chrání i před jejich škodlivými účinky neboli zachycením povodní. Slouží pro zásobování vodou, využití vodní energie, vodní dopravy, k rekreaci i chovu ryb. V České republice nelze vybudovat nádrž pro každou vodohospodářskou potřebu zvlášť, proto dochází ke spojení potřeb (Jůva a kol., 1980). Regulují odtokové poměry a často pomáhají zlepšit i jakost vody v tocích (Plecháč, 1989).

Výstavba umělých nádrží začala na našem území zhruba mezi 8. a 9. stoletím našeho letopočtu. První písemná zmínka se nachází v listině Kladrubské, která byla napsána roku 1115. Na počátku 14. století si šlechta uvědomila, že výstavbou nádrží zvýší své příjmy. Tím, že se šlechtici zúčastnili výprav krále Jana Lucemburského, získali více poznatků pro stavbu. Počátkem 15. století došlo k ukončení první éry staveb a bylo mnoho hrází strženo. V 16. století v českých zemích dochází k dalšímu průlomů a začíná se ve větším množství stavět. Třicetiletá válka a politické změny v 17. století přispěly k zastavení vývoje dalších přehrad. Toto období trvá až do 19. století, kdy po roce 1945 začalo vybudování malých účelových nádrží (Mika a kol., 1989). Ve 20. století dochází k většímu rozmachu spojené s budováním větších přehrad kvůli narůstajícímu počtu obyvatel a také větším nárokům na dodávku pitné vody. Na pitnou vodu musejí být kladeny vysoké požadavky, jak z hlediska jakosti, tak i zajištění neustálé zásoby. Proto u tohoto typu nádrží nelze využívat i k rekreačním účelům.

Některé přehrady byly postaveny za účel snížit povodňovou vlnu. Čím je nádrž prázdnější, tím více zmenší kulminaci odtoku. Pro tento účel stavby byla špatná zkušenost se záplavami na konci 19. století a začátku 20. století, při kterých došlo k velikým škodám. Během celého 20. století se při stavbě myslelo na opatření proti povodním. Problémem tohoto účelu je, že musí být nádrž co nejvíce prázdná, a to bývá v rozporu s jinými účely, které potřebují co nejvíce vody. Tento problém se snažili vyřešit postavením takzvané suché nádrže, kdy během normálního provozu je prázdná a lze na ni hospodařit. Velikou výhodou nádrží vychází z možnosti regulace

průtoku na vodním toku při povodních, ale i v období sucha. Uvolnění vody při suchu pomáhá udržet rostliny živočichy, kteří tok obývají (Hladný a Němec, 2006).

Přehrady jsou přirozenou součástí krajiny. Tím, že se sesouvají svahy a břehy vznikají překážky, kde se shromažďuje voda. Takto vznikají přírodní nádrže a nejvíce na geologicky různorodém území. Existují i člověkem vytvořené přehrady, které řeku rozdělují na dva úseky. Čímž dochází k zásahu do přirozeného chování a objevují se pozitivní i negativní vlivy na krajinu. Mezi vlivy můžeme zařadit například vznik nového prostředí či zvýšení vlhkosti v blízkosti nádrže (Hladný a Němec, 2006). Avšak uměle vytvořené nádrže, tedy i rybníky, pomáhají k biologické rozmanitosti (Kozawa a kol., 2014).

Existují dělení za účelem, ke kterému byly postaveny a to na:

- **Zásobní** nádrže dokáží udržet průtoky a umí regulovat odtoky dle dané situace. Regulování odtoku může být krátkodobé, dlouhodobé či s absolutním vyrovnáním.
- **Ochranné** nádrže chrání před blížící se povodní a limitují škody, které by mohly vzniknout pod nádrží (Bednárová a Lukáč, 1991). Zachytí se zde někdy celý objem vody ale i jen část povodňových průtoků. K tomuto účelu byl v nádrži postaven ovladatelný a neovladatelný ochranný prostor (Mika a kol., 1989).
- **Rybochovné** nádrže mají mít určitý obsah rozpuštěných a rozptýlených látek minerální a organické povahy. V tomto ekosystému probíhá cyklus biochemických procesů mezi minerálními látkami, vodou, půdou a organismy. Chemické vlastnosti vody ovlivňují, jaké zde budou růst vodní rostliny. Nejdůležitější jsou biogenní prvky (C, H, O, N, Ca, Mg, Fe, P, S, K).
- **Hospodářské** nádrže se staví většinou ve venkovských obcích a bývají i víceúčelové (Mika a kol., 1989). Menší nádrže zadržují vodu za účelem zvětšit množství podzemní vody při obdobích sucha. Jejich další využití spočívá k pomoci při biologickém dočišťování splašků v čistírně odpadních vod a k proti požárním účelům (Kratochvíl, 1961).
- **Rekreační** nádrže jsou velice pozorně sledovány z důvodu přísných nároků na jakost vody (Broža a Votruba, 1980; Beran, 2009).

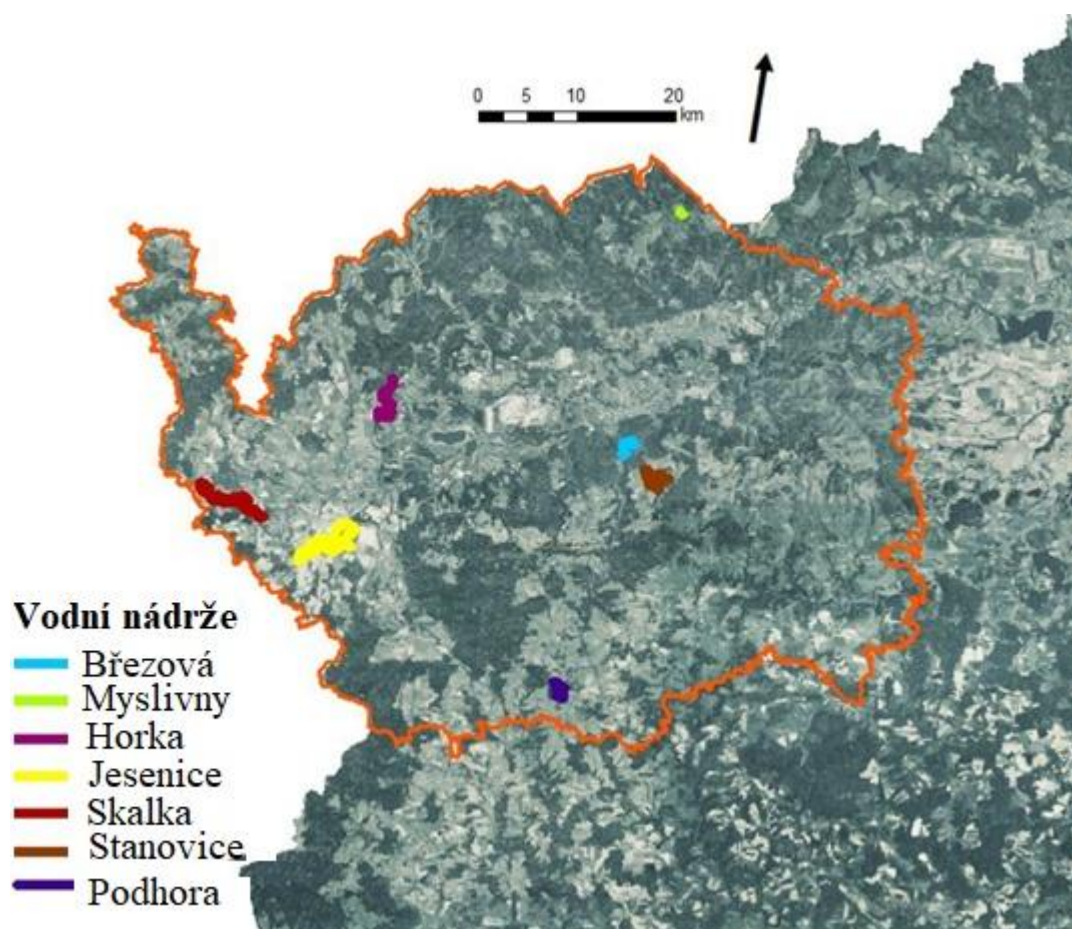
6 METODIKA

6.1 Vodní nádrže v Karlovarském kraji

V období kolonizací lidé věděli, že voda je zdroj, se kterým se musí umět hospodařit a dokázat ji uschovat na období kdy voda nebude. První nádrže vznikaly za účelem chovu ryb, kde v českých zemích došlo k rozkvětu dalších nádrží na území Čech. V 19. století došlo k rozvoji průmyslu, kde levným zdrojem byla právě vodní energie. Díky velkému rozvoji průmyslu se musely vybudovat stoky, jelikož byl potřeba prostor pro tyto stoky, došlo k velkému odlesňování. Důsledkem v tomto narušení přírody byla změna mikroklimatu v okolí a větším výskytem povodní.

Nejstarší zděná nádrž na našem území se nachází v Karlovarském kraji na Kamenném potoce u Mariánských Lázní (Kopp a kol., 2016).

Obrázek č. 5 – Poloha nádrží v kraji



Zdroj: ortofotomapa

6.1.1 Skalka

Od roku 1964 se dílo Skalka nalézá na okraji města Cheb v Chebské pánvi. Stavba začala rokem 1962 a uvedena do provozu byla 1964. Její celková zatopená plocha činí 378 ha (Povodí, 2019). Tato stavba má pomoci, spolu s nádrží Jesenice, k zlepšování průtokových poměrů na Ohři a též pro účely tepelné elektrárny či průmyslové podniky. Pomáhá chránit území pod hrází před povodněmi. Dalším využitím je například výroba elektrické energie, sportovní rybolov či rekreace neboli provozování vodních sportů. Konzumace ryb z tohoto díla je zakázána kvůli většímu množství rtuti. Každoročně se zde přemnožují sinice, čímž se znemožňuje vykoupat se v přehradě (Kopp a kol., 2016; Štefáček, 2010).

6.1.2 Jesenice

Vodní dílo Jesenice dokončené v listopadu 1961 na řece Odřavě, což je pravostranným přítokem Ohře, se nachází v jižní části Chebské pánve s plochou 760 ha (Povodí, 2019). Jen pár kilometrů od nádrže nalezneme CHKO Slavkovský les. Hlavním účelem vodního díla Jesenice, stejně jako u Skalky, je zlepšování průtokových poměrů na středním toku Ohře až po Nechranice. S touto funkcí je i spojena protipovodňová ochrana toku pod hrází a na Ohři. Významné je u nádrže Jesenice především sportovně-rekreační využití a rybolov, je však zakázán vstup pro plavidla se spalovacím motorem. Bohužel nedostatečně řešená výstavba dalších rekreačních zařízení přímo na březích nádrže, s nedostatečným čištěním vzniklých odpadních vod, způsobuje postupné zhoršování kvality vody, především v letním období (Hladný a Němec, 2006; Štefáček, 2010).

6.1.3 Horka

Horka byla postavena roku 1969 pod Krušnými horami. Zabírá plochu o rozloze 130 ha, kde leží u města Habartov na Libockém potoce. Využívá se pro účely vodárenství, k ochraně před velkými vodami a k energetickému využití odtoku v malé vodní elektrárně (Štefáček, 2010).

Hlavním účelem je akumulovat vodu pro zásobení sokolovské oblasti pitnou vodou a zajistit minimální průtok pod hrází. S kvalitou vody nejsou výraznější problémy, které ovlivňuje jakost vody v období léta.

Horka je vodárenská nádrž, která má stanovené ochranné pásmo, tedy není volně přístupná. Komunikace a prostory v okolí musí být uzavřeny i pro pěší. Vjezd do ochranného pásma I. je nepovoleným osobám zakázán (Povodí, 2019).

6.1.4 Myslivny

Myslivny leží u Božího Daru v Krušných horách na Černém potoku, celková zatopená plocha je 4,06 ha. Představuje hlavní zdroj pitné vody pro města Jáchymov a Ostrov nad Ohří. Zajímavostí je, že nejvýše položenou vodárenskou nádrží v České republice jsou právě Myslivny.

Z hlediska kvality vody je však nejproblematičtější nádrží ve správě Povodí Ohře. Zhoršení kvality vody způsobují huminové látky, TOC, CHSK-Cr, CHSK – Mn a železo, které se uvolňuje z blízkého Božídarského rašeliniště. Vyskytují se zde koliformní bakterie, které indikují lidské znečištění z odpadních vod. Zvýšené hodnoty manganu a železa tvoří také nemalý problém. Ke zlepšení kvality se plánuje odtěžit sedimenty z nádrže (Povodí, 2019). Jelikož je tato oblast v ochranném pásmu I. stupně, nelze se do tohoto okolí dostat. Nedaleko leží nejvýše položené město ve střední Evropě čili Boží Dar (1 020 m nad mořem), které turisté navštěvují v zimě (Kopp a kol., 2016).

6.1.5 Podhora

Podhora se nachází na řece Teplé v Tepelské vrchovině v CHKO Slavkovského lesa, mezi Mariánskými Lázněmi a městem Teplá. Je součástí vodohospodářské soustavy Podhora – Mariánské Lázně. Celková zatopená plocha je 95 ha a po celém obvodu obklopena lesem (Povodí, 2019). Vznik tohoto díla byl způsoben přestavbou rybníka, který byl postaven zhruba mezi 16. až 17. století. Přeměna na vodní dílo probíhala od roku 1952-1956. Hlavním úkolem této nádrže je zásobovat pitnou vodou město Mariánské Lázně a okolí, též akumulovat vodu pro zemědělství a chránit před povodněmi. Vodní dílo, které slouží jako vodárenská nádrž, je chráněno ochranným pásmem kvůli hygienickým podmínkám. Prostory v blízkosti nádrže bývají trvale uzavřeny pro pěší a nelze navštívit ani hráz (Kopp a kol., 2016; Štefáček, 2010).

Kvalita vody není nijak ohrožena. V období léta se pravidelně vyskytují sinice. Během této situace je čerpána na úpravnu vody přes vodní dílo Mariánské Lázně (Povodí, 2019).

6.1.6 Stanovice

Stanovice nalezneme asi 6 kilometrů od Karlových Varů na Lomnickém potoce. Stavba tohoto díla začala roku 1972 a dílo bylo dokončeno roku 1978. Plocha této vodní plochy činí 142 ha a řadí se mezi čtvrtou největší nádrž v Povodí Ohře. Toto dílo tvoří součást s nádrží Březová, jenž obě získávají vodu i z řeky Teplé. Je to i z důvodu dostatku vody, protože Stanovice slouží jako zásobárna pitné vody pro okres Karlovarska. Jelikož byl zásobní prostor navržen větší, je zde možnost zachytit stoletou vodu z Lomnického potoka, a tím pomoci řece Teplé.

Vedlejším účelem ovlivňuje ledový režim na toku Teplé pod jeho soutokem s Lomnickým potokem vypouštěním teplejší vody z nádrže Stanovice. Dále pro výrobu elektrické energie a účelově k hospodářství s rybami (Povodí, 2019).

Z hlediska kvality vody se nachází na skvělé pozici, neboť vyhovuje i parametrům pro kojence (Kopp a kol., 2016; Štefáček, 2010). Kvalita je závislá na množství suchých a teplých obdobích (Povodí, 2019).

6.1.7 Březová

Březová leží necelých 5 kilometrů od Karlových Varů v údolí řeky Teplé. Přípravné práce na této přehradě začali v roce 1911 po katastrofální povodni v roce 1890. Během první světové války však byly práce přerušeny a přípravné práce byly dokončeny až v roce 1924. Až v roce 1937, po zkušebním provozu, byla přehrada otevřena. Zatopená plocha se rozkládá na necelých 77 ha. Mezi roky 1997-1998 se konala celková sanace betonových konstrukcí hráze, díky tomu se stala nejstarší betonovou přehradou v České republice. Dílo je součástí vodohospodářské soustavy Stanovice – Březová. Chrání město Karlovy Vary před povodněmi a zajišťuje časté proplachování koryta pod hrází (Kopp a kol., 2016).

Kvalita vody není nijak výrazněji poškozována. V období léta se zde mohou vyskytovat řasy a sinice, které omezují rekreační využití. Plavidla se spalovacím motorem jsou na této nádrži zakázána (Povodí, 2019).

6.2 Odběr vzorků

Pověřené osoby odebírají vzorky do předem připravených čistých vzorkovnic, které jsou vyrobeny z polyethylenového nebo skleněného materiálu. V některých případech se využívají obě vzorkovnice a někdy jen jedna z nich. Velmi záleží na vzorku, který odebíráme. Z hlediska množství bývá lepší mít větší objem z důvodu opakování některých měření (Horáková a kol., 1989).

Vzorky zkoumané pro účely k této bakalářské práci byly odebírány od roku 2014 do roku 2018.

6.3 Dokumentace vzorků

Každý vzorek musí obsahovat tyto údaje

- Označení štítkem na vzorkovnici (číslo vzorku, jméno vzorkaře, místo, datum a hodina odběru)
- Zápis v deníku vzorků (účel, odběrové místo, jméno a adresu osoby na daném místě, typ, označení, distribuci do laboratoří, měření prováděná na místě, jméno odpovědné osoby a její podpis)
- Záznam při případné manipulaci se vzorkem (za jakým účelem, po jakou dobu)
- Požadavek na analýzu vzorku
- Průvodní list neboli protokol o odběru vzorku (Čurdová a kol., 2010).

6.4 Chyby při vzorkování

Při odběru, úpravě i v průběhu analýzy mohou vznikat chyby, které ovlivní konečné výsledky. Tyto chyby jsou buď náhodné, nebo systematické. Pod náhodnou chybou si lze představit náhodně vzniklé chyby, či působení velkého množství malých příčin. Tato chyba se však každým dalším měřením mění blíže k průměrné hodnotě a dochází k přiblížení k nule při zvyšujícím se počtu opakovaných měření. Naopak u systematických chyb nedochází opakovaným měřením k přiblížení se k nule a bývá vychýlení od očekávaného výsledku. Chyby mohou vznikat už při odběru vzorků, úpravě i během vlastní analýzy. Při odběru Pracovníci odebrali vzorek pouze na povrchu, a tím může dojít k odlišnosti výsledků mezi prostorem dna a na povrchu. Předejít těmto chybám lze správným dodržováním zásad při odběru vzorků (Čurdová a kol., 2010).

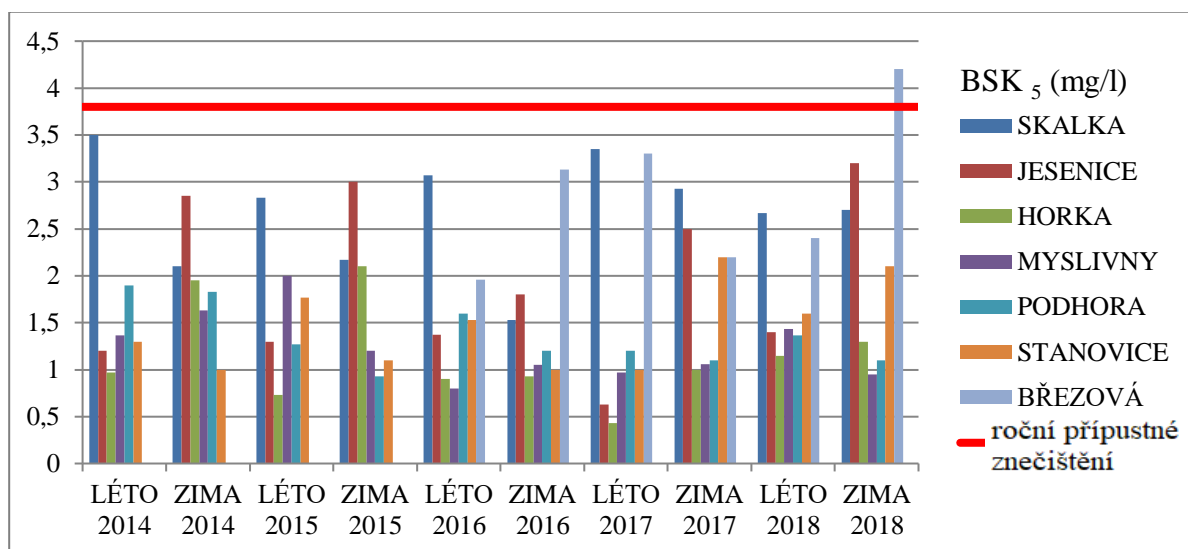
6.5 Výsledky dat

6.5.1 BSK₅

Roční přípustné znečištění podle zákona 401/2015 Sb. je stanoveno na 3,8 mg/l. Nádrž Březová jako jediná přesahuje danou hranici o 0,4 mg/l v období zimy 2018.

V laboratoři se biochemická spotřeba kyslíku po n dnech stanoví elektrochemicky (Povodí, 2019).

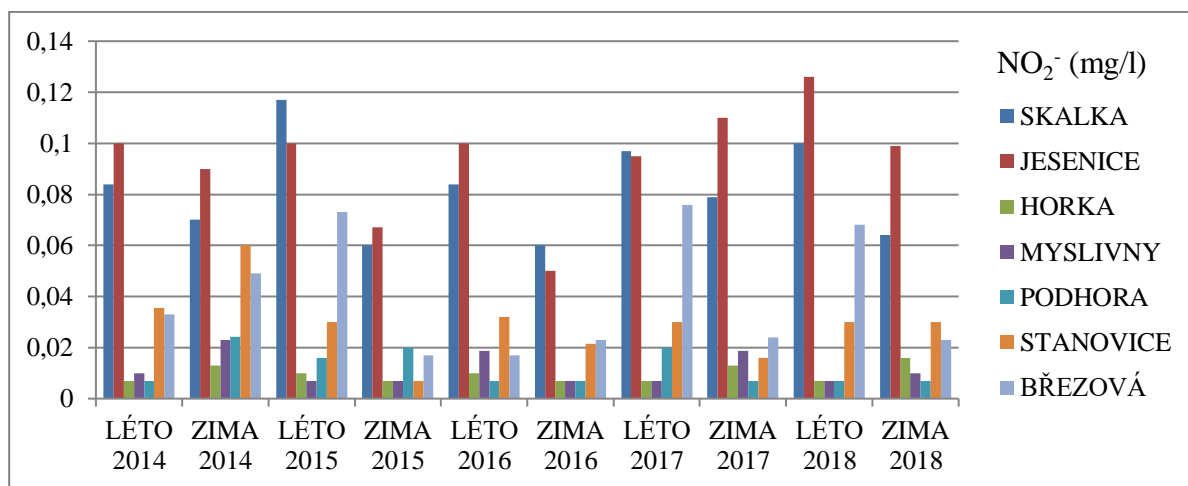
Graf č. 1 – koncentrace BSK₅ (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.2 Dusitany

Obsah dusičnanů podle zákona 252/2004 Sb. pro pitnou vodu je stanoven na 0,5 mg/l jako nejvyšší mezní hodnota. Žádný vzorek se k této hranici nepřiblížil.

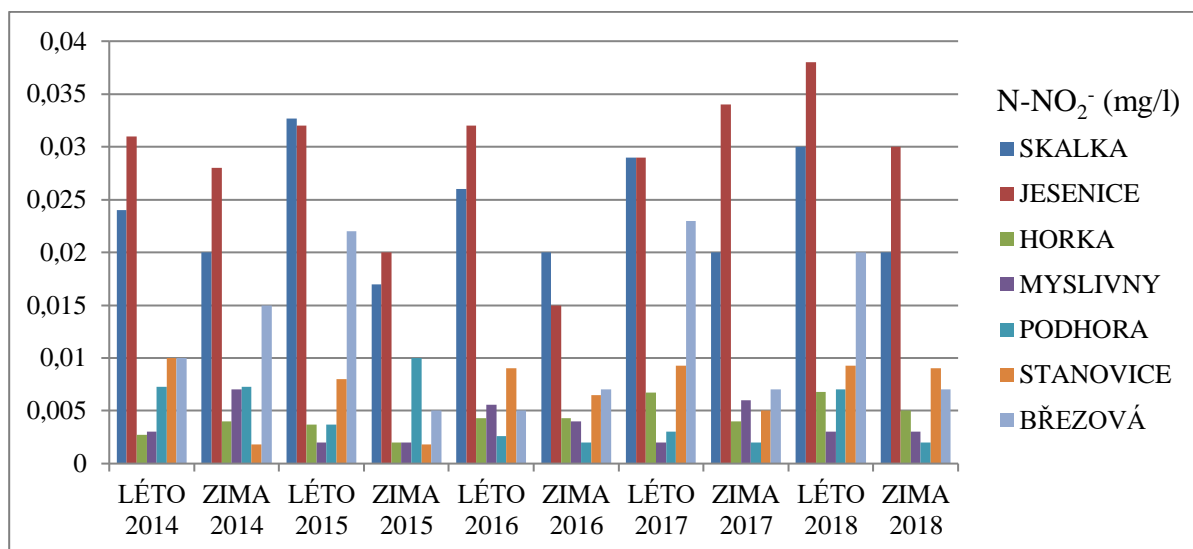
Graf č. 2 – koncentrace dusitanů (Povodí Ohře, státní podnik)



Dusitanový dusík

Stanovení dusitanového dusíku pomocí diskretní spektrofotometrie a dusitanů výpočtem z naměřených hodnot (Povodí, 2019). Dle nařízení vlády 401/2015 Sb. je stanovena hodnota 0,08 mg/l pro lososové vody a pro kaprové 0,12 mg/l.

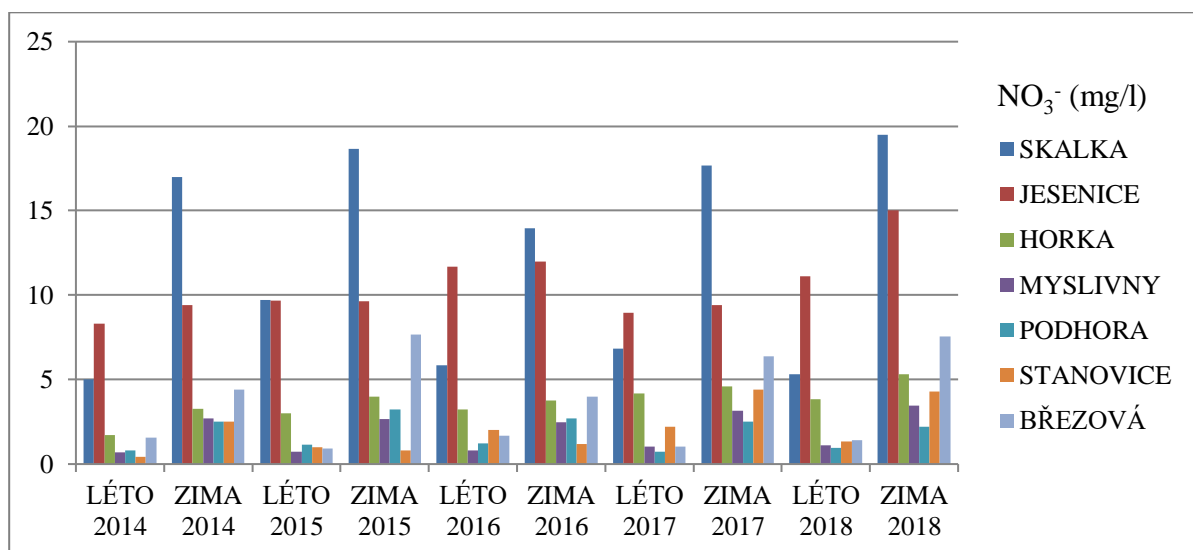
Graf č. 3 – koncentrace dusitanového dusíku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.3 Dusičnany

Koncentrace velice závisí na vegetačním obdobím, neboť dusičnany jsou významným zdrojem živin pro vegetaci. Na jaře a v létě jsou více látky spotřebovávány než v období podzimu a zimy (Langhammer, 2002). Pro pitnou vodu dle vyhlášky 252/2004 Sb. je nejvyšší mezní hodnota stanovena na 50 mg/l.

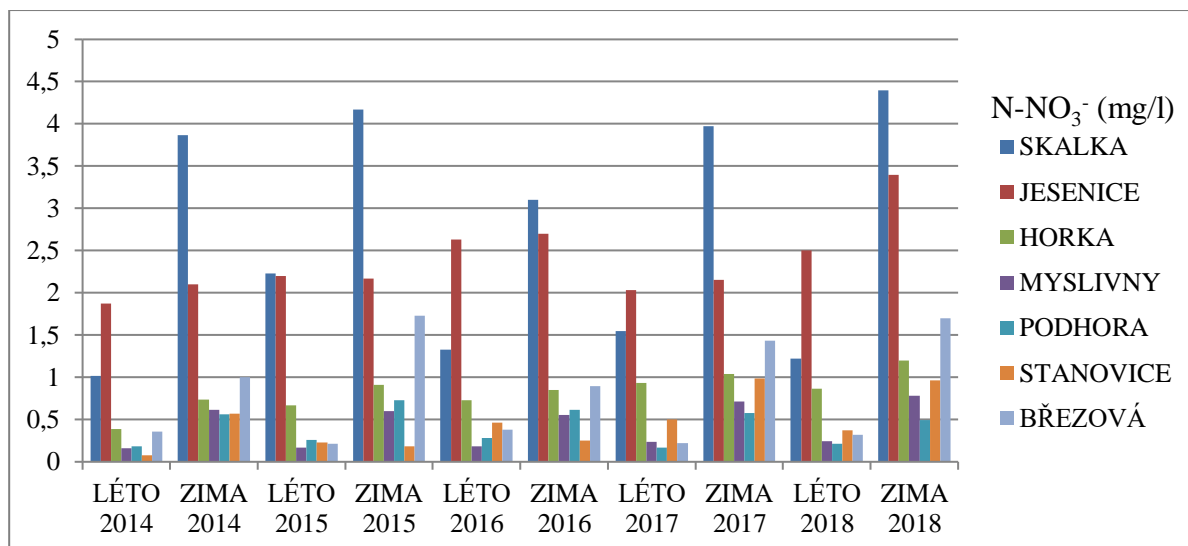
Graf č. 4 – koncentrace dusičnanů (Povodí Ohře, státní podnik)



Dusičnanový dusík

Stanovení dusičnanového dusíku pomocí diskretní spektrofotometrie a dusičnanů výpočtem z naměřených hodnot, včetně výpočtu obsahu anorganického a organického dusíku (Povodí, 2019). Roční průměrné přípustné znečištění podle nařízení vlády 401/2015 Sb. je stanovena na 5,4 mg/l.

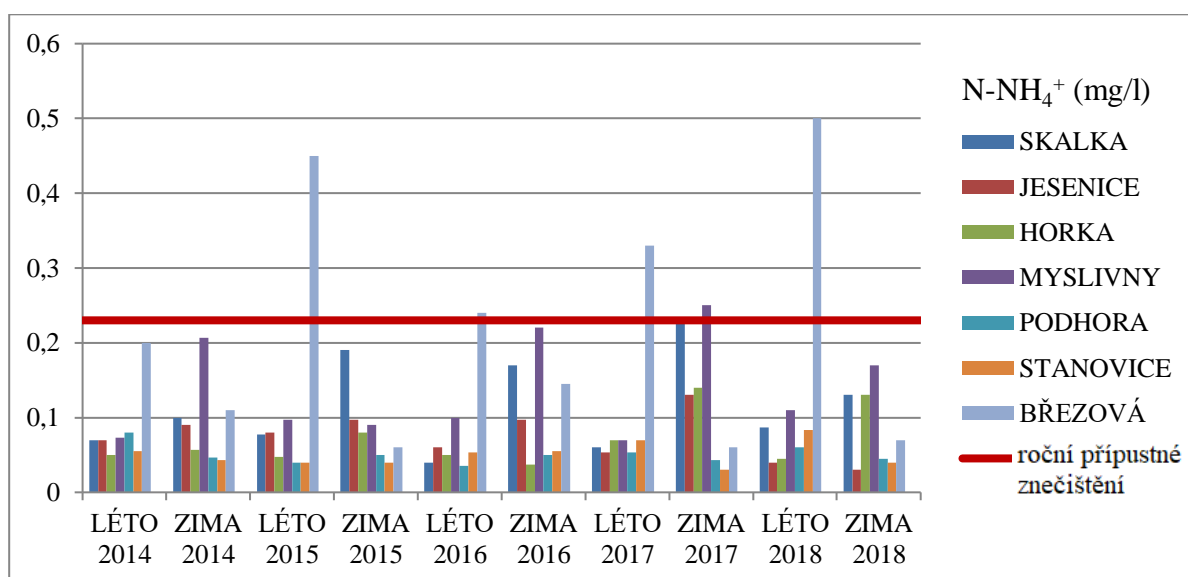
Graf č. 5 – koncentrace dusičnanového dusíku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.4 Amoniakální dusík

Stanovení pomocí diskretní spektrofotometrie a amonných iontů výpočtem z naměřených hodnot (Povodí, 2019). Roční průměrné přípustné znečištění dle Nařízení vlády 401/2015 Sb. je koncentrace určena na 0,23 mg/l.

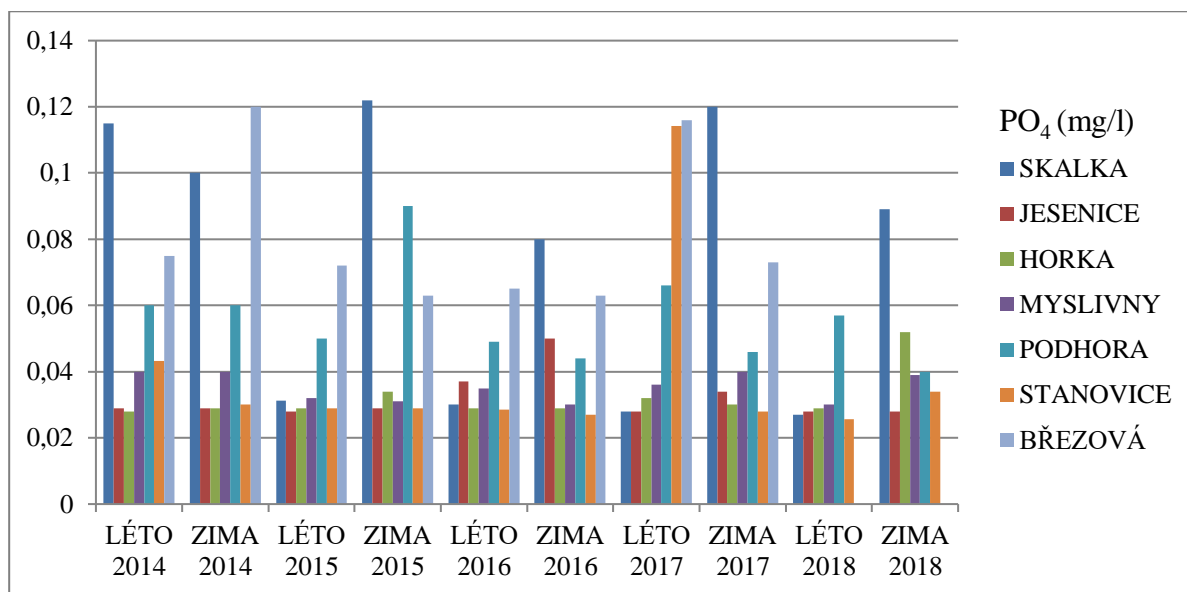
Graf č. 6 – koncentrace amoniakálního dusíku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.5 Fosforečnany (PO₄)

Fosforečnany lze zjistit pomocí diskrétní spektrofotometrie a výpočtem z naměřených hodnot (Povodí, 2019). Roční průměrné přípustné znečištění pro celkový fosfor stanovilo nařízením vlády 401/2015 Sb. na hodnotu 0,15 mg/l. Vyšší koncentrace byly v nádržích Skalka, Podhora a Březová. V létě 2017 byla i vyšší koncentrace v nádrži Stanovice.

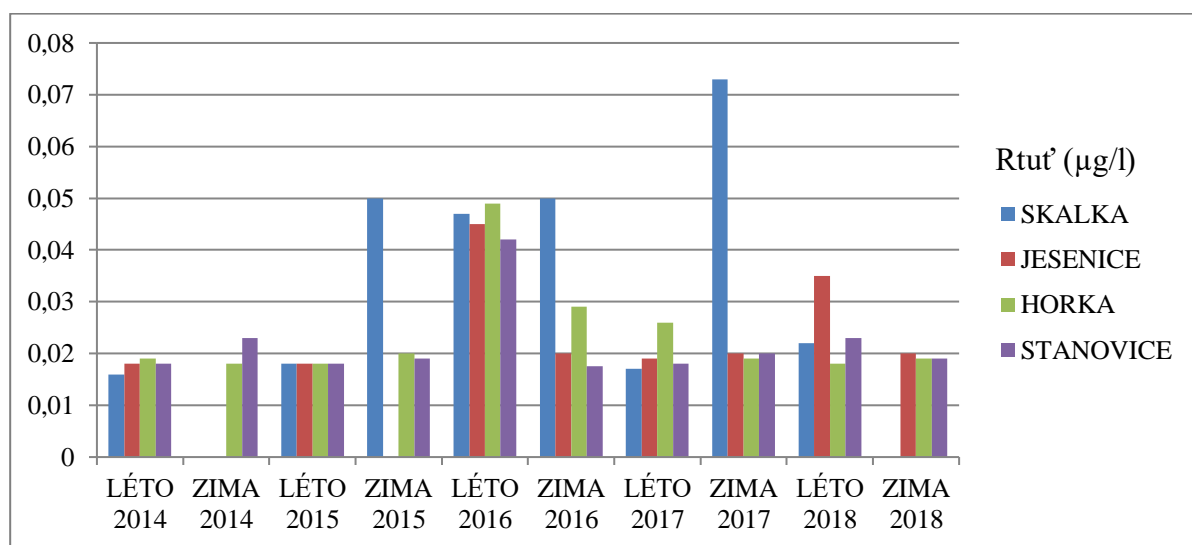
Graf č. 7 – koncentrace fosforečnanů (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.6 Rtuť

Veškerou rtuť lze určit jednoúčelovým atomovým spektrofotometrem AMA 254 SAA 02 nebo metodou atomové fluorescenční spektrometrie SAA 04 (Povodí, 2019). Pro pitnou vodu je nejvyšší mezní hodnota rtuti stanovena na 1 µg/l.

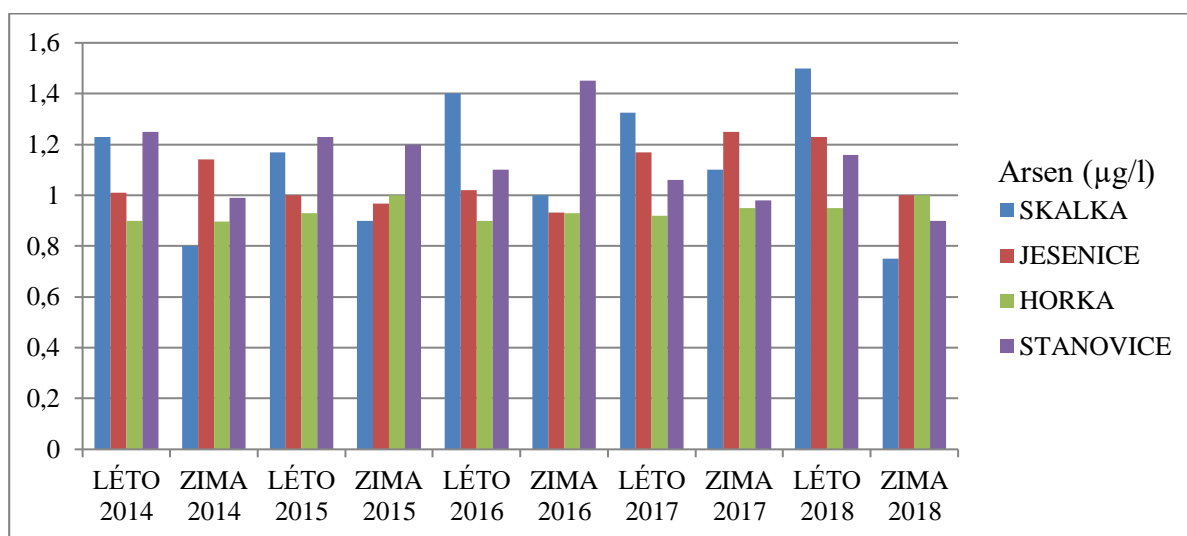
Graf č. 8 – koncentrace rtuti (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.7 Arsen

Využívá se k zjištění atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP AES) nebo metoda hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-PS) (Povodí, 2019). Přípustné znečištění pro hodnocení, zda povrchová voda vyhovuje užívání k úpravě na vodu pitnou, byla stanovena na hodnotu 5 µg/l. Dále dle 401/2015 Sb. norma environmentální kvality určila hodnotu 11 µg/l.

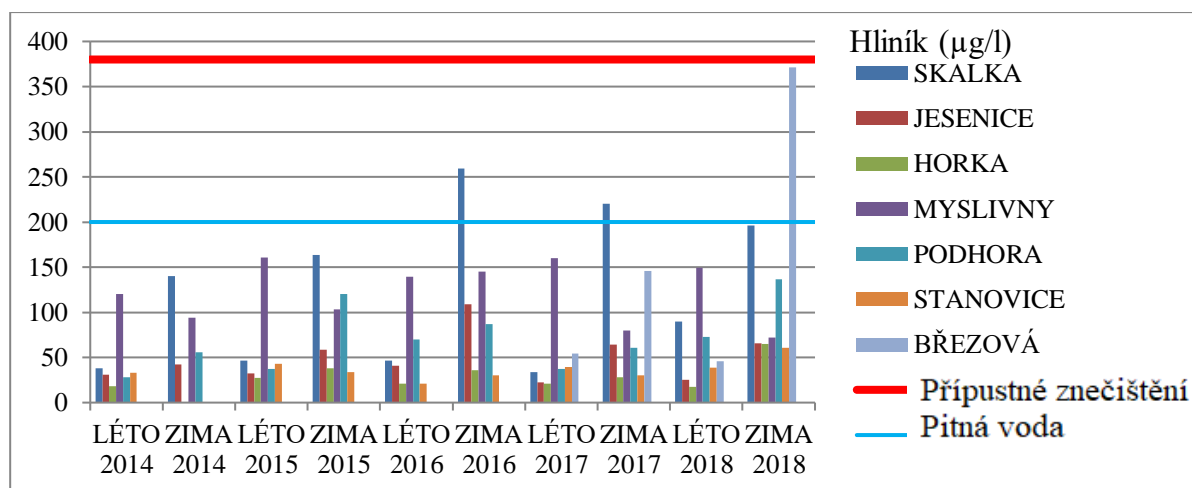
Graf č. 9 – koncentrace arsenu (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.8 Hliník

Využívá se k zjištění atomová emisní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP AES) nebo metoda hmotnostní spektrometrie (ICP-PS) (Povodí, 2019). Pro hodnocení, zda vyhovuje povrchová voda k úpravě na vodu pitnou je přípustné znečištění stanoveno na 380 µg/l.

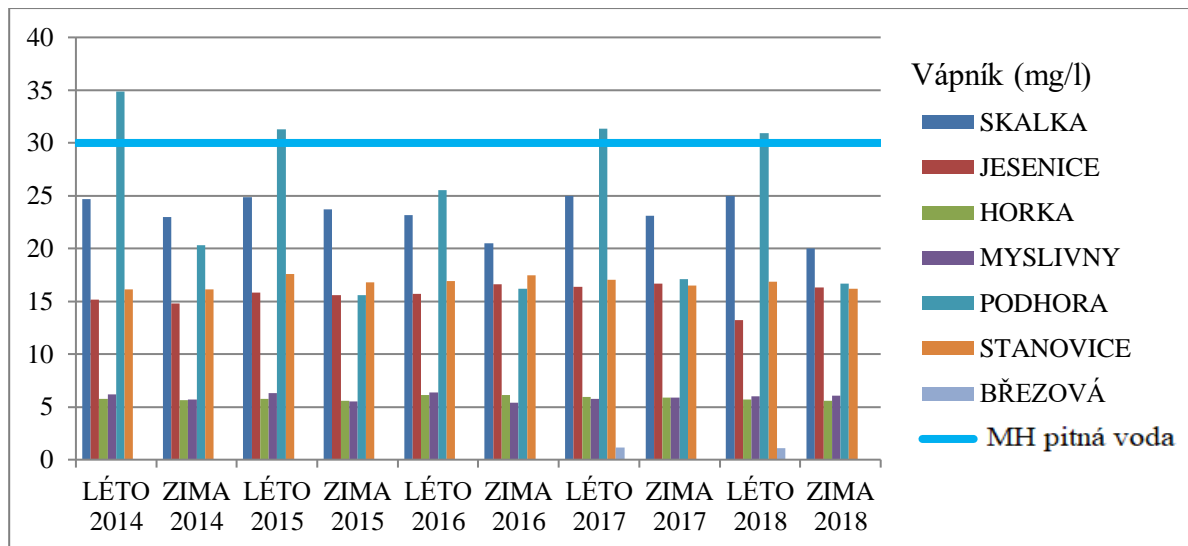
Graf č.10 – koncentrace hliníku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.9 Vápník

Vápník je stanoven stejným způsobem jako arsen. Roční průměrné přípustné znečištění dle nařízení vlády 401/2015 Sb. stanovili na hodnotu 190 mg/l. Mezní hodnota dle vyhlášky 252/2004 Sb. pro pitnou vodu je 30 mg/l a doporučená hodnota mezi 40–80 mg/l.

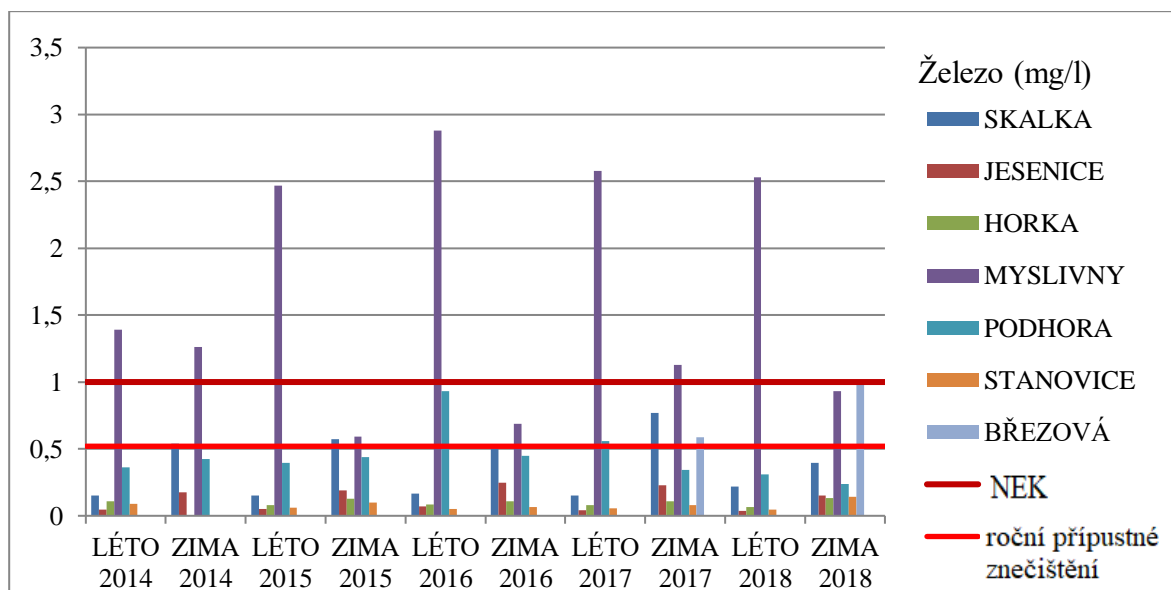
Graf č. 11 – koncentrace vápníku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.10 Železo

Norma environmentální kvality dle nařízení vlády 401/2015 Sb. je stanovena na 1 mg/l. Pro hodnocení, jestli vyhovuje povrchová voda k úpravě na vodu pitnou je hodnota 0,52 mg/l.

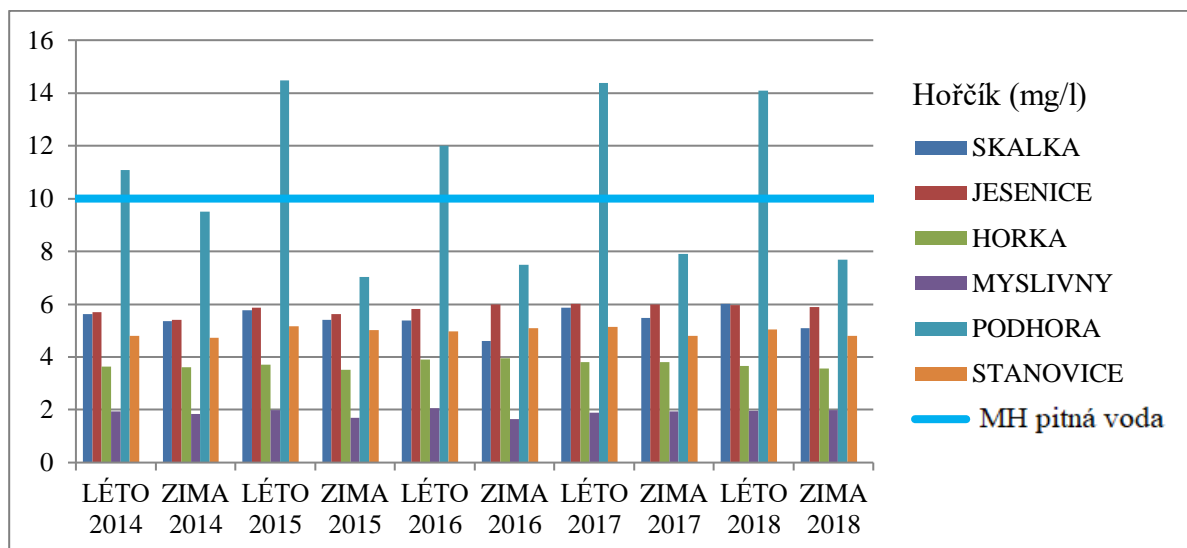
Graf č. 12 – koncentrace železa (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.11 Hořčík

Hořčík je stanoveno stejným způsobem jako arsen. Vyhláška 252/2004 Sb. stanovila mezní hodnotu pro pitnou vodu na 10 mg/l a doporučenou hodnotu 20-30 mg/l.

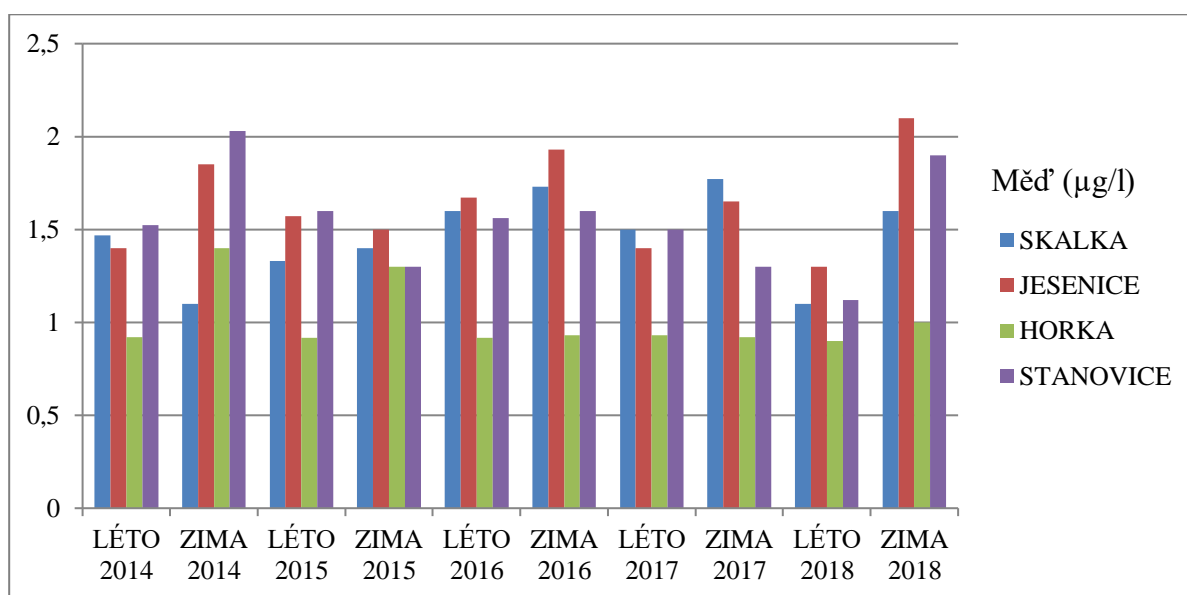
Graf č. 13 – koncentrace hořčíku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.12 Měď

Lze stanovit atomovou emisní spektrometrií (ICP AES) a metodou hmotnostní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) (Povodí, 2019). Nařízení vlády 401/2015 Sb. určil hodnotu mědi na 14 µg/l jako normu environmentální kvality.

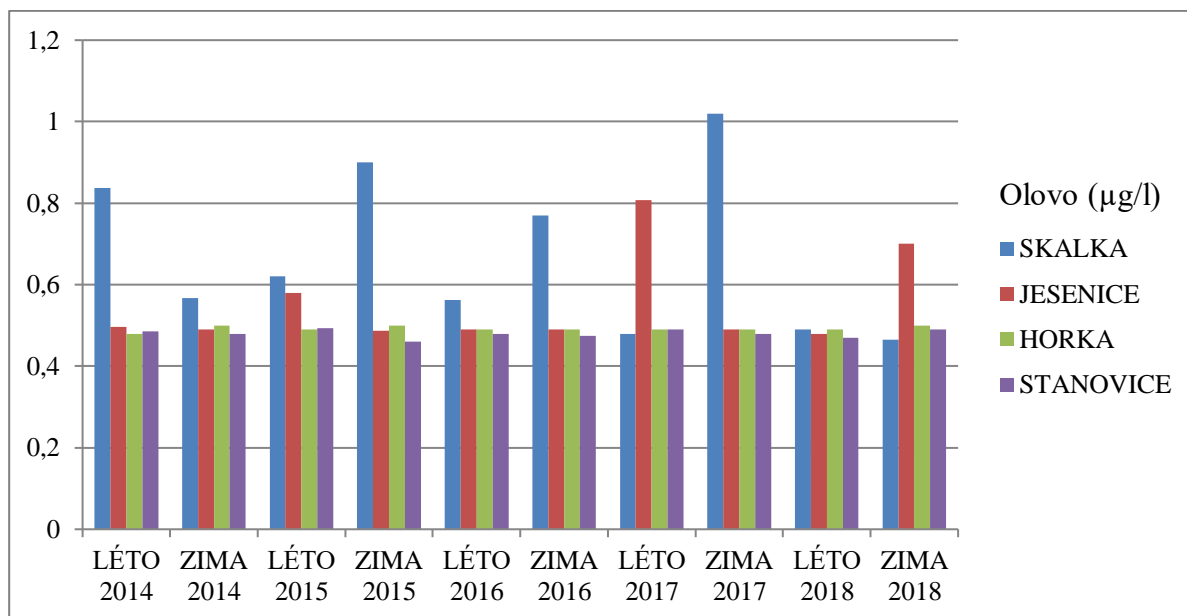
Graf č. 14 – koncentrace mědi (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.13 Olovo

Olovo lze stanovit hmotnostní i atomovou emisní spektrometrií s indukčně vázaným plazmatem (Povodí, 2019). Nařízení vlády 401/2015 Sb. určil celoroční průměrnou hodnotu olova na 1,2 µg/l.

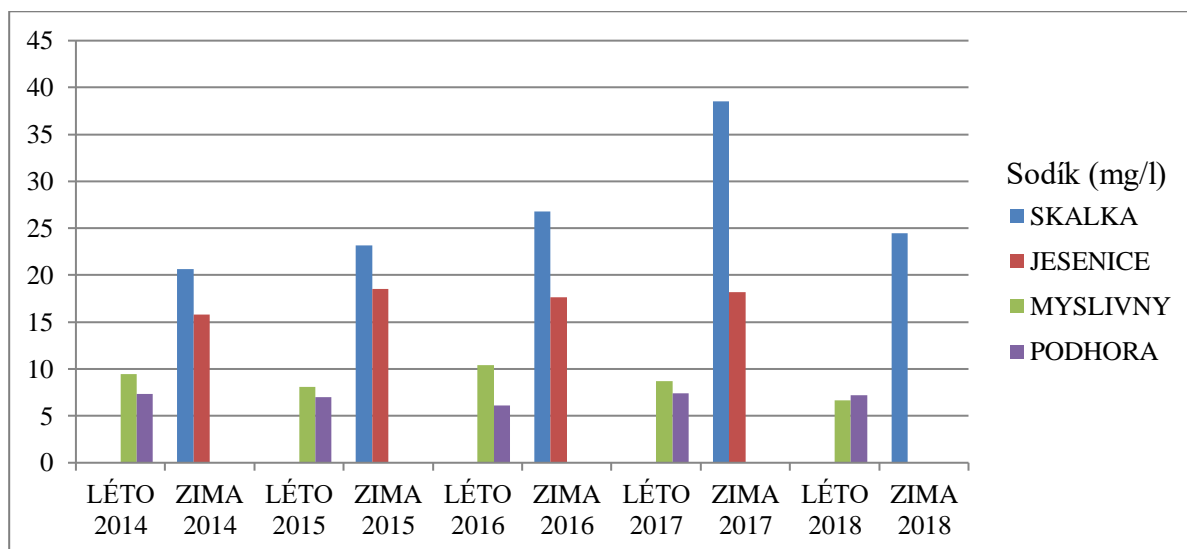
Graf č. 15 – koncentrace olova (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.14 Sodík

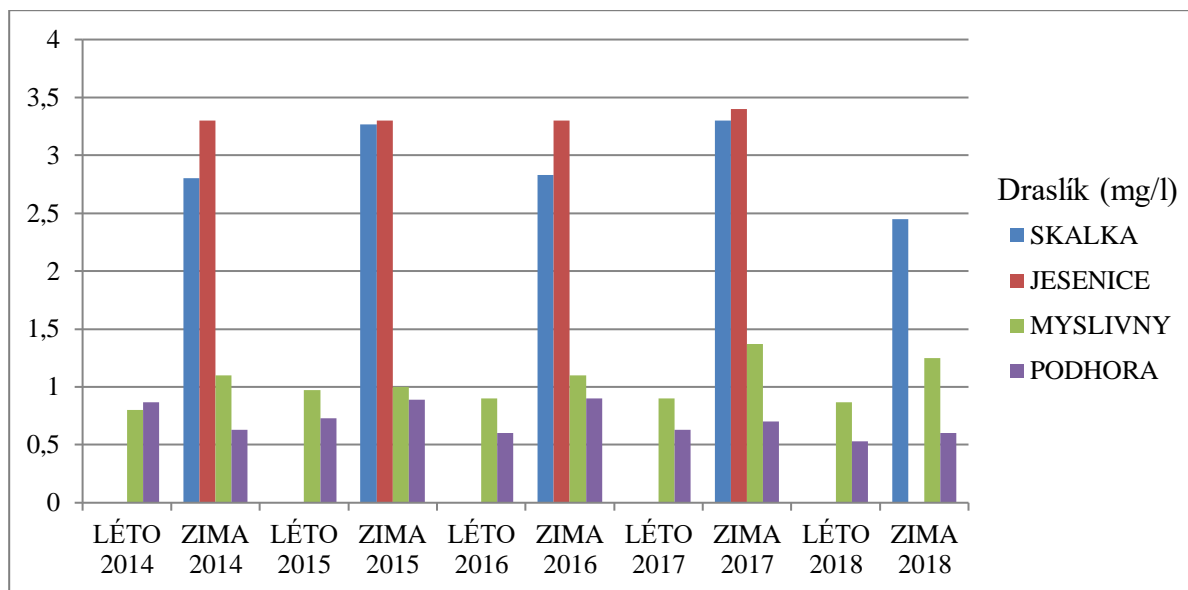
Sodík byl zkoumán pouze ve čtyřech nádržích. V období léta byly zjištěny koncentrace v nádržích Myslivny a Podhora. Ve Skalce a Jesenici odebrali vzorky vody jen v zimním období. Mezní hodnota ukazatele pitné vody vyhlášky 252/2004 Sb. byla stanovena na hodnotu 200 mg/l.

Graf č. 16 – koncentrace sodíku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.15 Draslík

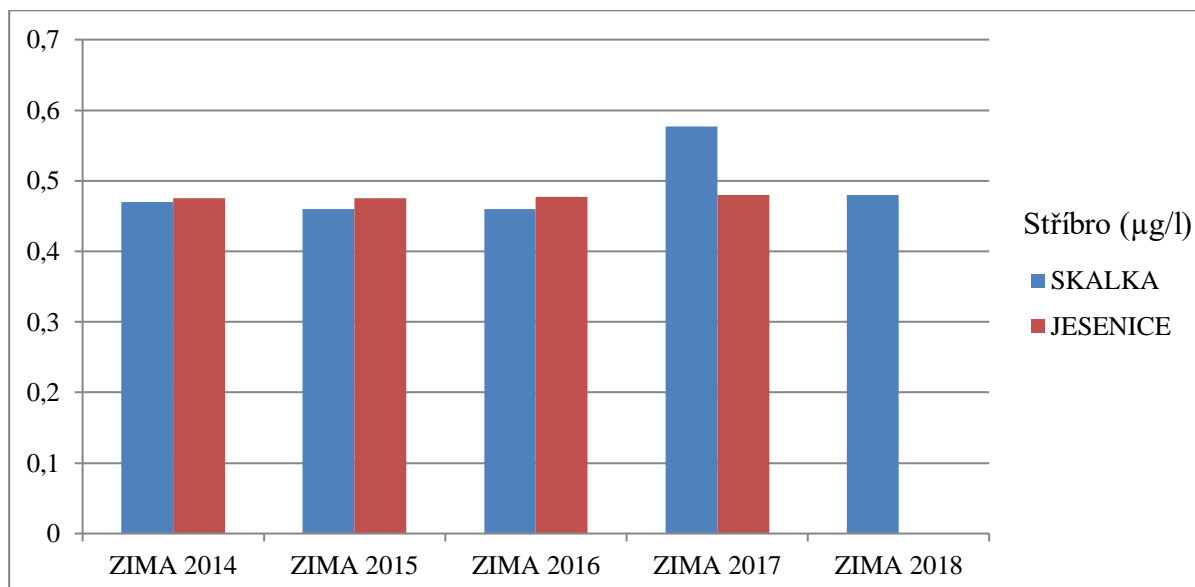
Graf č. 17 – koncentrace draslíku (Povodí Ohře, státní podnik)



6.5.16 Stříbro

Celoroční průměrná hodnota neboli norma environmentální kvality dle nařízení vlády 401/2015 Sb. je stanovena na hodnotu 3,5 µg/l.

Graf č. 18 – koncentrace stříbra (Povodí Ohře, státní podnik)



7 DISKUZE

Kvalita povrchových vod ve vodních nádržích v Karlovarském kraji z hlediska chemických látek není vůbec špatná. Porovnávala jsem chemické látky v nádržích v období léta a zimy od roku 2014 do roku 2018.

Hodnoty z Nařízení vlády 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 jsou počítány jako roční průměrné znečištění. Pokud nějaká látka je v období zimy nebo léta vyšší než limit podle Nařízení vlády 401/2015 Sb. neznamená to hned, že voda je nekvalitní. Pouze sem tímto chtěla zmínit v jakém ročním období byla zvýšená koncentrace.

V zimě 2018 byla koncentrace biochemické spotřeby kyslíku za 5 dní o 0,4 mg/l větší oproti přípustnému znečištění dle 401/2015 Sb., která je stanovena na limit 3,8 mg/l za rok.

Největší koncentrace amoniakálního dusíku se vyskytují v nádrži Březová v období léta. Což může vést k rozvoji řas a sinic.

Všechny ostatní prvky jsou z hlediska 401/2015 Sb. v normě kromě železa. Dle Nařízení vlády má být norma environmentální kvality na hodnotě 1 mg/l. Pro hodnocení, jestli vyhovuje povrchová voda k úpravě na vodu pitnou je hodnota 0,52 mg/l všechny nádrže tyto podmínky splňují až na nádrž Myslivny. Myslivny zásobují pitnou vodou města Jáchymov a Ostrov nad Ohří. Zdrojem železa v této nádrži je Božídarské rašeliniště. Povodí Ohře s.p. plánuje v nádrži odtěžit sedimenty, aby se zlepšila kvalita vody.

8 ZÁVĚR

Bakalářská práce „Kvalita povrchových vod v Karlovarském kraji“ je zaměřena na sedm vodních nádrží, které spravuje Povodí Ohře státní podnik.

První část je věnována vodě. Kapitola vod a chemismus jsou popsány s pomocí dostupné odborné literatury a vědeckých článků. V rešerši naleznete popis vod na Zemi v podobě srážek, dále vodu v České republice. V další části je definován chemismus povrchových vod v rámci popisu chemických látek, kterých se týkají grafy ve výsledcích práce. Zmíněna je zde i klasifikace kvality vod podle normy ČSN 75 7221.

Druhá část je zaměřena na popis Karlovarského kraje a vodních nádrží, které jsou sledovány od roku 2014 do 2018 v období léta a zimy. Poté jsou zde definovány odběry a dokumentování vzorků i chyby, které při tomto procesu mohou vznikat. V poslední části metodiky lze najít grafy výsledných koncentracích rozdělených podle chemických látek.

Zkoumanými látkami byly BSK₅, dusitany, dusičnany, fosforečnany. Dále jsem porovnávala jednotlivé koncentrace prvků rtuti, arsenu, hliníku, vápníku, železa, hořčíku, mědi, olova, sodíku, draslíku a stříbra.

Na koncentrace většiny látek má vliv antropogenní činnost a u některých látek koncentraci ovlivňuje poloha nádrže vyskytující se blízko rašeliniště. Takovým případem je nádrž Myslivny, která je v blízkosti Božídarského rašeliniště, ze kterého se v nádrži usazuje větší množství železa.

Kvalita vod může během několika let být limitujícím faktorem, který ve velkém ovlivní kvalitu lidského života a vývoj fauny a flory.

9 PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

A Odborné publikace (odborné knihy, monografie, články v odborných periodikách, kapitoly v knize, články ve sbornících)

ARNOLD W. A., BREZONIK P. L., 2011: *Water Chemistry: an introduction to the chemistry of natural and engineered aquatic systems*. Oxford University Press, New York, 809 s., ISBN 978-0-19-973072-8.

BAUDIŠOVÁ D., HANSLÍK E., MIČANÍK T., NĚMEJCOVÁ D., 2017: *Klasifikace kvality povrchových vod*. Časopis Vodohospodářské technicko-ekonomické informace (VTEI) roč. 59, č. 6, str. 4-11, ISSN 0322-8916.

BEDNÁROVÁ E., LUKÁČ M., 1991: *Nádrže a vodohospodářské soustavy*. Slovenská technická univerzita, Stavební fakulta, Bratislava, 277 s., ISBN 80-227-0376-1.

BENEŠOVÁ L., KOMÍNKOVÁ D., ŠTASTNÁ G., 2014: *Úprava pitných a čištění odpadních vod*. Praha citováno 17. 2. 2019
Dostupné z: <https://projekty.czu.cz/mod/forum/discuss.php?d=1901>

BERAN J., 2009: *Základy vodního hospodářství*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 146 s., ISBN 978-80-213-1875-5.

BRATRYCH V. [ed], 2005: *Živel voda: člověk, příroda, technika, životní prostředí*. Koniklec, Praha, 293 s., ISBN 80-902606-6-7.

BROŽA V., VOTRUBA L., 1980: *Hospodaření s vodou v nádržích 2. přepracované vydání*. SNTL, Praha, 443 s.

ČERMÁK J., JANČÁK V., KASTNER J., KOPAČKA L., KRAJÍČEK L., KUHNLOVÁ H., ŘEHÁK D., TOMEŠ J., 2004: *Geografie – Česká republika*. SPN – pedagogické nakladatelství a.s., Praha, 88 s., ISBN 80-7235-266-0.

ČERMÁKOVÁ E., KOCHOVÁ T., MERTL J., MYŠKOVÁ T., POKORNÝ J., ROLLEROVÁ M., VLČKOVÁ V., 2017: *Zpráva o životním prostředí v Karlovarském kraji 2017*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 49 s., ISBN 978-80-87770-54-2.

ČERMÁKOVÁ E., KOCHOVÁ T., MERTL J., MYŠKOVÁ T., POKORNÝ J., ROLLEROVÁ M., VLČKOVÁ V., 2017: *Zpráva o životním prostředí České republiky 2017*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 66 s., ISBN 978-80-87770-67-2.

ČERVINKA P., 2005: *Ekologie a životní prostředí: učebnice pro střední a odborné školy a učiliště*. Nakladatelství České geografické společnosti, Praha, 118 s., ISBN 80-86034-63-1.

ČURDOVÁ E., HELÁN V., HORÁLEK V., ŠEVČÍK J., 2010: *Vzorkování I – obecné zásady*. Vydal Václav Helán, Český Těšín, 131 s., ISBN 978-80-86380-83-7.

DEMEK J., VOŽENÍLEK V., VYSOUDIL M., 2001: *Geografie fyzicko-geografická část*. SPN – pedagogické nakladatelství a.s., Praha, 96 s., ISBN 80-85937-73-5.

GRAY T. W., 2012: *Prvky - obrazový průvodce všemi známými atomy ve vesmíru* [z anglického originálu přeložila Růžena Žaludová; originál: The elements]. Slovart, Praha, 240 s., ISBN 978-80-7391-544-5.

HLADNÝ J., NĚMEC J.[eds], 2006: *Voda v České republice*. Consult, Praha, 256 s., ISBN 978-80-903482-1-1.

HORÁKOVÁ M., LISCHKE P., GRÜN WALD A., 1989: *Chemické a fyzikální metody analýzy vod 2*. Vydání. SNTL, Praha, 389 s.

HRÁDEK F., KUŘÍK P., 2008: *Hydrologie*. Česká zemědělská univerzita, Praha, 280 s., ISBN 978-80-213-1744-4.

HRNČIAROVÁ T., MACKOVČIN P., ZVARA I.[eds], 2009: *Atlas krajiny České republiky*. MŽP Průhonice, VÚKOZ, 332 s., ISBN 978-80-85116-59-5.

JŮVA K., HRABAL A., PUSTĚJOVSKÝ R., 1980: *Malé vodní nádrže*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 271 s.

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

KARAS F., LANDA S., 1952: *Jakost a úprava vod*. Technicko-vědecké vydavatelství. Praha, 197 s.

KEMEL M., 1996: *Klimatologie, meteorologie, hydrologie*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 289 s., ISBN 80-01-01456-8.

KLECZEK J. [ed], 2011: *Voda ve vesmíru, na zemi, v životě a v kultuře*. Nakladatelství Radioservis, Praha, 665 s. ISBN 978-80-86212-98-2.

KODEŠ V., LEONTOVYČOVÁ D., 2008: *Jakost vody v ČR*. Vesmír 87 2008/11: 771-773.

KOPP J., KŘIVÁNEK J., NĚMEC J., 2016: *Vodní díla v České republice*. Consult, Praha, 255 s., ISBN 978-80-905159-1-8.

KOTLÍK B., RŮŽIČKOVÁ K., 1999: *Chemie v kostce 1. díl*. Nakladatelství FRAGMENT, Havlíčkův Brod, 119 s., ISBN 80-7200-337-2.

KOVALČÍKOVÁ T., 2004: *Obecná a anorganická chemie*. Nakladatelství Pavel Klouda, Ostrava, 120 s., ISBN 80-86369-10-2.

KOZAWA G., MITSUO Y., TSUNODA H., YUMA M., 2014: *Response of the fish assemblage structure in a small farm pond to management dredging operations*. Agriculture, Ecosystems & Environment, 188 volume, 93-96 s.

KRATOCHVÍL S., 1961: *Vodní nádrže a přehrady*. Nakladatelství Československé akademie věd 1. vydání, Praha, 956 s.

KREŠL J., 2001: *Hydrologie*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno, 128 s., ISBN 80-7157-513-5.

KROUPOVÁ K. H., MACHOVÁ J., VALENTOVÁ O., 2013: *Základy hydrochemie – návody pro laboratorní cvičení*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Vodňany, 123 s., ISBN 978-80-87437-9.

LANGHAMMER J., 2002: *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana*. Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha, 225 s., dostupné z: http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf.

MAJER V., HRUŠKA J., ZOULKOVÁ V., HOLEČKOVÁ P., MYŠKA O., 2012: *Atlas chemismu povrchových vod České republiky*. Česká geologická služba, Praha, 104 s., ISBN 978-80-7075-780-2.

MERTL J., MYŠKOVÁ T., PERNICOVÁ H., POKORNÝ J., PONOCNÁ T., ROLLEROVÁ M., VLČKOVÁ V., 2016: *Zpráva o životním prostředí v Karlovarském kraji*. Ministerstvo životního prostředí, Praha, 49 s., ISBN 978-80-87770-36-8.

MEZŘICKÝ V. [ed], 2003: *Globalizace*. Národní knihovna ČR, Praha, 152 s., ISBN 80-7178-748-5.

MIKA Z., ŠÁLEK J., TRESOVÁ A., 1989: *Rybníky a účelové nádrže*. Nakladatelství technické literatury, Praha, 272 s., ISBN 80-03-00092-0.

PITTER P., 1990: *Hydrochemie 2. vydání*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 568 s., ISBN 80-03-00525-62.

PITTER P., 2009: *Hydrochemie 4. vydání*. Vydavatelství VŠCHT, Praha, 592 s., ISBN 978-80-7080-701-9.

PLECHÁČ V., 1989: *Voda problém současnosti a budoucnosti*. Svoboda, Praha, 327 s., ISBN 80-205-0096-0.

SYNÁČKOVÁ M., 1994: *Čistota vod*. Vydavatelství České vysoké učení technické, Praha, 208 s., ISBN 80-01-01083-X.

ŠTEFÁČEK S., 2010: *Encyklopedie vodních ploch Čech, Moravy a Slezka*. Libri, Praha, 367 s., ISBN 978-80-7277-440-1.

ŠVORC L., ŠVORCOVÁ V., 2006: *České řeky a říčky*. Knihovna Jana Drdy, Příbram, 265 s., ISBN 80-86937-11-9.

TESAŘÍK I., 1985: *Vodárenství*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 487 s.

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

ZEMAN L., 2017: *Městečka na dlani Karlovarský kraj*. FOIBOS BOOKS s.r.o., Praha, 173 s., ISBN 978-80-87073-95-7.

ŽÁČEK L., 1998: *Hydrochemie*. Vysoké učení technické, nakladatelství VUTIUM, Brno, 80 s., ISBN 80-214-1167-8.

B Legislativní zdroje (zákon, vyhláška, norma)

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

Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.

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.

ČSN 75 7221: *Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod*. Český normalizační institut, Praha, 1998. 12 s.

C Internetové zdroje (neodborné, nevědecké)

Milvit Water, ©2019: Odstranění dusičnanů. *Úprava vody* (online) [cit. 2019.03.11], dostupné z: <https://www.upravyvody.cz/odstraneni-dusicnanu.html>.

POVODÍ OHŘE, ©2019: *Příloha osvědčení o akreditaci* (online) [cit. 2019.03.14], dostupné z: https://www.poh.cz/assets/File.ashx?id_org=200341&id_dokumenty=1252.

SOVOVÁ L., ©2017: *Chemické látky ve vodě* (online) [cit. 2019.03.12], dostupné z: <https://www.veronica.cz/chemicke-latky-ve-vode>.

SUŠIENKOVÁ Z., ZAHŘÁDKA V., ©2017: *Kvalita vody v Bilině a návrhy opatření k jejímu zlepšení* (online) [cit. 2019.03.14], dostupné z: http://www.poh.cz/assets/File.ashx?id_org=200341&id_dokumenty=1096.

D Ostatní zdroje (projektové dokumentace, metodické návody, příručky, bakalářské či diplomové práce, informační brožury, manuály)

ZAHAJSKÝ P., © 2009: *Tematický atlas Karlovarského kraje*. Libertas a.s., Praha, 25 s.

10 ZDROJE OBRAZKŮ A TABULEK

Obrázek č. 1 - Koloběh dusíku v přírodě (CÍLEK V., *Nový problém: globální cyklus dusíku* (online) [cit. 2019.03.21], dostupné z <<https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2007/cislo-6/novy-problem-globalni-cyklus-dusiku.html>>).

Obrázek č. 2 - Jakost vody v tocích ČR, 1991-1992 (VÚV-TGM (online) [cit. 2019.03.12], dostupné z <<https://heis.vuv.cz/data/spusteni/popisy/jakostpovvyvoj1.png>>).

Obrázek č. 3 - Jakost vody v tocích ČR, 2016-2017 (Ministerstvo životního prostředí (online) [cit. 2019.03.12], dostupné z <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi publikace/\\$FILE/OPZPUR-Zprava_ZP_CR_2017-20190116.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi publikace/$FILE/OPZPUR-Zprava_ZP_CR_2017-20190116.pdf)>).

Obrázek č. 4 - Poloha kraje (vytvořeno v GIS), [cit. 2019.03.13], zdroj: ortofotomapa.

Obrázek č. 5 - Poloha nádrží v kraji (vytvořeno v GIS), [cit. 2019.03.13], zdroj: ortofotomapa.

Tabulka č. 1 - Rozdělení pro klasifikaci jakosti vody (Langhammer http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf).

Tabulka č. 2 - Mezní hodnoty tříd jakosti vody (ČSN 75 7221).

Graf č. 1 – koncentrace BSK₅ (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 2 – koncentrace dusitanů (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 3 – koncentrace dusitanového dusíku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 4 – koncentrace dusičnanů (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 5 – koncentrace dusičnanového dusíku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 6 – koncentrace amoniakálního dusíku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 7 – koncentrace fosforečnanů (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 8 – koncentrace rtuti (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 9 – koncentrace arsenu (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 10 – koncentrace hliníku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 11 – koncentrace vápníku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 12 – koncentrace železa (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 13 – koncentrace hořčíku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 14 – koncentrace mědi (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 15 – koncentrace olova (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 16 – koncentrace sodíku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 17 – koncentrace draslíku (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).

Graf č. 18 – koncentrace stříbra (vlastní zpracování, data: Povodí Ohře, státní podnik).