

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování**



**Bakalářská práce**

**Chemismus středního toku potoka Mastníka v závislosti  
na období**

**David Mrázek**

© 2018 ČZU v Praze

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

David Mrázek

Vodní hospodářství

Název práce

**Chemismus středního toku potoka Mastníka v závislosti na období**

Název anglicky

**Chemism of the middle reaches of the stream Mastnik depending on the season**

---

### Cíle práce

- 1) seznámení s problematikou chemismu povrchových vod na základě literatury
- 2) vyhodnocení výsledků rozborů potoka Mastníka
- 3) zhodnocení závislosti chemismu na období

### Metodika

V rešeršní části se zaměřím na chemismus povrchových vod na základě literárních a internetových zdrojů. V analytické části se budu zabývat vyhodnocením monitorovacích a úplných rozborů v průběhu čtyř let (2011-2015). Výstupem budou grafy zachycující závislost jednotlivých sledovaných látek na období.

**Doporučený rozsah práce**

40 stran textu

**Klíčová slova**

chemismus, povrchové vody,

---

**Doporučené zdroje informací**

HETEŠA, J. a kol., 1998: Hydrochemie. MZLU v Brně

PAČES, T. *Základy geochemie vod*. PRAHA: ACADEMIA, 1982.

PITTER, P. *Hydrochemie : celost. vysokošk. učebnice pro stud. vys. škol chemickotechnologických oborů*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00525-6.

ŽÁČEK, L. *Hydrochemie*. V Brně: VUTIUM, 1998. ISBN 80-214-1167-8.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2017/18 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Mgr. Marek Vach, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 27. 11. 2017

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

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 29. 11. 2017

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 13. 03. 2018

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Chemismus středního toku potoka Mastníka v závislosti na období" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Marku Vachovi, Ph.D. za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomáhali při vypracování bakalářské práce.

# **Chemismus středního toku potoka Mastníka v závislosti na období**

## **Abstrakt**

Tato práce zjišťuje, zda existuje závislost chemického složení vody povrchového toku na ročním období v letech 2011 až 2015. Zabývá se porovnáváním hodnoty některých prvků a jejich kolísáním vlivem jednotlivých ročních období. Zkoumaným územím je střední tok potoka Mastníka. Práce vychází z teoretické části, která je rešerší dostupných odborných zdrojů a seznamuje nás s chemismem povrchových vod. V práci jsou zpracována data monitoringu potoka Mastníka a analyzována v grafech a tabulkách.

**Klíčová slova:** chemismus, povrchové vody

# **Chemism of the middle reaches of the stream Mastník depending on the season**

## **Abstract**

The thesis determinates if there is a dependency of the chemical composition of the water in a surface stream on the annual period in the years 2011 to 2015. It deals with comparison of the values of the selected elements and their fluctuation due to annual periods. The examined territory is the middle part of the stream Mastník. The thesis comes from the theoretical part, which is the research of available scientific resources and presents us the chemism of surface waters. The data captured by monitoring of the stream Mastník is analyzed in graphs and tables.

**Keywords:** chemism, surface waters

<b>1 Úvod</b> .....	<b>7</b>
<b>2 Cíl práce</b> .....	<b>8</b>
<b>3 Teoretická východiska</b> .....	<b>9</b>
3.1 Voda a její vlastnosti .....	9
3.1.1 Chemicko-fyzikální vlastnosti .....	10
3.1.2 Organoleptické vlastnosti vody .....	10
3.1.2.1 Teplota .....	10
3.1.2.2 Barva.....	12
3.1.2.3 Zákal .....	13
3.1.2.4 Pach .....	14
3.1.2.5 Chut'.....	16
3.2 Druhy vod.....	17
3.2.1 Povrchové vody .....	17
3.2.2 Podzemní vody .....	18
3.2.3 Minerální vody.....	19
3.2.4 Atmosférické vody.....	19
3.3 Chemismus .....	20
3.3.1 Anorganické látky ve vodách .....	21
3.3.1.1 Kovy a polokovy .....	21
3.3.1.2 Sodík a draslík .....	21
3.3.1.3 Hořčík a vápník .....	21
3.3.1.4 Hliník .....	21
3.3.1.5 Železo .....	22
3.3.1.6 Mangan .....	22
3.3.1.7 Měď .....	22
3.3.1.8 Zinek.....	22
3.3.1.9 Kadmium .....	23
3.3.1.10 Rtuť.....	23
3.3.1.11 Olovo .....	23
3.3.1.12 Arsen.....	23
3.3.2 Sloučeniny síry .....	23
3.3.2.1 Sírany.....	24
3.3.2.2 Siřičitany.....	24



3.3.2.3	Sulfany.....	24
3.3.3	Sloučeniny fosforu.....	24
3.3.4	Sloučeniny dusíku.....	25
3.3.4.1	Dusíkový cyklus.....	25
3.3.4.2	Amoniakální dusík.....	26
3.3.4.3	Dusitany.....	27
3.3.4.4	Dusičnany.....	27
3.3.5	Organické látky ve vodách.....	27
3.4	Chemické složení tekoucích povrchových vod.....	28
3.5	Roční období.....	29
3.5.1	Jaro.....	30
3.5.2	Léto.....	30
3.5.3	Podzim.....	30
3.5.4	Zima.....	30
3.6	Zájmové území: Mastník.....	31
<b>4</b>	<b>Analytická část.....</b>	<b>35</b>
4.1	Odběr vzorků.....	35
4.2	Analýza vzorků.....	35
4.3	Výsledky.....	36
4.3.1	Vlastnosti vody.....	36
4.3.1.1	Teplota.....	36
4.3.1.2	Hodnota pH.....	38
4.3.1.3	Zákal.....	40
4.3.1.4	Barva.....	40
4.3.1.5	Pach.....	41
4.3.2	Sloučeniny.....	43
4.3.2.1	Amonné ionty.....	43
4.3.2.2	Dusitany.....	44
4.3.2.3	Dusičnany.....	46
4.3.2.4	Chloridy.....	47
4.3.2.5	Sírany.....	49
4.3.2.6	Fosforečnany.....	50
4.3.3	Prvky.....	52
4.3.3.1	Železo.....	52
4.3.3.2	Mangan.....	53

4.3.3.3	Hliník.....	55
4.3.3.4	Vápník .....	56
4.3.3.5	Horčík.....	58
4.3.3.6	Rozpuštěný kyslík .....	59
4.3.3.7	Jednotlivé látky v rozboru .....	60
4.3.3.8	Huminové látky .....	61
4.3.3.9	Celkový organický uhlík .....	62
<b>5</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>63</b>
<b>6</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>Zdroje .....</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>68</b>

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Cyklus dusíku.....	26
Obrázek 2: Pramen Mastníka.....	32
Obrázek 3: Odběrové místo Kosova Hora.....	32
Obrázek 4: Soutok Mastníka se Sedleckým potokem .....	33
Obrázek 5: Místo, kde se Mastník vlévá do Vltavy.....	33

## Seznam grafů

Graf 1: Závislost teploty na období .....	38
Graf 2: Závislost hodnot pH na období .....	39
Graf 3: Závislost amonných iontů na období.....	44
Graf 4: Závislost obsahu dusitanů na období.....	45
Graf 5: Závislost obsahu dusičnanů na období.....	47
Graf 6: Závislost obsahu chloridu na období.....	48
Graf 7: Závislost obsahu síranů na období .....	50
Graf 8: Závislost obsahu fosforečnanů na období .....	51
Graf 9: Závislost obsahu železa na období .....	53
Graf 10: Závislost obsahu manganu na období .....	54
Graf 11: Závislost obsahu hliníku na období.....	56
Graf 12: Závislost obsahu vápníku na období .....	57
Graf 13: Závislost obsahu hořčíku na období.....	58
Graf 14: Rozpuštěný kyslík ve vodě v závislosti na období.....	60
Graf 15: Závislost obsahu huminových látek na období .....	62

## Seznam tabulek

Tabulka 1 : Vlnové délky světla a odpovídající barva.....	12
Tabulka 2: Druh pachu .....	16
Tabulka 3: Souhrnné informace o potoce Mastník.....	34

Tabulka 4: Teplota .....	37
Tabulka 5: Teplotní průměry .....	37
Tabulka 6: Hodnota pH s daty odběrů .....	39
Tabulka 7: Zákaly v jednotlivých obdobích .....	40
Tabulka 8: Barva vody v jednotlivých odběrech .....	41
Tabulka 9: Posouzení pachu .....	42
Tabulka 10: Amonné ionty s daty odběru .....	43
Tabulka 11: Dusitany s daty odběrů .....	45
Tabulka 12: Obsah dusičnanů s daty odběru .....	46
Tabulka 13: Obsah chloridu s daty odběru .....	48
Tabulka 14: Obsah síranů s daty odběrů .....	49
Tabulka 15: Obsah fosforečnanů s daty odběrů .....	51
Tabulka 16: Obsah železa s daty odběru .....	52
Tabulka 17: Obsah manganu s daty odběru .....	54
Tabulka 18: Obsah hliníku s daty odběru .....	55
Tabulka 19: Obsah vápníku s daty odběru .....	57
Tabulka 20: Obsah hořčíku s daty odběru .....	58
Tabulka 21: Obsah rozpuštěného kyslíku s daty odběru .....	59
Tabulka 22: Látky v rozboru .....	60
Tabulka 23: Obsah huminových látek s daty odběru .....	61
Tabulka 24: Obsah organického uhlíku s daty odběru .....	62

## Seznam použitých zkratek

Ag	stříbro	N <sub>2</sub> O	oxid dusný
As	arsen	Na	sodík
Cd	kadmium	NH <sub>3</sub>	amoniak
CO	oxid uhelnatý	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	kation amonný
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý	Ni	nikl
Cr	chrom	nm	nanometr
Cu	měď	NO	oxid dusnatý
Fe	železo	NO <sub>2</sub>	oxid dusičitý
H <sub>2</sub> O	voda	Pb	olovo
H <sub>2</sub> S	sirovodík (sulfan)	Pt	platina
Hg	rtuť	S	síra
K	draslík	SO <sub>2</sub>	oxid siřičitý
Km	kilometr	SO <sub>3</sub>	oxid siřový
m.n.m	metrů nad mořem	Zn	zinek
Mg/l	miligram na litr	μm	mikrometr
Mn	mangan		

# 1 Úvod

Voda patří mezi jednu z nejdůležitějších substancí pro existenci života na Zemi. Ve vodě vznikl život. Organismy se vyvinuly ve vodě a ještě dnes žije mnoho živočichů a rostlin ve vodě. Voda je nedílnou součástí jak vodních organismů, tak je velmi důležitá pro suchozemské živočichy a rostliny. Lidské tělo je tvořeno ze 70 % vodou a po několika dnech bez vody bychom zemřeli. (Bergstedt, 2005) Pro živou část přírody je voda limitující faktor, ale i neživá část je vodou výrazně ovlivněna.

Z nejstarších dob, se uchovaly materiály o prvních zkoumáních. Například Thalet považoval vodu za jedinou pralátku. Cavendish a Macquer zjistili v roce 1783, že voda je složena z kyslíku a vodíku a vzniká při jeho hoření. Voda vždy byla hlavním důvodem osídlování, strategicky byla vždy volena místa v blízkosti zdrojů vody. Přelomem 18. a 19. století začal být kladen důraz na kvalitu pitné vody. Díky rostoucímu počtu obyvatel se začala zvyšovat úroveň hydrochemie a chemismus vod se začal dostávat do popředí zájmu. Růst počtu obyvatel měl ale i negativní vliv na nárůst jak průmyslových odpadů, tak i splaškových látek uvolňovaných do povrchových vod. Následně bylo potřeba vymyslet speciální analýzy vod. V roce 1866 byla vydána jedna z prvních-Kubelova příručka analýzy vod. (Pitter, 1990)

Největší rozvoj chemické analýzy povrchových a podpovrchových vod byl zaznamenán v Rusku, kde vznikl i pojem hydrochemie. Za jednoho z možných zakladatelů lze považovat Lomonosova. První učebnice chemie a mikrobiologie pitných a odpadních vod vznikla právě v Rusku roku 1938. (Pitter, 1990)

Česká republika je tzv. „střechou Evropy“. Z České republiky odtéká voda do tří moří-Černého, Baltského a Severního. Je to zapříčiněno tím, že na Kralickém Sněžníku se nachází rozhraní do tří úmoří. Hlavním problémem 90. let 20. století byla v České republice veliká kontaminace vody. Většina toků byla znečištěna, až silně kontaminována. Vysoké znečištění povrchových vod zapříčinila i špatnou kvalitu podpovrchových vod. Za poslední roky ale trend vypouštění odpadních vod do toků upadá a kvalita a jakost vod se zlepšuje. (Cenia, 2012)

V této bakalářské práci bych se chtěl zaměřit na chemismus povrchových vod a konkrétně na chemismus středního toku a kolísavost složení obsahu chemických látek v něm během střídání ročních období v delším časovém úseku.

## 2 Cíl práce

Základním cílem práce „Chemismus středního toku potoka Mastníka v závislosti na období“ bylo zhodnotit výsledky monitoringu v letech 2011 až 2015 z hlediska závislosti obsahu jednotlivých prvků a sloučenin na období v průběhu jednotlivých let a zjistit, zda existuje souvislost hodnot jednotlivých prvků s ročním období.

Pro splnění základního cíle práce bylo třeba splnit i ostatní cíle práce, a to seznámení s problematikou chemismu povrchových toků na základě literatury a také vyhodnocení získaných výsledků rozborů potoka Mastníka.

### 3 Teoretická východiska

V teoretické části této bakalářské práce se budu zabývat chemismem vody a ročními obdobími. Na základě relevantní odborné literatury se podrobněji pokusím popsat problematiku vody, jejich vlastností, složení a druhy vod. Také se budu zabývat ročními obdobími. V závěru teoretické části se seznámíme se zájmovým územím pro analytickou část.

#### 3.1 Voda a její vlastnosti

Voda je základem života na naší planetě. Tvoří zhruba 71 % povrchu země a je součástí všech živých organismů. V podmínkách mírného pásu, tedy v našich podmínkách, nepředstavuje zásadní problém zajištění dostatečného množství vody. U nás, tak jako v ostatních vyspělých zemích nastává otázka využitelnosti vody, podle rostoucího počtu obyvatelstva a efektů s tím spojených. Největší problematikou je tedy použitelnost vody. (Langhammer, 2009).

Surová voda je vyčerpatelným zdrojem. Pitná voda je voda, která je chemicky upravená surová voda. Podle výzkumů bude v budoucnu problémem s dostatkem, kvůli znečištění zdrojů surové vody. Opatrné a vhodné zacházení s vodou je jednou z nejdůležitějších podmínek pro zachování kvalitní vody i do budoucna. Pro hospodaření s vodou je potřeba vhodně vyhodnotit potřeby pitné vody a zajistit její co nejmenší ztráty. (Čiháková, 2005).

Voda není komerčním produktem jako ostatní výrobky, ale spíše dědictvím, které musí být chráněno, střeženo a nakládáno s ním jako takovým. (Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a rady, ustanovující rámec pro činnost společenství v oblasti vodní politiky).

Voda je chemickou sloučeninou kyslíku a dvou atomů vodíku. Ovšem chemicky čistá voda se v přírodě nevyskytuje, ve vodě jsou vždy rozpuštěny v různém poměru sloučeniny většiny chemických prvků. Tyto sloučeniny pak udávají vodě fyzikální, chemické a organoleptické vlastnosti.

### 3.1.1 Chemicko-fyzikální vlastnosti

Polární charakter je jednou z nejdůležitějších chemických vlastností molekuly vody. Elektronegativita atomů H a O má za příčinu vznik dipólů molekuly. Díky vlastnosti tvoření vodíkových vazeb (můstků) se může molekula vody sdružovat do větších celků. Tyto vlastnosti zapříčiňují to, že má voda maximální hustotu při teplotě 3,98 °C. Voda nepromrzá v nádržích až ke dnu, kvůli právě zmíněné anomálii, díky čemuž přežívají některé vodní organismy. Erozní činnost vody je způsobena přeměnou vody v led, při které se zvětšuje objem asi o 9 %. (Pitter, 2015)

Moře a oceány, které tvoří většinu veškeré vody na Zemi, mají významný podíl na teplotní regulaci Země. V létě moře ochlazuje pevninu a v zimě naopak otepluje. To je zapříčiněno vysokou hodnotou měrné tepelné kapacity. Také velké povrchové napětí je typickou vlastností vody. Způsobuje, že voda se pak chová, jako by měla na povrchu kapaliny tenkou pružnou blanku. Tuto vlastnost využívají některé organismy k udržení na povrchu (např. vodoměrka). Kapilární elevace, vzlínavost vody v kapilárách, vzniká také povrchovým napětím vody. Distribuce vody v půdě je ovlivněná tímto jevem. (Pitter, 2015)

### 3.1.2 Organoleptické vlastnosti vody

Organoleptické vlastnosti vody jsou vlastnosti, které se dají zjistit pomocí smyslových orgánů (zrak, čich a chuť), při zkoušení těchto vjemů na jakost vody se dá hovořit o provádění sensorické analýzy. Výsledky se mohou lišit podle vnímavosti a zkušenosti hodnotitele. Tato analýza je rozšířena zejména v potravinářství, kde jde docílit celkem spolehlivých a reprodukovatelných výsledků. Teplota, barva, zákal, pach a chuť jsou organoleptické ukazatele jakosti vody. Zákal, pach a chuť bývají často příčinou častých připomínek zejména u spotřebitelů pitné vody. (Pitter, 2015)

#### 3.1.2.1 Teplota

Teplota významně ovlivňuje chemickou a biochemickou reaktivitu. Pro jakost a vlastnosti vody je teplota významným ukazatelem. Při teplotách blízkých se nule probíhají biochemické procesy velmi zvolna nebo vůbec. Naopak při dlouhotrvajících vysokých teplotách se objevu kyslíkový deficit. Údaj teploty je nezbytný pro výpočty chemické rovnováhy ve vodách, stanovování biochemické spotřeby kyslíku, při hodnocení samočištění ve vodách aj. Např. při teplotě 5 až

25 °C se několikanásobně zvyšuje podíl toxického nedisociovaného amoniaku na celkové koncentraci amoniakálního dusíku. S rostoucí hloubkou stoupá teplota podzemních vod, počítá se, že vzroste o 1 K asi na 33 metrech. V nepřístupných podmínkách lze teplotu podpovrchové vody odhadnout z jejich složení aplikací van't Hoffových reakčních izobarů. Podzemní vody mají konstantní teplotu jen málo závislou na ročním období, ve střední Evropě je průměrná teplota v 10 metrech 9,5 °C. Větší změna teplot v podzemních vodách svědčí o pronikání povrchových či atmosférických vod, s čímž je spojeno vyšší riziko kontaminace. (Pitter, 1999)

Teplota povrchových vod má veliký význam, protože ovlivňuje celý proces samočištění (rozpuštění kyslíku, rychlost biochemických pochodů). Např. poločas rozpadu močoviny se může několikanásobně prodloužit při teplotě od 5 až 20 °C. O tepelném znečištění se dá hovořit při vypouštění oteplených vod do povrchových. Povolené vypouštění odpadních vod má dvě pravidla, teplota 25 °C povrchové vody nesmí být překročena a rozdíl teploty na začátku a konci mísící zóny nesmí překročit 3 °C. Teplotní stratifikace, vrstevnaté rozdělení podle teploty, najdeme v hlubších jezerech a nádržích. V létě se horní vrstva (epilimnion) otepluje a v hlubších částech (hypolimnion) shromažďuje chladnější, tyto vrstvy jsou odděleny skočnou vrstvou (metalimnion, termoklina), která brání celkové cirkulaci vody v celém objemu. Pod skočnou vrstvou zůstává teplota přibližně konstantní. Je to období letní a zimní stagnace. Na jaře a na podzim dochází k jarní a podzimní cirkulaci, kdy dochází vlivem větru a teplotních změn k promíchání teplotních vrstev a jejich vyrovnávání. (Pitter, 1990)

Teplota vody je důležitým ukazatelem pro použití vody. Nejvhodnější teplota pitné vody je 8-12 °C, teplejší voda již neosvěžuje a chladnější může způsobit zdravotní problémy (Pošta a kol., 2008). Teplota závlahové vody by měla být vyšší než teplota půdy. V letních měsících 15 až 25 °C a v jarních měsících 10 až 15 °C, tyto teploty se považují za přiměřené. Teplota závlahové vody ale závisí na více faktorech (druh kultury, způsob závlahy atd.). Také pro reprodukci ryb je teplota významným ukazatelem jakosti vody. Každý druh ryb má odlišné potřeby. Závisí také na životním stádiu (růst, reprodukce), ryby jsou však teplotně tolerantní a mohou dlouhodobě snášet odlišné teploty. Největší problém nastává při přesazování ryb, kdy ryba může dostat šok při vysokém teplotním skoku. (Pitter, 1990)



### 3.1.2.2 Barva

Vlnová délka udává barvu vody. Z absorpčního spektra čisté vody lze vyčíst, že voda ve viditelném spektru téměř neabsorbuje světlo. Proto je čistá voda v malých vrstvách průhledná, ale v širších vrstvách světla modrá.

**Tabulka 1 : Vlnové délky světla a odpovídající barva**

<b>Vlnová délka (nm)</b>	<b>Barva</b>
4000 až 435	Fialová
435 až 480	Modrá
480 až 490	Zelenomodrá
490 až 500	Modrozelená
500 až 560	Zelená
560 až 580	Zelenožlutá
580 až 595	Žlutá
595 až 605	Oranžová
605 až 730	Červená
730 až 760	Purpurová

*Pitter, 2015*

Barva vody může být dána přírodně nebo lidským působením. U přírodních vod je barva ovlivněna hlavně huminovými látkami. Žlutá až žlutohnědá barva je způsobena fulvokyselinami. Voda může být zbarvena nejen rozpuštěnými látkami, ale i nerozpuštěnými, jako například jíly nebo fytoplanktony. Odlišuje se barva zdánlivá a brava skutečná. Skutečná se určuje podle filtrací (látka projde filtrem o velikosti 4,5  $\mu\text{m}$ ). Zdánlivá barva je určena jak rozpuštěnými, tak nerozpuštěnými látkami. Sinice a řasy způsobují zelenou až zelenomodrou barvu, ale dají se odstranit filtrací, takže se jedná o zdánlivou barvu. Mezi antropogenní zdroje barvy patří odpadní voda pouštěna z výroby textilů a barviv nebo z výroby celulosy. Žlutohnědá odpadní voda z výroby celulosy obsahuje látky ligninového charakteru. (Pitter, 1999)

Barva vody závisí na oxidačně-redukčním potenciálu, neboť některá barviva mohou podléhat reakcím a díky tomu pak dochází ke změně barvy. Barva vody a intenzita je závislá na hodnotě pH a musí se vždy k této hodnotě vztahovat. (Pitter, 1981). Jsou dvě metody na určení barvy vody, jednodušší metoda je vizuální, která

patří mezi subjektivní. Druhá, objektivní metoda, je určení skutečné barvy vody spektrofotometricky. Výsledek vizuální metody je popisován slovním popisem intenzity a kvalitativně. U přírodních a užitkových vod se intenzita zbarvení porovnává s jinými porovnávacími roztoky, nebo jsou k dispozici komparátory, u kterých se srovnává barva s barvou sklíčka (skleněné standarty). Výsledky jsou v mg/l Pt. Tudiž obsah platiny v mg v jednom litru. U spektrofotometrické metody se intenzita barvy udává absorpcí světla při vlnové délce. Zjednodušeně je vzorek ozařován a je měřena intenzita světla, která vzorkem projde. (Pitter, 2015)

Žlutohnědé přírodní a pitné vody se zpravidla měří absorpcí při vlnové délce 436 nm, ale vhodnější je použití 410 nm na převedení údajů na mg/l Pt se využívá v závislosti podle Evanse a Crowthera. Některé barvy nečistých odstínů nemají přesně určené absorbance na křivkách maxima. Pro tyto odstíny (hnědá, šedá, olivová) vznikla metoda trichromatická na určení barvy. Je založena na předpokladu, že voda je z hlediska zraku určena trojrozměrně, a to veličinami: barevný tón, čistota a jas. Čistota je vyjádřena zastoupením barevných tónů v jednotlivých barvách, barevný tón neboli odstín je vyjádřen vlnovou délkou a jas je určen odraženým nebo propuštěným světelným tokem barevným tělesem v poměru k dopadajícímu toku světla. Podle optického zákona míšení barev je barva udána třemi navzájem na sebe nezávislými tóny barev. (Borodkin, 1987)

U přírodních vod je intenzita barvy od jednotek až po stovky mg/l Pt. V České republice je průměrná hodnota 4 mg/l Pt pitných vod. U pitné a kojenecké vody je mezní hodnota 20. Stejně takový je požadavek na provozní vody v bavlnářských, vlnářských, hedvábnických a lnářských továrnách. Na úpravu vody ze surové na pitnou je mezní hodnota závislá na druhu úpravy. Pro normální fyzicko-chemickou úpravu je předepsána mezní hodnota 100 mg/l Pt (po filtrování). (Pitter, 1990)

### 3.1.2.3 Zákal

Definovat zákal lze jako snížení průhlednosti vody nerozpuštěnými látkami. Nerozpuštěné látky lze rozdělit na anorganické a organické látky, které mohou mít přírodní či lidský původ. Například jíly, hydratované oxidy železa nebo manganu, bakterie, řasy, sinice a jiné rostlinné a živočišné zbytky těl. Základní požadavek pro pitnou a užitkovou vodu je čirost, zejména pro textilní, potravinářský a papírenský průmysl. Podzemní vody jsou jen málokdy zakalené. Tento zákal je způsoben

převážně anorganickými látkami. Nadzemní vody bývají zakalené splachem jílovitých vrstev půdy, planktonem a zvířecími sedimenty. Splaškové vody jsou zakalené převážně organicky. Díky vzhledu zakalené vody můžeme hodnotit jakost. Objeví-li se zákal, působí špatně na odběratele, i když je zapříčiněn zdravotně nezávadnými látkami. Všemi známý bílý zákal, občas se vyskytující při napouštění vody z potrubí, je způsoben bublinkami vzduchu v důsledku snížení tlaku, je však zdravotně nezávadný. (Pitter, 1990)

Metody na měření zákalu jsou semikvantitativní a kvantitativní. Založené jsou na principu měření intenzity procházejícího záření, nerozpuštěnými látkami nerovnoměrně všemi směry. Semikvantitativně lze zákal stanovit měřením průhlednosti zkušební trubicí (průhledová zkouška) nebo zkušební deskou. Zkouška v obou případech probíhá ihned na místě odběru, rozhoduje výška kapaliny, při které jsou zřetelně čitelná písmena nebo značka při průhledu shora. Kvantitativně se měří turbidimetrický útlum toku světla nebo nefelometrický zářivý tok rozptýlený kapalinou. První zmíněná metoda je vhodná pro silněji zakalené vody. (Heteša, Kočková, 1997)

#### 3.1.2.4 Pach

Páchnoucí voda je vždy odpudivá a znehodnocuje vodu určenou pro pitné účely, i když je způsobena zdravotně nezávadnými látkami. Pach má význam v senzorické analýze. Některé látky, které znečišťují vody, se často projevují zápachem, který v mnoha případech vyvolává potřebu chemický rozborů. V přírodních vodách může být pach způsoben látkami, které jsou přirozeně obsažené ve vodě (např. sulfan a jod v minerálních vodách), biologického původu, které vznikají životní činností nebo odumíráním mikroorganismů ve vodě, nebo látkami ve splaškových vodách a průmyslových odpadních vodách. Zdroje pachu mohou být primárního nebo sekundárního původu. Primární zápach voda získá při formování svého složení nebo znečišťování různými odpady. Sekundární pach voda může získat např. při zabezpečování chlorací. (Pitter, 1990)

Biologický zápach vzniká životní činností a odumíráním rostlin, řas, sinic, bakterií, plísní, aktinomycet a hub. Stupeň zápachu a druh je závislý na druhu organismů a na jejich vývoji. Aktinomycety dávají vodě zemitý pach, jsou velmi rozšířené v půdě a říčních sedimentech. V pomalu tekoucích až stojatých povrchových vodách dochází v jarních a letních měsících k rychlému až

nadměrnému rozvoji řas a sinic tvořících plankton. Při odumírání a rozpadu buněk planktonu přechází do vody organické produkty, které jsou příčinou zhoršených organoleptických vlastností. Pach, který označujeme lidově jako „rybina“, se může měnit s počtem, druhem a stářím organismů ve vodě. Se splaškovými a průmyslovými odpadními vodami se může do nadzemních i podpovrchových vod dostat látka, která zásadně ovlivní organoleptické vlastnosti vod. Nejvýznamnějšími narušiteli jsou látky z petrochemického průmyslu. Druhy pachu můžou být ovlivněny koncentrací sloučenin. Např. ve velkém zředění nižší alifatické aminy, páchnoucí po amoniaku, se dají zaměnit za pach po rybách. (Pitter, 1999)

Prahová koncentrace pachotvorné látky rozpuštěná ve vodě je právě taková, která vyvolává postižitelný pach. Udává se jako hmotnostní koncentrace v mg/l, ale je potřeba výsledek uvádět jako látkovou koncentraci, protože pachový vjem závisí zejména na počtu částic v objemové jednotce vody a vzduchu nikoli na jejich hmotnosti. Prahové koncentrace pachu uváděné v literatuře jsou jen orientační v důsledku subjektivního hodnocení. Závisí zejména na klasifikaci jednotlivých pracovníků, jeden může pach zaznamenat jako páchnoucí a druhý vůbec pach zaznamenat nemusí. Prahové koncentrace pachu jsou u většiny látek nižší než prahové koncentrace chuti, a kromě toho jsou prahové koncentrace pachu u pachotvorných látek většinou menší než nejvyšší přípustné koncentrace toxické působení. Právě kvůli tomu, má stanovení pachu z hygienického hlediska velký význam, a to při hodnocení jakosti pitné, přírodní i užitkové vody a může rozhodnout o nevhodnosti vody pro některé účely. Závisí také na hodnotě pH. Značná pozornost je věnována pachotvorným látkám biologického původu. Látky jsou produkovány zejména řasami a houbami. Doposud bylo identifikováno několik desítek těkavých látek. (Pitter, 1990)

Druh pachu se označuje slovně viz. Tabulka 2: Druh pachu. Orientačně se při sensorické analýze vyjadřují intenzity pachu ve stupních viz. Tabulka 2: Druh pachu. Na zkoušku se používá vzorek při teplotě 25 °C. Při vyšších teplotách se intenzita pachu zvyšuje. Proto je doporučováno dělat zkoušku při teplotách v rozmezí 40 °C až 60 °C, organoleptické vlastnosti díky vyšším teplotám lépe vyniknou. (Pitter, 1990)

**Tabulka 2: Druh pachu**

<b>Druh pachu</b>	<b>Stupeň</b>	<b>Slovní vyjádření stupně</b>
Zemitý	0	Žádný
Fekální	1	Velmi slabý
Hnilobný	2	Slabý
Plísňový	3	Znatelný
Rašelinový	4	Zřetelný
Po jednotlivých chemikáliích	5	Velmi silný

*Pitter, 2015*

### 3.1.2.5 Chut'

Látky ovlivňující pach zpravidla ovlivňují i chuť. Rozsah anorganických látek ovlivňujících chuť a pach je u každého vjemu jiný. Minerální složení vod může nevhodně ovlivňovat chuť, tudíž způsobovat závady. Pro vhodnou chuť pitné vody jsou však anorganické látky v optimální koncentraci nezbytné. Chuť je silně ovlivňována složením a zastoupením prvků: hořčík, vápník, mangan, železo, zinek, měď, aj. Celkové složení vody určuje prahovou koncentraci chuti jednotlivých anorganických látek a zároveň složení se může vzájemně ovlivňovat. Tuto prahovou koncentraci solí můžeme také stanovit. (Horáková et al., 2003)

Senzorickou analýzou pitné vody se podrobně zabýval Kulhavý. Při určení chuti vody se nestačí spokojit se čtyřmi základními kvalitami (slaná, sladká, hořká a kyselá chuť), je potřeba zavést další kvality příchuti: svíravá, kovová, trpká, zemitá, louhovitá, železitá, plísňová aj. Při hodnocení chuti se využívá stupnice od nuly do pěti. Chuť hodnoty 0-2 je považována za přijatelnou, od hodnoty počínaje 3 je chuť považována za nepřijatelnou. Intenzita vjemů se stoupající teplotou klesá, pro senzorickou analýzu vody se doporučuje teplota 15 °C až 20 °C. Chuť vody také

ovlivňuje hodnota pH. V neutrální oblasti 6,5-7,5 pH dosahujeme nejmenší intenzity vjemů, na obě strany jsou vjemy ovlivněny a rostou. (Kulhavý, 2003)

Podle ČSN EN 16222 (75 7330) je stanoveno prahové číslo chuti, toto číslo je ředící poměr při, kterém ztrácí ředěný vzorek jakoukoliv postižitelnou chuť, při teplotě 25 °C.

## **3.2 Druhy vod**

Vody se dají rozdělovat podle výskytu, původu a použití. Podle původu se vody dělí na přírodní a odpadní. Podle výskytu se dělí přírodní vody na povrchové, podzemní, minerální a atmosférické. Odpadní rozlišujeme na splaškové a průmyslové. Městské odpadní vody vznikají mísením splaškových a průmyslových. Mezi odpadní vody se řadí i průsakové vody z odkališť nebo skládek a odpadů. Podle použití se rozlišuje voda pitná, odpadní a provozní. Podle různých požadavků na jakost se dělí voda např. na vodu pro rybářství, závlahovou, vodu chladicí, napájecí, stavební aj. Důlní vody jsou všechny podpovrchové, povrchové a srážkové, které vnikly do hlubinných nebo povrchových důlních prostorů. Jsou považované za podzemní a povrchové vody. (Pitter 2009)

### **3.2.1 Povrchové vody**

Všechny vody vyskytující se přirozeně na zemském povrchu se považují za vody povrchové. Dělí se na vodu kontinentální a mořskou vodu. Kontinentální povrchová voda se dále rozděluje na stojaté vody (jezera, nádrže, rybníky) a tekoucí vody (toky). Tekoucí vody se rozlišují podle užití na vodárenské aj. (Pitter, 1990)

Podle Pittera je složení kontinentálních povrchových vod dáno:

*1. geologicko-geografickými poměry*

-závisí na geologické skladbě podloží a složení dnových sedimentů

*2. hydrologicko-klimatickými poměry*

-závisí na srážkových a teplotních poměrech, průtoku a ročním období

*3. půdně-botanickými poměry*

-závisí na druhu půdy a zalesnění

*4. antropogenní činnosti*

-závisí na zemědělství, průmyslu a komunálním hospodářství

Z vod podzemních a atmosférických vznikají vody kontinentální povrchové. Vzniká-li voda povrchová z vod atmosférických má pouze malý obsah minerálu, např. ledovcová voda. Podzemní a povrchové se neliší základním chemickým složením. Rozdíly jsou pouze v poměrném zastoupení v jednotlivých chemických složkách. Povrchové vody jsou méně rozmanité než vody podpovrchové z pohledu chemického. Povrchové vody mají na rozdíl od podzemních menší výskyt CO<sub>2</sub>. Rozpuštěním podloží ze smyvů anebo z prosakování se do povrchové vody dostává větší množství látek. Důvodem lidského organického znečištění povrchových vod je nedostatečná přirozená ochrana. (Kalavská a kol., 1989)

### **3.2.2 Podzemní vody**

Podzemní voda je veškerá voda, která se vyskytuje v kapalném skupenství v zemských dutinách, pod zemským povrchem a zvodnělých horninách. Doplnění zásob podzemních vod funguje trojím způsobem. První je prosakování atmosférických a povrchových vod (infiltrace). Druhý způsob je kondenzací vodních par z magmatu a třetí je kondenzací vodních par z půdy. V důsledku působení atmosférických a povrchových vod, podzemní atmosféry a horninového prostředí vzájemně na sebe jsou podzemní vody mineralizovány. (Hrádek a kol., 2004)

Chemické složení podzemních vod je dáno hlavně typem půdy a hornin, kterým voda při podzemním oběhu protéká. Podzemní vody jsou většinou tvrdší než povrchové a obsahují více solí. V každém prostředí je jiné chemické složení povrchových a atmosférických vod, a to samozřejmě ovlivňuje podzemní vodu. Charakter vody je dán koncentrací především hořčíku, vápníku, draslíku a sodíku. (Pitter, 1990)

Pokud je v podzemních vodách obsažený vysoký obsah dusíku, lze usoudit, že jde o antropogenní znečištění. Podzemní vody jsou častým zdrojem vody pro obyvatelstvo, průmysl a zemědělství. (Brindzar a kol., 2009)

Ochraňovat podzemní vodu je velice důležité, jakmile dojde ke znečištění, je velmi obtížné vodu vyčistit a znečištění odstranit. Ochranou před znečištěním podzemních vod je zřizování čistících a zachytávacích zařízení. Proto je potřeba znát jejich povrchové i podpovrchové proudění. (Kalavská a kol., 1989)

Složení podzemních vod se nemění skokem, ale postupně vlivem míšení, geochemických interakcí a difúze. Pojem horizontální a vertikální zonálnost

znamená, že složení chemických prvků se mění v horizontální i vertikálním směrem podzemních vod. (Pitter, 1990)

### 3.2.3 Minerální vody

Když dojde k překročení limitních koncentrací plynů a tuhých látek v podzemní vodě, vzniká voda minerální. Tato voda obsahuje vysoké množství (nad 100 mg/l) rozpuštěných minerálních solí. Typické pro minerální vody je zvýšený obsah biologicky aktivních látek a také mají specifické chemické, fyzikálně chemické a fyzikální vlastnosti. Při vyvěrání minerální vody na povrch, dochází ke změnám ve složení minerálních vod. Při kontaktu se vzduchem dochází k oxidaci některých látek (např. Fe a S). Dochází také k úniku CO<sub>2</sub> a vylučování uhličitanu vápenatého. (Hovorka, 2005)

Minerální vody se používají k léčebným a lázeňským účelům. Zlepšují funkci orgánů vylučovacího a trávicího systému a zařizují lepší metabolismus bílkovin a tuků. Tyto vody však nemohou být užívány dlouhodobě, neboť jejich působení delší dobu může způsobit škodlivost jejich účinků. (Pitter, 1990)

### 3.2.4 Atmosférické vody

Voda vyskytující se v atmosféře v jakémkoliv skupenství se nazývá vodou atmosférickou. Kondenzací vznikají srážky, pokud klesne teplota vzduchu pod rosný bod, a v tomto prostředí se vyskytují kondenzační jádra, změní se vodní pára na srážky. Ty potom dělíme na kapalné a tuhé. (Pitter, 1990)

Atmosférické složení ovlivňuje složení vod vyskytujících se v atmosféře. Nečistoty v ovzduší se dělí na kapalné, tuhé a plynné. Kapalné a tuhé nečistoty, vznášejících se v plynech, jsou nazývány aerosoly (hlavně prachové částice a kouř). (Kalavská a kol., 1989)

#### *Sloučeniny dusíku*

V průmyslových oblastech a velkých městech, jsou v atmosféře obsaženy oxidy dusíku (NO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>2</sub>). Tyto oxidy vznikají hlavně lidskou činností, a to při spalování fosilních paliv a jsou obsaženy ve výfukových plynech motorových vozidel. Transformace oxidu dusíku na kyselinu dusičnou probíhá při fotochemické oxidaci. Oxidy dusíku jsou škodlivé z hlediska acidifikace atmosférické vody. (Pitter, 1990)



### *Sloučeniny síry*

SO<sub>2</sub> a H<sub>2</sub>S patří mezi sloučeniny síry vyskytující se v atmosférických vodách. Sulfan je v atmosféře nestálý a podléhá oxidaci na sírany. Nejvíce oxidu siřičitého vzniká antropogenní činností zejména spalování sirnatých kapalných a tuhých paliv. (Pitter, 1990)

Chemické složení atmosférických vod odpovídá složení vod podzemních a povrchových. Chemickou skladbu ovlivňuje znečištění atmosféry. V horských oblastech jsou srážky nejméně znečištěné, naopak je to v průmyslových oblastech, kde jsou srážkové vody znečištěné nejvíce. S intenzitou a dobou srážek se mění její mineralizace a složení. (Pitter, 1990)

Významné pro vodní organismy jsou anorganické sloučeniny dusíku (dusičnany, amoniakální dusík), protože minerální dusík je biogenní prvek. Tyto sloučeniny se do půdy dostávají prostřednictvím atmosférických vod. (Hartman a kol., 1998)

### **3.3 Chemismus**

Voda vyskytující se v přírodě není chemicky čistá. Obsahuje rozpuštěné a nerozpuštěné organické a anorganické látky a rozpuštěné plyny. Hlavní příjem rozpuštěných látek do vody je při průsaku horninami a půdou. V atmosféře může voda přijímat některé látky. V přírodních vodách jsou organické a anorganické látky zapříčiněny průmyslovými a splaškovými odpadními vodami a také nečistotami z ovzduší, které jsou způsobeny lidskou činností. (Pitter, 1990)

Látky obsažené ve vodě se dělí na dvě základní chemické složky, a to organické a anorganické. Organické látky se do vody dostávají především z přírodního prostředí a lidskou činností. Komplexní ukazatele (udávají celkovou koncentraci organických látek ve vodě) jsou použity z důvodů vysokého obsahu organických látek v povrchových vodách. Hlavními ukazateli jsou chemická spotřeba kyslíku dichromanem (CHSK<sub>Cr</sub>), nebo manganistanem (CHSK<sub>Mn</sub>), biochemická spotřeba kyslíku za pět dní (BSK<sub>5</sub>) a obsah celkového organického uhlíku (TOC). (Langhammer, 2009)

Anorganické látky se nejčastěji člení podle chemické příbuznosti na nutrienty a ostatní anorganické látky. Nutrienty jsou živiny, látky potřebné pro život a

výstavbu organismů. Mezi ně patří hlavně sloučeniny fosforu, draslíku a dusíku. (Langhammer, 2009)

### **3.3.1 Anorganické látky ve vodách**

#### **3.3.1.1 Kovy a polokovy**

Výskyt většiny kovů je ve vodách přirozený. Jejich koncentrace je ovlivněna geologickými podmínkami. Zvětšení množství kovů ve vodě je v případě styku půdy s horninou. Nejvíce ovlivňují obsah kovů, procesy imobilizační a remobilizační. Proces, kdy se kovy vážou, se nazývá imobilizací, v opačném případě-při uvolňování-je to remobilizace. (Langhammer, 2009)

Organismy některé kovy potřebují (Co, Mn, Zn, Fe), ale ve větší koncentraci jsou škodlivé. Toxické kovy a polokovy, které zabraňují růstu organismů a činnosti organismů, jsou především Hg, Pb, As, Zn, Ni, Cd, Ag. Akutní nebo chronické onemocnění vyvolávají například Pb, As, Hg, Cd. Karcinogenní účinky způsobují Cd, Cr, Ni, As. Hodnota pH, teplota a celkové složení vody ovlivňuje škodlivost kovů. (Pitter, 1990)

#### **3.3.1.2 Sodík a draslík**

Sodík a draslík jsou ve všech vodách rozšířené jako jednomocné kationty. Koncentrace sodíku bývá vyšší než draslíku, důvodem je větší sorpce iontu  $K^+$  do půdy než  $Na^+$ . Tyto kovy jsou významným ukazatelem chemického složení, ale hygienicky jsou nevýznamné. (Pitter, 1990)

#### **3.3.1.3 Hořčík a vápník**

Hořčík a vápník jsou značně rozšířeny v přírodě. Větší množství vápníku než hořčíku se vyskytuje přirozeně ve vodách. Vápník je biogenní prvek a hořčík je součástí chlorofylu. Tyto kovy jsou hygienicky málo významné. (Hartman a kol., 1998)

#### **3.3.1.4 Hliník**

V přírodě najdeme hliník ve formách hlinitokřemičitanů, slíd a živců. Nárůst hodnot obsahu hliníku v povrchových a podzemních vodách je způsoben kyselými dešti. Tyto deště zapřičiňují pohyb hliníku v půdách. (Synáčková, 1996)

### 3.3.1.5 Železo

Ve vodách se může železo vyskytovat jako dvojmocné nebo trojmocné. Malé množství železa se vyskytuje ve vodách zcela běžně. Obvykle železo obsažené ve vodách je v řádech setin až desetin mg/l. Větší množství železa se vyskytuje v povrchových vodách z rašelinišť. Železo ve vodách je hygienicky nevýznamné. Barvu, chuť a zákal ovšem železo obsažené ve vodě ovlivňuje. Železo způsobuje technické problémy, závady spočívají v obsahu železitých bakterií, které se nadměrně rozvíjejí i při malých koncentracích Fe ve vodách. V pitné vodě může být obsah Fe maximálně 0,3 mg/l, ve vodárenských tocích do 0,5 mg/l a v ostatních 2 mg/l. (Pitter, 1990)

### 3.3.1.6 Mangan

Mangan se vyskytuje ve vodách společně s železem. Mangan má také podobné vlastnosti jako železo. Do vody se dostává ze sedimentů, půd a některých odumřelých částí rostlin. Obsah manganu je převážně nižší, než je to s železem, ale v některých podzemních vodách je poměr obrácený. Prvek není hygienicky významný. Množství manganu v tocích je velice malé. Maximální množství manganu v pitné vodě je 0,1 mg/l, při překročení této hodnoty se začíná měnit chuť a barva. (Synáčková, 1996)

### 3.3.1.7 Měď

Měď se nejčastěji vyskytuje ve formě sulfidů. Od forem jejího výskytu se odvíjí její škodlivost, např.  $\text{Cu}^{2+}$  (kation měďnatý) je hodně toxický. Pro člověka je naopak měď nepostradatelná. Při koncentraci 0,05 mg/l se stává měď toxickou pro vodní organismy a tato koncentrace je i limit ve vodárenských tocích. (Synáčková, 1996)

### 3.3.1.8 Zinek

Do podzemních vod se zinek dostává procesem sulfidických rud. Málo závadný zinek z hygienického hlediska se ve větším množství může stát škodlivým a způsobit problémy s trávicí soustavou. Koncentrace zinku v pitné vodě je limitována do 0,5 mg/l a jiných tocích do 0,1 mg/l. Ve vodárenských tocích je, kvůli toxicitě vůči rybám a jiným vodním organismům, povolena hodnota pouze do 0,05 mg/l. (Pitter, 1990)

### 3.3.1.9 Kadmium

Ve vodách se vyskytuje v málem množství kadmium spolu se zinkem. Kadmium je velmi nebezpečný jed, který se ukládá v biomase. Zvyšuje také toxicitu jiných prvků (Zn, Cu). Z těchto důvodů je množství limitováno ve vodárenských tocích do 0,01 mg/l a u pitné vody do 0,005 mg/l. (Synáčková, 1996)

### 3.3.1.10 Rtuť

Sloučeniny rtuti jsou využívány ve strojírenství. V přírodních vodách je rtuť pouze v setinách  $\mu\text{g/l}$  (mikrogram na litr). Proto při zvýšení množství rtuti se dá jednoduše ukázat antropogenní znečištění. Tento prvek se nejvíce kumuluje, dochází k tomu tak ve flóře i fauně. Ve vodárenských tocích je koncentrace limitována na 0,0005 mg/l v pitné na 0,001 mg/l. (Pitter, 1990)

### 3.3.1.11 Olovo

Olovo je velice nebezpečná a toxická látka. Její škodlivost spočívá v hromadění v některých orgánech (ledviny, játra) a kostech, tím způsobuje chronická onemocnění. U vodárenských toků a v pitných vodách je koncentrace limitována na maximální hodnotu 0,05 mg/l. (Pitter, 1990)

### 3.3.1.12 Arsen

V přírodě najdeme arsen ve formě sulfidů. Ze zemědělství se dostává do povrchových a podzemních toků díky užívání arsenových pesticidů. Arsen se hromadí ve vodních organismech a sedimentech. Je velice škodlivý a způsobuje chronická onemocnění. Koncentrace prvku je limitována u vodárenských toků a pitných vod do 0,05 mg/l. (Pitter, 1990)

## 3.3.2 Sloučeniny síry

Anorganické sloučeniny síry se vyskytují v odpadních a přírodních vodách v oxidačním stupni -II, 0, +IV a +VI. Jsou to sulfany a jeho iontové formy, dále elementární síra, sírany a siřičitany a také thiosírany. Organické látky obsahující síru, jsou bílkoviny, thioly, aminokyseliny a různé sulfosloučeniny. (Pitter, 1990)

V přírodě a ve vodách je biochemická přeměna síry a její sloučeniny základem koloběhu. Sulfany a jeho formy oxidují. Síra se do vody uvolňuje rozkladem organických látek, kde se síra vyskytuje. (Říhová Ambrožová, 2006)

### 3.3.2.1 Sírany

Sírany vznikají oxidací sulfidických rud, proto se ve velkém množství nalézají v důlních vodách. Dalším zdrojem síranů jsou závody na zpracování kovů, z kterých se dostávají do odpadních vod. K úplnému vymizení může dojít pouze za určitých podmínek, jako je tomu u fosilních vod. Pouze větší množství síranů ve vodě může ovlivnit její chuť, malá koncentrace jako je tomu v povrchových vodách nemá hygienický význam. (Pitter, 1990)

### 3.3.2.2 Siřičitany

Siřičitany v přírodních vodách prakticky najít nemůžeme. Jejich přirozený zdroj je ve vulkanických exhalacích a v sopečných jezerech. V atmosférických vodách jsou siřičitany přítomny díky městské a průmyslové exhalaci, hlavně při spalování fosilních paliv. Siřičitany odčerpávají z povrchových vod rozpuštění kyslík a působí toxicky na vodní flóru a faunu, což jsou hlavní negativní vlivy. (Synáčková, 1996)

### 3.3.2.3 Sulfany

Ve vodách obsažený sulfan je organického i anorganického původu. Rozkladem sulfidických rud a biologickou redukcí vzniká sulfan původu anorganického. Biologickým rozkladem organických siřičitých látek v anaerobním prostředí vzniká sulfan organický. V povrchových vodách najdeme sulfan pouze v malých dávkách. Silně ovlivňuje pach vody a pro vodní živočichy je velmi jedovatý. (Pitter, 1990)

## 3.3.3 Sloučeniny fosforu

V přírodě fosfor vzniká zvětráváním hornin a rozpuštěním některých minerálů. Odpadními vodami z prádelen a textilního průmyslu se anorganický fosfor dostává do vod, ale hlavním zdrojem je aplikace fosforečných hnojiv v zemědělství. Organický fosfor má původ z rozkladu odumřelé flóry a fauny a je součástí živočišného odpadu. (Pitter, 1990)

Fosfor ve vodách můžeme rozdělit na rozpuštěný a nerozpuštěný a dále na organický a anorganický fosfor. Polyfosforečnany a ortofosforečnany jsou nejčastější anorganické formy fosforu, které se vyskytují ve vodách. (Langhammer, 2009)

Fosforečnany ve vodách se vyskytují více v povrchových vodách než ve vodách podzemních, je to dáno znečištěním ze zemědělských odpadů a splaškovými odpadními vodami. Koncentrace fosforečnanů v povrchových vodách je až v desetinách mg/l. Splaškové vody obsahují mnohem vyšší množství fosforečnanů (3 až 10 mg/l), je to způsobeno fekáliemi. Přírodní vodu považujeme za znečištěnou, když koncentrace fosforečnanů překračují hodnotu 0,5 mg/l. (Pitter, 1990)

Fosfor a jeho sloučeniny hrají důležitou úlohu v přírodním koloběhu látek jako biogenní prvek limitující produkční procesy. Jsou živinou pro růst nižších i vyšších organismů. Hlavně jsou fosforečnany důležité pro růst zelených vodních organismů. Jakmile je vyšší obsah fosforu ve vodě, dochází k přílišnému růstu sinic a řas a dochází tak k eutrofizaci. Eutrofizace je nadměrné množství sinic a řas. (Langhammer, 2009)

V podzemních vodách, se při vyšší koncentraci fosforečnanů, dá předpokládat, že jde o fekální znečištění. Příčinou je jejich zadržování v půdě, tím pádem mají indikátorovou hodnotu, která je ovlivněna používáním fosforečnanových hnojiv. (Pitter, 1990)

### **3.3.4 Sloučeniny dusíku**

Dusík patří stejně jako fosfor mezi biogenní prvky. Tyto prvky se uplatňují ve všech biologických procesech čištění a úpravy vod a při biologických procesech probíhajících ve vodách. (Hartman, 1998)

Ve vodách se dusík vyskytuje v různých oxidačních stupních. Biologické procesy probíhající ve vodách ovlivňují jednotlivé formy dusíku. Formy dusíku jsou: organicky vázaný dusík, elementární dusík a anorganicky vázaný dusík (např. amoniakový dusík  $\text{NH}_3$ ). (Pitter, 1990)

#### **3.3.4.1 Dusíkový cyklus**

Dusíkový cyklus je složitý systém, ve kterém probíhá amonifikace, nitrifikace, denitrifikace a biologická fixace. (Pitter, 1990)

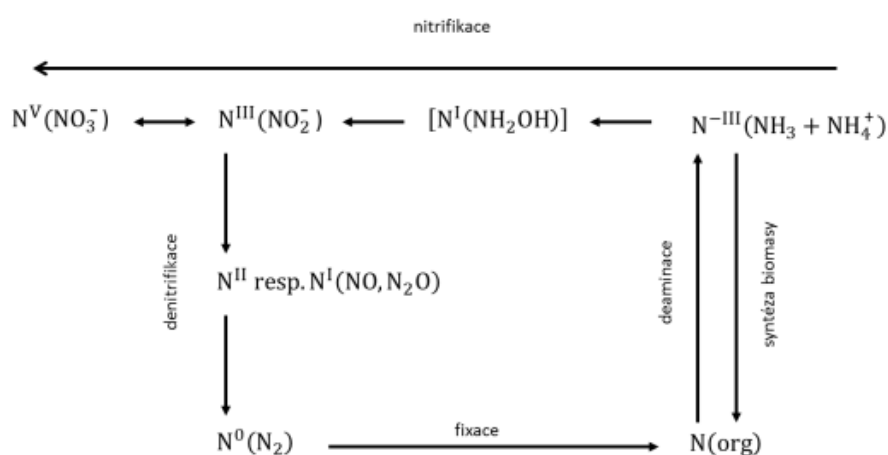
Amonifikace je proces, při kterém je organicky vázaný dusík mineralizován chemotrofními bakteriemi na amoniak. (Říhová Ambrožová, 2008)

Nitrifikace je oxidace amoniaku na dusitaný a z dusitanů na dusičnany za přísunu kyslíku (aerobní podmínky). (Říhová Ambrožová, 2008)

Denitrifikace je redukce dusičnanů na dusitany až na plynný dusík. Tato zpětná fáze probíhá bez kyslíku (anaerobní podmínky). (Říhová Ambrožová, 2008)

Biologická fixace je schopnost některých organismů, sinic a řas štěpit trojnou vazbu dusíku na organicky vázaný dusík a také na molekulární dusík. (Říhová Ambrožová, 2008)

**Obrázek 1: Cyklus dusíku**



*Zdroj: Pitter, 1990*

### 3.3.4.2 Amoniakální dusík

Primárně amoniakální dusík vzniká při rozkladu rostlinných a živočišných organických dusíkatých látek. Ve splaškových vodách je amoniakální dusík díky organickému původu. (Pitter, 1990)

Tato forma dusíku se ve vodě vyskytuje jako hydrát  $NH_3 \cdot H_2O$  nebo ve formě kationtu  $NH_4^+$ , jejich poměrné zastoupení závisí na hodnotě pH. Amoniakální dusík pochází hlavně z rozkladu organických dusíkatých látek, a proto je ukazatelem chemického složení vod. (Adámek, 2010)

Za aerobních podmínek v přírodních vodách je amoniakální dusík velice nestálý. Amoniakální dusík nitrifikací oxiduje na dusitany až dusičnany. Tato forma

dusíku se pomocí mikrobů podílí na tvorbě biomasy. Toxicitu amoniakálního dusíku ovlivňuje hodnota pH vody. Je toxický zejména pro ryby. (Pitter, 1990)

#### 3.3.4.3 Dusitany

Dusitany se v čistých podzemních a povrchových vodách nevyskytují nebo pouze ve velice malém až stopovém množství. Větší množství najdeme ve vodách železitých a rašelinných (až desetiny mg/l). U silně znečištěných podzemních a povrchových vod se může dusitanový dusík nalézat až v množství přesahující 1 mg/l. (Pitter, 1990)

Dusitany se vyskytují ve vodě jako meziprodukt nitrifikace a denitrifikace. Jsou velmi nestálé, proto je jejich zastoupení ve vodách velice malé. Působí toxicky na ryby a v pitné vodě jsou zdravotně závadné. Patří mezi významné indikátory fekálního znečištění vod. (Adámek, 2010)

#### 3.3.4.4 Dusičnany

Konečnou fází rozkladu organických dusíkatých látek jsou právě dusičnany. Jsou zdrojem živin pro vegetaci. Zdrojem dusičnanů ve vodách jsou zemědělské oblasti. (Langhammer, 2009)

Ve všech typech vod najdeme malou koncentraci vyskytujícího se dusičnanového dusíku. Množství obsažené ve vodách se mění společně s vegetačním obdobím. K největší koncentraci v přírodní vodě dochází v zimě (mimovegetační období) a naopak nejmenší množství dusičnanů je v létě (vegetační období). (Pitter, 1990)

Pro člověka téměř nejsou škodlivé, až do doby, kdy se začnou v zažívacím traktu redukovat na škodlivé dusitany. Toxicita spočívá v reakci s hemoglobinem za vzniku methemoglobinu, který nepřenáší kyslík v krvi. (Synáčková, 1996)

### 3.3.5 Organické látky ve vodách

Původy organických látek v přírodních vodách jsou dva, a to přirozený výskyt nebo antropogenní původ. Výluhy ze sedimentů a půd, produkty životní činnosti živočišných a rostlinných organismů žijících ve vodě jsou příčiny výskytu organických látek přirozených. Lidskou činností vznikají organické látky antropogenního původu, a to ze splaškových a průmyslových odpadních vod a také z odpadů ze zemědělství. (Pitter, 1990)



Z biologického hlediska se organické látky řadí mezi látky podléhající biologickému rozkladu a biologicky rezistentní. U rezistentních látek může docházet ke hromadění v hydrosféře. V mnoha případech tyto látky nejsou schopny čistírny a vodárny běžnými úpravami odstranit, proto jsou nežádoucí v povrchových a podzemních vodách. (Pitter, 1990)

Biologické a chemické vlastnosti jsou značně ovlivněny organickými látkami. Tyto látky mohou mít karcinogenní, alergenní nebo mutagenní účinky. Množství těchto látek se ve vodách vyskytují ve velikém rozmezí, u užitkových a pitných vod jsou to desetiny až jednotky mg/l, ale v povrchových vodách můžou nabývat hodnot až desetinásobných. (Pitter, 1990)

Identifikace a separace látek je velmi složitá, protože se může ve vodách vykytovat až několik set různých organických látek. Základem před identifikací je stanovení jejich důležitosti. Mezi první kroky patří, stanovení látky, zda je toxická a biologicky těžko rozložitelná. Nepřímé metody, založené na chemické nebo biochemické oxidaci organických látek, patří mezi nejvíce rozšířené metody pro identifikaci látek. (Pitter, 1990)

### **3.4 Chemické složení tekoucích povrchových vod**

Chemismus vod je dán základním typem hornin a lidskou činností v povodí. Chemismus povrchových tekoucích vod je určen specifickými vlastnostmi tohoto biotopu. Pro tekoucí vody je charakteristický proud. Rychlá výměna vody určuje její působení na půdu a podloží, po němž stéká. Toky jsou napájeny atmosférickými srážkami, takže první ovlivnění nastává již v ovzduší. Podloží, po němž voda toků stéká bývá obvykle dobře vymyto a obsahuje zpravidla malé množství rozpustných solí. Proto jsou toky málo mineralizované. (Heteša, Kočková, 1997)

Většina toků na planetě má vodu s malou a střední mineralizací. Táním sněhu a ledu vznikají vody, které mají velice nízkou hodnotu mineralizace (pod 100 mg/l) stejně jako vody protékající dolomitickými nebo vápencovými útvary. Čisté tekoucí vody obsahují koncentrace nerozpuštěných látek v jednotkách mg/l. Při záplavách dochází ke zvyšování koncentrace látek na desítky až stovky mg/l implikací splachů z okolních půd. (Pitter, 1990).

Teplota, intenzita fotosyntézy a koncentrace biologicky rozložitelných organických látek určuje množství rozpuštěného kyslíku. U čistých toků to bývá 85 až 95 %. U toků znečištěných organickými látkami se hodnota kyslíku zmenšuje,

v extrémních případech může kyslík zcela vymizet. Hodnota pH u čistých povrchových vod je v rozsahu od 6,0 do 8,5. U povrchových vod z rašelinišť může hodnota pH klesnout až pod 4,0, v rašeliništích jsou rozpuštěné kyselé humusové kyseliny. V létě a na jaře dosahují hodnoty pH povrchových vod nejvyšších hodnot, naopak v zimě jsou hodnoty minimální. (Pitter, 1990)

Rozpuštění uhličitanových minerálů geologického podloží ovlivňuje obsah hydrogenuhličitanů v povrchových vodách. Dále můžeme nalézt sírany, které jsou atmosférického původu nebo vznikají zvětráváním a rozpuštěním minerálů. Chloridy vznikají reakcí geologického podloží s vodou. Ve vodě obsažený vápník pochází převážně rozpuštěním uhličitanových minerálů. (Pitter, 1990)

Koncentrace fosforečnanů jsou stejně tak jako sloučeniny dusíků ovlivněny sezónními změnami. Hodnoty fosforečnanů se pohybují v rozmezí setin až desetin mg/l. Do zdrojů, způsobených člověkem, patří splach z polí a splaškové vody. Mangan a železo se v nadzemních vodách vyskytují ve velmi malém množství, z důvodu jejich oxidace na Fe<sup>III</sup> a Mn<sup>III-IV</sup> a následné hydrolyze a vylučování málo rozpustných oxidů. Množství nebývá vyšší než 1 mg/l. (Pitter, 1990)

Sloučeniny dusíku jsou atmosférického a antropogenního původu. V neznečištěných vodách je koncentrace amoniakového dusíku v řádech setin až desetin mg/l. Například splachy z hnojení polí a atmosférické srážky způsobují výskyt dusičnanového dusíku v povrchových vodách. Hodnota v neznečištěných vodách by neměla být vyšší než 1 mg/l. (Pitter, 1990)

V těchto vodách se vyskytují látky antropogenního původu (splaškové a průmyslové odpadní vody, zemědělství) a organické látky (produkty životní činnosti vodních organismů, huminové látky). Závažným problémem jsou specifické organické látky, které nelze zcela odstranit běžnou vodárenskou technologií. (Pitter, 1990)

Chemické složení velkých toků je zpravidla stabilnější než toků malých. Vzhledem k malému množství vody v korytě může chemismus ovlivnit i malý déšť. Chemické složení vodních toků je kvalitativně víceméně neměnné.

### **3.5 Roční období**

Roční období je rozdělení roku na 4 části. Obvykle se roční období vykazuje pravidelnou změnou počasí. V mírném a polárním pásu jsou čtyři roční období: jaro, léto, podzim a zima. Tyto období jsou dána pootočením Země ke Slunci, tudíž její

vzdáleností. Zemská osa je nakloněna, proto je na jedné polokouli léto a na druhé zima.

Složení povrchové vody se v průběhu roku mění. Rozhodující vliv na to má zejména způsob napájení. Výrazné je to u proudících povrchových toků. Při povrchovém napájení (srážky, tání sněhu) je mineralizace vody minimální, zatímco v zimě a v létě, dosahuje mineralizace hodnot mnohem vyšších. (Heteša, Kočková, 1997)

V létě se zvyšuje také obsah organických látek. Rozeznávají se dva druhy organických látek. Jedna z nich je huminová, která snadno vzdoruje mikrobům, druhá je hnilobná, která lehce podléhá hnilobě. (Tesařík a kol., 1985).

### **3.5.1 Jaro**

Astronomické jaro je období trvající zpravidla od 20. 3. do data okolo 21.6. Začíná okamžikem jarní rovnodennosti, kdy den i noc má 12 hodin. Meteorologické jaro začíná 1. března a končí 31. května. Za jarní měsíce se považují měsíce březen, duben a květen. Dny v tomto období jsou teplejší a delší. Srážky jsou častější ale s menší intenzitou. Dochází ke smyvům hospodářsky obdělávaných půd.

### **3.5.2 Léto**

Astronomické léto začíná letním slunovratem 20. 21. nebo 22. června, kdy je nejdelší den v roce., a končí 22. nebo 23. září. Meteorologické léto začíná 1. června. Letní měsíce jsou tedy červen, červenec, srpen. Je nejteplejší částí roku s nejdelší denní dobou. Srážky jsou méně časté, ale intenzivní. Půda je vysušená zhoršeným vsakem a společně s prudkými dešti se mohou objevit bleskové povodně.

### **3.5.3 Podzim**

Okamžikem podzimní rovnodennosti 22. 9. nebo 23. 9. začíná astronomický podzim, který trvá do 22. nebo 23. prosince. Meteorologický podzim začíná 1. září a končí 31. listopadu. Podzimní měsíce jsou září, říjen listopad. Dny jsou kratší a chladnější. Meteorologické vlastnosti jsou podobné těm na jaře.

### **3.5.4 Zima**

Zimní slunovrat startuje astronomickou zimou, která trvá od 22. nebo 23. 12. do jarní rovnodennosti (zpravidla 20.3.). Meteorologická zima začíná 1. prosince a

končí 28. února a v přestupném roce 29.2. Zima je nejchladnější část roku. Dny jsou nejkratší v roce. Přeháňky jsou především sněhové. Při tání sněhu dochází ke zvýšení hladin toků, které se může vyskytovat i v jarních měsících.

### **3.6 Zájmové území: Mastník**

Potok Mastník patří do menších toků Středočeského kraje. Potok pramení 7 km jihovýchodně od Sedlce-Prčice v obci Střezimíř. Nadmořská výška pramene je 597,6 m. n. m. Horní část toku tvoří prohlubující se údolí s kamenitým dnem. Teče převážně severozápadním směrem. Protéká okolo Heřmaniček, asi po 10 km toku napájí rybník Velký Mastník v 457 m. n. m. Po vtoku do rybníka u Martinic potok protéká nevýrazným údolím s přírodními břehy. Krajina se kolem Mastníku rychle mění. Protéká přes Kosovu Horu a protéká kolem rybníka Červený Hrádek. Tato část se dá považovat za počátek středního toku. Zde se stává rychle tekoucím potokem vysočinného typu různé šíře. Za 1,7 km vtéká do Sedlčan. Zde vtéká do Mastníku Sedlecký potok, který se svou délkou 21,3 km je jeho nejdelším přítokem. Sedlecký potok vytéká ze Sedlčanské retenční nádrže. Na potoce Mastník se nachází četné hluboké tůně. Dále se stáčí více k severu. Za sedlčanskou kotlinou se v těsné blízkosti potoka nachází čistíčka odpadních vod. Tato čistíčka zpracovává veškerou odpadní vodu ze Sedlčan, a vyčištěnou a nezávadnou vodu vypouští do toku. Dále protéká obcí Osečany, kde končí střední tok. Poslední úsek toku vede k tabulím v obci Radíč. V těchto místech se stává neregulovatelným potokem, který protéká lučinami a lesy. Potok se vlévá do Vltavy ve výšce 271 metrů nad mořem. Původní tok Mastníku je zde zkrácen vzduším hladiny Slapskou přehradou. Z údolí potoka vznikl zatopením asi 4 km dlouhý úzký záliv. (Vlček a kol., 1984)

**Obrázek 2: Pramen Mastníka**



*Zdroj: vlastní zpracování*

**Obrázek 3: Odběrové místo Kosova Hora**



*Zdroj: vlastní zpracování*



**Obrázek 4: Soutok Mastníka se Sedleckým potokem**



*Zdroj: vlastní zpracování*

**Obrázek 5: Místo, kde se Mastník vlévá do Vltavy**



*Zdroj: vlastní zpracování*

**Tabulka 3: Souhrnné informace o potoce Mastník**

<b>Délka toku</b>	47,3 km
<b>Plocha povodí</b>	331,5 km <sup>2</sup>
<b>Průměrný průtok (Radíč)</b>	1,26 m <sup>3</sup> /s
<b>Průměrný průtok (ústí)</b>	1,23 m <sup>3</sup> /s
<b>Pramen</b>	U Střezimíře
<b>Nadmořská výška u pramene</b>	597,6 m. n. m.
<b>Ústí</b>	Do Vltavy (Slapská přehrada)
<b>Nadmořská výška u ústí</b>	271 m. n. m.
<b>Hydrologické číslo povodí</b>	1-08-05-047
<b>Protéká (horní část toku)</b>	Střezimíř, Ješetice, Peklo, Bučovice, Křenovice, Podolí
<b>Protéká (střední část toku)</b>	Kosova Hora, Červený Hrádek, Sedlčany, Osečany
<b>Protéká (dolní část toku)</b>	Radíč, Živohošť
<b>Využitelnost toku</b>	Vodáctví, Rybářství (pstruhové vody)



## 4 Analytická část

V teoretické části jsem se zabýval chemismem, vlastnostmi vody a ročními obdobími. Podrobněji jsem se soustředil na jednotlivé chemické prvky a sloučeniny, které mohou být v povrchových vodách obsažené. Analytická část aplikuje získané teoretické poznatky a zabývá se rozbořem monitoringu.

### 4.1 Odběr vzorků

Vzorek je nutné odebírat do čistých vzorkovnic (polyethylenové nebo skleněné lahve). Ve většině případů je možno použít oba typy vzorkovnic. V pár případech je nutné využít pouze jeden z typů vzorkovnic, kvůli nevhodnosti druhé. Vzorkovnice musí být zřetelně a dobře označené, aby nedošlo k záměně vzorků. Množství odebíraného vzorku je voleno podle rozsahu stanovení jednotlivých složek. Odebrání více množství vzorkovnic je nutností, kvůli případnému opakovanému stanovování. (Horáková a kol., 1986)

Stanové podmínky je nutné dodržovat při odběru vzorků. Metodika a způsob odběru jsou dány podle místa odběru, druhu odebírané vody, účelem rozboru a místními podmínkami. Vzorek se odebírá přímo do vzorkovnice nebo pomocí různých typů vzorkovačů. Doba mezi odběrem a rozbořem by měla být co nejmenší. Vlastnosti chemických látek ve vodě jsou dosti proměnné, proto jsou nejpřesnější výsledky z rozborů prováděných bezprostředně po odběru. Tato metoda je prakticky nemožná, proto dochází ke konzervaci vzorků. Ta zajišťuje, že změna chemických vlastností je minimální. Pro konzervaci se používá chloroform jako toxické činidlo a se snižuje teplota. (Horáková a kol., 1986)

Odběry vzorků byly prováděny od 3.1 2011 do 5. 10. 2015. Každý rok bylo prováděno pět odběrů. Odběry byly prováděny ve stejný měsíc jako předešlý rok a odpovídají ročním obdobím. Vzorky byly odebírány v Kosově Hoře.

### 4.2 Analýza vzorků

Analýza vzorků byla provedena 1.Středočeskou vodárenskou. Veškeré rozborů od roku 2011 do 2015 nám byly poskytnuty od Ing. Petra Vaška, následující roky se analýza neprováděla. Rozbor vzorků v období 2011-2015 by měl být dostatečný. Avšak některé rozborů nejsou zcela jednoznačné a u jednotlivých zkoumaných látek



nejsou ve všech termínech odběrů vyzkoumány. Důvody, proč přestaly být vzorky odebírány mi nebyly sděleny.

Tabulka všech odběrů je uvedena v příloze číslo 1.

## **4.3 Výsledky**

Pro zpracování výsledků monitoringu jsem použil aplikaci MS Excel.

### **4.3.1 Vlastnosti vody**

V následující části jsou v tabulkách a grafech zaneseny hodnoty týkající se vlastností vody.

#### **4.3.1.1 Teplota**

V následující části si rozebereme teplotu.

**Tabulka 4: Teplota**

<b>Datum odběru</b>	<b>Teplota °C</b>
03. 01. 2011	0,6
22. 02. 2011	0,4
04. 04. 2011	11,8
19. 07. 2011	17,1
03. 10. 2011	10,6
03. 01. 2012	5,6
21. 02. 2012	0,3
02. 04. 2012	4,9
09. 07. 2012	17,4
01. 10. 2012	12
07. 01. 2013	4,9
19. 02. 2013	6,3
02. 04. 2013	3,2
08. 07. 2013	16,7
30. 09. 2013	10,5
06. 01. 2014	3,2
18. 02. 2014	2,2
07. 04. 2014	8,8
07. 07. 2014	18,3
06. 10. 2014	12,8
05. 01. 2015	1,7
17. 02. 2015	0,7
07. 04. 2015	3,8
07. 07. 2015	19
05. 10. 2015	12,3

**Tabulka 5: Teplotní průměry**

<b>Rok</b>	<b>Teplotní průměr °C</b>
2011	8,10
2012	8,04
2013	8,32
2014	9,06
2015	7,50

**Graf 1: Závislost teploty na období**



Podle znalostí o ročních obdobích se dalo předpokládat to, co je patrné z grafu. Teplota vody byla dosti proměnná jak v závislosti na ročním období, tak v průběhu let. Největší teplotní rozdíl byl naměřen v roce 2015. Nejmenší teplotní rozdíl byl v roce 2013, v tomto roce byla i největší naměřená zimní teplota ve dni 19. února. Nejvyšší teplota vody byla 19 °C v odběru, který probíhal 7. 7. 2015. Nejvyšší teplotní průměr byl v roce 2014 a to 9,06 °C.

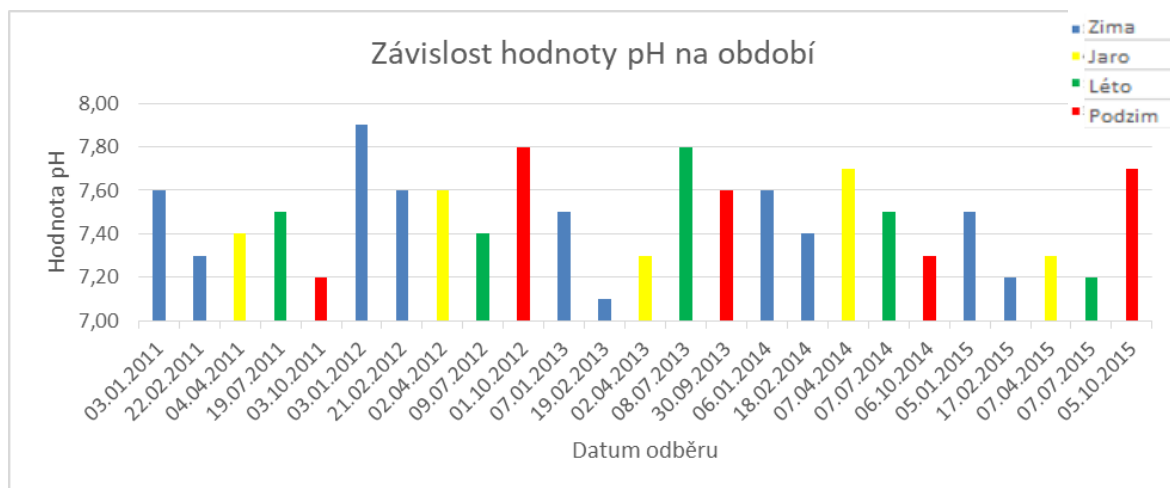
#### 4.3.1.2 Hodnota pH

V následující části si rozebereme hodnotu pH.

**Tabulka 6: Hodnota pH s daty odběrů**

Datum odběru	pH
03. 01. 2011	7,60
22. 02. 2011	7,3
04. 04. 2011	7,4
19. 07. 2011	7,5
03. 10. 2011	7,2
03. 01. 2012	7,9
21. 02. 2012	7,6
02. 04. 2012	7,6
09. 07. 2012	7,4
01. 10. 2012	7,8
07. 01. 2013	7,5
19. 02. 2013	7,1
02. 04. 2013	7,3
08. 07. 2013	7,8
30. 09. 2013	7,6
06. 01. 2014	7,6
18. 02. 2014	7,4
07. 04. 2014	7,7
07. 07. 2014	7,5
06. 10. 2014	7,3
05. 01. 2015	7,5
17. 02. 2015	7,2
07. 04. 2015	7,3
07. 07. 2015	7,2
05. 10. 2015	7,7

**Graf 2: Závislost hodnot pH na období**



Hodnoty pH nebyly nějak výrazně proměnné. Kyselost vody byla vždy v rozmezí od 7 do 8, takže se jedná o vody neutrální až mírně zásadité. Nejvyšší hodnota byla naměřena 3. 1. 2012 a to 7,9, nejnižší hodnota 7,1 byla naměřena 19. 2. 2013.

#### 4.3.1.3 Zákal

V následující části si rozebereme zákal.

**Tabulka 7: Zákal v jednotlivých obdobích**

<b>Zákal (ZF)</b>				
Roční období	Jaro	Léto	Podzim	Zima
Rok				
2011	3	17,1	17,1	2,2
2012	4,7	6,6	6,5	7,5
2013	1,4	8,9	1,4	11,9
2014	3,1	3,8	1,8	1,3
2015	2,7	3	1,4	1,9

Zákal měřený ve formatizovaných jednotkách zapsaný v tabulce ukazuje, že zákal není daný ročním obdobím nebo se neopakuje sezónně. Je náhodný a možnost vyššího měřeného zákalu je způsobeno přeháňkami či smyvem z povrchu. Velká závislost je tedy na srážkách. Podle dat z portálu Českého hydrometeorologického ústavu ale měsíce, kdy byly vzorky odebírané, nebyly nijak vypovídající k hodnotám z tabulek a historické denní záznamy nejsou vedeny.

#### 4.3.1.4 Barva

V následující části si rozebereme barvu.

**Tabulka 8: Barva vody v jednotlivých odběrech**

<b>Datum odběru</b>	<b>Barva (mg/l Pt)</b>
03. 01. 2011	21
22. 02. 2011	15
04. 04. 2011	28
19. 07. 2011	40
03. 10. 2011	43
03. 01. 2012	39
21. 02. 2012	35
02. 04. 2012	29
09. 07. 2012	50
01. 10. 2012	35
07. 01. 2013	50
19. 02. 2013	18
02. 04. 2013	18
08. 07. 2013	60
30. 09. 2013	35
06. 01. 2014	23
18. 02. 2014	22
07. 04. 2014	40
07. 07. 2014	50
06. 10. 2014	40
05. 01. 2015	25
17. 02. 2015	27
07. 04. 2015	35
07. 07. 2015	50
05. 10. 2015	35

Barva vody zapsaná v tabulce je daná v mg/l Pt. V těchto jednotkách se barva převádí podle Evanse a Crowthera na vlnovou délku, která barvu udává-jak už jsem se zmínil ve fyzikálně-chemických vlastnostech. Podle tabulky je barva náhodná a roční období na ní vliv bude mít minimální. Nejvyšší hodnoty jsou naměřeny v letních měsících, ale podobné hodnoty můžeme nalézt i v zimních měsících. Nejnížší hodnoty jsou v zimě.

#### 4.3.1.5 Pach

V následující části si rozebereme pach.

**Tabulka 9: Posouzení pachu**

<b>Stupeň pachu</b>	<b>Datum měření</b>	<b>Druh pachu</b>	<b>Slovní vyjádření stupně</b>
3	03. 01. 2012	Plísňový	Znatelný
1	21. 02. 2012	Fekální	Velmi slabý
1	02. 04. 2012	Fekální	Velmi slabý
2	09. 07. 2012	Hnilobný	Slabý
1	01. 10. 2012	Fekální	Velmi slabý
0	07. 01. 2013	Zemité	Žádný
1	19. 02. 2013	Fekální	Velmi slabý
0	02. 04. 2013	Zemité	Žádný
1	08. 07. 2013	Fekální	Velmi slabý
1	30. 09. 2013	Fekální	Velmi slabý
0	06. 01. 2014	Zemité	Žádný
1	18. 02. 2014	Fekální	Velmi slabý
0	07. 04. 2014	Zemité	Žádný
1	07. 07. 2014	Fekální	Velmi slabý
0	06. 10. 2014	Zemité	Žádný
0	05. 01. 2015	Zemité	Žádný
2	17. 02. 2015	Hnilobný	Slabý
0	07. 04. 2015	Zemité	Žádný
1	07. 07. 2015	Fekální	Velmi slabý
1	05. 10. 2015	Fekální	Velmi slabý

Pach se ve veškerých posuzovaných obdobích nijak extrémně nelišil a byl v rozmezí 0. - 1. stupně pachu. Až na tři období, kdy se jednou vyskytl 3. stupeň pachu, který se dá popsat jako plísňový a je znatelný, a dvakrát 2. stupeň, slabý a popisuje se jako hnilobný. Období, ve kterých se výjimky vyskytly, spolu nijak nesouvisí.

### 4.3.2 Sloučeniny

V následující části jsou v tabulkách a grafech zaneseny hodnoty týkající se sloučenin obsažených ve vodách.

#### 4.3.2.1 Amonné ionty

V následující části si rozebereme amonné ionty.

**Tabulka 10: Amonné ionty s daty odběru**

<b>Datum odběru</b>	<b>Amonné ionty (mg/l)</b>
03. 01. 2011	0,28
22. 02. 2011	<0,05
04. 04. 2011	<0,05
19. 07. 2011	0,06
03. 10. 2011	0,09
03. 01. 2012	0,09
21. 02. 2012	0,22
02. 04. 2012	0,05
09. 07. 2012	0,11
01. 10. 2012	0,06
07. 01. 2013	0,05
19. 02. 2013	<0,05
02. 04. 2013	<0,05
08. 07. 2013	<0,05
30. 09. 2013	<0,05
06. 01. 2014	<0,05
18. 02. 2014	<0,05
07. 04. 2014	<0,05
07. 07. 2014	0,06
06. 10. 2014	<0,05
05. 01. 2015	<0,05
17. 02. 2015	<0,05
07. 04. 2015	0,07
07. 07. 2015	0,10
05. 10. 2015	<0,05



**Graf 3: Závislost amonných iontů na období**



Amonné ionty jsou ve většině případů v odběrné databázi menší než 0,05 mg/l a nejsou více specifikované, proto jsem je do grafu neuváděl. Jedna hodnota odebraná 7. 1. 2013 je přesně 0,05 mg/l ale v grafu není uvedena. Největší množství amonných iontů ve vodě je 3. 1. 2011 a to 0,28 mg/l. Nejnižší hodnotu nelze vyčíst.

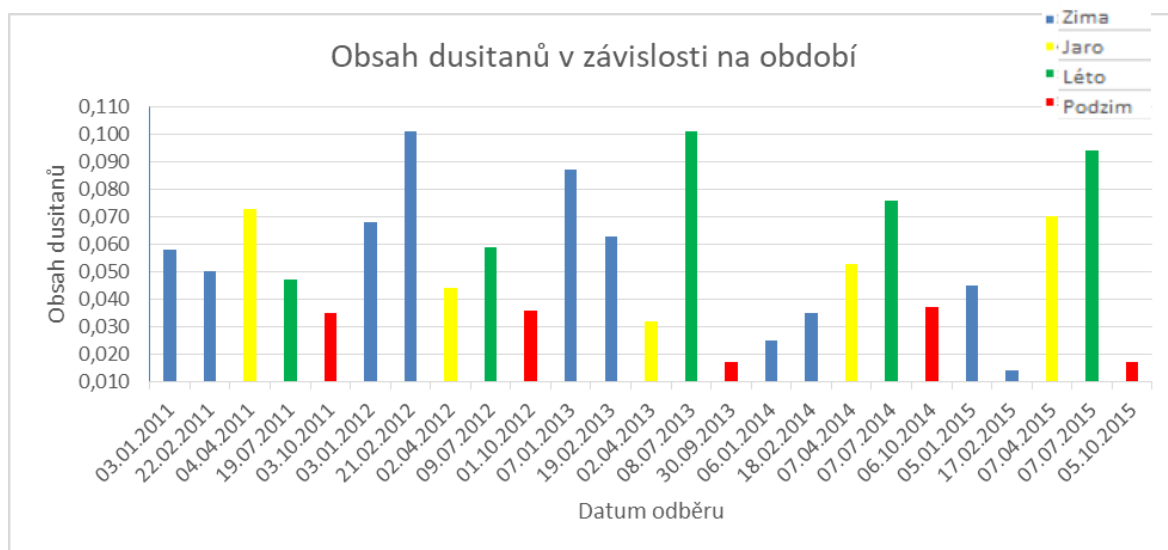
#### 4.3.2.2 Dusitany

V následující části si rozebereme dusitany.

**Tabulka 11: Dusitany s daty odběrů**

Datum odběru	Dusitany (mg/l)
03. 01. 2011	0,058
22. 02. 2011	0,050
04. 04. 2011	0,073
19. 07. 2011	0,047
03. 10. 2011	0,035
03. 01. 2012	0,068
21. 02. 2012	0,101
02. 04. 2012	0,044
09. 07. 2012	0,059
01. 10. 2012	0,036
07. 01. 2013	0,087
19. 02. 2013	0,063
02. 04. 2013	0,032
08. 07. 2013	0,101
30. 09. 2013	0,017
06. 01. 2014	0,025
18. 02. 2014	0,035
07. 04. 2014	0,053
07. 07. 2014	0,076
06. 10. 2014	0,037
05. 01. 2015	0,045
17. 02. 2015	0,014
07. 04. 2015	0,070
07. 07. 2015	0,094
05. 10. 2015	0,017

**Graf 4: Závislost obsahu dusitanů na období**



Dusitany obsažené ve vodě nabývají nejvyšších hodnot v létě kromě roku 2012, kdy je nejvyšší v zimě. Nejnižší hodnota byla naměřena v zimě 17. 2. 2015 a to 0,014 mg/l ale další dvě nejnižší hodnoty 0,017 byly naměřeny na podzim. Největší rozdíl byl mezi jarem, létem a podzimem roku 2013.

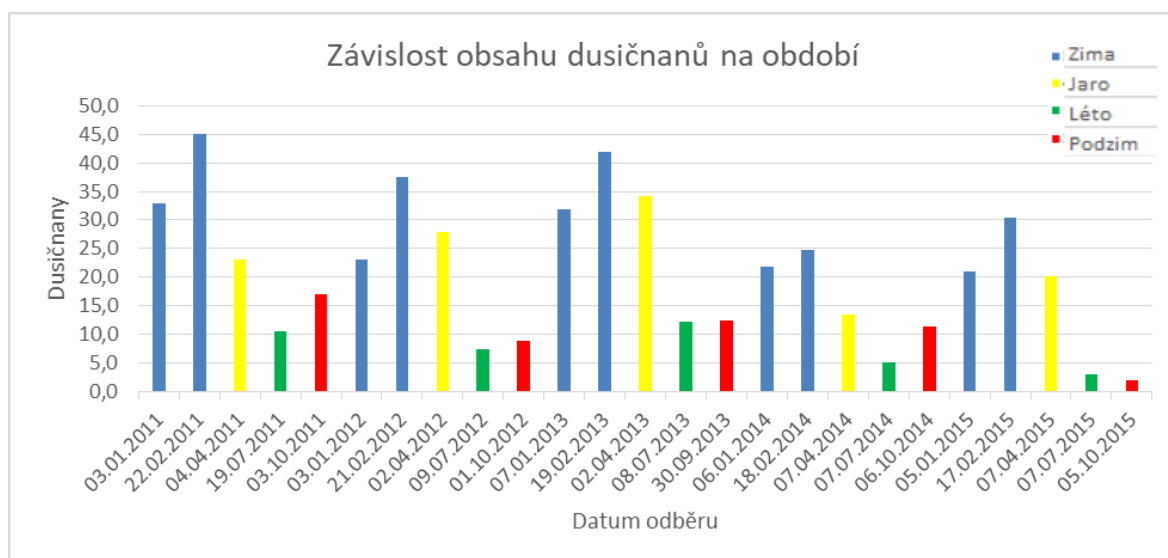
#### 4.3.2.3 Dusičnany

V následující části si rozebereme dusičnany.

**Tabulka 12: Obsah dusičnanů s daty odběru**

<b>Datum odběru</b>	<b>Dusičnany (mg/l)</b>
03. 01. 2011	33,0
22. 02. 2011	45,0
04. 04. 2011	23,0
19. 07. 2011	10,5
03. 10. 2011	17,1
03. 01. 2012	23,1
21. 02. 2012	37,5
02. 04. 2012	27,9
09. 07. 2012	7,3
01. 10. 2012	8,8
07. 01. 2013	31,8
19. 02. 2013	41,8
02. 04. 2013	34,1
08. 07. 2013	12,2
30. 09. 2013	12,5
06. 01. 2014	21,9
18. 02. 2014	24,7
07. 04. 2014	13,5
07. 07. 2014	5,1
06. 10. 2014	11,3
05. 01. 2015	21,0
17. 02. 2015	30,3
07. 04. 2015	20,2
07. 07. 2015	3,0
05. 10. 2015	2

**Graf 5: Závislost obsahu dusičnanů na období**



Obsah dusičnanů je v každém roce pozorování nejnižší v letních a podzimních měsících. Nejnižší hodnoty jsou v posledních dvou měřeních. 7.7.2015 bylo naměřeno 3,0 mg/l dusičnanů ve vodě a 5.10.2015 bylo naměřeno 2,0 mg/l dusičnanů. Nejvyšší hodnoty byly vždy v zimních měsících. Dne 22.2.2011 bylo naměřeno 45,0 mg/l dusičnanů, což je nevyšší hodnota v záznamu.

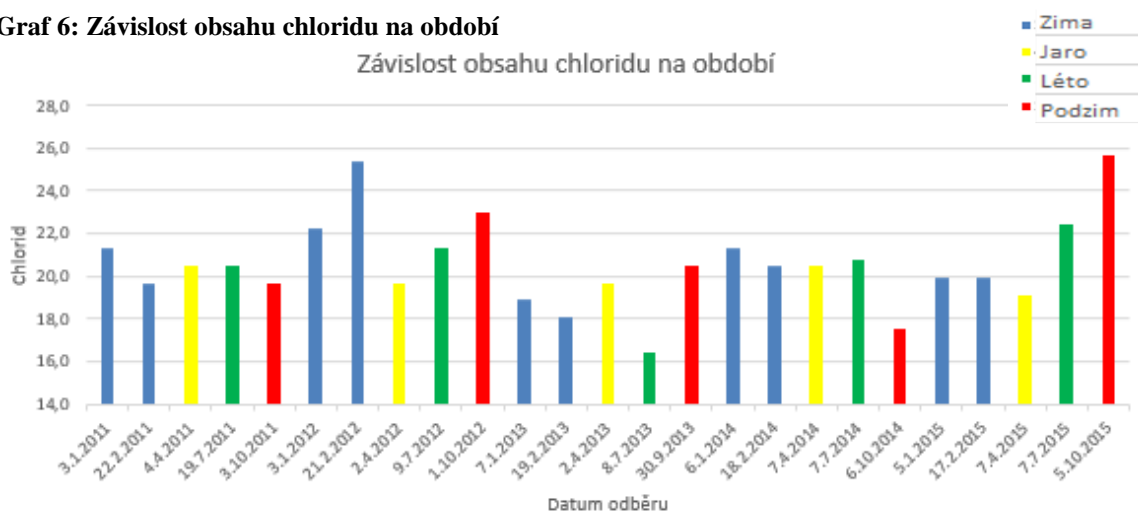
#### 4.3.2.4 Chloridy

V následující části si rozebereme chloridy.

**Tabulka 13: Obsah chloridu s daty odběru**

Datum odběru	Chloridy (mg/l)
03. 01. 2011	21,3
22. 02. 2011	19,7
04. 04. 2011	20,5
19. 07. 2011	20,5
03. 10. 2011	19,7
03. 01. 2012	22,2
21. 02. 2012	25,4
02. 04. 2012	19,7
09. 07. 2012	21,3
01. 10. 2012	23,0
07. 01. 2013	18,9
19. 02. 2013	18,1
02. 04. 2013	19,7
08. 07. 2013	16,4
30. 09. 2013	20,5
06. 01. 2014	21,3
18. 02. 2014	20,5
07. 04. 2014	20,5
07. 07. 2014	20,8
06. 10. 2014	17,5
05. 01. 2015	19,9
17. 02. 2015	19,9
07. 04. 2015	19,1
07. 07. 2015	22,4
05. 10. 2015	25,7

**Graf 6: Závislost obsahu chloridu na období**



Obsah chloridu v průběhu roku není moc rozdílný. Rok 2012 má větší obsah v zimních měsících oproti ostatním ročním obdobím stejně jako rok 2013, který má nižší v podzimním období. Nejvyšší koncentraci chloridu můžeme vidět v měření 21. 2. 2012 a 5. 10. 2015, a to hodnoty 25,4 mg/l a 25,7 mg/l. Nejnižší je z měření, které probíhalo 8. 7. 2013 a to s výsledkem 16,4 mg/l.

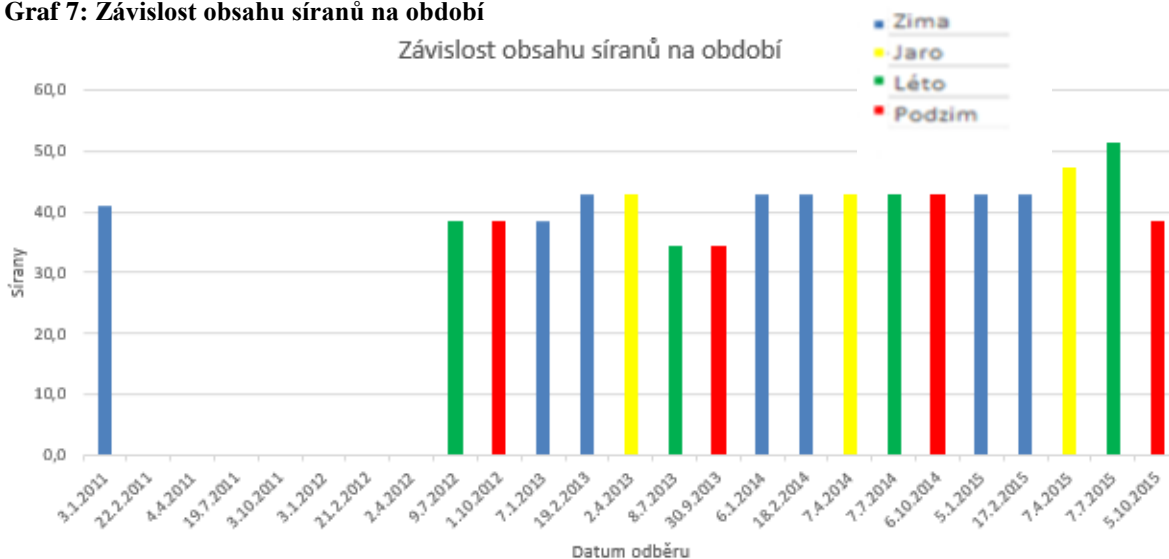
#### 4.3.2.5 Sírany

V následující části si rozebereme sírany.

**Tabulka 14: Obsah síranů s daty odběrů**

<b>Datum odběru</b>	<b>Sírany (mg/l)</b>
03. 01. 2011	40,9
22. 02. 2011	<50,0
04. 04. 2011	<50,0
19. 07. 2011	<50,0
03. 10. 2011	<50,0
03. 01. 2012	<50,0
21. 02. 2012	<50,0
02. 04. 2012	<50,0
09. 07. 2012	38,6
01. 10. 2012	38,6
07. 01. 2013	38,6
19. 02. 2013	42,9
02. 04. 2013	42,9
08. 07. 2013	34,3
30. 09. 2013	34,3
06. 01. 2014	42,9
18. 02. 2014	42,9
07. 04. 2014	42,9
07. 07. 2014	42,9
06. 10. 2014	42,9
05. 01. 2015	42,9
17. 02. 2015	42,9
07. 04. 2015	47,2
07. 07. 2015	51,5
05. 10. 2015	38,6

Graf 7: Závislost obsahu síranů na období



Měření obsahu síranů ve vodě ukazuje, že obsah je skoro neměnný až na poslední dvě měření v létě a na podzim v roce 2015. Dne 7. 7. 2015 je 51,5 mg/l síranu ve vodě a dne 5. 10. 2015 je 38,6 mg/l. Zároveň jde o nejvyšší a nejmenší obsah síranu. Měření od 22. 2. 2011 do 9. 7. 2012 je udáno jako hodnota menší než 50 mg/l, proto jsem tyto výsledky do grafu nezanesl pro neúplnou specifikaci.

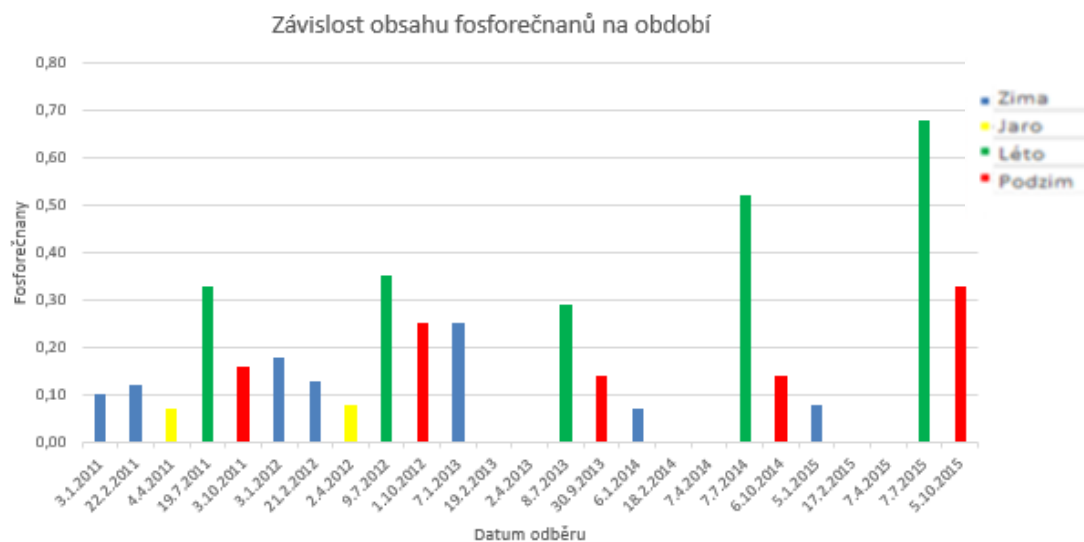
#### 4.3.2.6 Fosforečnany

V následující části si rozebereme fosforečnany.

**Tabulka 15: Obsah fosforečnanů s daty odběrů**

Datum odběru	Fosforečnany (mg/l)
03. 01. 2011	0,10
22. 02. 2011	0,12
04. 04. 2011	0,07
19. 07. 2011	0,33
03. 10. 2011	0,16
03. 01. 2012	0,18
21. 02. 2012	0,13
02. 04. 2012	0,08
09. 07. 2012	0,35
01. 10. 2012	0,25
07. 01. 2013	0,25
19. 02. 2013	<0,05
02. 04. 2013	<0,05
08. 07. 2013	0,29
30. 09. 2013	0,14
06. 01. 2014	0,07
18. 02. 2014	<0,05
07. 04. 2014	<0,05
07. 07. 2014	0,52
06. 10. 2014	0,14
05. 01. 2015	0,08
17. 02. 2015	<0,05
07. 04. 2015	<0,05
07. 07. 2015	0,68
05. 10. 2015	0,33

**Graf 8: Závislost obsahu fosforečnanů na období**





Jak je vidět na grafu, tak obsah fosforečnanů v letních měsících postupně narůstal. Naopak druhé měření v zimních měsících a jarních měsících klesalo, až se dostalo na hodnotu menší než 0,05 mg/l, kdy už nebylo blíže specifikováno. Proto jsem těchto šest měření do grafu nezařadil, ale v tabulce jsou zapsány.

### 4.3.3 Prvky

V následující části jsou v tabulkách a grafech zaneseny hodnoty týkající se prvků obsažených ve vodě.

#### 4.3.3.1 Železo

V následující části si rozebereme železo.

**Tabulka 16: Obsah železa s daty odběru**

Datum odběru	Železo (mg/l)
03. 01. 2011	0,22
22. 02. 2011	0,17
04. 04. 2011	0,21
19. 07. 2011	1,05
03. 10. 2011	0,84
03. 01. 2012	0,53
21. 02. 2012	1,51
02. 04. 2012	0,40
09. 07. 2012	0,87
01. 10. 2012	0,45
07. 01. 2013	0,78
19. 02. 2013	0,24
02. 04. 2013	0,20
08. 07. 2013	0,40
30. 09. 2013	0,15
06. 01. 2014	0,10
18. 02. 2014	0,12
07. 04. 2014	0,20
07. 07. 2014	0,52
06. 10. 2014	0,30
05. 01. 2015	0,22
17. 02. 2015	0,29
07. 04. 2015	0,26
07. 07. 2015	0,42
05. 10. 2015	0,20

**Graf 9: Závislost obsahu železa na období**



Obsah železa je dost proměnný jak s ohledem na roční období tak na jednotlivé roky. Nejvyšší a zároveň nejnižší obsahy byly naměřeny v zimních měsících. Nejvyšší naměřená hodnota je 1,51 mg/l železa dne 21. 2. 2012. Nejnižší hodnoty byly naměřeny 6.1.2014 a 18.2.2014 a to 0,1 a 0,12 mg/l železa ve vodě.

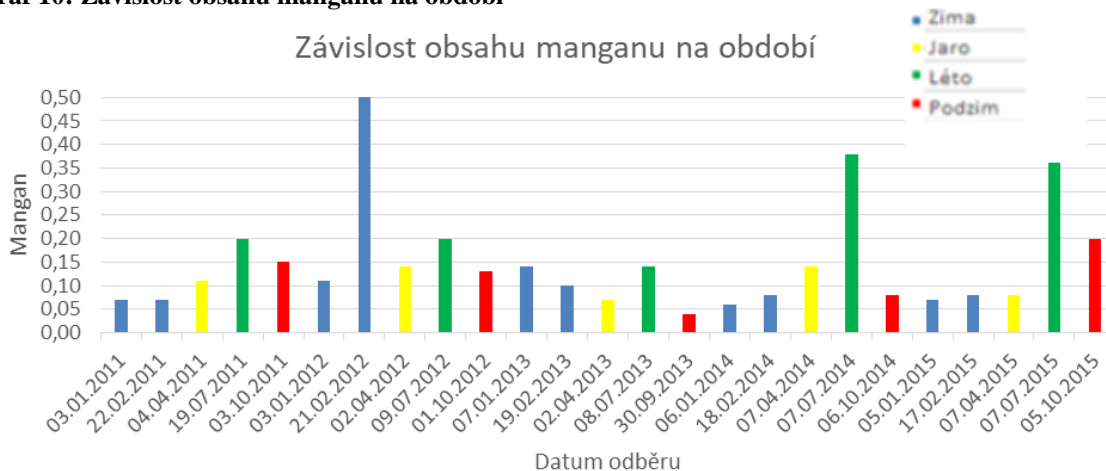
#### 4.3.3.2 Mangan

V následující části si rozebereme mangan.

**Tabulka 17: Obsah manganu s daty odběru**

Datum odběru	Mangan (mg/l)
03. 01. 2011	0,07
22. 02. 2011	0,07
04. 04. 2011	0,11
19. 07. 2011	0,20
03. 10. 2011	0,15
03. 01. 2012	0,11
21. 02. 2012	0,50
02. 04. 2012	0,14
09. 07. 2012	0,20
01. 10. 2012	0,13
07. 01. 2013	0,14
19. 02. 2013	0,10
02. 04. 2013	0,07
08. 07. 2013	0,14
30. 09. 2013	0,04
06. 01. 2014	0,06
18. 02. 2014	0,08
07. 04. 2014	0,14
07. 07. 2014	0,38
06. 10. 2014	0,08
05. 01. 2015	0,07
17. 02. 2015	0,08
07. 04. 2015	0,08
07. 07. 2015	0,36
05. 10. 2015	0,20

**Graf 10: Závislost obsahu manganu na období**



Obsah manganu ve vodě byl ve většině případů nižší než 0,20 mg/l. U třech případů ale překročil tuto hodnotu. Měření probíhající 21. 2. 2012, odpovídající zimním měsícům bylo vyšší než dvojnásobné a úplně nejvyšší s hodnotou 0,50 mg/l manganu. Dvě další měření překračující tuto hodnotu byla v letních měsících 2014 a 2015 s hodnotami 0,38 a 0,36 mg/l.

#### 4.3.3.3 Hliník

V následující části si rozebereme hliník.

**Tabulka 18: Obsah hliníku s daty odběru**

<b>Datum odběru</b>	<b>Hliník (mg/l)</b>
03. 01. 2011	<0,01
04. 04. 2011	0,01
19. 07. 2011	0,08
03. 10. 2011	0,04
03. 01. 2012	0,01
02. 04. 2012	0,04
09. 07. 2012	0,06
01. 10. 2012	0,03
07. 01. 2013	0,12
02. 04. 2013	<0,01
08. 07. 2013	0,03
30. 09. 2013	<0,01
06. 01. 2014	<0,01
07. 04. 2014	0,03
07. 07. 2014	0,10
06. 10. 2014	0,03
05. 01. 2015	0,03
07. 04. 2015	0,04
07. 07. 2015	0,07
05. 10. 2015	0,04

Graf 11: Závislost obsahu hliníku na období



Obsah hliníku byl oproti předešlým hodnocení měřený jen 4krát do roka. Některá měření nebyla ani zcela specifikována ohledně obsahu hliníku ve vodě, proto jsem tyto výsledky do grafu nezařadil. V průměru dosahuje hliník nejvyšších hodnot v letních měsících, ale nejvyšší hodnotu má naměřenou 7. 1. 2013 a to 0,12 mg/l. Nejnižších hodnot nabývá v jarních a zimních měsících krom již zmíněného měření.

#### 4.3.3.4 Vápník

V následující části si rozebereme vápník.

**Tabulka 19: Obsah vápníku s daty odběru**

Datum odběru	Vápník (mg/l)
03. 01. 2011	28,40
04. 04. 2011	26,8
19. 07. 2011	30,8
03. 10. 2011	31,1
03. 01. 2012	30,8
02. 04. 2012	25,8
09. 07. 2012	31,5
01. 10. 2012	31,4
07. 01. 2013	28,3
02. 04. 2013	25,4
08. 07. 2013	25,4
30. 09. 2013	29,1
06. 01. 2014	30,8
07. 04. 2014	29,9
07. 07. 2014	29,6
06. 10. 2014	28,3
05. 01. 2015	29,1
07. 04. 2015	27,6
07. 07. 2015	32,7
05. 10. 2015	33,3

**Graf 12: Závislost obsahu vápníku na období**



Obsah vápníku je v průměru nejvyšší v podzimních měsících, ale jen o pár desetin mg/l oproti letním a zimním měsícům. Nejnižší obsah vápníku byl v jarních měsících. Nejvyšších hodnot dosahoval obsah vápníku v posledním roce měření a to letních a jarních měsících. 7.7. 2015 byla hodnota 32,7 mg/l a 5.10.2015 nabýval vápník hodnot 33,3 mg/l. Nejnižší hodnoty měl vápník v roce 2013. 2.4. byl obsah 25,4 mg/l vápníku ve vodě a 8.7. stejné hodnoty, tudíž 25,4 mg/l.

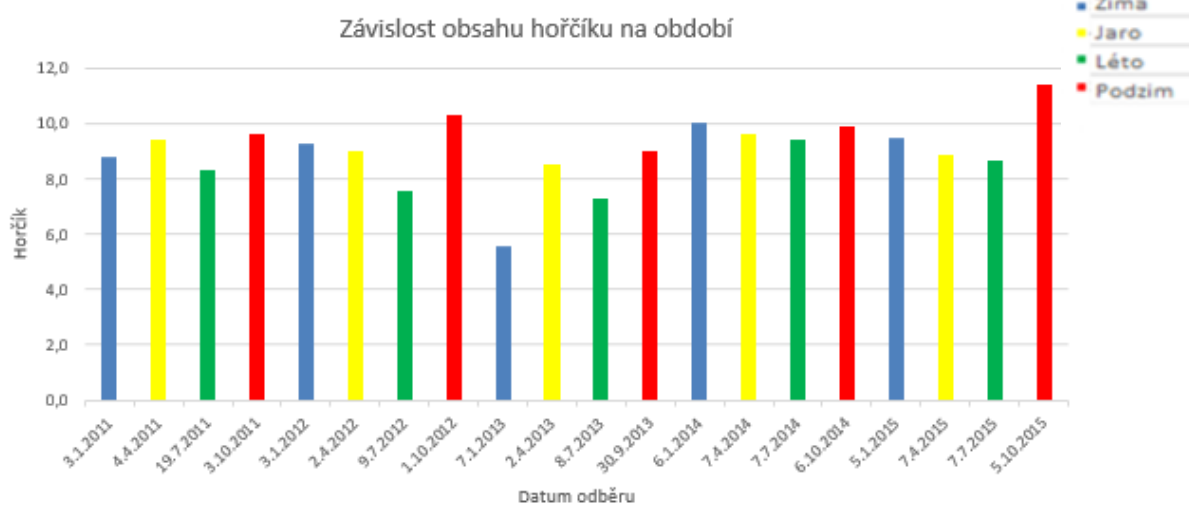
#### 4.3.3.5 Hořčík

V následující části si rozebereme hořčík.

**Tabulka 20: Obsah hořčíku s daty odběru**

Datum odběru	Hořčík (mg/l)
03. 01. 2011	8,8
04. 04. 2011	9,4
19. 07. 2011	8,3
03. 10. 2011	9,6
03. 01. 2012	9,3
02. 04. 2012	9,0
09. 07. 2012	7,6
01. 10. 2012	10,3
07. 01. 2013	5,6
02. 04. 2013	8,5
08. 07. 2013	7,3
30. 09. 2013	9,0
06. 01. 2014	10,0
07. 04. 2014	9,6
07. 07. 2014	9,4
06. 10. 2014	9,9
05. 01. 2015	9,5
07. 04. 2015	8,9
07. 07. 2015	8,7
05. 10. 2015	11,4

**Graf 13: Závislost obsahu hořčíku na období**



Hořčík se po celou dobu měření udržoval kolem hodnoty 9,0 mg/l až na tři výjimky, kdy hodnota překročila hodnotu 10 mg/l a jednou klesla pod úroveň 6 mg/l. Nejvyšší hodnoty dosáhla 5. 10. 2015 a to 11,4 mg/l a druhá nejvyšší 1. 10. 2012 a to hodnoty 10,3 mg/l, obě tyto měření patří mezi období podzimních měsíců. Nejnižší hodnota byla naměřena hned další měření po druhé nejvyšší a to 7. 1. 2013, kde byla hodnota hořčíku 5,6 mg/l.

#### 4.3.3.6 Rozpuštěný kyslík

V následující části si rozebereme rozpuštěný kyslík.

**Tabulka 21: Obsah rozpuštěného kyslíku s daty odběru**

<b>Datum odběru</b>	<b>Rozpuštěný kyslík (mg/)</b>
03. 01. 2011	11,9
22. 02. 2011	13,5
04. 04. 2011	9,9
19. 07. 2011	8,7
03. 10. 2011	9,8
03. 01. 2012	12,0
21. 02. 2012	12,8
02. 04. 2012	11,2
09. 07. 2012	4,3
01. 10. 2012	7,7
07. 01. 2013	11,6
19. 02. 2013	12,9
02. 04. 2013	11,2
08. 07. 2013	8,4
30. 09. 2013	10,7
06. 01. 2014	10,4
18. 02. 2014	12,3
07. 04. 2014	10,8
07. 07. 2014	6,9
06. 10. 2014	9,8
05. 01. 2015	12,8
17. 02. 2015	12,9
07. 04. 2015	12,1
07. 07. 2015	6,5
05. 10. 2015	8,6



Graf 14: Rozpuštěný kyslík ve vodě v závislosti na období



Nejvyšší hodnoty rozpuštěného kyslíku můžeme najít v grafu, v zimních a jarních měsících. V letních měsících voda obsahuje nejméně mg/l rozpuštěného kyslíku. V průměru je nejmenší obsah z měřených let v roce 2012. Při srovnání v sezonním měření se od sebe v ročních obdobích skoro nevychylují, kromě jednoho letního měření v roce 2012. Tato hodnota je skoro o polovinu menší než ostatní letní měření. Podle záznamů ČHMÚ jsem dohledal, že v létě - a zejména na přelomu měsíce června a července byly teploty nadprůměrně vysoké. Již v teoretické části bylo zmíněno, že dlouhotrvající vysoké teploty způsobují ve vodách kyslíkový deficit.

#### 4.3.3.7 Jednotlivé látky v rozboru

V následující části si rozebereme jednotlivé látky v rozboru.

Tabulka 22: Látky v rozboru

Datum odběru	22. 02. 2011	21. 02. 2012	19. 02. 2013	18. 02. 2014	17. 02. 2015
<b>Látka</b>					
<b>Arsen (mg/l)</b>	0,00114	0,0031	0,0023	0,0020	0,0026
<b>Kadmium (mg/l)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>Měď (mg/l)</b>	<0,010	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
<b>Zinek (mg/l)</b>	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
<b>Olovo (mg/l)</b>	<0,001	0,0017	<0,0010	<0,0010	<0,0010
<b>Rtuť (mg/l)</b>	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002

Tyto jednotlivé látky uvedené v tabulce byly odebírané a zkoumané pouze jednou do roka, a to v únoru. Všechny látky, až na arsen, dosahovaly stejných hodnot

ve všech měřeních. Také hodnota olova v průběhu měření byla konstantní s výjimkou v roce 2012, kdy hodnota přesáhla  $<0,001$  a byla  $0,017$  mg/l. Hodnoty arsenu postupně klesaly od roku 2012 až do roku 2015, kdy opět stoupla. V roce 2011 arsen dosahoval nejnižšího zjištěného obsahu a to  $0,0014$  mg/l.

#### 4.3.3.8 Huminové látky

V následující části si rozebereme huminové látky.

**Tabulka 23: Obsah huminových látek s daty odběru**

<b>Datum odběru</b>	<b>Huminové látky (mg/l)</b>
03. 01. 2011	2,2
22. 02. 2011	2,0
04. 04. 2011	2,4
19. 07. 2011	4,6
03. 10. 2011	4,8
03. 01. 2012	2,9
21. 02. 2012	5,8
02. 04. 2012	3,2
09. 07. 2012	4,3
01. 10. 2012	3,6
07. 01. 2013	7,0
19. 02. 2013	2,1
02. 04. 2013	2,4
08. 07. 2013	5,6
30. 09. 2013	3,3
06. 01. 2014	1,8
18. 02. 2014	2,4
07. 04. 2014	2,3
07. 07. 2014	6,0
06. 10. 2014	3,9
05. 01. 2015	1,9
17. 02. 2015	2,0
07. 04. 2015	2,7
07. 07. 2015	6,4
05. 10. 2015	3,5

**Graf 15: Závislost obsahu huminových látek na období**

V průměru nejvyšší obsah huminových látek byl ve vodě naměřen v letních měsících. Nejnižší hodnotou je hodnota, ze 6. 1. 2014, která je 1,8 mg/l. Nejvyšší, již zmíněná, je hodnota nabývající 7,0 mg/l. Jinak se více méně hodnoty ve stejných obdobích nemění. Při zhodnocení z ročního hlediska jsou si v průměru podobné až na drobné výkyvy.

#### 4.3.3.9 Celkový organický uhlík

V následující části si rozebereme celkový organický uhlík.

**Tabulka 24: Obsah organického uhlíku s daty odběru**

Datum odběru	Celkový organický uhlík (mg/l)
22. 2. 2011	3,67
21. 2. 2012	4,04
19. 2. 2013	4,16
18. 2. 2014	3,67
17. 2. 2015	6,35

Celkový organický uhlík se odebíral jednou za rok, proto posuzování závislosti na ročním období možné není. Obsah se nijak extrémně neměnil, až v posledním roce měření, kdy byl více než 1,5násobný. V roce 2011 a 2014 se dokonce hodnota rovnala.

## 5 Diskuze

Cílem práce bylo zjistit závislost jednotlivých prvků a sloučenin na ročním období. Jednotlivé prvky a sloučeniny byly pro přehlednost graficky a barevně zpracovány do tabulek a grafů. Na základě toho lze konstatovat, že většina zkoumaných prvků, sloučenin a vlastností povrchové vody není ovlivněná ročním obdobím. Na začátku analytické části se zabýváme teplotou, pH, barvou, zákalem a pachem. Tyto vlastnosti jsou zařazeny do výsledků monitoringu pro větší přehlednost. Na základě teoretické části a znalosti ročních období, se dalo s určitostí předpokládat, že teplota je zcela závislá na ročním období, a proto ovlivňuje přímo i nepřímo další ukazatele.

Amonné ionty, dusitany, chloridy, železo, mangan, sírany, hliník, arsen, vápník, hořčík, kadmium, zinek, olovo, rtuť, organický uhlík a měď nemají žádnou závislost jak v jednotlivých ročních obdobích roku, tak ani v průběhu let. U těchto hodnot se nedá najít žádná závislost na ročním období. Nelze ani usoudit, jak se hodnota bude vyvíjet v následujících letech. Zjištěním v teoretické části se dá určit, že koncentrace jednotlivých prvků je závislá na činnosti člověka, ale ne v extrémním množství. Nevýrazné odchylky hodnot v analýze jsou pravděpodobně ovlivněny množstvím tekoucí vody v korytě a množstvím srážek.

Rozpuštěný kyslík je závislý na teplotě vody, jak se dalo předpokládat. Nejvyšší obsah bývá v nejchladnější vodě a nejnižší v nejteplejší. Toto je čitelné z grafu v analytické části, nejvyšší obsah je v zimních měsících a nejnižší v letních měsících. Proto lze konstatovat, že rozpuštěný kyslík je závislý na ročním období.

Fosforečnany obsažené v zemědělských hnojivech se do povrchových vod dostávají smyvem z povrchu. V obdobích vyšších srážek a hnojení polí se dalo předpokládat, že bude vyšší obsah fosforečnanu v toku. Obsah fosforečnanu je tedy závislý nepřímo na ročním období ale i na antropogenní činnosti s ním spojené a množstvím srážek, které se vyskytují v dané období.

Další sloučeninou vyskytující se ve vyšším množství v jednom ročním období jsou dusičnany. Tato sloučenina je také obsažena v hnojivech, ale z grafu je viditelné, že dusičnany oproti fosforečnanům, které se vyskytují nejvíce v létě, mají nejvyšší hodnotu v zimním období. Jednou z možností, proč tomu tak je, je že dusičnany obsažené v zelených rostlinách zaorávaných do polí se dostávají hnitím do

půd a poté následným smyvem do povrchového toku. Takže obsah dusičnanů v toku je závislý na působení atmosférických vod.

U huminových látek obsažených ve vodách můžeme pozorovat periodicitu. Ve stejném ročním období ve sledovaných letech nabývá podobných hodnot až na drobné výkyvy. Huminové látky vznikají tlením rostlinných zbytků a těl živočichů. V létě je nejvyšší možnost tlení, proto je v grafu viditelný nejvyšší obsah těchto látek právě v létě. Také podle Tesaříka (1985) je v odborné literatuře je uváděno nejvyšší množství huminových látek právě v letním období. Množství huminových látek má vliv na hodnotu pH. Vzhledem k tomu, že pH je vždy mírně zásadité můžeme konstatovat, že obsah huminových látek není příliš vysoký.

## 6 Závěr

Záměrem autora této bakalářské práce bylo najít, zda existuje závislost chemismu na ročních obdobích středního toku potoka Mastníka. Hlavním cílem bylo vyhodnocení monitoringu a analýza získaných údajů z odběrů vzorků z let 2011-2015 a definování závislosti.

Teoretická část se stala východiskem pro analytickou část. Na základě odborné literatury jsme se seznámili s chemismem ve vodách, jednotlivými prvky a sloučeninami, posuzovaným územím, jednotlivými druhy vod a jejich vlastnostmi a s ročním obdobím. Náplní analytické části byla analýza a zpracování dat, a následné grafické a slovní vyhodnocení. Potřebná data pro výzkum poskytl Ing. Vašek od 1.Sčv. Základním předpokladem pro analytickou část byla existence závislosti chemismu na počasí. V dostupné literatuře nebyla žádná zmínka o možnosti této závislosti, proto mě toto téma zaujalo. V mnou zkoumaném období nebyla zjištěna žádná závislost chemismu na ročním období. Veškerá závislost, která by se dala považovat, že má něco společného s ročním obdobím je ta, kterou má na svědomí antropogenní činnost společně s dostatečnými srážkami. Zaměřil jsem se na tyto prvky a sloučeniny: amonné ionty, dusitany, dusičnany, chloridy, sírany, železo, mangan, hliník, vápník, hořčík, fosforečnany, rozpuštěný kyslík, arsen, kadmium, měď, zinek, olovo, rtuť huminové látky a celkový organický uhlík. Také mně zajímal měřitelné vlastnosti: teplota, pH, barva, pach a zákal. Znatelné a hodnotitelné výkyvy se objevily u fosforečnanů, dusičnanů, rozpuštěného kyslíku a huminových látek. Fosforečnany a dusičnany jsou zejména obsaženy v zemědělských přípravcích určených pro pěstování zemědělských plodin. Výkyvy u těchto sloučenin jsou výrazné v období zemědělské činnosti.

Na základě analytického rozboru získaných dat se provedlo zhodnocení. Zhodnocení ukázalo neexistující závislost. Tím byl cíl práce splněn.

Vzhledem k tomu, že voda je důležitá pro veškerý život na Zemi, je důležitá její ochrana. Přínos práce spatřuji v tom, že se ukázalo, jak je člověk schopný zasahovat do přirozeného koloběhu přírody. Roční období a srážky nelze ovlivnit, nýbrž antropogenní činnost ovlivnitelná je a člověku by nemělo být lhostejná ochrana životního prostředí.

## 7 Zdroje

ADÁMEK, Zdeněk. *Aplikovaná hydrobiologie*. 2., rozš. upr. vyd. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2010. ISBN 978-80-87437-09-4.

BERGSTEDT, Christel, Volkmar DIETRICH a Klaus LIEBERS. *Člověk a příroda*. Plzeň: Fraus, 2005. Učebnice pro integrovanou výuku. ISBN 80-7238-337-X.

BINDZAR Jan a kol., *Základy úpravy a čištění vod*, Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. 251 s. ISBN 978-80-7080-729-3.

BORODKIN, Vasilij Fedorovič. *Chemie organických barviv*. Přeložil Vladimír MATOUŠ. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987.

CENIA, *Kvalita povrchových vod v České republice a její vývoj* [online], 2012. [cit. 10.4.2018]. Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/ceniaakt-tema.nsf/\\$pid/MZPMSFT33PSN](http://www.cenia.cz/web/www/ceniaakt-tema.nsf/$pid/MZPMSFT33PSN)

ČIHÁKOVÁ, Iva. *Očekávaný vývoj v zásobování a distribuci pitné vody v České republice: Expected development in the drinking water supply and distribution in the Czech Republic*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2005. ISBN 80-01-03180-2.

HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E., *Hydrobiologie*, Praha: Informatorium, 1998. 335 s. ISBN 80-86073-27-0.

HETEŠA, Jiří a Eva KOČKOVÁ. *Hydrochemie*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997. ISBN 80-7157-289-6.

HORÁKOVÁ, Marta. *Analytika vody*. Vyd. 2., opr. a rozš. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-520-X.

HOVORKA, František, *Technologie chemických látek*, Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2005. 252 s. ISBN 80-708-0588-9.

HRÁDEK, F., KUKUŘÍK, P., *Hydrologie*, Praha: Vydavatelství ČZU, 2004. 280 s. ISBN 80-213-0950-4.

KALAVSKÁ, Dagmar a Ivan HOLOUBEK. *Analýza vod*. Bratislava: Alfa, 1989. Edícia chemickej literatury. ISBN 80-05-00065-0.

KESTŘÁNEK, Jaroslav, VLČEK, Vladimír, ed. *Vodní toky a nádrže: Zeměpisný lexikon ČSR*. Praha: Academia, 1984. Zeměpisný lexikon ČSR.

KULHAVÝ, Jiří. *Ekologie lesa: doplňkový učební text*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. ISBN 80-7157-718-9.

LANGHAMMER, Jakub: Kvalita povrchových vod a jejich ochrana [online], Praha, Univerzita Karlova v Praze, 2009. [cit. 10.4.2018]. Dostupné z: [http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ\\_2009\\_web.pdf](http://web.natur.cuni.cz/~langhamr/lectures/wq/skripta/skriptaWQ_2009_web.pdf).

NORMA ČSN EN 16222 – Jakost vod - Stanovení prahového čísla pachu (TON) a prahového čísla chuti (TFN)– Klasifikace jakosti povrchových vod, Český normalizační institut, 2007.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. Ochrana životního prostředí. ISBN 80-03-00525-6.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 3., přeprac. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 1999. ISBN 80-03-00525-6.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.

PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1981. Ochrana životního prostředí.

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana, Encyklopedie hydrobiologie, Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. 1 CD-ROM, ISBN 978-80-7080-634-0.

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, Jana, Mikrobiologie v technologii vod, Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2008. 252 s. ISBN 978-80-7080-676-0.

SYNÁČKOVÁ, Marcela, Čistota vod, Praha: Vydavatelství ČVUT, 1996. 208 s. ISBN 80-01-01083-X

TESAŘÍK, Igor, Vodárenství, Praha: SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1985. 487 s. Typové číslo L17-E1-1V-31f/72182.



## **8 Přílohy**

Číslo vzorku	1/2011	3/5/2011	5/5/2011	11/9/2011	1/6/4/2011	2/1/2012	3/1/6/2012	5/2/4/2012	11/4/2012	1/6/2/2012	6/2/013	2/8/4/2013
Datum odběru	3.1.2011	22.2.2011	4.4.2011	19.7.2011	3.10.2011	3.1.2012	21.2.2012	2.4.2012	9.7.2012	1.10.2012	7.1.2013	19.2.2013
Místo odběru	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve	Úprava ve
teplota	0,6	0,4	11,8	17,1	10,6	5,6	0,3	4,9	17,4	12,0	4,9	6,3
pH	7,60	7,3	7,4	7,5	7,2	7,9	7,6	7,6	7,4	7,8	7,5	7,1
barva	21	15	28	40	43	39	35	29	50	35	50	18
zákal	Zf(1)	2,2	3,0	17,1	17,1	7,5	39	4,7	6,6	6,5	11,9	
konduktivita	mS/m	29,70	30,2	28,4	28,8	29,1	30,8	32,0	27,4	29,5	31,5	28,0
KNK 4.5 (alkalita)	mmol/l	1,1	1,00	1,00	1,45	1,40	1,20	1,00	1,60	1,60	1,60	0,75
ZNK 8.3 (acidita)	mmol/l	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40	<0,40
chemická spotřeba kyslíku - Min	mg/l	3,52	3,04	4,40	7,76	5,60	3,84	5,60	4,08	7,36	6,88	6,80
amonné ionty	mg/l	0,28	<0,05	<0,05	0,06	0,09	0,09	0,22	0,05	0,11	0,06	0,05
dušičany	mg/l	0,058	0,050	0,073	0,047	0,055	0,068	0,101	0,044	0,059	0,036	0,087
dušičany	mg/l	33,0	45,0	23,0	10,5	17,1	23,1	37,5	27,9	7,3	8,8	31,8
chloridy	mg/l	21,3	19,7	20,5	20,5	19,7	22,2	25,4	19,7	21,3	23,0	18,9
síraný	mg/l	40,9	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	<50,0	42,9
železo	mg/l	0,22	0,17	0,21	1,05	0,84	0,53	1,51	0,40	0,87	0,45	0,78
mangan	mg/l	0,07	0,07	0,11	0,20	0,15	0,11	0,50	0,14	0,20	0,13	0,14
hlinitk	mg/l	<0,01	0,01	0,08	0,08	0,04	0,01	0,04	0,06	0,06	0,05	0,12
vápník	mg/l	28,40	26,8	30,8	31,1	30,8	31,4	25,8	31,5	31,4	28,3	28,3
hořčík	mg/l	8,8	9,4	8,3	9,6	9,6	9,3	9,0	7,6	7,6	10,3	5,6
vápník a hořčík (tvrdost celková)	mmol/l	1,1	1,06	1,11	1,17	1,15	1,15	1,01	1,10	1,10	1,21	0,94
fosforečnaný	mg/l	0,10	0,12	0,07	0,33	0,16	0,18	0,13	0,08	0,35	0,25	0,25
pach	stupeň	0,119		0,133	0,224	0,184	0,131	3	1	1	2	1
absorbance 254 nm		0,119		0,133	0,224	0,184	0,131	0,137	0,218	0,177	0,230	0,250
rozpuštěný kyslík	mg/l	11,9	13,5	9,9	8,7	9,8	12,0	12,8	11,2	4,3	7,7	11,6
nasytení kyslíkem	%	130	160	109	104	105	134	142	125	50	88	128
biochemická spotřeba kyslíku	mg/l	<3	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	<2,5	2,6	2,9	2,8	<2,5	<2,5
chemická spotřeba kyslíku-O <sub>2</sub>	mg/l	<10										
fosfor celkový	mg/l	<0,10										
nerozpuštěné látky sušené - NL (105°C)	mg/l	4	<2,0	<2,0	<2,0	2,1	1,1	3,8	8,0	3,6	7,5	2,6
Mikroskop.obraz počet organismů	jedince/ml	372	46	1336	1162	5886	421	28	325	4842	4611	311
Mikroskop. obraz: abioeston	%	1	1	3	30	20	5	15	3	5	5	15
Escherichia coli	KTU/100ml	20	1	9	34	50	12	45	290	800	50	50
Termotolerantní koliformní bakterie	KTU/100ml	18				450						600
Kořiformní bakterie	KTU/100ml	230	300	260	340	400	420	550	250	520	2000	620
Enterokoky	KTU/100ml	49	36	12	220	90	42	170	75	520	200	100

	počty kolonií při 36 °C	KTU/ml	70	105	690	230	105	115	655	260	450
	počty kolonií při 22 °C	KTU/ml	1540	470	1280	585	300	800	700	890	1700
arzen		mg/l	0,00114				0,00031				0,00023
bor		mg/l	<0,05				<0,05				<0,05
fluoridy		mg/l	0,14				0,12				0,14
chrom		mg/l	<0,001				0,00022				<0,0010
barium		mg/l	<0,0001				<0,0001				<0,0001
kyanidy celkové		mg/l	<0,002				<0,002				<0,002
měď		mg/l	<0,010				<0,005				<0,005
žinek		mg/l	<0,010				<0,010				<0,010
nikl		mg/l	<0,0020				0,00025				0,00019
olovo		mg/l	<0,001				0,00017				<0,0010
rtuť*		mg/l	<0,0002				<0,0002				<0,0002
teratidy a nitrované		mg/l	<0,02				<0,02				<0,02
fenoly jednosytné		mg/l	<0,003				<0,003				<0,003
benzol(a)pyren (BaP)		µg/l	<0,0005				0,00005				<0,0005
acetochlor ESA		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
alachlor ESA		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
atrazin		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
atrazin-desethyl		µg/l									0,0113
cyanazin		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
desethylatrazin		µg/l	0,0105				0,0105				<0,0100
desmetryn		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
diazinon		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
dichlobenil		µg/l	<0,0200				<0,0100				<0,0100
dimethoate		µg/l	<0,0400				<0,0200				<0,0200
hexazinon		µg/l	0,0155				0,0154				<0,0100
chlorfeniviphos		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
metazachlor ESA		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
metolachlor (isomer)		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
prometryn		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
propachlor		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
propazin		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
simazin		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
terbutylazin		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100
terbutylazin-desethyl		µg/l									<0,0100
terbutryn		µg/l	<0,0100				<0,0100				<0,0100





70	280	125	55	230	90	425	145	60	450	195
450	295	100	500	500	600	730	490	1050	1300	240
			<0.05				<0.05			
			0.0020				0.0025			
			0.12				0.15			
			<0.0010				<0.0010			
			<0.0001				<0.0001			
			<0.002				<0.002			
			<0.005				<0.005			
			<0.010				<0.010			
			0.0013				0.0015			
			<0.0010				<0.0010			
			<0.0002				<0.0002			
			<0.02				<0.02			
			<0.003				0.004			
			<0.0005				<0.0005			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				0.0155			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0200				<0.0200			
			0.0121				0.0154			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			
			<0.0100				<0.0100			

