

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE  
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ  
KATEDRA GEOENVIRONMENTÁLNÍCH VĚD

ANALÝZA A MONITORING VYBRANÝCH  
FYZIKÁLNĚ CHEMICKÝCH A ANORGANICKÝCH  
UKAZATELŮ POVRCHOVÝCH VOD V  
ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vypracovala: Bc. Jana Čápková

Vedoucí práce: doc. Mgr. Lukáš Trakal, Ph.D.

2023

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jana Čápová

Regionální environmentální správa

### Název práce

Analýza a monitoring vybraných fyzikálně chemických a anorganických ukazatelů povrchových vod v zájmovém území

### Název anglicky

Analysis and monitoring of selected physicochemical and inorganic indicators of surface waters in the area of interest

---

### Cíle práce

Diplomová práce se zaměří na sledování změn a analýzu vybraných ukazatelů vodního toku a nádrží nacházejících se v obcích Starcova Lhota a Alenina Lhota.

Hlavním cílem DP je monitoring ukazatelů povrchových vod v zájmovém území a vyhodnocení důvodu jejich změn. Monitoring a analýza proběhne na základě terénního odběru vzorků a laboratorních rozborů. Dílčím cílem práce bude vyhodnocení kvality vybraných povrchových vod, které bude provedeno na základě hodnot vybraných anorganických ukazatelů a fyzikálně chemických vlastností vod. Hodnoty budou vyhodnoceny na základě doporučených postupů uvedených v normě ČSN 75 7221 a Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

### Metodika

První část diplomové práce bude věnována legislativnímu vymezení dané problematiky a vodnímu hospodářství na mezinárodní a národní úrovni. Další část teoretické části bude věnována teoretickým východiskům, se zaměřením na přírodní vody, jejich vzorkování, monitoring a také osvětlení problematiky znečištění přírodních vod. Současně bude diplomová práce obsahovat charakteristiku vybraného území a souhrnný popis vybraných ukazatelů jakosti vody.

Praktická část se zaměří na monitoring v podobě terénního průzkumu, odběrů, a následného rozboru vzorků v laboratoři. Hlavním cílem praktické části je sledování změn vybraných ukazatelů povrchových vod v modelovém území a vyhodnocení získaných dat. Současně bude provedeno vyhodnocení jakosti vody na základě normy ČSN 75 7221: Kvalita vod – Klasifikace kvality povrchových vod a Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

**Doporučený rozsah práce**

40-50

**Klíčová slova**

vzorkování povrchových vod, vyhodnocení jakosti, znečištění vod, hodnocení kvality vod

---

**Doporučené zdroje informací**

Krajča J., Brandl Z., Janeček M., Jetel J., Kredba M., Moldan B., Nesměrák I., Prax A., 1983: Vzorkování přírodních vod. SNTL – Nakladatelství technické literatury, Praha, 212 s.

PITTER, P. – VYSOKÁ ŠKOLA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ V PRAZE. *Hydrochemie*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009. ISBN 978-80-7080-701-9.

ŘÍHOVÁ AMBROŽOVÁ, J. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2003. ISBN 80-7080-521-8.

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

Zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v patném znění.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2023/24 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Mgr. Lukáš Trkal, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra geoenvironmentálních věd

---

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2023

prof. RNDr. Michael Komárek, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 03. 2023

---

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma analýza a monitoring vybraných fyzikálně chemických a anorganických ukazatelů povrchových vod v zájmovém území vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

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

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

V ..... dne .....

.....  
(podpis autora)

## **Poděkování**

Mé poděkování patří vedoucímu doc. Mgr. Lukáši Trakalovi, Ph.D. a konzultantce Mgr. Emílii Trakalové za věcné připomínky, cenné rady a odborné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Janu Punčochářovi, za poskytnutá data z meteostanice. Současně mé poděkování patří Ing. Adéle Šípkové, Ph.D., která zprostředkovala výsledky laboratorních rozborů. V neposlední řadě bych ráda poděkovala Bc. Ondřeji Opočenskému za odbornou pomoc a podporu.

## **ABSTRAKT**

Znečištění povrchových vod v malých obcích je dlouhodobý problém, zpravidla způsobený vlivem zemědělských aktivit, nadměrným hnojením a nedostatečnou či neúplnou úpravou odpadních vod vypouštěných z domácností. Cílem diplomové práce byl monitoring a analýza vybraných fyzikálně chemických a anorganických ukazatelů vodního toku a nádrží na území obcí Starcova Lhota a Alenina Lhota. Vzorkování povrchových vod probíhalo od června 2022 do března 2023 tak, aby byla zajištěna reprezentativnost odebraných vzorků pro každé roční období. Monitoring probíhal ve čtyřech etapách (červen, září, prosinec, březen). Analýza byla zaměřena na zachycení kolísání, změn a trendů vývoje kvality vody. Pro charakteristiku klimatických podmínek zájmového území a pro vyhodnocení teploty vzduchu, množství srážek a relativní vlhkosti v období monitoringu, byla využita data z nedalekých meteorologických stanic. Výsledky potvrzují obohacení vody anorganickými látkami v oblasti zemědělské půdy a golfového hřiště. Povrchové vody byly dle ČSN 75 7221 vyhodnoceny jako znečištěné, až velmi silně znečištěné. A to díky elektrické vodivosti, která přesáhla při některých odběrech až dvojnásobek hodnot pro velmi silně znečištěné vody. Zatímco na základě vyhodnocení dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., žádné místo odběru nepřekročilo stanovené maximální limity znečištění. Doporučení na základě výsledků vyžadují biologický rozbor látek, který může objasnit míru vyprodukovaného znečištění odpadních vod z obcí, a také má potenciál potvrdit přítomnost pesticidů a tenzidů.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

vzorkování povrchových vod, vyhodnocení jakosti, znečištění vod, hodnocení kvality vod

## **ABSTRACT**

Surface water pollution in small villages is a long-standing problem, usually caused by the impact of local agricultural activities, excessive fertilisation and inadequate or incomplete treatment of domestic wastewater discharges. The aim of the thesis was monitoring and analysis of selected physicochemical and inorganic indicators of water flow and reservoirs in the territory of the municipalities of Starcova Lhota and Alenina Lhota. Surface water sampling was carried out from June 2022 to March 2023 to ensure the representativeness of the samples collected for each season. Monitoring was carried out in four stages (June, September, December, March). The analysis was aimed at capturing fluctuations, changes and trends in quality of surface water. Data from nearby meteorological stations were used to characterize the climatic conditions of the area of interest and to evaluate air temperature, precipitation and relative humidity during the monitoring period. The results confirm the enrichment of water with inorganic substances in the area of agricultural land and the golf course. Surface water was assessed as polluted to very heavily polluted according to CSN 75 7221. This is due to the electrical conductivity, which exceeded in some samples up to twice the values for very heavily polluted waters. Whereas, based on the evaluation according to Government Regulation 401/2015 coll., no sampling point exceeded the established maximum pollution limits. Recommendations based on the results require biological analysis of substances that can clarify the level of pollution produced by municipal wastewater, and also has the potential to confirm the presence of pesticides and tensides.

## **KEY WORDS**

surface water sampling, water quality assessment, water pollution, water quality assessment

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce .....	2
3. Metodika .....	3
3.1 Místa určená k odběru vzorků .....	4
3.2 Odběr vzorků .....	5
3.3 Terénní monitoring a laboratorní analýza .....	5
3.4 Zpracování naměřených dat .....	7
4. Literární rešerše .....	8
4.1 Příslušná legislativa.....	8
4.1.1 Legislativa EU .....	8
4.1.2 Legislativa ČR .....	9
4.2 Voda v biosféře .....	10
4.2.1 Hydrosféra .....	10
4.2.2 Hydrologický cyklus.....	10
4.2.3 Hydrologický rok.....	11
4.3 Druhy vod.....	11
4.3.1 Přírodní vody .....	11
4.3.2 Pitná a provozní voda .....	13
4.3.3 Odpadní vody.....	14
4.4 Znečištění vod .....	14
4.4.1 Přírodní zdroje znečištění .....	15
4.4.2 Znečištění vody vlivem odpadních vod.....	15
4.4.3 Znečištění vody vlivem zemědělství.....	16
4.4.4 Znečištění vody vlivem údržby golfových hřišť.....	17
4.4.5 Eutrofizace .....	17
4.4.6 Acidifikace.....	18
4.5 Vzorkování a monitoring povrchových vod.....	18
4.5.1 Sestavení programu vzorkování a monitoringu.....	19
4.5.2 Četnost vzorkování .....	19
4.5.3 Metody odběru vzorků, technické vybavení.....	20
4.5.4 Manipulace se vzorky .....	20
4.6 Kvalita povrchových vod .....	21
4.6.1 Vyhodnocování jakosti vody dle normy ČSN 75 7221 .....	21
4.6.2 Posuzování kvality vody dle přílohy 3. nařízení vlády č. 401/2015 Sb.....	23
4.7 Charakteristika zvolených ukazatelů.....	23
4.7.1 Elektrická konduktivita.....	24
4.7.2 Hodnota pH.....	24
4.7.3 Teplota .....	24
4.7.4 Dusičnany .....	25
4.7.5 Chloridy .....	25



4.7.6	Sírany .....	26
4.7.7	Fluoridy .....	26
4.7.8	Vápník a Hořčík .....	27
4.7.9	Sodík a draslík .....	27
4.8	Meteorologie .....	28
4.8.1	Meteorologické stanice .....	28
4.8.2	Sledované meteorologické veličiny .....	28
5.	Charakteristika zájmového území .....	31
5.1	Geomorfologické poměry .....	32
5.2	Hydrologické poměry .....	32
5.3	Klimatické poměry .....	33
5.4	Geologické a pedologické poměry .....	36
6.	Charakteristika odběrových míst .....	37
7.	Výsledky .....	42
7.1	Výsledky monitoringu fyzikálně chemických ukazatelů .....	42
7.2	Výsledky monitoringu anorganických ukazatelů .....	43
7.3	Vyhodnocení jakosti povrchových vod dle ČSN 75 7221 .....	46
7.3.1	Shrnutí výsledků kvality dle ČSN 75 7221 .....	49
7.4	Vyhodnocení dle Nařízení vlády 401/2015 Sb. ....	50
7.4.1	Shrnutí výsledků kvality vod dle nařízení vlády 401/2015 Sb. ....	52
8.	Diskuse .....	53
9.	Závěr a přínos práce .....	57
10.	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	58
10.1	Odborné zdroje .....	58
10.2	Legislativní zdroje .....	62
10.3	Internetové zdroje .....	63
11.	Přílohy .....	66

# 1. Úvod

Voda vyhovující určité jakosti je základní surovinou, která je k dispozici pouze v omezeném množství. Povrchová voda je cenným přírodním zdrojem nejen z hlediska lidské potřeby, ale zároveň je klíčovým prvkem stability životního prostředí. Špatná kvalita povrchových vod je aktuálním problémem nejen v České republice, ale lze tvrdit, že se jedná o problém celosvětového měřítká.

Problematika kvality povrchových vod se netýká pouze městských sídel, ale také vesnic, které mohou být častokrát opomíjené díky své malé rozloze či nízkému počtu obyvatel. Hodnoty ukazatelů kvality podzemních a povrchových vod v malých obcích mohou reflektovat důsledky vyprodukovaných odpadních vod, nesprávné údržby břehů či intenzivních zásahů do krajiny. Mnohdy není možné jednoznačně určit zdroj znečištění, ale jde o kombinaci různých zdrojů, jakými je například nadměrné využití hnojiv a nesprávná likvidace odpadních vod.

Čertovo Břemeno se nachází v srdci Jistebnické Vrchoviny. Tato lokalita je charakteristická pozemky určenými pro zemědělskou činnost, ale také rozlehlým golfovým hřištěm. Půda golfového hřiště musí být pravidelně doplňována živinami, aby tráva mohla růst a udržovat zelenou barvu. Avšak nadměrné používání hnojiv a jiných přípravků, které se mohou přes půdu dostat do podzemních a následně povrchových vod, může vést k přemnožení řas a sinic, které mohou být pro živé organismy ve vodách toxické.

Problém znečištění vod nehraje roli pouze v kontextu vodohospodářství, ale může představovat vážnou hrozbu pro životní prostředí, lidské zdraví a živobytí lidí. V současné době většina vyspělých států rozšiřuje povědomí o důležitosti přírodních zdrojů. Společně s tím, je kladen důraz na zvýšení úrovně ochrany životního prostředí, a to především prostřednictvím právních předpisů, osvět a vzděláváním. Ochrana a kvalita vod je tak jedna z prioritních oblastí, na kterou je potřeba se zaměřit v rámci udržitelného rozvoje.

## 2. Cíle práce

Hlavním cílem práce je vyjádření a následné hodnocení variability a časového vývoje vybraných ukazatelů kvality povrchové vody v zájmovém území. Toto hodnocení bude probíhat na základě monitoringu a analýzy chemického stavu povrchových vod. Pro účely diplomové práce budou charakterizovány geomorfologické, hydrologické, klimatické, geologické a pedologické poměry řešeného území. V kontextu ochrany povrchových vod budou zpracována meteorologická data konkrétních atmosférických jevů, které svým působením mohou ovlivňovat hodnoty vybraných měřených ukazatelů.

Dílčím cílem práce je účelová klasifikace sledovaného toku a nádrží, která bude provedena na základě hodnot vybraných anorganických ukazatelů a fyzikálně chemických vlastností vod. Ukazatele kvality budou vyhodnoceny na základě doporučených postupů uvedených v normě ČSN 75 7221. Společně s tím, proběhne porovnání hodnot s nařízením vlády č. 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.

### **Hlavní výzkumná otázka:**

Představuje aplikace chemických hnojiv a nevhodná likvidace odpadní vod potenciální zdroj znečištění povrchových vod modelového území?

### **Hypotéza 1 (H1):**

Koncentrace sledovaných ukazatelů může být vyšší v lokalitách nacházejících se v bezprostřední blízkosti golfového hřiště a osídlených oblastí.

### **Hypotéza 2 (H2):**

V závislosti na množství srážek v daném území může dojít ke zvýšení nebo snížení koncentrace vybraných anorganických ukazatelů.

### **Hypotéza 3 (H3):**

Jestliže má vliv lokální zemědělství, golfové hřiště a odpadní vody na místní kvalitu vod, mohou být tyto vody vyhodnoceny dle platné legislativy jako znečištěné.

### 3. Metodika

Přípravná fáze diplomové práce spočívala ve vyhodnocování dostupných zdrojů dat z odborných publikací, právních předpisů, norem, metodik a vědeckých článků. Literární rešerše byla koncipována tak, aby čtenářovi poskytla aktuální pohled na danou problematiku. Z tohoto důvodu se literární rešerše věnuje teoretickým východiskům v oblasti hydrologie, hydrochemie a meteorologie. Současně bude představeno legislativní vymezení dané problematiky a vodnímu hospodářství na mezinárodní a národní úrovni.

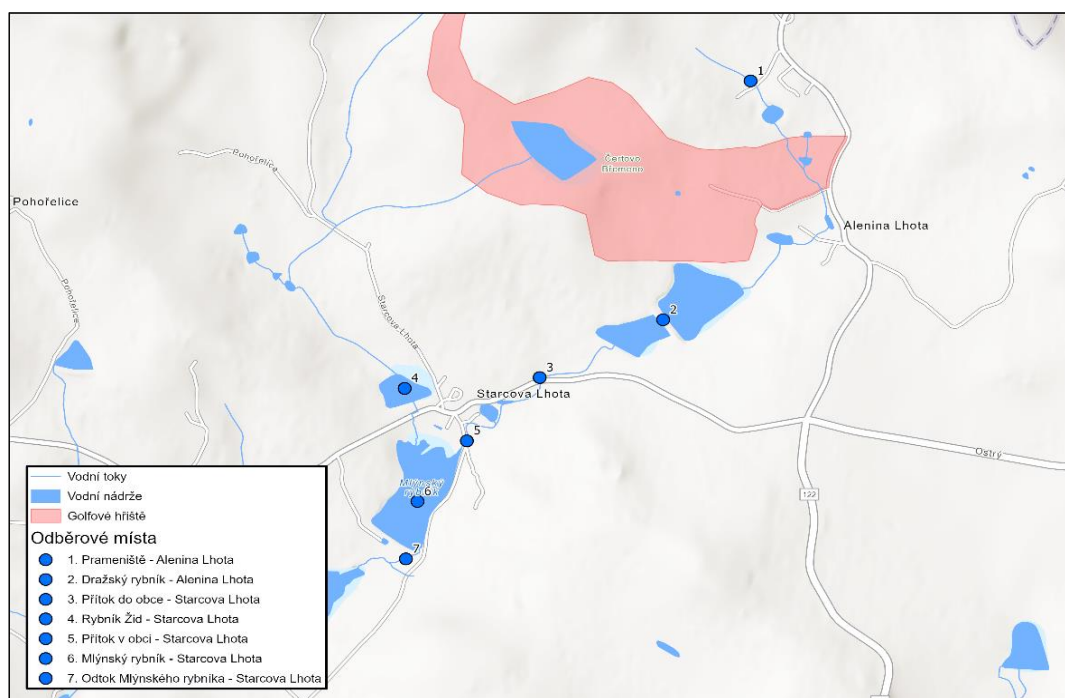
Další část diplomové práce byla věnovaná charakteristice vybraného území. Předmětné území svou polohou spadá pod obce Starcova Lhota a Alenina Lhota. Obcemi protéká Petříkovický potok, ve kterém probíhal monitoring vybraných ukazatelů. V minulosti vykazovaly povrchové vody ve Starcově Lhotě známky znečištění, a to především pachem, barvou, povlakem, pěnou a také vysokou úmrtností vodních živočichů zde žijících. Poznatky získané ze zahraničních i domácích zdrojů byly použity pro vyhodnocení zatížení vodních zdrojů přírodními procesy a antropogenními aktivitami. Kapitoly byly věnovány hydrologickým, geomorfologickým, geologickým a klimatickým podmínkám v lokalitě zájmového toku. Pro zohlednění meteorologických podmínek předmětné lokality v době vzorkování, byla využita poskytnutá data z meteorologické stanice ATMOS 41 v Křenových Dvorech a také data z meteorologické stanice ČHMÚ Nadějkov Větrov. Data byla zpracována v softwaru Microsoft Excel. Ze získaných hodnot byl vytvořen přehled průměrné vlhkost, množství srážek a průměrná teplota za hydrologický rok 2021. V rámci územní analýzy byly také vytvořené mapové výstupy, prostřednictvím programu ArcGis Pro.

Fotografie v této kapitole byly nafoceny autorkou v roce 2022.

### 3.1 Místa určená k odběru vzorků

Pro sledování vybraných parametrů a jejich změn bylo zvoleno sedm odběrných míst:

1. Prameniště – Alenina Lhota
2. Dražský rybník – Alenina Lhota
3. Přítok do obce – Starcova Lhota
4. Rybník Žid – Starcova Lhota
5. Přítok v obci – Starcova Lhota
6. Mlýnský rybník – Starcova Lhota
7. Odtok Mlýnského rybníka – Starcova Lhota



Obrázek 1 - Mapa odběrných míst (vlastní zpracování v GIS dle DIBAVOD, ©2006; ArcGis, ©2022)

Na Obrázku 1 je mapa vyobrazující zájmové povrchové vody s vyznačenými místy monitoringu. Body monitoringu byly rozloženy tak, aby v co největší míře reprezentovaly variabilitu krajiny a identifikovaly možné zdroje bodových či plošných zdrojů znečištění. Délka zvoleného toku pro odběry je přibližně 2,5 km. Charakteristika jednotlivých odběrných míst bude obsahem kapitoly 5.

### 3.2 Odběr vzorků

Monitoring probíhal od června 2022 do března 2023. Pokaždé přibližně v tříměsíčních intervalech, a to z důvodu zajištění reprezentativních vzorků pro každé roční období. Program vzorkování byl koncipován tak, aby periodické směsné vzorky reflektovaly kolísání složení vody v průběhu zvoleného časového období.

Všechny vzorky byly odebrány do polyetylenových láhví o objemu 1,5 l, které byly označeny dle místa odběru. Láhve byly nejméně 24 hodin před vzorkováním vymyté a v průběhu samotného vzorkování vypláchnuté odebíranou vodou. Odběr každého směsného vzorku probíhal osm hodin, metodou sléváním čtyř objemově stejných dílčích vzorků, které byly odebírány v intervalu 2 hodin. Vzorky vodního toku byly odebrány metodou hladinového odběru nebo pod hladinou proti směru toku. Společně s tím, probíhal odběr vzorků z vodních nádrží, pro které byla zvolena metoda zonálního vzorkování za pomoci polyetylenové láhve spuštěné na lanku.

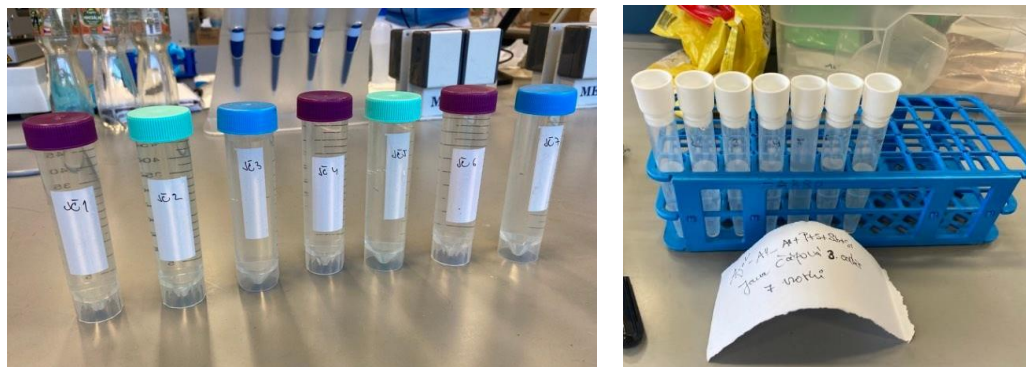
### 3.3 Terénní monitoring a laboratorní analýza

Měření hodnoty pH, teploty a vodivosti proběhlo v rámci terénního měření. Měření pH a teploty vody bylo prováděno na nefiltrovaném vzorku s pomocí přenosného pH metru WTW 3310. Konduktivita byla měřena přenosným multimetrem WTW Multi 3420 také na nefiltrovaném vzorku (viz Obrázek 2). Při vodivosti vyšší než 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , byly vzorky následně naředěny demineralizovanou vodou.



Obrázek 2 - pH meter & Multimetr

Pro vyhotovení analýzy ostatních ukazatelů, byly vzorky převezeny do laboratoře ihned po odběru. Laboratorní rozборы byly prováděny v laboratoři České zemědělské univerzity na Fakultě životního prostředí. Po převozu proběhlo několika hodinové uskladnění vzorků v chladu, a následně byly vzorky povrchových vod (viz Obrázek 3) podrobeny laboratorní analýze.



Obrázek 3 - Odebrané vzorky

Vzorky vody byly před měření kationtů a aniontů zfiltrány stříkačkovým filtrem CA (0,45  $\mu\text{m}$ ). Koncentrace aniontů byla stanovena iontovou chromatografií Dionex ICS-5000<sup>+</sup> (Thermo Scientific, Německo). Kationty byly stanoveny využitím ICP-OES, iCAP 7000 (Thermo Scientific, Německo). Zařízení jsou obsahem Obrázku 4.



Obrázek 4 - ICP-OES, iCAP 7000 & Dionex ICS-5000<sup>+</sup>

### **3.4 Zpracování naměřených dat**

Získaná data z laboratorních rozborů a terénního měření byla zpracována v programu Microsoft Excel. V rámci monitoringu byly sledovány ukazatele: pH, teplota vody, elektrická vodivost, chloridy, dusičnany, sírany, fluoridy, vápník, hořčík, draslík a sodík. Na základě naměřených hodnot proběhlo vyhodnocení sledovaných parametrů a jejich změn v kontextu přírodních a antropogenních podmínek v rámci daného odběrového místa. Dále byla provedena účelová klasifikace ukazatelů dle ČSN 75 7221 a dle přílohy č. 3 k Nařízení vlády 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.



## **4. Literární rešerše**

### **4.1 Příslušná legislativa**

Tato kapitola se věnuje právním předpisům vodního hospodářství na národní a mezinárodní úrovni. Vodní hospodářství České republiky (dále jen “ČR“) spočívá v souboru mnoha dílčích činností. Tyto činnosti mají zabránit znečištění, špatné úpravě či nesprávnému nakládání s vodami. Jedna z priorit vodního hospodářství spočívá v ochraně jakosti a množství povrchových i podzemních vod, která musí probíhat v souladu s požadavky českého i evropského práva.

#### **4.1.1 Legislativa EU**

Význam vody pro lidstvo a životní prostředí popisuje Evropská vodní charta. Dokument potvrzující mezinárodní spolupráci, byl podepsán 6. května 1968 ve Štrasburku (Stránský, 2021). Představuje 12 bodů poukazujících na ohroženost a problematiku podzemních i povrchových vod, ale také nutnost posílení ochrany vodního prostředí (Říha, 2014). Vodní charta poskytuje jednotlivým členským státům Evropské unie (dále jen “EU“) ukazatele, jak k ochraně vody přistupovat s ohledem na již vzniklé a budoucí podmínky (Povodí Labe, ©2009; Drkal a kol., 1997).

V rámci politiky EU byly stanoveny dvě základní směrnice, tvořící právní rámec vodního hospodářství členských států. Dvě jsou z důvodu odlišných ekosystémů přímořských a vnitrozemských států. Pro přímořské státy a mořské ekosystémy je přijata Rámcová Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2008/56/Es o strategii pro mořské prostředí. Pro ČR a ostatní vnitrozemské státy, byla vydána Vodní Rámcová Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES EU. Díky směrnici dosáhla Česká republika v oblasti vodního hospodářství řady podstatných pokroků (Petřík a kol., 2017). Rámcová směrnice EU představuje legislativní a obecný rámec pro ochranu a řízení vodních zdrojů. K následné specifikaci ochrany vod napomáhají podrobnější směrnice, jako jsou směrnice o ochraně podzemních vod, o pitné vodě, o vodách ke koupání, o normách environmentální kvality, o čištění městských odpadních vod, o dusičnanech a o povodních (Kurrer, 2022;).

Vzhledem k rostoucí koncentraci dusičnanů ve vodách některých regionů, přijala Rada ES směrnici 91/676/EHS o ochraně povrchových a podzemních vod před znečištěním dusičnany zemědělského původu (dále jen “Nitrátová směrnice“). Nitrátová směrnice

má za cíl snížit znečištění, na základě vymezení zranitelných oblastí. Do české legislativy je Nitrátová směrnice implementovaná pomocí zákona č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů (dále jen „vodní zákon“), a také zákona č. 156/1998 Sb. o hnojivech a nařízením vlády č. 512/2006 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu (Eargi, ©2020; Hrabánková a Martínková, 2010).

#### **4.1.2 Legislativa ČR**

Hlavní legislativní dokument v právním kontextu ochrany povrchových vod je zákon 254/2001 sb. o vodách a o změně některých zákonů (dále jen „vodní zákon“). Právní předpis aplikuje ochranu vodních zdrojů, ale také stanovuje podmínky pro hospodárné využívání povrchové i podzemní vody. Vodní zákon v § 8 stanovuje povinnost žádosti o povolení v případě nakládání s povrchovou vodou – vypouštění odpadních vod, akumulaci, vzdouvání, při odběru, využívání energetického potenciálu, chovu ryb nebo vodní drůbeže. Tyto zmíněné způsoby nakládání mohou výrazně působit na jakost, průtok, výskyt a množství povrchové vody. K obecnému nakládání však není potřeba souhlas vodoprávního úřadu. Zároveň vodní zákon zajišťuje opatření k bezpečnosti vodních děl a úkony s nimi spojené (Šír a kol., 2013).

Pokud jsou odpadní vody vypouštěny do povrchových či podzemních vod bez jakékoli úpravy, mohou způsobit negativní důsledky. Dle platné legislativy ČR je možné likvidovat odpadní vody čtyřmi způsoby. První možností je vypouštění odpadních vod do veřejné kanalizace, což je nejjednodušší a nejpreferovanější způsob manipulace. Pokud však není v místě k dispozici veřejná kanalizace, lze se přiklonit k zneškodňování odpadních vod v podobě vypouštění do vod povrchových či podzemních. Poslední možností, jak zneškodňovat odpadní vody, je jejich akumulace s následným odvozem na čistírnu odpadních vod. Akumulace odpadních vod v bezodtokových jímkách jsou realizovány pouze v případě, že splaškové vody nelze svést do veřejné kanalizace zakončené centrální ČOV. Odpaní jímky se zejména zřizují k rekreačním objektům. Majitel je povinen vyřešit likvidaci odpadních vod z jímek (smlouva s provozovatelem vhodného zařízení pro likvidaci těchto odpadů).

Kotlík a kol. (2016) uvádí, že na zákon o vodách současně navazují důležitá nařízení vlády a ministerstev, vyhlášky, ale také metodické pokyny Ministerstva životního prostředí a Ministerstva zemědělství. Například nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (dále jen “nařízení vlády č. 401/2015 Sb.“). Nařízení obsahuje hodnoty maximálního přípustného znečištění jednotlivých ukazatelů, díky kterým lze vyjádřit stav povrchové vody.

## **4.2 Voda v biosféře**

Syruček (2011) uvádí definici vody, jako nejzákladnější a nejrozšířenější látku, s kterou se setkáváme denně a je nezbytnou podmínkou pro život a pro neustálý vývoj na Zemi. Voda je obecně charakterizována souborem chemických, biologických a fyzikálních vlastností. Plní mnoha důležitých funkcí v životním prostředí i v každodenním životě člověka (Říha, 2014).

### **4.2.1 Hydrosféra**

Soubor veškerého vodstva v plynném, kapalném či pevném skupenství se nazývá hydrosféra (Pačes, 2009). Prvky hydrosféry tvoří na Zemi přibližně  $1,337 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$  (Šoch, 1998). Zemský povrch je pokryt ze 71 % vodou, jedná se tak o jednu z nejrozšířenějších látek a o základní složku biosféry (Tlapák a kol., 1992). Z celkového množství vody je tvořeno přibližně 96,5 % slaná voda a zbylých 3,5 % podílu je tvořeno ze sladké vody. Nejvyšší podíl u celkového objemu vody na Zemi se připisuje vodě v oceánech, mořích a zálivech. (Říha, 2014). Podle původu se dělí vody na přírodní a odpadní. Vodstvo lze rozdělit podle mnoha dalších kritérií, nejčastěji je však rozlišováno podle výskytu a využití (Pitter, 2015). Rozdělení a charakteristika těchto vod bude předmětem následujících kapitol.

### **4.2.2 Hydrologický cyklus**

Hydrologický cyklus nebo také koloběh vody je důležitý proces, který popisuje nepřetržitý pohyb vody mezi hydrosférou, atmosférou a litosférou cyklickým způsobem (Singh a kol., 2021). Hydrologický cyklus může významně ovlivnit kvalitu vody, jelikož v jeho průběhu se neustále mění skupenství vody a zároveň voda interaguje s různými prvky procesu. Vědeckovýzkumná americká agentura USGS (2022) a Singh a kol. (2021) uvádí, že přirozená cirkulace vody probíhá prostřednictvím vypařování, evapotranspirace, srážek a infiltrace. K nepřetržitému oběhu vody dochází díky sluneční energii a gravitaci.

Podle Šobra (2017) lze hydrologický cyklus rozlišovat na velký a malý koloběh vody. Velký koloběh vody, známý též jako globální či dlouhodobý, reflektuje pohyb vody ve velkém měřítku. Jde o vypařování vody z oceánů, která je ve formě vodní páry odpařena do atmosféry. V atmosféře se odpařená voda pomocí nižší teploty kondenzuje na vodní kapky, kterými je pak voda vrácena na pevniny a moře v podobě atmosférických srážek (Singh a kol. 2021). Následné srážky dopadající na Zem v podobě sněhu, kroupu a deště. Dokončení velkého cyklu může trvat až roky a zahrnuje pohyb obrovského množství vody (Inglezakis a kol., 2016; Říha 2014). Oproti tomu malý koloběh vody popisuje pouze oběh vody v rámci určitého ekosystému nebo regionu. Jde o vypařování vody z bezodtokové oblasti pevniny a následnému padání srážek zpět na Zem. Cyklus obvykle probíhá v průběhu dnů (Singh a kol., 2021).

### **4.2.3 Hydrologický rok**

Tato podkapitola popisuje standartně využívané časové období pro monitoring a analýzy dat souvisejících s hydrologickými jevy, jako jsou evapotranspirace a srážky. Hydrologický rok je termín pro periodické období dvanácti po sobě jdoucích měsíců. Začátek tohoto roku je odlišný od klasického kalendářního roku, protože převážná část srážek, které spadnou během zimního období, se nahromadí ve formě sněhu nebo ledu a odtéká až při jarním tání. Podstatou hydrologického roku je, aby všechny srážky spadlé v hydrologickém roce v něm také otekly. V každé části světa se používá jiné datum pro hydrologický rok, v ČR však probíhá od 1. listopadu do 31. října běžného kalendářního roku (Neubauerová, 2014; Johstone a Cross, 1949).

## **4.3 Druhy vod**

### **4.3.1 Přírodní vody**

Přírodní vody lze definovat jako vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Tyto vody vytváří základní hodnoty životního prostředí pro širokou škálu vodních organismů a hrají klíčovou roli v regulaci zemského klimatu, hydrologického cyklu a koloběhu živin. Přírodní vody lze dle výskytu rozdělit na vody podzemní, podpovrchové a atmosférické. Dostupnost a kvalita přírodních vod jsou klíčové faktory, limitující rozvoj a ovlivňující kvalitu lidské společnosti (Říha, 2014).

### **3.3.1.1 Atmosférické vody**

Jedná se o vody vznikající v ovzduší kondenzací vodní páry, když klesne teplota pod rosný bod. Při této kondenzaci vznikají atmosférické srážky, které dopadají na zemský povrch buďto v kapalném nebo tuhém skupenství (Říha, 2014; Pitter, 2015). Podrobněji se bude věnovat srážkám kapitola 4.8.2.1.

Složení atmosférické vody se liší dle lokality, ovšem závisí také na mnoha dalších faktorech, včetně složení a znečištění ovzduší ve střední a spodní vrstvě atmosféry. Srážky jsou nejúčinnější čisticí složkou pro odstraňování částic a rozpuštěných organických plynných polutantů z atmosféry (Migliavacca a kol., 2005). Díky tomu je složení srážek klíčovým ukazatelem regionální a lokální koncentrace znečišťujících látek. Neboť téměř pokaždé se vyskytují v ovzduší závadné látky, které mají největší potenciál znečistit složení atmosférických srážek. Nejčastěji se jedná o organické sloučeniny, sloučeniny síry a dusíku. Sloučeniny síry jsou společně se sloučeninami dusíku hlavní závadnou látkou způsobující acidifikaci přírodních vod. Samotné zdroje znečištění mohou být jak přírodního, tak antropogenního charakteru (Sýkora a kol, 2016).

### **3.3.1.2 Podzemní vody**

Podzemní voda je voda vyplňující průliny, dutiny a pukliny ve zvodněných horninách vytvářející podzemní vodu s rozsáhlou hladinou. Horninové prostředí představuje podmínky pro proudění podzemní vody, a podporuje její účast v hydrologickém cyklu (Tlapák a kol., 1992). Zpravidla je voda přednostně vyhrazena k zásobení obyvatelstva pitnou vodou, mimoto představuje základní předpoklad pro život rostlin (Drkal a kol., 1997). Dle chemického složení lze podzemní vody rozdělit na prosté a minerální. (Sýkora a kol, 2016; Tlapák a kol., 1992).

Složení podzemních vod může být rozmanité, jelikož je ovlivněno interakcí mezi horninovým a půdním prostředím. Dle Pačese (1982) se složení látek může značně změnit během cirkulace horninového prostředí, jelikož se podzemní voda, jako transportní médium účastní mnoho chemických reakcí a procesů. Zároveň mohou být koncentrace látek v podzemních vodách ovlivněny infiltrací povrchových a srážkových vod. Pitter (2015) uvádí, že hlavními kationty podzemních vod jsou vápník, hořčík, železo a sodík, avšak mohou být rovněž obsaženy anionty, nejčastěji ve formě dusičnanů, fosfátů a síranů.

### **3.3.1.3 Povrchové vody**

Vodní zákon definuje povrchové vody jako přirozeně se vyskytující vody na zemském povrchu. Zákon zároveň také stanovuje obecné užívání a nakládání s těmito vodami. Povrchové vody lze dle pohybu rozdělit na tekoucí vody a stojaté vody. Z hlediska stálosti a nestálosti podmínek se také rozdělují tekoucí vody na eustatické a astatické (Ambrožová, 2001).

Dle Pittera (2015) „*může být složení povrchových vod ovlivněno především podložím, skladbou dnových sedimentů, hydrologicko-klimatickými poměry, půdou, antropogenními vlivy a příronem podzemních vod*“. Chemické složení povrchových vod vykazuje krátkodobé či dlouhodobé změny. Zatímco dočasné výkyvy jsou zpravidla způsobeny vlivem klimatických či hydrologických podmínek lokality, dlouhodobější změny nastávají vlivem antropogenních činností, spočívající především v chemizaci zemědělství, industrializací či urbanizací. Ačkoliv složení tekoucích i stojatých vod závisí na podobných či stejných faktorech, v některých případech mohou mít vlivy zcela jiný rozsah. V porovnání se složením například podzemních vod, čelí povrchové vody mnohem rozsáhlejšímu a častějšímu kolísání složení.

## **4.3.2 Pitná a provozní voda**

### **4.3.2.1 Pitná voda**

WHO (2007) ji definuje, jako vodu vhodnou pro konzumaci splňující kritéria zdravotní nezávadnosti. Pitná voda je upravována a čištěna tak, aby byly odstraněny kontaminující látky, jelikož je určena k pití, pro přípravu jídla a péči o tělo. Jak již bylo zmíněno, zdroje kvalitní pitné vody jsou velmi často podzemní, ale mohou být i povrchové. Pro pravidelnou konzumaci této vody je uplatňovat přísnější hygienické požadavky a klást důraz na zdravotní nezávadnost a jakost. Voda musí splňovat mikrobiologické, biologické, organoleptické, chemické a fyzikální požadavky, aby byla vhodná k požadovaným účelům (Pitter, 2015).

### **4.3.2.2 Provozní voda**

Jedná se o druh vody, který se používá pro účely provozu, bez ohledu na to, zda se jedná o výrobní či nevýrobní účely. Kvalita provozní vody musí odpovídat požadavkům daného způsobu využití. Nevhodná kvalita se může projevit v podobě koroze výrobních zařízení, nebo zhoršení kvality výrobních produktů. V některých odvětvích výroby jsou kladeny specifické požadavky na složení a jakost provozních

vod. Například k výrobě potravin, textilu, papír, plastů, ale také v některých odvětvích elektrotechnické výroby (Pitter, 2015).

### **4.3.3 Odpadní vody**

Podle Vodního zákona jsou odpadní vody definovány jako „*vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotních a jiných stavbách, zařízení nebo dopravních prostředcích*“. Voda má po zmíněném způsobu použití jinou kvalitu (složení obsažených látek či teplota) a následně může ohrozit kvalitu přírodních vod. Ke stanovení ukazatelů kontaminace se provádí kvalitativní rozbor konkrétních látek. Dle Šocha (1998) lze rozdělit odpadní vody dle původu znečištění na komunální, srážkové, zemědělské, průmyslové a infekční.

Hlavní zdroj komunálních odpadních vod jsou domácnosti, tento druh odpadních vod obsahuje velké množství organických látek. Lze do nich zařadit černou vodu (výkaly, moč) a šedou vodu (kuchyně, pračka, koupelna). Srážkové odpadní vody vznikají vlivem atmosférických srážek a následně odtékají do stokového systému. Průmyslové odpadní vody vznikají v důsledku technologických procesů v průmyslu nebo během provozu. Infekční odpadní jsou charakterizovány přítomností biologických složek a chemikálií. Hlavním zdrojem těchto vod jsou zdravotnická zařízení. Jedná se o odpadní vody, které mohou mít přímé následky na zdravotní stav člověka v podobě alergických reakcí či infekčních onemocnění. Odpadní vody tohoto charakteru vyžadují předčištění a hygienické zabezpečení, aby nedošlo k ohrožení znečištění recipientu či stokové sítě (Kohoutek, 1997; Mičín, 1984).

## **4.4 Znečištění vod**

Znečištění vody je definováno jako jakýkoliv stav, kdy dojde ke zhoršení její kvality ve srovnání s přirozeným stavem (Říha, 2014). Voda je předpoklad prosperujícího zemědělství a lesnictví, důležitý průmyslový materiál, ale také významný energetický, dopravní i rekreační prvek. Pro tyto aspekty a mnoha dalších, je voda nepostradatelná a je potřeba zabránit znečištěním (Tlapák a kol., 1992). Kontaminace vodních zdrojů je ročně příčinou úmrtí několika milionů lidí, jedná se o jeden z největších globálních problémů a hrozeb pro budoucí generace. Znečištění vod je odrazem stupně znečištění životního prostředí, které bylo způsobeno nárůstem industrializace a urbanizace po celém světě (Pacholská a Šmejkalová; 2020). Problematika se netýká významných stojatých a tekoucích vod, ale také drobných potoků, nádrží, říček a bystrin. Problém

neovlivňuje pouze přírodní složky Země, ale jsou prokázány konkrétní účinky na lidské zdraví. Účinek polutantů tak může přispět k široce rozšířeným onemocněním až smrti (Coyne a kol., 2019).

Chaudhry a Malik (2017) uvádí, že polutanty způsobující nežádoucí účinky, vznikají z bodových či plošných zdrojů. Za bodové zdroje lze považovat identifikovatelnou činnost nebo konkrétní věc, která kontaminuje vodní zdroje. Příklady důležitých bodových zdrojů jsou skládky, průmyslové areály, zemědělská zařízení, města a sklady hnoje. Pokud však není zdroj znečištění znám nebo znečištění vzniká kumulací z více zdrojů, hovoříme o plošném znečištění. Jako plošné nebo také rozptýlené zdroje uvádí Sasakova a kol. (2018), například vyplavování dusičnanů a pesticidů do přírodních vod v důsledku dešťových srážek, infiltrace do půdy a povrchového odtoku ze zemědělské půdy. Tyto zdroje mohou způsobit značné kolísání složení vody.

Existují dva základní druhy zdrojů znečištění povrchových vod – přírodní a umělé (antropogenní) (Říha, 2014). Umělé nebo také antropogenní příčiny, způsobují v mnoha případech rozsáhlé a trvalé škody (Petřík a kol., 2017).

#### **4.4.1 Přírodní zdroje znečištění**

Přírodní zdroje znečištění vznikají bez lidské intervence, jsou vyvolány geomorfologickými, půdními, hydrologickými a klimatickými faktory lokality. Konkrétní příklad přírodního znečištění představuje eroze půdy, která znečišťuje vody odnosem, smyvem a vyluhováním půdy. Další příklady jsou například sopečné erupce a povodně. Transport částic přispívá k zanášení toků, což zvyšuje hladinu a projevuje se zamokřením. Projevy lze také zaznamenat u vodních nádrží, a to postupným zmenšováním objemu jejich prostoru (Tlapák a kol., 1992).

#### **4.4.2 Znečištění vody vlivem odpadních vod**

Jeden z hlavních antropogenních zdrojů znečištění vod jsou odpadní vody. Jako příklad lze uvést odpadní vody z průmyslové výroby, která produkuje velké množství odpadních vod. Voda se v průmyslu využívá, jako chladicí médium, surovina pro chemické reakce, prostředek samotné výroby, přenos energie či pro čištění produktů. Z těchto a dalších příkladů použití, vznikají odpadní průmyslové vody, které při vypouštění do vodních toků či nádrží, mohou svým složením negativně ovlivnit vodní ekosystém. Tyto odpadní vody mohou představovat oprávněnou hrozbu,



především pokud se jedná o odpadní vody z ropného, potravinářského, textilního, chemického, farmaceutického a hutnického průmyslu (Síkora, 2021). Problém nepředstavují pouze průmyslové odpadní vody, ale také komunální odpadní vody. Pod množinu zdrojů komunálních odpadních vod spadají kromě domovních odpadních vod, také vody se změněnou jakostí a teplotou z provozoven, sociálních služeb, srážkové odtoky, splachy z komunikací a obydlí. Splaškové odpadní vody mohou obsahovat bakterie, viry, dusičnany, fosforečnany a další závadné látky, které mohou být škodlivé pro lidské zdraví a pro vodní ekosystémy. Bakterie a viry mohou způsobit rozšíření nemocí, zatímco dusičnany a fosforečnany mohou přispět nadměrnému růstu řas a sinic, což může vést k eutrofizaci a k hromadnému úhynu ryb a dalších vodních organismů. Navíc mají tyto odpadní vody tendence rychle hnít, díky čemuž dochází k vypouštění zápachajícího plynu. (Sasakova a kol., 2018).

#### **4.4.3 Znečištění vody vlivem zemědělství**

Zemědělství je jednou z nejstarších lidských aktivit, zároveň však reprezentuje jednu z hlavních antropogenních činností ovlivňující kvalitu vodních zdrojů. A to především z důvodu nárůstu zemědělské výroby, jenž je úzce spojeno s velkoplošným využíváním chemických prostředků, hnojiv a pesticidů.

Pro zachování zdravé půdy je nezbytné dodávat látky, které do ní vkládají živiny, zlepšují její strukturu a vytvářejí ideální podmínky pro růst plodin. Nicméně s rostoucím počtem obyvatel se zvyšuje i tlak na udržení úrodnosti půdy, což vede ke stále rostoucí aplikaci průmyslových hnojiv. Hnojiva lze dle původu rozdělit na organická (statková) a anorganická (průmyslová/minerální). Mezi organické půdní doplňky řadíme močůvku, kejdu, kompost, slámu, geotextilie a dřevní štěpky. Anorganická hnojiva jsou například vermikulit, perlit, sádra, vápno a oxidy železa. Výběr půdních doplňků záleží na rychlosti rozkladu doplňku a dle textury půdy. Znečišťující látky se dostávají do přírodních vod odplavením z polí, infiltrací do půd, nesprávnou likvidací a skladováním. Jakým způsobem se hnojiva dostanou do vody, závisí také na dalších faktorech, jako jsou typ hnojiva, půda, srážky a topografie krajiny (Jílková a kol., 2021).

K potlačení, prevenci, ničení, odpuzení či kontrole škodlivých rostlin a živočichů během skladování, výroby, transportu či zpracování plodin se v zemědělství aplikují pesticidy. S ohledem na účinnou látku nebo složku lze pesticidy rozdělit do dvou

kategorií: chemické a biologické. Pitter (2015) uvádí, že aktivní anorganickou složkou pesticidů může být měď, rtuť, olovo nebo železo. Jsou také klasifikovány podle toho, na jaký druh organismu mají působit. Nejčastěji se lidé uchylují k používání herbicidů, zoocidů a fungicidů (Dvoržáková, 2020). Znečištění vodního ekosystému nastává ve chvíli, kdy pesticidy proniknou prostřednictvím proudění vzduchu či odtoku z polí nebo lesů do přírodních vod ve větší koncentraci (Pacholská a Šmejkalová; 2020). Pesticidní látky mohou být ve vodách obsaženy v rozpuštěné či nerozpuštěné formě. Látky mohou být záměrně aplikovány přímo na vodní hladinu proti přenašečům chorob či vodním rostlinám v zavlažovacích systémech (ALS global, ©2015).

Ovlivnit půdy a vody mohou také odpadní vody z provozů, motorová paliva a oleje (Tlapák a kol., 1992). Úřad vlády České republiky (2017) ve Strategickém rámci České republiky 2030 poukazuje na rozsáhlou problematiku znečištění fosforem a dusíkem ze zemědělské činnosti na území ČR. V dokumentu je také zmíněna alarmující kontaminace vodních ekosystému vlivem pesticidů.

#### **4.4.4 Znečištění vody vlivem údržby golfových hřišť**

Golfová hřiště mohou mít významný vliv na kvalitu životního prostředí v okolí. Golfová hřiště tvoří významné spotřebitele povrchových a podzemních vod pro jejich zavlažování. Jelikož je zavlažování golfových hřišť finančně nákladné jsou zpravidla v blízkosti vybudované umělé nádrže, které vyrovnávají rozdíly mezi přítokem a odběrem pro zavlažování. Během běžné údržby trávníků mohou být aplikovány již zmiňovaná chemická hnojiva a pesticidy, jako jsou herbicidy, insekticidy a fungicidy. Pokud jsou pesticidy používány v souladu s návodem, jsou bezpečné pro použití. Pokud jsou však tyto látky používány v nadměrném množství, mohou přinášet potenciální riziko pro kvalitu povrchových vod. Především pokud vodoteč protékající hřištěm, teče do následujících obcí nebo dokonce tvoří zdroj pitné vody. Látky mohou pronikat do povrchových vod pomocí odtoku dešťové vody nebo se infiltrovat do půdy, což může následně vést ke kontaminaci podzemních zdrojů (Petříková, 2010)

#### **4.4.5 Eutrofizace**

Významný problém v kontextu znečištění povrchových vod představuje eutrofizace. Podle Hobbie a kol. (2017) lze eutrofizaci definovat, jako obohacení vody o živiny, především o dusík, draslík a fosfor. Obecně vysoký obsah živin přispívá ke snižování samočistící schopnosti vod, jelikož dochází k druhové diverzitě vodních organismů

(zooplankton, fyzoplankton). Výskyt eutrofizace lze charakterizovat, jako komplexní funkce všech ovlivňujících faktorů. Eutrofizaci je možné dle Rosendorfa a Fialy (2011) odlišit na umělou a přirozenou. Přirozená eutrofizace vzniká běžným vyplavováním fosforu a dusíku v povodí, k čemuž dochází vlivem pozvolného geomorfologického procesu. Tento proces způsobuje často nepatrné zanášení a změně koryt a nádrží. Vlivem kontaminačním procesům a antropogenním zdrojům, které byly popsány v předchozích kapitolách, je však postupně přispíváno také k umělé eutrofizaci. Antropogenní eutrofizace, na rozdíl od přírodní, může způsobit výraznější škody v mnohem kratším časovém horizontu a vést až k degradaci přírodního ekosystému. Přestože se častěji můžeme setkat s eutrofizací ve stojatých vodách, může také vznikat i ve vodách tekoucích. Eutrofizace je rozšířená po celém světě a její vážnost se neustále zvyšuje. Vlivem tohoto procesu dojde ke zhoršení organoleptických vlastností vody, k tvorbě toxických látek a povlaku na hladině a ke změně barvy vody (Říha, 2014; Pitter, 2015).

#### **4.4.6 Acidifikace**

Sasakova a kol. (2018) a Farmer (1990) uvádí, že proces acidifikace představuje okyselení vodního prostředí, což má za následek řadu chemických, fyzikálních a biologických změn. Například nižší pH, větší koncentrace hliníku, sloučenin síry a dusíku. Acidifikace může být způsobena například kyselými depozicemi, geologickým podložím, náhradou smíšených porostů smrkovými monokultury a mnoha dalšími faktory (Pitter, 2015). Tento jev je však zpravidla způsoben vlivem antropogenní činnosti, jako je vlívání odpadních vod do vod povrchových nebo používáním kyselých půdních hnojiv. Samotná acidifikace vody je dlouhodobá a následná obnova je velmi komplexní, navíc proces může mít výrazně negativní vliv na vodní organismy. Může přispět až k zániku živočichů, mikroorganismů či rostlin (Langhammer, 2002).

### **4.5 Vzorkování a monitoring povrchových vod**

Monitoring vody lze popsat jako proces sledující stav povrchových vod. K získání kvantitativních informací a pro charakterizování určitého objemu vody, není obvykle možné posuzovat a zkoumat je jako celek, proto je nutné odebírat vzorky.

Tato kapitola slouží pro upřesnění vhodných metod v rámci vzorkování povrchových vod. Postup pro odběry vzorků z povrchových vod byl vypracován na základě odborné

literatury a metodik obsažených v platných normách. Seznam využitých norem pro sestavení programu zobrazuje Tabulka 1.

*Tabulka 1 - Seznam norem pro sestavení vzorkovacího programu*

<b>ČSN EN ISO 5667-1 (757051) část 1:</b> Návod pro návrh programu odběru vzorků a pro způsoby odběru vzorků
<b>ČSN EN ISO 5667-3 (757051) část 3:</b> Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi
<b>ČSN EN ISO 5667-4 (757051) část 4:</b> Návod pro odběr vzorků z jezer a vodních nádrží
<b>ČSN EN ISO 5667-6 (757051) část 6:</b> Návod pro odběr vzorků z řek a potoků

#### **4.5.1 Sestavení programu vzorkování a monitoringu**

Před vytvořením programu je klíčové určení hlavních dílčích cílů, které by měl samotný monitoring a vzorkování splnit. Je také důležité optimalizovat vzorkování pro splnění specifických cílů (Kotlík a kol., 2016).

Návod pro sestavení vhodného programu vzorkování poskytuje norma ČSN EN ISO 5667-1. Madrid a Zayas (2007) uvádí, že plán odběru vzorků by měl být vytvořen dle účelu analýzy a před samotným odběrem vzorků v terénu. Požadavky na vzorkování povrchových vod jsou odlišné u vod tekoucích a u vod stojatých.

#### **4.5.2 Četnost vzorkování**

Program by měl být konstruován s ohledem, zdali se jedná o jednorázové vzorkování nebo dlouhodobé sledování, samotná četnost závisí na požadovaných informacích. Odebrané vzorky rozdělujeme na prosté (jednorázové) a periodické (směsné). V praxi se však častěji přiklání k odebrání spíše periodických než jednorázových vzorků, jelikož prostý vzorek reprezentuje odebraný vzorek z vodního útvaru určeného časem a místem. Zatímco směsný vzorek je složen z více než jednoho samostatného časového intervalu nebo místa odběru (Kotlík a kol, 2016; MŽP, ©2006). Četnost odběrů je jeden z rozhodujících faktorů v reprezentativnosti naměřených látek, jelikož kvalita povrchových vod se mění podle ročního období. Další parametr ovlivňující četnost vzorků je kolísání složení vody, na které se projevují přírodní či antropogenní vlivy. Odběry z vodních nádrží minimálně čtyřikrát ročně umožňují přijatelnou charakterizaci kvality vody po dlouhé období, za účelem řízení kvality může být

potřebná větší četnost. Častokrát si četnost stanovuje sám zpracovatel, a to na základě znalosti přírodních podmínek, očekávané četnosti změn, ekonomické úvahy, metodik a předpisů (Kotlík a kol., 2016).

### **4.5.3 Metody odběru vzorků, technické vybavení**

Při vzorkování povrchových vod je nezbytné znát klimatické, hydrologické, ale také antropogenní podmínky vybraného území. Metoda a požadavky vzorkování se odvíjí od charakteru povrchové vody vybrané k odběru a účelu vzorkování. Pro správné vyhodnocení je důležitý nejen odběr reprezentativního vzorku, ale také zkušenost, důslednost a informovanost vzorkaře

Při vzorkování vody v nádrží je rozhodující velikost nádrže a účel vzorkování. Návod pro vzorkování z jezer a nádrží představuje ČSN EN ISO 5667-4. Složení vody může být rozdílné v různých místech toků a nádrží, u nádrží se může složení měnit i hloubkou. Prováděný odběr ze břehu nádrže je méně reprezentativní, proto je častěji využíváno vzorkování z lodě pomocí vertikálního, horizontálního, hadicového či trubkového vzorkovače. Kotlík a kol. (2016) potvrzuje, že je také možné odebírat vzorky do vzorkovnice spouštěné na lanku nebo na teleskopické tyči. Pro sledování jakosti vody se většinou aplikuje metody odebírání směsných vzorků, nebo prosté hladinové vzorky, při hlubších nádrží je vhodné provést i hlubinné vzorky.

Podmínky pro vzorkování tekoucích vod jsou obdobné jako u stojatých, jsou zde pouze drobné odlišnosti. Využívají se pokyny obsažené v normě ČSN EN ISO 5667-6. V případě vodního toku by se vzorek měl odebírat na místě kde protéká nejvíce vody. V mělkých vodách, se odebírá hladinový (povrchový) vzorek ručním sběrem proti proudu (Madrid a Zayas, 2007). K odběru vzorků vody z vodních toků a nádrží se využívají odběrové zařízení (vzorkovače) a vzorkovnice. Volba vzorkovače se odvíjí od cíle programu, musí být však vybírány tak, aby nedocházelo k interakci mezi vodou a konstrukčním materiálem. Hlavní požadavek technického vybavení je, že nesmí ovlivnit složení vzorků. Hladinový vzorek lze odebrat do vzorkovnice, vědra či nádoby s následnou pomocí lanka či teleskopické tyče.

### **4.5.4 Manipulace se vzorky**

Přípravou a výběrem vzorkovnic, manipulací se vzorky a vhodnými metody konzervace se zabývá ČSN EN ISO 5667-3. Norma uvádí, že vzorkovnice se nejčastěji používají skleněné (borosilikátové, sodnoraselné) nebo plastové (polypropylénové,

polyetylenové). Následný transport vzorků do laboratoře probíhá v uzavřených přepravech, které chrání před účinky světla a tepla. Doba dodání vzorků do laboratoře by měla být co nejkratší, pokud to není možné, je potřeba stabilizovat nebo konzervovat vzorky. Fyzikální ukazatele jako pH, konduktivita, zákal, pronikání světla a teplota vody se stanovují na místě.

## **4.6 Kvalita povrchových vod**

Tato kapitola představuje pojem kvalita (jakost) povrchových vod a způsoby jejich vyhodnocování platných právních předpisů a norem.

Dle Langhammera (2002) lze jakost vody vyjádřit hodnocením současného stavu zatížení vodního prostředí. Hlavní faktory ovlivňující kvalitu představují antropogenní aktivity, především odpad a odpadní vody z osídlených oblastí, průmyslové a zemědělské činnosti. K vyhodnocení úrovně znečištění se využívá hodnocení stavu a vývoje kvality sledované vody na základ sledovaných hledisek a parametrů. Tyto parametry se mění v závislosti na analytických možnostech, účelech hodnocení a celkovém pojetí problematiky v různých zemích a obdobích. Při hodnocení kvality. Kvalitu vody lze analyzovat pomocí fyzikálních, chemických a biologických parametrů znečištění (Langhammer, 2002).

Vyhodnocování kvality povrchových vod v modelovém území diplomové práce proběhlo na základě normy ČSN 75 7221 a nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

### **4.6.1 Vyhodnocování jakosti vody dle normy ČSN 75 7221**

Zařazení jakosti povrchových vod je předmětem normy ČSN 75 7221. Tato norma rozřazuje kvalitu vod do pěti tříd dle numerických hodnot jednotlivých parametrů získaných z monitoringu. Ve vytvořené Tabulce 2 jsou uvedeny čísla, názvy, popisy a barevné označení pro jednotlivé třídy kvality.

Tabulka 2 - Třídy znečištění (Vlastní zpracování dle normy ČSN 75 7221, 2023)

<b>I. Třída</b>	<b>Neznečištěná voda</b>	Povrchové vody, které nebyly výrazně ovlivněny lidskou činností. Naměřené hodnoty ukazatelů jakosti vod nepřesahují kvalitu přisuzující se běžnému přirozenému pozadí v tocích.
<b>II. Třída</b>	<b>Mírně znečištěná voda</b>	Povrchové vody, které byly ovlivněny lidskou činností. Naměřené hodnoty ukazatelů jakosti vod dosahují hodnot, které umožňují existenci vyváženého a udržitelného ekosystému.
<b>III. Třída</b>	<b>Znečištěná voda</b>	Povrchové vody, které byly ovlivněny lidskou činností. Naměřené hodnoty ukazatelů jakosti vod dosahují hodnot, které nemusí umožňovat existenci vyváženého a udržitelného ekosystému.
<b>IV. Třída</b>	<b>Silně znečištěná voda</b>	Povrchové vody, které byly ovlivněny lidskou činností. Naměřené hodnoty ukazatelů jakosti vod dosahují hodnot, které vytváří podmínky pouze pro nevyvážený ekosystém.
<b>V. Třída</b>	<b>Velmi silně znečištěná</b>	Povrchové vody, které byly ovlivněny lidskou činností. Naměřené hodnoty ukazatelů jakosti vod dosahují hodnot, které vytváří podmínky pouze pro velmi nevyvážený ekosystém.

Přidělení třídy kvality vychází z hodnocení vybraných dostupných ukazatelů jakosti, které jsou porovnávány s odpovídající soustavou mezních uvedených hodnot. Mezní hodnoty jsou uvedené v tabulce 1 normy ČSN 75 7221. Samotné vyhodnocování kvality vod probíhá pro každý jednotlivý parametr zvlášť. Výsledná třída se stanovuje dle nejnepríznivější zařídění zjištěného u jednotlivých vybraných ukazatelů.

Pro sledované ukazatele diplomové práce, které byly podrobeny účelné klasifikaci jakosti vody, byla vypracována Tabulka 3 obsahující limitní hodnoty jakosti jednotlivých tříd.

Tabulka 3 - Hodnoty stanovující hranice jednotlivých tříd kvality pro vybrané ukazatele (Vlastní zpracování dle normy ČSN 75 7221, 2023)

Ukazatel	Jednotka	Třída				
		I.	II.	III.	IV.	V.
Elektrická vodivost	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
Chloridy	mg/l	< 100	< 200	< 300	< 450	≥ 450
Sírany	mg/l	< 80	< 150	< 250	< 400	≥ 400
Fluoridy	mg/l	< 0,3	< 0,6	< 1,3	< 2	≥ 2
Dusičnanový dusík	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13

## 4.6.2 Posuzování kvality vody dle přílohy 3. nařízení vlády

### č. 401/2015 Sb.

Pro vyhodnocení kvality povrchové vody uvádí nařízení vlády č. 401/2015 Sb. v příloze č. 3 tabulku 1 a – ukazatele a hodnoty přípustného znečištění pro povrchové vody.

*Tabulka 4 - Ukazatele a hodnoty přípustného znečištění  
(Vlastní zpracování dle Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., 2023)*

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS	Jednotka	Přípustné znečištění pro účely § 31, § 34 a § 35 zákona	Přípustné znečištění	
			roční průměr	roční průměr	maximum
Teplota vody	t	°C			29
Reakce vody	pH			5-9	
Hořčík	Mg	mg/l		120	
Vápník	Ca	mg/l		190	

Princip vyhodnocení kvality vod spočívá v porovnání ročního průměru či maxima přípustného znečištění a hodnot změřených ukazatelů zvolených k monitoringu. Pro vybrané ukazatele diplomové práce, které byly podrobeny tomuto vyhodnocení, byla vypracována Tabulka 4 obsahující přípustné roční průměrné a maximální hodnoty znečištění.

## 4.7 Charakteristika zvolených ukazatelů

Následující kapitola se věnuje charakteristice fyzikálně-chemických a anorganických parametrů, které byly vybrány pro monitoring a vyhodnocení jakosti povrchových vod. Vybrané parametry diplomové práce lze rozdělit na dvě skupiny na základě toho, zda jsou sledovány v terénu nebo stanoveny v laboratoři.

### Ukazatelé terénního monitoringu:

- elektrická konduktivita, pH, teplota vody

### Ukazatele laboratorní analýzy:

- Kationty: vápník, hořčík, draslík, sodík ty jsou ve formě kationtu.
- Anionty: chloridy, sírany, fluoridy, dusičnany, fosforečnany



### **4.7.1 Elektrická konduktivita**

Pitter (2015) popisuje elektrickou konduktivitu (měrnou vodivost), jako míru koncentrace ionizovatelných chemických a organických složek vody. U přírodních vod s nízkou koncentrací organických látek je konduktivita přímo úměrná obsahu anorganických aniontů a kationtů. Vysoký počet naměřené elektrické konduktivity tak indikuje přítomnost antropogenní zátěže (Langhammer, 2022). Stanovením hodnoty elektrické konduktivity je běžně používaný parametr pro chemický rozbor vody. Konduktivita je významně teplotně závislou veličinou, kromě teploty však mohou být ovlivněny hodnoty koncentrací iontů, jejich nábojovým číslem, pohyblivost, ale i vodností toku. V praxi se používá jednotka mS/m (Sýkora a kol., 2016).

### **4.7.2 Hodnota pH**

Dle Tesaříka (1985) je pH jedním z nejdůležitějších ukazatelů vody, jelikož umožňuje rozlišit jednotlivé formy výskytu některých prvků ve vodách. Hodnota pH také zásadně ovlivňuje chemické i biochemické procesy, proto je jeho stanovení hodnoty nezbytnou součástí chemického rozboru vody (Sýkora a kol, 2016). Na základě počtu iontů vodíku lze definovat zásaditou či kyselou reakci vody. Voda reaguje kyselé při  $\text{pH} < 7$ , a zásaditě při  $\text{pH} > 7$ . U podzemních vod se pohybuje průměrné pH od 5,5 do 7, zatímco u neznečištěných povrchových vod je hodnota pH v rozmezí od 6 do 8,5 (s výjimkou rašelinišť). Pokud je pH mimo běžné rozmezí, může to mít negativní dopad na vodní ekosystém a lidské zdraví. V důsledku poklesu pH vody může v toku či nádrži dojít k procesu acidifikace (Pitter, 2015).

### **4.7.3 Teplota**

Teplota vody je další velmi důležitý faktor, který ovlivňuje nejen migraci organismů (Jonsson, 1991), ale také celkovou biochemickou i chemickou reaktivitu a stanovuje výsledné složení biocenóz v prostředí (Ambrožová, 2001). Současně teplota vody ovlivňuje rozpustnost kyslíku, rychlost zmiňovaných biochemických pochodů, čímž značně ovlivňuje proces samočištění. Teplota se u povrchových vod pohybuje v rozmezí od 0 do 25 °C. Může být ovlivněna mnoha faktory, jako je vítr, sluneční svit, teplota vzduchu, klimatické podmínky, atmosférické srážky, hloubka vody, průhlednost a zákal. Také vlivem vypouštění oteplených vod do povrchových vod může dojít k tepelnému znečištění (Pitter, 2015). Znečištění způsobené teplem může vyvolat kyslíkový deficit, jelikož obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě je nepřímo

úměrné teplotě vody (Langhammer, 2002). V hlubších nádržích nebo jezerech může v letních či zimních obdobích vlivem teplot docházet také k teplotní stratifikaci. Teplotní stratifikaci lze popsat jako rozvrstvení teplot ve vodní nádrži podle hloubky. Roční období rozděluje teplotní stratifikaci na letní a zimní stagnaci. Během jara a podzimu dochází k cirkulacím, kterou ovlivňují teplotní změny, vítr a promíchávání vrstev vody. Tyto teplotní jevy přispívají k vyrovnání teploty vody v nádrži. (Sýkora a kol., 2016).

#### **4.7.4 Dusičnany**

Dusičnany a dusitany se označují jako oxidované formy dusíku a jejich suma je často celkový oxidovaný dusík. Dusičnany bývají obsaženy v malých koncentracích téměř ve veškerých povrchových vodách, přesto koncentraci mohou ovlivnit přírodní či antropogenní faktory. Dle Grünwalda (1993) je převážná část dusičnanů v přírodních vodách z plošných antropogenních zdrojů. Mají ve vodním prostředí rozdílný režim než ostatní látky, jelikož se jejich koncentrace mění na základě vegetačního období. Jejich naměřené hodnoty bývají nejvyšší v zimních a podzimních měsících, a to díky splachům a vymýváním z půdy. Naproti tomu ve vegetačním období je koncentrace nejnižší, jelikož jsou dusičnany významný zdroj živin pro vegetaci (Langhammer, 2002). Jelikož dusičnany vznikají nitrifikací amoniakového dusíku, dostávají se tak do vod v důsledku zemědělských činností využívající hnojiva a také prostřednictvím odpadních vod. Možný zdroj dusičnanů mohou být také drenáže a meliorace, které odvádějí rozpuštěná hnojiva společně s atmosférickými srážkami do povrchových vod. Tento proces vysoké koncentrace přispívá, k již zmíněné eutrofizaci, a to především z důvodu nadměrného rozvoje sinic a řas. V neposlední řadě je zaznamenána koncentrace dusičnanů z atmosférické depozice, jako důsledek spalování fosilních paliv (Langhammer, 2002).

#### **4.7.5 Chloridy**

Chloridy jsou největší skupinou sloučenin zastupujících chlor ve vodách. Vyskytuje se jako jednoduchý iont  $\text{Cl}^-$  ve většině přírodních vod. Ve neznečištěných nebo mírně znečištěných vodách bývají sloučeniny chlorů v poměrně malých koncentracích. Granato a kol. (2015) ve své metodice poukazují na rostoucí trend koncentrace chloridů v přírodních vodách. Tyto koncentrace mohou být způsobeny umělými či přírodními vlivy, ovšem převážná část chloridů pochází z antropogenních činností. Pitter (2015) uvádí, že člověk vylučuje močí až 9 g chloridů denně a ty následně putují

do odpadních vod. Zpravidla vzniká nejvyšší koncentrace chloridů ve vodě z aktivit v oblasti zemědělství, průmyslu a dopravy. Chloridy také mohou do vodního prostředí vstoupit díky zvětráváním a vyluhováním hornin (Langhammer, 2002). V nižších koncentracích jsou chloridy biologicky a chemicky stabilní. Často však antropogenní činnost navyšuje tyto přirozené hodnoty, což může přispívat k oxidačně-redukčnímu potenciálu. Chloridy poté mohou tvořit agresivní sloučeniny, není tak vyloučeno, že mohou být příčinou koroze kovů, a to jak na lokální, tak plošné úrovni. V přírodních vodách je přípustná hodnota chloridů 200 mg/l, pro pitnou vodu se uvádí maximální 100 mg/l (Pitter, 2015).

#### **4.7.6 Síraný**

V přírodních vodách se také běžně vyskytují síraný, které bývají přítomny v rozpuštěné podobě jednoduchého aniontu síranového  $\text{SO}_4^{2-}$  (WHO ©, 2007). Společně s chloridy a hydrogenuhličitaný spadají pod hlavní anionty. Sýkora a kol. (2016) uvádí, že jejich přirozená koncentrace a výskyt je především ovlivněn geologickou dispozicí území. Liu a Han (2021) také poukazuje, že mohou být koncentrace síranů ovlivněné z antropogenních zdrojů, jakou jsou minerální hnojiva, detergenty a odpadní vody. Zároveň mohou do vodního režimu síraný vstupovat prostřednictvím atmosférických vod, odrážející emise ze spalování fosilních paliv. Mírná koncentrace síranů v přírodních vodách nemá hygienický význam, ovšem při vyšší koncentraci mohou ovlivnit agresivitu a stabilitu vody. Vysoká koncentrace síranů v pitné vodě má laxativní účinky. Obvykle se jejich koncentrace pohybují v jednotkách mg/l, v ojedinělých případech i ve stovkách. Organizace WHO stanovila a v ČR platí mezní hodnota síranů 250 mg/l (Langhammer, 2002; Grünwald, 1993).

#### **4.7.7 Fluoridy**

Jedná se o chemickou sloučeninu fluoru, který patří mezi esenciální prvky. Vyskytuje se běžně v horninách a tvoří mnoho minerálu, včetně kryolitu a fluoroapatitu (Nevědělová, 2018). Dle Pittera (2014) se v povrchových vodách jihočeského regionu vyskytují fluoridy v koncentraci od 0,07 do 0,19 mg/l. Vyšší koncentrace fluoridů a jejich sloučenin mohou být způsobeny přírodními procesy, jako je rozpouštění hornin, eroze půdy a vulkanická aktivita. Strunecká (2007) uvádí, že v posledních desetiletí dochází k neustálému nárůstu zatížení životního prostředí sloučeninami fluoru, a to především v důsledku rozvoje průmyslového odvětví, ale také kvůli

stoupajícimu využívání minerálních hnojiv a pesticidů. Další lidské činnosti navyšující zatížení vody fluórem jsou těžba, zemědělství a odpadní vody.

#### **4.7.8 Vápník a Hořčík**

Podle publikace WHO (©2009) jsou vápník a hořčík důležitými indikátory kvality pitné a přírodní vody. Společně s hydrogenuhličitaný tvoří důležité kritérium při posuzování agresivity vody na různé materiály (Grünwald, 1993). Oba prvky jsou přirozenou součástí přírody, jenom v zemské kůře je obsaženo přibližně 0,035 % vápníku a 0,020 % hořčíku. V porovnání s vápníkem, má však hořčík zpravidla menší zastoupení. Ve středně a málo mineralizovaných vodách se vyskytují převážně jako jednoduché ionty  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Mg}^{2+}$ . Ty se dostávají do vod rozkladem hlinitokřemičitanů hořečnatých a vápenatých. Obsahu vápníku a hořčíku však závisí na rozpuštěném  $\text{CO}_2$ , který zvyšuje rozpustnost materiálů na bázi uhličitanů a podporuje zvětrávání hlinitokřemičitanů (Pitter, 2014; Grünwald, 1993).

Vápník a hořčík jsou také klíčové živiny pro rostliny a jejich nedostatek může snížit produkci plodin. Z tohoto důvodu se v zemědělství využívají hnojiva na bázi těchto látek. Ty sice usnadňují zemědělské hospodaření, ale jejich nadměrné používání může přispět k negativním dopadům na vodní ekosystémy (Alrashidi a kol., 2022). Mohou vstoupit do vodního ekosystému při odtoku z pole nebo průnikem do podzemní vody. K antropogenním zdrojům obou prvků patří také některé odpadní vody z průmyslové činnosti (Grünwald, 1993).

#### **4.7.9 Sodík a draslík**

Jedná se o prvky vyskytující se ve vodách jako bazické kationty  $\text{K}^+$  a  $\text{Na}^+$ , oba prvky jsou v zemské kůře přibližně ve stejné míře zastoupeny - 2,5 %. Nicméně v podzemních a povrchových vodách je obvykle více sodíku než draslíku. Draslík je absorbován rostlinami pomocí kořenů a podporuje jejich vývoj a růst. Z tohoto důvodu je v přírodních vodách obsažen v menší míře než sodík (Pitter, 2014; Grünwald, 1993). Ke zvýšení obsahu sodíku dochází v povrchových vodách blízkým komunikacím, zejména v zimních měsících, a to v důsledku aktivního posypu silnic. Nepoužívanější posypová sůl je díky svým nízkým pořizovacím nákladům chlorid sodný ( $\text{NaCl}$ ). Přispět vyšší koncentraci mohou také odtoky ze skládek a živočišný odpad (Zývalová, 2015).

## **4.8 Meteorologie**

Meteorologie je věda zabývající se probíhajícími fyzikálními i chemickými ději a jevy v atmosféře, které neustále mění svůj stav. Meteorologická data jsou hodnoty měřených jevů získaných prostřednictvím například satelitů, radarů a meteorologických stanic. Tyto data mohou sloužit jako podklad v mnoha vědních oborech (Židek a kol., 2003).

Tato kapitola se věnuje představení základních pojmům meteorologie, a to z důvodu využití dat z meteorologické stanice v rámci charakteristiky klimatických podmínek lokality. V rámci diplomové práce byly zpracovány hodnoty meteorologických jevů pořízenými soukromou meteorologickou stanicí ATMOS 41 (Křenovy Dvory) a profesionální meteorologickou stanicí ČHMÚ Nadějov Větrov.

### **4.8.1 Meteorologické stanice**

Meteorologické stanice jsou klíčovým nástrojem pro získání meteorologických dat. Data měření jsou snímána z automatizovaných čidel v určitých intervalech. Kobzová (1998) uvádí, že lze meteorologické stanice rozdělit podle odborného zaměření na synoptické, klimatologické, letecké, zemědělsko-meteorologické a se speciálním zaměřením. (Smolka, 2013; Židek a kol., 2003). Dalším důležitým rozdělením stanic je na profesionální a soukromé. V ČR se profesionální stanice označují stanice, které jsou obsluhovány zaměstnanci Českým hydrometeorologickým ústavem. Soukromé stanice zřizují či dokonce vyrábí lidé a podniky, kteří mají zájem o meteorologické data pro soukromé účely (Kobzová, 1998).

### **4.8.2 Sledované meteorologické veličiny**

Mezi základní měřené veličiny patří rychlost a směr větru, teplota, vlhkost a tlak vzduchu, intenzita a trvání svalu, vlhkost a teplota půdy, a také úhrn srážek (Židek a kol., 2003).

Diplomová práce se věnuje teplotě vzduchu, vlhkosti a srážkám v zájmovém území. Měření těchto klíčových meteorologických veličin umožňuje sledovat vodní cyklus a rozpoznat změny vodního toku, které mohou mít dopad na kvalitu vody. Naměřená meteorologická data jsou důležitý podklad pro charakteristiku území, ale také mají důležitou roli při hodnocení kvality vod.

#### **4.8.2.1 Srážky**

Jak již bylo zmíněné v kapitole atmosférických vod, atmosférické srážky mohou dopadat na Zem v kapalně (déšť, mrholení, rosa) nebo tuhé formě (sníh, sněhové a ledové kroupy, zmrzlý déšť). Zároveň rozeznáváme atmosférické srážky dle původu na vertikální a horizontální (Lischke a Frank, 1984).

Nejběžněji se při měření atmosférických srážek zjišťuje množství, druh, ale také jejich trvání a intenzita srážek. Srážkové úhrny se vyjadřují jako výška vodního sloupce srážek, které dopadají za daný časový úsek. Množství srážek se obvykle uvádí v jednotkách mm/rok či mm/hod. Intenzita srážek je množství srážek (mm) za jednu hodinu (Kemel, 1996).

Dle Kemela (1996) jsou úhrny srážek měřeny pomocí srážkoměrných stanic, ve kterých jsou instalovány ombrometry. Lze také využít člunkového srážkoměru (Gires, 2018). V zájmu přesnosti měření je potřeba využívat srážkoměrů s určitou záchytnou plochou, a samotné zařízení vhodně umístit. Standartní srážkoměr má záchytnou plochu 500 cm<sup>2</sup>. Zároveň musí být umístěny srážkoměry tak, aby dopadající srážky byly reprezentativní pro celé okolí (Lischke a Frank, 1984).

#### **4.8.2.2 Teplota vzduchu**

Když hovoříme o teplotě, jedná se o základní veličinu, která popisuje tepelný stav daného objektu. Teplotu vzduchu popisuje Lischke a Frank (1984) jako údaj teploměru, který je umístěn v zastíněném a suchém prostředí, mimo dosah sálajících těles. Měřicí teploměr může být elektronický nebo rtuťový. V ČR se naměřená veličina udává zpravidla ve °C. Teplota vzduchu se obvykle měří a zaznamenává v pravidelných intervalech, nejčastěji se tyto naměřené hodnoty uvádí v průměrných denních či měsíčních průměrech (Kemel, 1996).

Teplota vzduchu je především ovlivněna teplem předávaným do atmosféry ze zemského povrchu. Velký vliv na teplotu vzduchu může mít také nadmořská výška. Obecně platí, že s rostoucí nadmořskou výškou klesá teplota. Stav, při kterém teplota s výškou stoupá, nazýváme inverze (Lischke a Frank, 1984).

#### **4.8.2.3 Relativní vlhkost vzduchu**

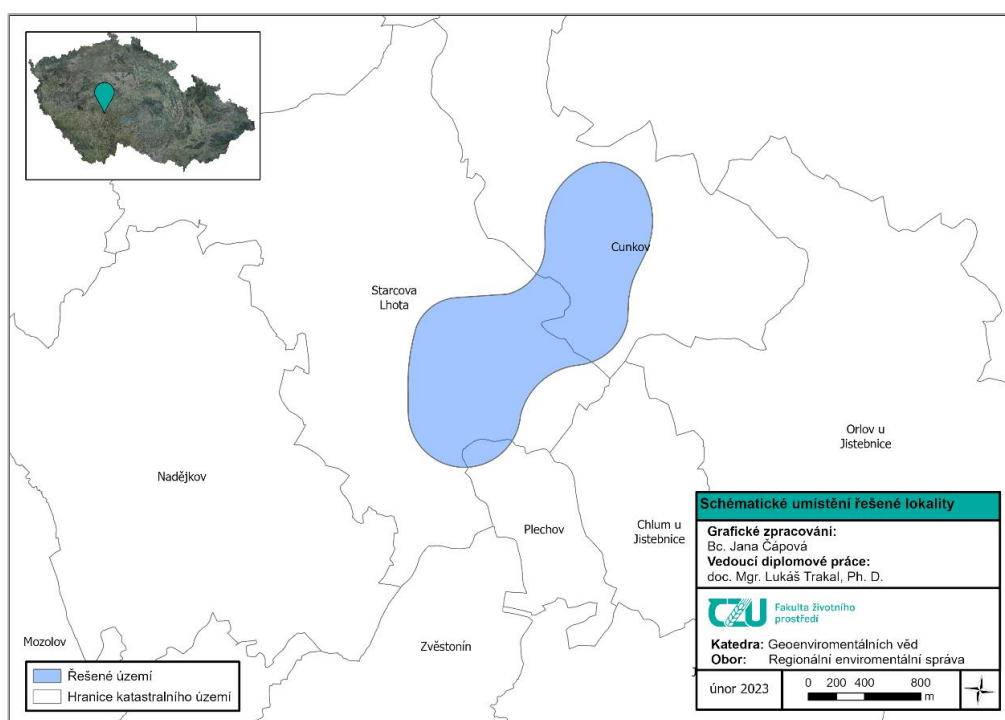
Vlhkost je velmi proměnlivý parametr, který se mění jak v čase, tak i místně. Pro kvantitativní vyjádření obsahu vodní páry v atmosféře, se využívá kromě relativní,

také absolutní vlhkost. Absolutní vlhkost je definována, jako hmotnost vodní páry obsažené v objemové jednotce vzduchu při určitém teplotním stavu. Nejčastěji se absolutní vlhkost udává v  $\text{g.m}^{-3}$  nebo  $\text{kg.m}^{-3}$ . Zatímco relativní vlhkost je vyjadřována v %. Jedná se množství vodní páry přítomné ve vzduchu, v poměru k množství, které je možné zadržet při dané teplotě (Khillar, 2019).

Měřit vlhkost vzduchu lze pomocí indikačních papírků, psychrometru, hygrometru a hygrografu. Výkyvy vlhkosti mohou být způsobeny atmosférickými jevy, ale také nesprávnou obsluhou přístroje (Kemel, 1996; Lischke a Frank, 1984).

## 5. Charakteristika zájmového území

Zájmové území se nachází v Jihočeském kraji, přibližně 15 km od okresního města Tábor. Převažující část lokality odběrů vzorků vody spadá pod katastrální území Starcova Lhoty, což je jedna z osad spadající pod obec Nadějkov. Zbývající část předmětného území se nachází na území osady Aleniny Lhoty, která náleží katastrálnímu území Cunkov a spadá pod obec Jistebnice. Tyto dvě, a mnoha dalších vesnic spadají do společenstva a svazku Mikroregionu Venkov, jejichž zásadní úlohy spočívají ve všestranném rozvoji území (Čadilová, 2012). Pro zasazení lokality do kontextu ČR byla vytvořena mapa na Obrázku 5.



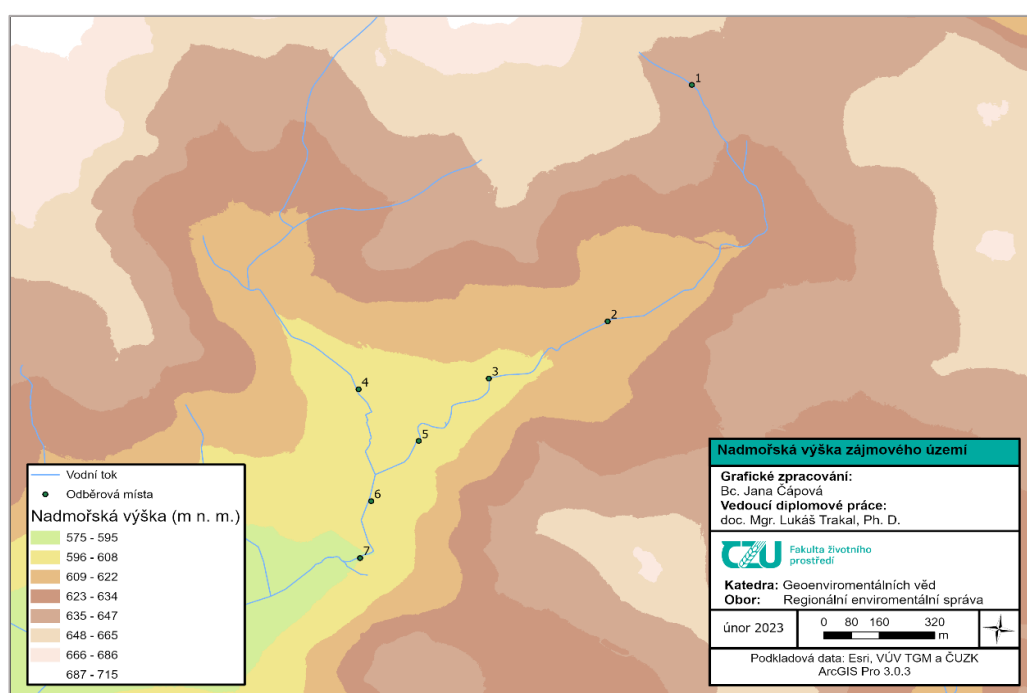
Obrázek 5 – Lokalizace řešeného území (Vlastní zpracování v GIS dle DIBAVOD, ©2006; ArcGis, ©2022)

Dle Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (©2023a, ©2023b) disponuje zájmové území především zemědělskými a lesními pozemky, ale také velkým množstvím vodních ploch. Kromě pozemků určených pro pěstování plodin, se zde vyskytují také pozemky využívané jako pastvina pro skot, osly, koně nebo bizony. V těsné blízkosti modelového toku se také nachází golfové hřiště s doprovodnými ubytovacími a stravovacími kapacitami (Zaniklé krajiny, ©2022).



## 5.1 Geomorfologické poměry

Jistebnice a Nadějkov je součástí přírodního parku Jistebnická vrchovina. Přírodní park byl vyhlášen v roce 1994 k ochraně rozmanité kopcovité krajiny. Existence parku přispívá k zachování krajinného rázu, historických hodnot a krajinné architektury. Jistebnická vrchovina osahuje rozlohy přibližně 107 km<sup>2</sup> a je součástí Vlašimské pahorkatiny. V blízkosti zkoumané oblasti se nachází Javorová skála (722,6 m n. m.), což je vrchol Vlašimské pahorkatiny a zároveň nejvyšší bod na území Táborska (Čadilová, 2012). Pro přehled nadmořské výšky ve vybraném území byla vytvořena mapa na Obrázku 6.



Obrázek 6 - Nadmořská výška zájmového území (Vlastní zpracování v GIS dle ČÚZK, ©2020)

## 5.2 Hydrologické poměry

Krajina je charakteristická velkým počtem menších i větších nádrží a vodních toků. Zájmové území náleží povodí 3. řádu, které nese hydrologické číslo 1-07-04-096. Zároveň spadá pod správu povodí Labe, konkrétně povodí Horní Vltavy. Modelový tok Petříkovický potok je přítokem řeky Smutné. Ta svou délkou dosahuje přibližně 46,9 km a plocha povodí se pohybuje 247 km<sup>2</sup> (ENVIPARTNER, ©2013). Teče z vlašimské pahorkatiny od Javorové skály a protéká Nadějkovem, Milevskem a Bechyní, kde ústí do toku Lužnice. Petříkovický potok ve zvoleném úseku pro

měření napájí nádrže klíčové pro obce – Mlýnský rybník, Žid, Smržák, Dražský rybník, Ježek, Dolejší a několik nepojmenovaných rybníků.

V oblasti se nevyskytují žádné zranitelné oblasti. Jelikož obce nemají vybudovaný systém soustavné kanalizace, jsou místní obyvatelé odkázáni na předčišťování odpadních vod pomocí septiků, popřípadě akumulaci a následnému vývozu bezodtokových jímek. V minulosti, především v letních měsících vykazovaly povrchové vody známky znečištění. Povrchové vody byly pokryty povlakem a vyskytovalo se zde velké množství uhynulých ryb. Pro názornou ukázkou zmíněných známek zatížení vodních toků a nádrží, obsahuje Obrázek 7 fotografie znečištění z roku 2019.

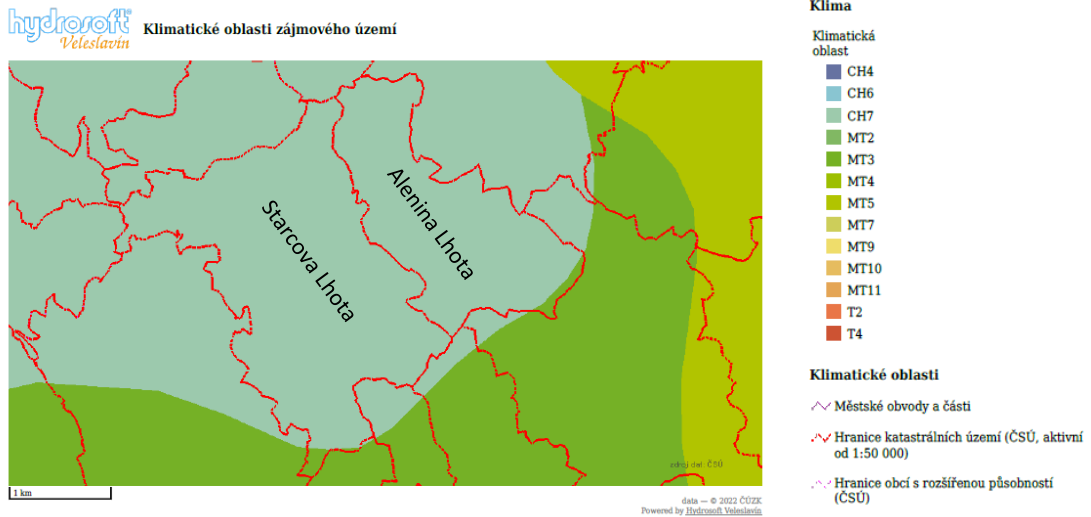


*Obrázek 7 – přítok do Mlýnského rybníka v roce 2019*

### **5.3 Klimatické poměry**

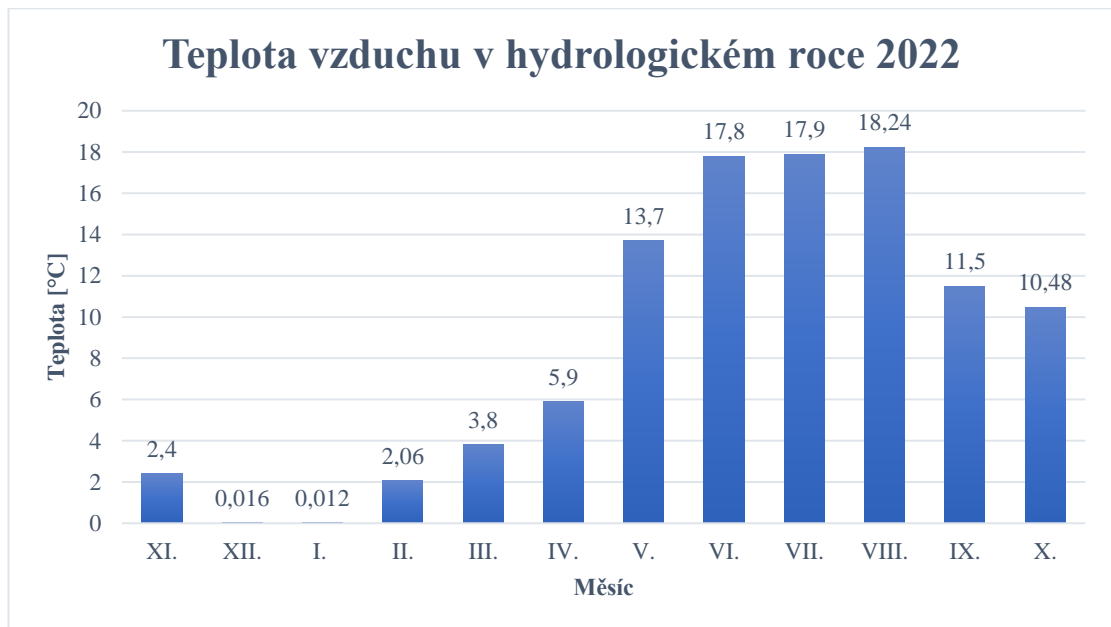
Klimatické poměry na tomto území jsou velmi specifické. Předmětná oblast má proměnlivou morfologii reliéfu, která je tvořena výškovými dominantami a údolími. Zásadním projevem oblastních výškových rozdílů je například opožděný nástup jara.

Hydrosoft (©2020) zpřístupnil geoportálovou mapu klimatických oblastí ČR, která vybranou lokalitu zařazuje do chladných klimatických oblastí CH6 – Chladné (viz Obrázek 8). Oblasti CH6 jsou charakterizovány velmi dlouhou a chladnou zimou, mírně chladným a dlouhým podzimem, zatímco léta a jara jsou zde krátké, vlhké a mírně chladné (Hruban, 2019).



Obrázek 8 - Klimatické oblasti zájmové území (Hydrossoft, ©2022)

Z dostupných meteorologických dat byl vytvořen graf na Obrázku 9, který zobrazuje průměrné měsíční teploty vzduchu pro hydrologický rok 2022. Průměrná roční teplota vzduchu se v zájmovém území pohybuje od 6-8 °C. Za toto období byla naměřena maximální teplota 31,5 °C a minimální -8,2 °C.



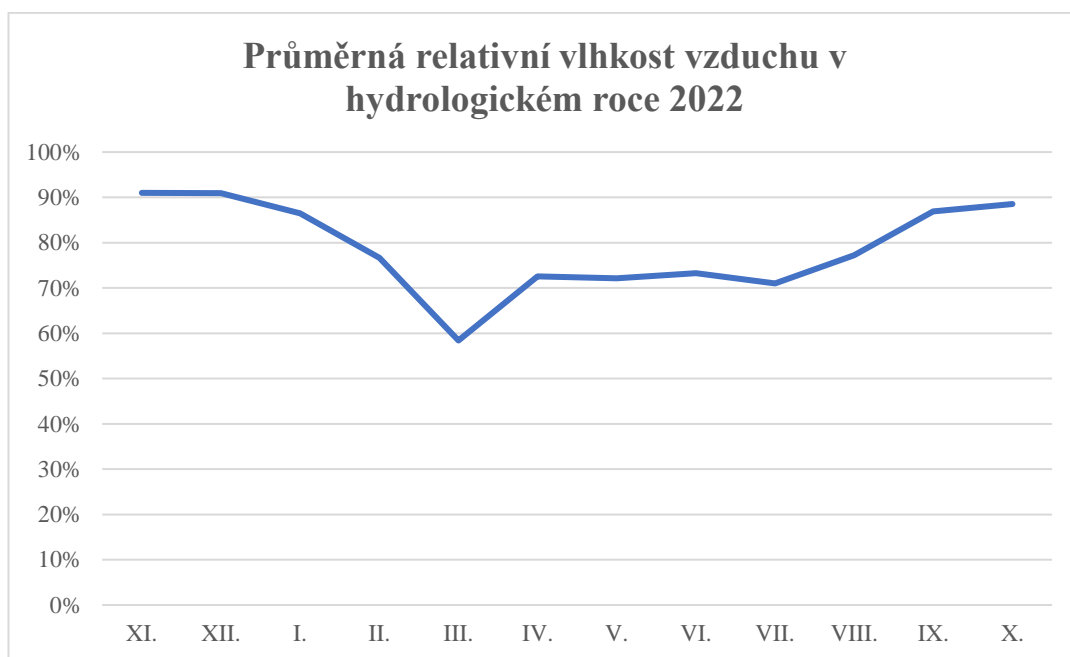
Obrázek 9 - Graf teploty vzduchu v hydrologickém roce 2022 pro zájmové území (Vlastní zpracování meteorologických dat z Křenových Dvorů a ČHMÚ, 2023)

Dále byla vytvořena Tabulka 5, která prezentuje průměrné teploty vzduchu v měsících, kdy byly prováděny odběry vzorků zájmových vod.

*Tabulka 5 - Přehled průměrné měsíční teploty vzduchu dle monitorovaných měsíců (Vlastní zpracování meteorologických dat z Křenových Dvorů a ČHMÚ, 2023)*

Rok	Měsíc	Teplota [°C]
2022	Červen	17 - 18
2022	Září	11 - 12
2022	Prosinec	0,3 - 0,7
2023	Březen	1 - 3

Vlhkost v modelovém území dosahuje průměrných hodnot. Z vytvořeného spojnicového grafu na Obrázku 10 je patrné, že průměrná roční relativní vlhkost vzduchu v hydrologickém roce 2022 byla 78 %.



*Obrázek 10 - Graf průměrné relativní vlhkosti v hydrologickém roce 2022 pro zájmové území (Vlastní zpracování meteorologických dat z Křenových Dvorů a ČHMÚ, 2023)*

Dle získaných dat pro hydrologický rok 2022 z lokální meteorologické stanice Nadějkov – Větrov je úhrn srážek 725 mm. Pro přehled úhrnu měsíčních srážek byl vytvořen graf na Obrázku 11. Nejvyšší hodnota srážek 151,2 mm byla naměřena v srpnu. Naopak nejnižší množství srážek 25,8 bylo zaznamenáno v říjnu 2022.



Obrázek 11 - Graf úhrnu srážek zájmového území v hydrologickém roce 2022 (Vlastní zpracování meteorologických dat z Křenových Dvorů a ČHMÚ, 2023)

Pro konkrétní měsíce, kdy byly odebrány vzorky, byla vytvořena souhrnná Tabulka 6 průměrných měsíčních úhrnů srážek. Nejnižší množství srážek je zaznamenáno v březnu, a to z důvodu nekompletních dat. Použila se dostupná březnová data srážek od 1.3. do 8.3.2023. Srážky naměřené po odběru netvoří zásadní faktor při vyhodnocování dopadů srážek na povrchové vody. Ovšem množství srážek naměřené před vzorkování může ovlivnit koncentraci vybraných anorganických ukazatelů.

Tabulka 6 - Množství srážek dle monitorovaných měsíců (Vlastní zpracování meteorologických dat z Křenových Dvorů a ČHMÚ, 2023)

Rok	Měsíc	Množství srážek [mm]
2022	Červen	140
2022	Září	90
2022	Prosinec	43
2023	Březen	4

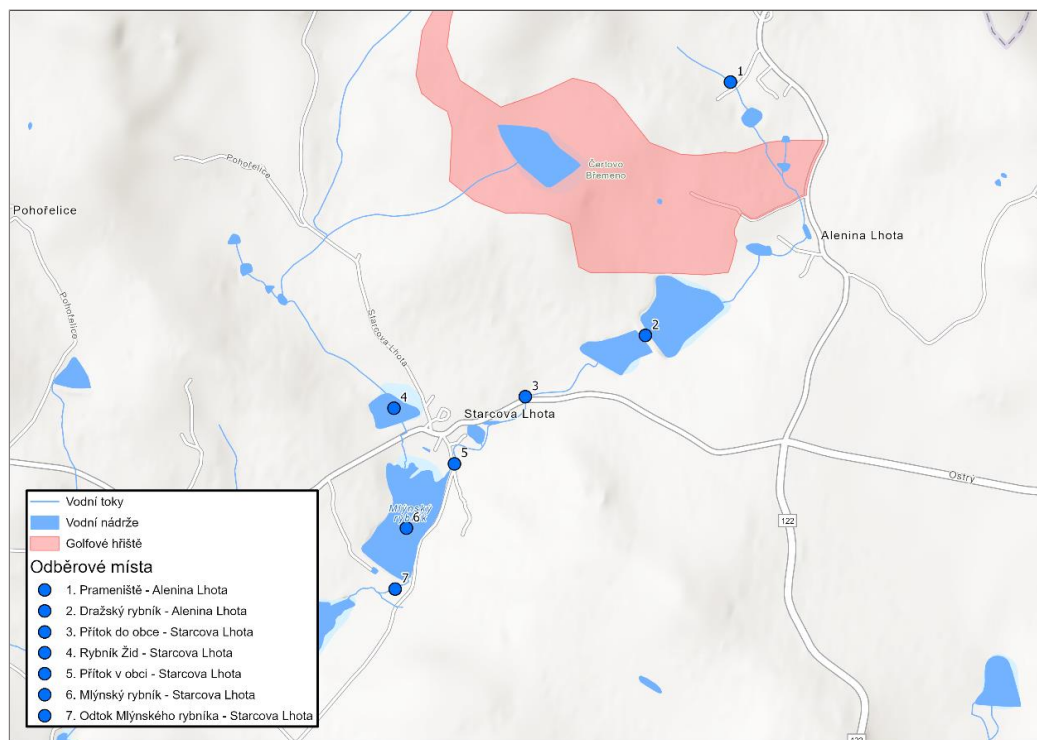
## 5.4 Geologické a pedologické poměry

Geologické podloží vybraného území jsou rozmanité, celá oblast spadá do Středočeského plutonu. Dle Čadilové (2012) jsou zde zastoupené podzolové půdy a hnědé lesní půdy pahorkatin. ČGS (2022) uvádí, že ve vyšších partiích je zastoupení kambizemě mesobazické a kambizemě glejové, zatímco v nižších polohách je zastoupení pseudogleje kambického.

## 6. Charakteristika odběrových míst

Pro vzorkování a monitoring povrchových vod zájmové lokality bylo zvoleno 7 odběrných míst (viz Obrázek 12). Ty byly rozmístěny tak, aby reprezentovali variabilitu území a aby se dle naměřených hodnot lépe identifikovali možné zdroje znečištění. Odběr vzorků pro laboratorní analýzu a monitoring probíhal od června 2022 do března 2023, pokaždé přibližně v tříměsíčních intervalech, a to z důvodu zajištění reprezentativních vzorků pro každé roční období. Délka modelového toku pro odběry je přibližně 2,5 km.

Veškeré fotografie obsažené v této kapitole byly nafoceny autorkou v průběhu monitoringu.



Obrázek 12 - Mapa toku a nádrží s vyznačením jednotlivých odběrných míst  
(Vlastní zpracování v GIS dle DIBAVOD, ©2006; ArcGis, ©2022)

## 1. místo odběru: Prameniště – Alenina Lhota

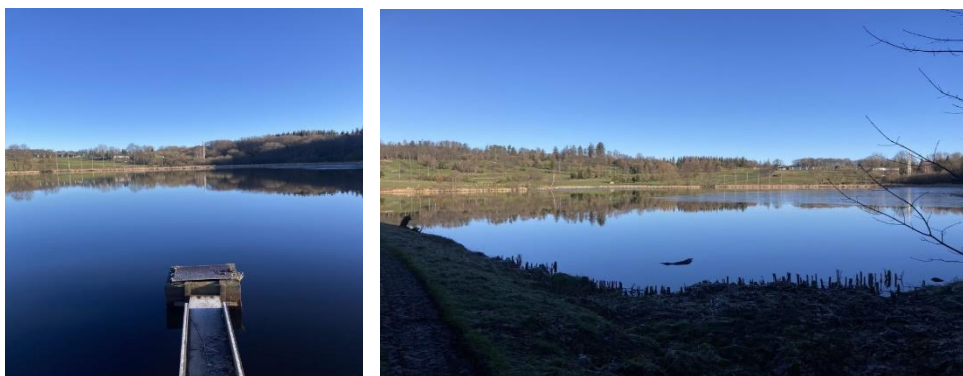
První odběrové místo je znázorněno na Obrázku 13. Nachází se v Alenině Lhotě v nadmořské výšce 641 m. n. m. V lokalitě se nachází farma plemenných býků a bizonů, a také statek specializující se na chov a výcvik huculských koní. Pro bod Prameniště představuje mokřadní společenstvo. Pro odběr vzorků byla využita metoda hladinového odběru proti směru toku.



Obrázek 13 - Prameniště v Alenině Lhotě

## 2. místo odběru: Dražský rybník – Alenina Lhota

Druhé místo odběru reprezentuje Obrázek 14. Jedná se o Dražský rybník a zároveň přítok rybníka Smrže v nadmořské výšce 615 m. n. m. Obě nádrže jsou lokální biocentra LBC1 (obec Nadějkov, ©2006; město Jistebnice ©2022). Lokalita tohoto odběrového bodu je jedna z klíčových, jelikož se nachází v bezprostřední blízkosti golfového hřiště. Současně je bod situován za Aleninou Lhotou, kde domácnosti nakládají s odpadními vodami prostřednictvím bezodtokových jímek či septiků. Hodnoty tak mohou objasnit možný zdroj ovlivňující kvalitu, barvu a pach vody přitékající do obce Starcova Lhota. Pro odběr vzorků z nádrží byla využita metoda zonálního vzorkování.



Obrázek 14 - Dražský rybník

### 3. místo odběru: Přítok do obce – Starcova Lhota

Třetí odběrné místo se nachází před obcí Starcova Lhota v nadmořské výšce 603 m. n. m (viz Obrázek 15). Místo odběru bylo vybráno, jako výchozí hodnota před vstupem do samotné vesnice. Jelikož kvalita vodního toku může být v intravilánu negativně ovlivněna vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Ale také se mohou na hodnotách měření projevit další antropogenními vlivy, jako například místní zemědělství, údržba silnic v podobě solení a doprava. Pro odběr vzorků byla využita metoda hladinového odběru proti směru toku.



Obrázek 15 – Přítok do obce

### 4. místo odběru: Rybník Žid – Starcova Lhota (4. oděr)

Čtvrté místo odběru je rybník Žid nacházející ve Starcově Lhotě v nadmořské výšce 603 m n. m. (viz Obrázek 16). Místo odběru slouží pro porovnání s hodnotami naměřenými v Dražském a Mlýnském rybníce, jelikož rybník a napájející tok nepřitéká z Aleniny Lhota. Nádrž je víceúčelová, ale hlavní funkce spočívá v zásobování, jelikož byla v bezprostřední blízkosti vybudována hasičská zbrojnice. Vedle nádrže se nachází rodinná farma se zimovištěm pro krávy a koně. Pro odběr vzorků z nádrží byla využita metoda zonálního vzorkování.



Obrázek 16 - Rybník Žid



## 5. místo odběru: Přítok v obci – Starcova Lhota

Páté odběrové místo vyobrazené na Obrázku 17, představuje tok protékající intravilánem Starcovy Lhoty a přítok Mlýnského rybníka. Jelikož vesnice nemá vybudovanou kanalizaci, mohou být vypouštěné odpadní vody potenciálním zdrojem znečištění pro zdejší povrchové vody. Výsledky naměřené na přítoku lze následně porovnat s výsledky naměřenými přímo v rybníce a na jeho odtoku. Pro odběr vzorků byla využita metoda hladinového odběru proti směru toku.



Obrázek 17 - Přítok v obci

## 6. místo odběru: Mlýnský rybník – Starcova Lhota

Šesté odběrové místo se nachází v extravilánu Starcovy Lhoty a je vyobrazeno na Obrázku 18. Rybník se nachází v nadmořské výšce 594 m n. m. a jeho okolí je obklopeno zemědělskými pozemky. Je zde vymezen lokální biokoridor LBK 6 pro břehové vegetace (obec Nadějkov, ©2006). V minulosti byly v nádrži, zejména v letních měsících, pozorovány známky eutrofizace. Ty se projevovaly změnou barvy vody, vznikem povlaků na hladině, zápachem a vysokým množstvím uhynulých rostlin a živočichů. Pro odběr vzorků z nádrže byla využita metoda zonálního vzorkování.



Obrázek 18 - Mlýnský rybník

## 7. místo odběru: Odtok Mlýnského rybníka – Starcova Lhota

Poslední odběrové místo je situováno přímo na odtoku pod hrází Mlýnského rybníka. V bezprostřední blízkosti se nachází komunikace, dále se zde nachází vegetace ve formě dřevinného a křovinného porostu. Poslední odběrné místo je znázorněno na Obrázku 19. Vodní tok dále teče do Společného rybníka. Pro odběr vzorků byla využita metoda hladinového odběru proti směru toku.



*Obrázek 19 - Odtok Mlýnského rybníka*

## 7. Výsledky

### 7.1 Výsledky monitoringu fyzikálně chemických ukazatelů

Na základě změřených fyzikálně chemických ukazatelů byla zkompletována souhrnná Tabulka 7 reprezentující výsledné hodnoty zvolených základně fyzikálně chemických parametrů na všech místech odběru.

Tabulka 7 – Naměřené hodnoty vybraných základních fyzikálně chemických ukazatelů

Datum	Ukazatel	Jednotka	Odběrové místa						
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
05.06.2022	Vodivost	uS/cm	130	302	291	110	298	278	180
12.09.2022			118,8	284	270	114,5	230	201	158,4
12.12.2022			90,5	159,8	152,2	121,2	152	143,3	78,7
06.03.2023			85	125,7	124	105	130	73,9	98
05.06.2022	pH		6,5	7,61	7,43	7,3	7,6	7,8	7,65
12.09.2022			6,27	6,582	6,64	6,42	6,646	6,592	6,55
12.12.2022			6,29	6,57	6,78	6,71	6,63	6,61	6,43
06.03.2023			6,54	7,2	6,95	6,85	7,08	7,15	6,7
05.06.2022	Teplota	[°C]	18,8	20,8	20,4	21,2	20,6	22,3	21,9
12.09.2022			15,5	16,7	16,4	16,2	15,4	16,6	15,3
12.12.2022			1,9	3,5	2,8	3,1	2,5	4,2	2,1
06.03.2023			3,4	4,6	4,2	4,8	4,3	5,1	3,9

Tabulka 7 zobrazuje pravidelný nárůst koncentrace na 2. monitorovacím místě, v některých případech až na dvojnásobek. Jak již bylo zmíněno, tento bod představuje vodní nádrž nacházející se v bezprostřední blízkosti golfového hřiště. Zároveň lze tvrdit, že k obohacení vybraných ukazatelů na tomto bodě mohlo docházet také vlivem ubytovacích a stravovacích zařízení, pastvin dobytka a odpadních vod tekoucích z Aleniny Lhoty. Ke snížení či ustálení koncentrací zpravidla dochází až do 6. místa odběru. V tomto bodě dochází k opětovnému navýšení koncentrací. K navýšení hodnot mohlo dojít také vlivem velkého množství srážek a teplotou vzduchu, které byly za jarní a letní měsíce zaznamenány. Jelikož při srážkách mohou anorganické a biologické látky z pozemků, na kterých se používají hnojiva, pronikat do vodních toků povrchovým odtokem.

Nesouvisející hodnoty můžeme vidět ve 4. odběrovém místě. Účelem tohoto vzorku je poskytnout srovnání hodnoty s ostatními body, jelikož se nachází nádrž mimo trať a není ovlivněna stejnými antropogenními vlivy (golfové hřiště + osídlení) jako ostatní body.

Nejvyšší hodnota elektrolytické konduktivity byla naměřena 302 uS/cm 5. června 2022 na 2. odběrném místě. Naopak nejnižší hodnota 73,9 uS/cm byla naměřena 6. března 2023 na 6. místě odběru.

Na základě monitoringu byly zjištěné hodnoty pH v běžném rozmezí 6,27 – 7,8. Nejvyšší naměřené pH bylo zpravidla na odběrových místech 1. a 6. Ačkoliv je nárůst hodnot zanedbatelný, je zde patrná korelace mezi elektrickou vodivostí a pH. S naměřenou hodnotou pH také úzce souvisí teplota vody, která se pravidelně zvyšuje společně s pH.

Nejvyšší teplota vody 22,3 °C, byla naměřena 5.6.2023 na 6. odběrovém místě. V rámci terénního měření nebyl zaznamenán významný výkyv, jelikož se v jednotlivých lokalitách odběru teplota měnila nejvýše o 1,5 °C. Bylo zaznamenáno pravidelné zvýšení teploty vody na 2. a 6. odběrovém místě. Drobné zvýšení hodnot mezi jednotlivými stanovišti mohlo být způsobeno rozdílností nadmořských výšek, hloubka a proudění vody, srážky nebo také již zmíněnými splašky vypouštěné z vesnic.

## 7.2 Výsledky monitoringu anorganických ukazatelů

Tabulka 8 – Naměřené hodnoty vybraných anorganických ukazatelů I.

Datum	Ukazatel	Jednotka	Odběrové místa						
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
05.06.2022	Dusičnany	mg/l	2,8	2	1,93	2,46	2,06	0,62	1,58
12.09.2022			3,2	8,2	7,5	1,58	7,2	5,2	5,1
12.12.2022			1,69	3,63	3,25	2,83	3,05	3,06	3,02
06.03.2023			-	0,73	0,81	0,42	0,32	0,5	-
05.06.2022	Chloridy	mg/l	15,2	80,3	74,2	3,84	67,5	64,2	40,5
12.09.2022			3,26	16,8	12	3,28	10,2	11,09	7,37
12.12.2022			2,79	7,62	6,72	4,39	6,32	5,44	2,2
06.03.2023			2,21	5,75	3,43	3,62	4,11	1,9	2,05
05.06.2022	Sířany	mg/l	15,2	89,8	66,5	21,4	54,2	68,4	50,7
12.09.2022			12,6	42,3	22,9	12,9	15,2	14,61	13,3
12.12.2022			13,7	17,9	16	15,4	15,3	16,5	15,5
06.03.2023			10,6	13,5	7,93	11,7	9,58	6,35	14,5
05.06.2022	Fluoridy	mg/l	0,33	0,61	0,45	0,2	0,31	0,29	0,27
12.09.2022			0,27	0,2	0,22	0,2	0,22	0,21	0,21
12.12.2022			0,19	0,15	0,15	0,18	0,17	0,18	0,16
06.03.2023			0,22	0,16	0,19	0,18	0,18	0,11	0,16

Tabulka 9 - Naměřené hodnoty vybraných anorganických ukazatelů II.

Datum	Ukazatel	Jednotka	Odběrové místa						
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
05.06.2022	Vápník	mg/l	13	38	32	9,3	27	21,2	18
12.09.2022			9,1	23	28	8,9	22	17	14
12.12.2022			7,1	15	14	9,9	15	13,9	5,7
06.03.2023			6,2	11	11	7,5	11	6,73	4,8
05.06.2022	Hořčík	mg/l	5,1	8,4	8,1	3,5	7	6,22	5,8
12.09.2022			5,4	8,8	8,7	4,6	7,4	6,49	5,5
12.12.2022			4,6	6,2	6,1	6,2	6,2	6,48	3,8
06.03.2023			4,1	5,2	5	4,6	5,1	2,85	3,4
05.06.2022	Draslík	mg/l	3,8	7,8	6,8	3,5	5,5	6,42	5,1
12.09.2022			2,6	5,6	5,1	3,2	4,8	5,59	4,1
12.12.2022			1,8	4,4	3,9	3,8	3,9	4,36	1,3
06.03.2023			1,7	3	2,3	2,9	2,8	1,74	1,3
05.06.2022	Sodík	mg/l	8,2	20	14	3,9	10	9,12	7,8
12.09.2022			4,7	13	10	3,6	8,7	8,65	6,9
12.12.2022			3,7	6,3	5,9	3,7	5,7	4,76	3,5
06.03.2023			3,3	4,4	3,9	2,8	4,2	1,89	3,2

V rámci identifikace bodů navyšující koncentrace vybraných anorganických látek byla vytvořena tabulka 8, která znázorňuje naměřené hodnoty dusičnanů, chloridů, síranů a fluoridů. Jak můžeme vidět, vybrané chemické ukazatele (kromě fluoridů) vykazují pravidelný nárůst hodnot při styku s golfovým hřištěm (2. odběrové místo) a za obcí Starcova Lhota (6. odběrové místo).

Významný nárůst hodnot dusičnanů ve všech případech odběrů, byl naměřen na 2. odběrovém místě. V březnu však nebyly dusičnany detekovány na 1. a 7. lokalitě. Nejvyšší koncentrace byla naměřena v září, a naopak nejnižší v červnu. Kvítek a Tippl (2003) tvrdí, že koncentrace dusičnanů během roku vykazují významné kolísání hodnot, a to z důvodu jejich transportu do vodního prostředí po ukončení vegetačního období a po zorání polí. Některá hnojiva se také nestíhají vstřebávat do půdy dostatečně a s přívalovou srážkou se mohou dostat do nejbližší vodoteče. Což může představovat jeden z důvodů nárůstu hodnot dusičnanů v září, jelikož bylo v tento měsíc zaznamenáno velké množství srážek. Současně byly detekovány nejvyšší hodnoty v bodu výskytu golfového hřiště. Výsledky potvrdily, že dusičnany z dusíkatých hnojiv golfového hřiště či lokálního zemědělství, působí na vodní zdroje Aleniny Lhoty a Starcovy Lhoty.

Překvapivé zvýšení síranů bylo detekované na 2. odběrovém místě 5.6.2022, kdy se koncentrace zvýšila o 74,5 mg/l. Pravidelný nárůst koncentrací na 2. odběrovém místě nebyl zaznamenán pouze u síranů, ale také u vápníku, hořčíku, draslíku a sodíku (viz Tabulka 8 a 9). Ačkoliv se tyto látky mohou přirozeně vyskytovat v povrchových vodách, jejich pravidelná zvýšená koncentrace v oblasti golfového hřiště může reflektovat aplikaci umělých hnojiv, jelikož jsou všechny tyto látky základní hnojivové složky.

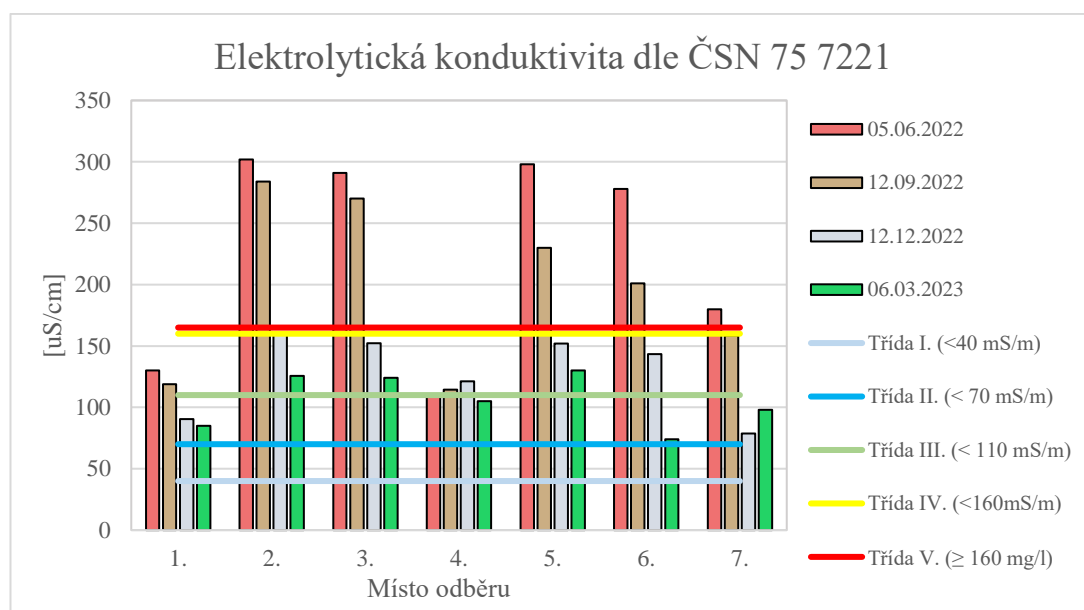
Zajímavými sledovanými ukazateli jsou také vybrané halogenové látky – chloridy a fluoridy, které se využívají jako minerální hnojiva. Chloridy svým chováním řadíme mezi inertní látky. Opět zde však platí, že při větším množství srážek a při velkém sklonu terénů mohou tyto látky obohatit vodní prostředí. Tento fakt opět potvrzují výsledné červnové hodnoty chloridů, které vykazují až sedmkrát vyšší navýšení hodnot než hodnoty ostatních měsíců. U fluoridů nebylo monitoringem zaznamenáno výrazné kolísání hodnot. Přesto však množství červnových srážek mohlo způsobit nárůst hodnot fluoridů především na 2. odběrovém místě. Vyšší koncentrace fluoridů a chloridů lze kromě hnojiv, přisoudit také přírodním procesům, jako například rozpouštěním hornin a erozi půdy.

## 7.3 Vyhodnocení jakosti povrchových vod dle ČSN 75 7221

Na základě normy ČSN 75 7221 byla provedena účelová (doplňková) klasifikace jakosti vod prostřednictvím vybraných ukazatelů – elektrické konduktivity, chloridů, síranů, fluoridů a dusičnanového dusíku.

Norma rozděluje kvalitu povrchových vod na základě kvality vody do pěti jakostních tříd. Posouzení kvality probíhá porovnáním naměřených hodnot jednotlivých ukazatelů s mezními hodnotami jakostních tříd uvedených v příloze již zmíněné normy. Každá jakostní třída má své barevné označení a mezní hodnoty. Tyto mezní hodnoty a barevného označení jakostních tříd jsou vyznačeny v grafech terénního a laboratorního monitoringu. Klasifikace jakosti proběhla zvláště pro každý ukazatel. Podrobnější informace k vyhodnocování dle ČSN 75 7221 byly uvedeny v kapitole 4.6.1.

### Elektrická konduktivita

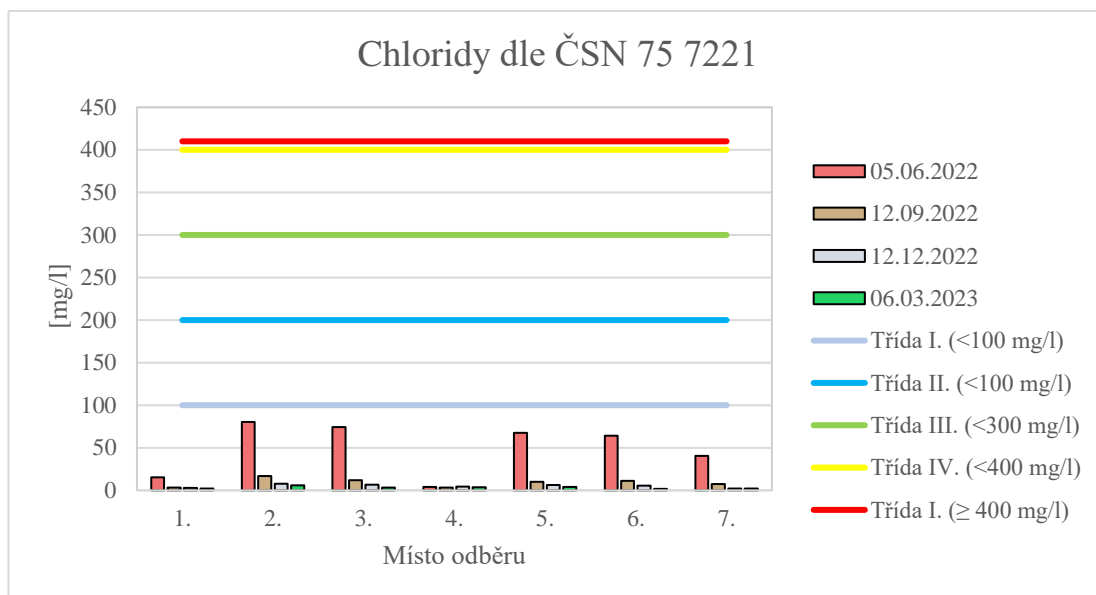


Obrázek 20 - Graf vyhodnocení elektrické konduktivity (Vlastní zpracování dle ČSN 75 7221, 2023)

Na Obrázku 20 můžeme vidět grafické zastoupení elektrické konduktivity na jednotlivých místech odběru. Veškerá provedená měření elektrické konduktivity řadí výsledné hodnoty povrchové vody minimálně do II. třídy kvality vod (mírně znečištěná voda). Z grafu je patrné, že nejvyšší hodnoty elektrické konduktivity, které byly měřené 5.5. řadí povrchovou vodu do V. třídy kvality vod. Další výrazné hodnoty byly naměřeny 12. září 2022, kde také většina odběrových míst

vykazuje koncentrace, které řadí kvalitu do IV.-V. třídy (silně znečištěná až velmi silně znečištěná voda).

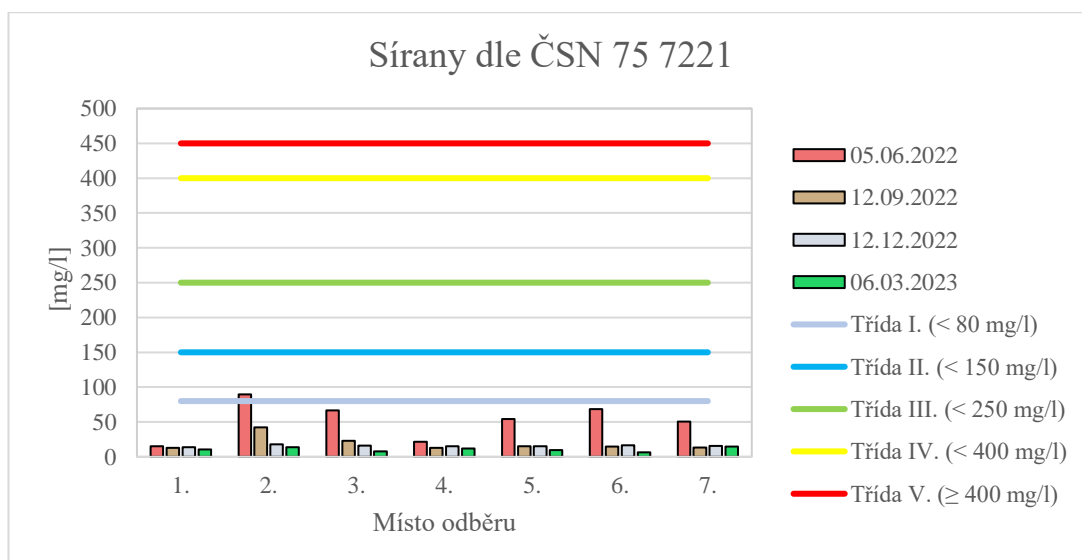
## Chloridy



Obrázek 21 - Graf vyhodnocení chloridů (Vlastní zpracování dle ČSN 75 7221, 2023)

Grafické vyhodnocení chloridů můžeme vidět na Obrázku 21. Z grafu jasně vyplývá, že žádná z naměřených hodnot chloridů v jednotlivých místech odběru nepřesáhla hranici II. třídy jakosti (mírně znečištěná voda). Veškeré naměřené hodnoty splňují podmínku (<100 mg/l), povrchové vody tak mohou být klasifikovány jakostí I. třídy kvality (neznečištěná voda).

## Sírany

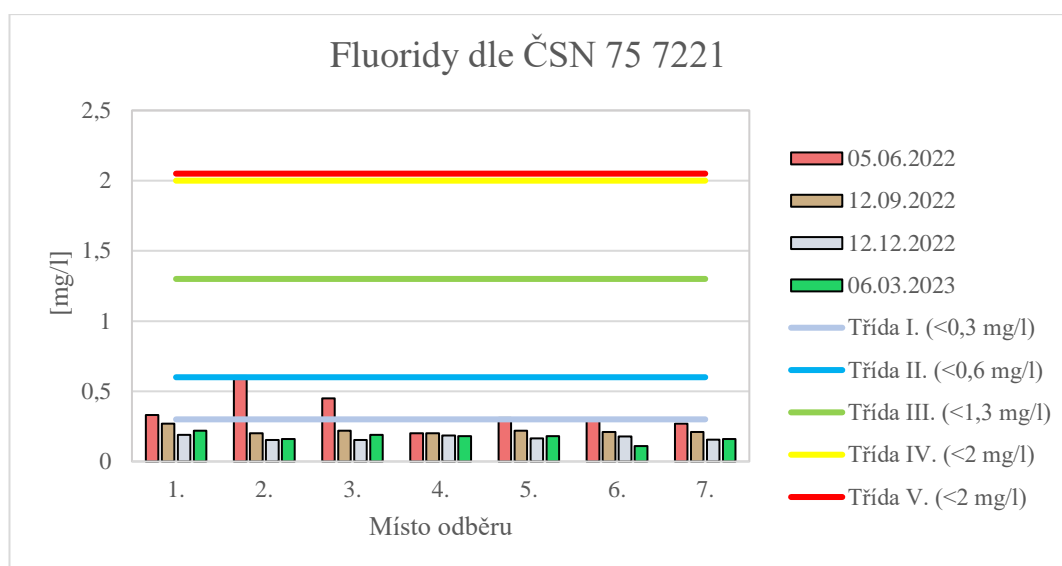


Obrázek 22 - Graf vyhodnocení síranů (Vlastní zpracování dle ČSN 75 7221, 2023)



Jak ukazuje graf na Obrázku 22, naměřené koncentrace síranů jsou poměrně konstantní. Překročení I. třídy jakosti (neznečištěná voda) nastalo pouze u odběru provedeného 5. dubna, který stanovil obsah síranu v odběrném místě na 89,8 mg/l. Tento jediný odběr spadá svou hodnotou do II. třídy jakosti (mírně znečištěná voda), zbylé hodnoty lze označit, jako velmi nízké koncentrace a zařadit je do I. třídy jakosti (neznečištěná voda).

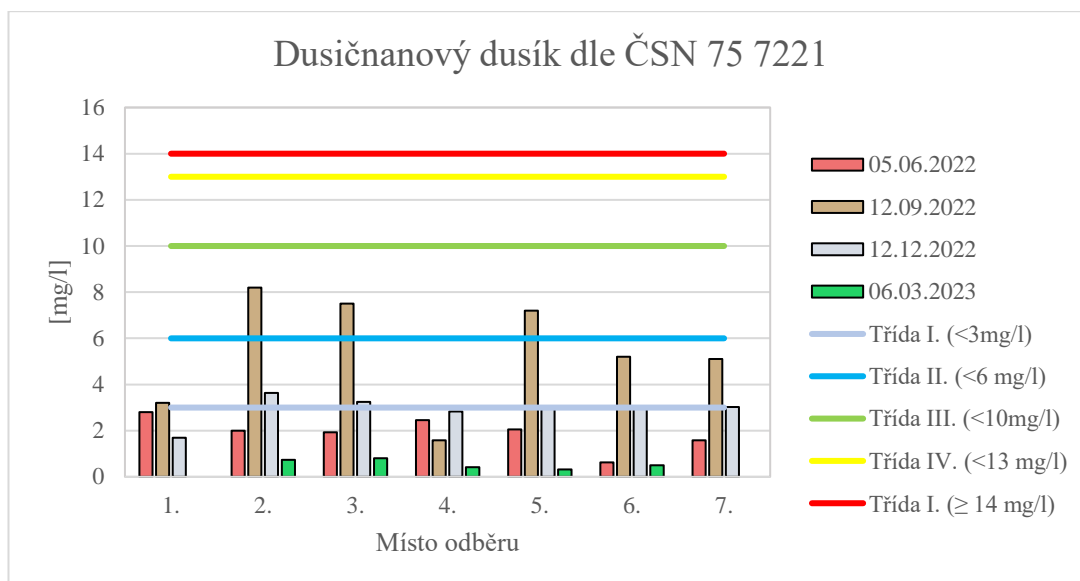
## Fluoridy



Obrázek 23 - Graf vyhodnocení fluoridů (Vlastní zpracování dle ČSN 75 7221, 2023)

Z grafu na Obrázku 23 je patrné, že ani v případě fluoridů nedošlo k výrazně vysoké koncentraci, která by byla klasifikována do III.-V. třídy jakosti (znečištěná až velmi silně znečištěná voda). Hranice II. třídy jakosti (neznečištěná voda) byla překročena 5. června na 1., 2., 3. a 5. odběrném stanovišti. Nejvyšší naměřená koncentrace byla 0,61 mg/l, která překonala svou hodnotou hranici III. třídy. Zbylé zvýšené hodnoty z června spadají do I. jakostní třídy. Ostatní měřené hodnoty se řadí do I. třídy jakosti.

## Dusičnanový dusík



Obrázek 24 - Graf vyhodnocení dusičnanového dusíku (Vlastní zpracování dle ČSN 75 7221, 2023)

Jak je vidět z grafu na Obrázku 24, nejvyšší koncentrace 8,2 mg/l byla naměřena 12. září na 2. odběrném místě. Vyšší koncentrace byly také zaznamenány 12. prosince, kdy stejně jako u hodnot z 12. září, lze zařadit hodnoty antropogenně ovlivněných míst do II. třídy jakosti (mírně znečištěná voda). Zbylé koncentrace se pohybují v I. třídě (neznečištěná voda).

### 7.3.1 Shrnutí výsledků kvality dle ČSN 75 7221

Výsledná jakostní třída jednotlivých míst se určuje dle nejnepříznivějšího zatřídění jednotlivých ukazatelů. Ovšem je podmínka, aby všechny ukazatele obsažené ve skupinách byly klasifikovány ve všech místech odběrů společně.

Kromě elektrické konduktivity spadají chloridy, sírany, fluoridy a dusičnany do I.- III. třídy (neznečištěná – znečištěná voda). Ovšem v případě nejnepříznivějších výsledku vodivosti byly dle limitu V. třídy hodnoty překročeny až dvojnásobně. Vlivem vysoké hodnoty elektrické konduktivity byla povrchová voda na odběrových místech hodnocena jako III.-V. třída (znečištěná voda až velmi silně znečištěná voda).

Tabulky reprezentující výslednou klasifikaci kvality vody na jednotlivých odběrových profilech jsou obsahem přílohy 1. Výsledky účelové klasifikace jakosti jsou také vyjádřeny formou mapového výstupu s barevným vyznačením tříd kvality v úsecích vodního toku v Příloze 2-4.

## 7.4 Vyhodnocení dle Nařízení vlády 401/2015 Sb.

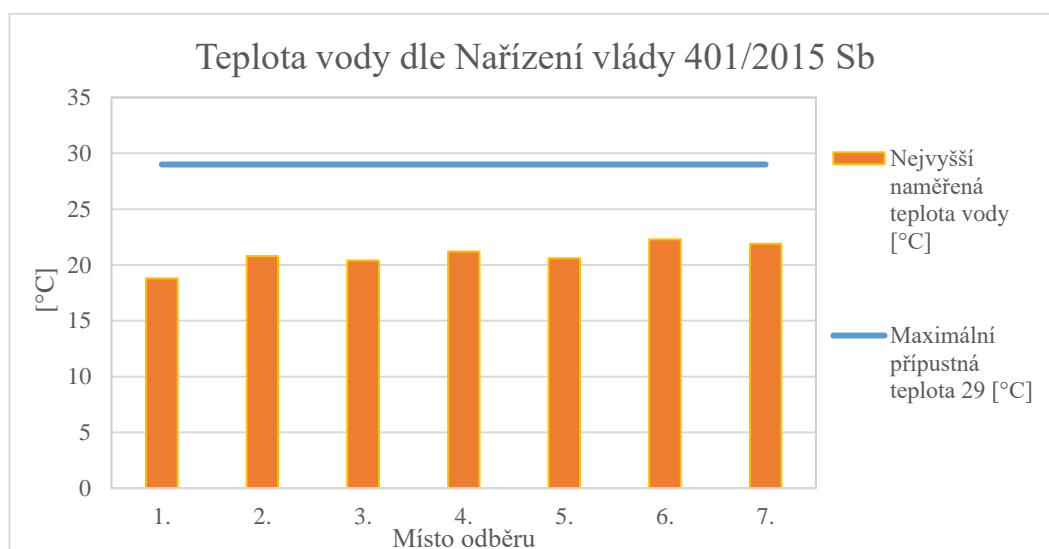
Na základě 3. přílohy Nařízení vlády 401/2015 Sb. bylo provedeno hodnocení vybraných ukazatelů, a to za účelem stanovení jakosti monitorovaných povrchových vod. Vyhodnocení probíhalo na základě numerických hodnot teploty vody, pH, hořčíku a vápníku. Vyhodnocení bylo provedeno pro každý ukazatel zvlášť.

Porovnání výsledků hořčíků a vápníků s přílohou č. 3 vyžaduje roční průměrnou hodnotu ukazatele. Pro získání ročních průměrných hodnot bylo potřeba spočítat aritmetický průměr pro jednotlivá odběrná místa v různých ročních obdobích po dobu jednoho roku.

U teploty vody byla namísto aritmetického průměru použita nejvyšší naměřená teplota vody z jednotlivých odběrových míst. V případě pH byly použity všechny naměřené hodnoty za rok. Reakce vody tak byla stanovena v mezích maximálních a minimálních přípustných hodnotách pro každý vzorek zvlášť.

Dle přílohy 3. lze rovněž vyhodnotit jakost vody dle koncentrace dusičnanů, chloridů a síranů. Z důvodu nízké koncentrace a využití těchto ukazatelů při vyhodnocování dle normy ČSN 75 7221, neproběhlo porovnávání výsledků s přípustným ročním průměrem znečištění obsaženým v příloze č.3.

### Teplota vody

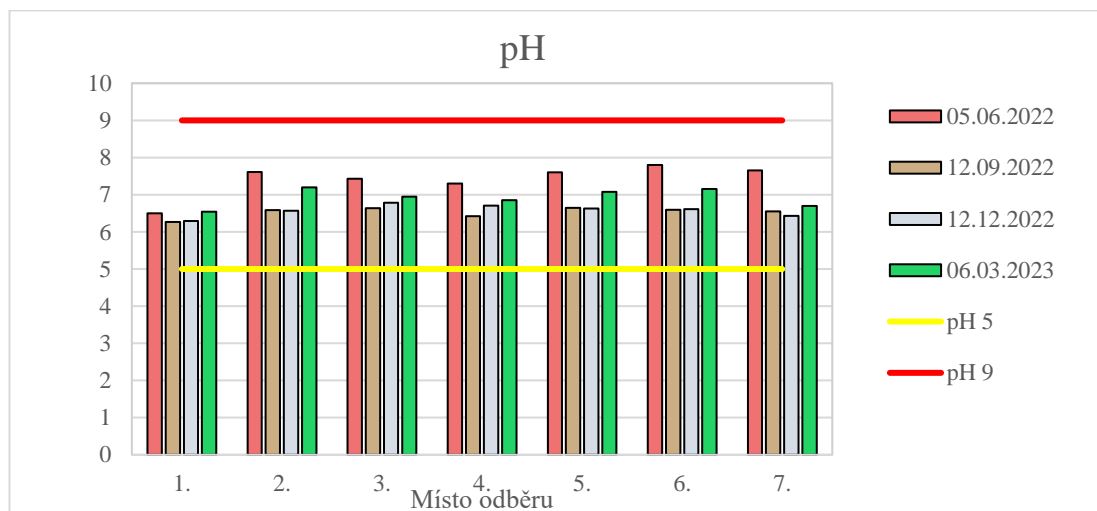


Obrázek 25 - Graf vyhodnocení teploty vody

(Vlastní zpracování dle 3. přílohy Nařízení vlády 401/2015 Sb., 2023)

Limitní hodnoty znečištění teploty vody stanovilo nařízení vlády 401/2015 Sb. na hodnotu 29 °C. Z grafu na Obrázku 25 je patrné, že ani jedno místo odběru nepřekročilo maximální limitní hodnoty znečištění. Nejvyšší teplota vody 22,3 °C byla naměřena 5.6.2022 na 6. místě odběru.

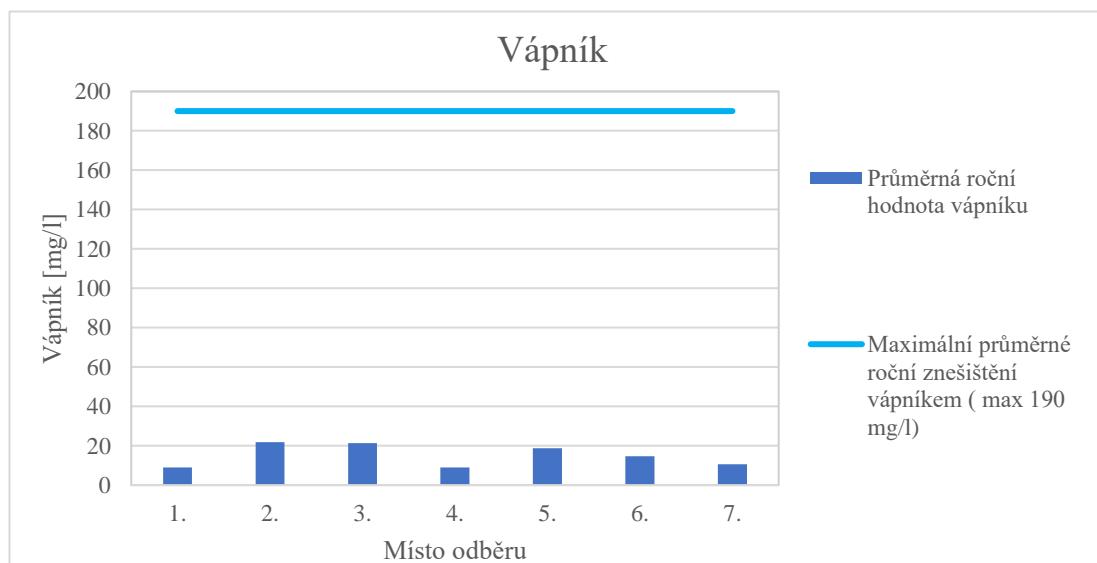
### Reakce vody



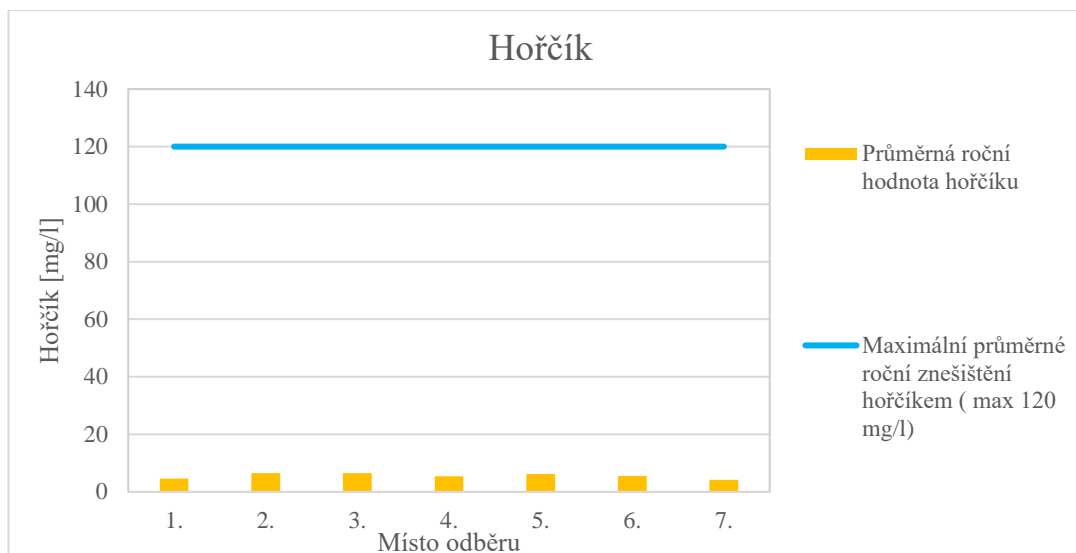
Obrázek 26 - Graf vyhodnocení pH (Vlastní zpracování dle 3. přílohy Nařízení vlády 401/2015 Sb., 2023)

Graf na Obrázku 26 vymezuje hodnoty optimální hodnoty pH, které by měly povrchové vody splňovat. Maximální přípustná hodnota je stanovena pH 9 a minimální je 5 pH. Veškeré hodnoty odebraných vzorků splňují rozsah těchto limitů.

### Vápník a hořčík



Obrázek 27 - Graf vyhodnocení vápníku (Vlastní zpracování dle 3. přílohy Nařízení vlády 401/2015 Sb., 2023)



Obrázek 28 - Graf vyhodnocení hořčík (Vlastní zpracování dle 3. přílohy Nařízení vlády 401/2015 Sb., 2023)

Byly stanoveny limity průměrných ročních hodnot pro vápník a hořčík, konkrétně na 190 mg/l pro vápník a 120 mg/l pro hořčík. Jak ukazují grafy hořčíku a vápníku na Obrázku 27 a Obrázku 28, i v těchto případech splňují hodnoty ukazatelů limity přípustného ročního znečištění.

#### 7.4.1 Shrnutí výsledků kvality vod dle nařízení vlády 401/2015 Sb.

Celkově porovnání prokázalo, že žádný z vybraných ukazatelů nepřekročil stanovený limit určující kvalitu povrchových vod obsažených v příloze č.3 nařízení vlády 401/2015 Sb.

## 8. Diskuse

Ministerstvo zemědělství (©2021) ve výroční zprávě o stavu vodního hospodářství České republiky uvádí, že produkce bodových zdrojů znečištění v územní působnosti s.p. Vltavy je vyšší než u ostatních povodích. Zdroje lokální kontaminace, mezi něž patří například města, obce, objekty soustředěné zemědělské výroby či průmyslu, přispívají k nárůstu koncentrací jednotlivých chemických a biologických parametrů. Mnoho malých obcí na území ČR nedisponuje čistírnou odpadních vod a místo toho, tak vypouštějí znečištěné vody přímo do povrchových vod. I přes tuto skutečnost, je od roku 1990 zaznamenán pokles velmi znečištěných povrchových vod (MZE, ©2021; Volaufová, 2008). Těto skutečnosti nasvědčují i výsledky diplomové práce. Jelikož vyhodnocení kvality vod prokázalo, že všechny hodnoty ukazatelů, i přes drobné výkyvy mezi jednotlivými odběrovými místy, splnily limity maximálního zatížení. Ve srovnání s rokem 2020 a 2021, bylo během terénního průzkumu zaznamenáno zlepšení stavu toků a nádrží, což může být jeden z důvodů proč byly naměřeny poměrně uspokojivé hodnoty anorganických ukazatelů jakosti.

Ripl a kol. (1996) ve svém článku podotýká, že bez zásahu člověka byla v povrchových vodách elektrická konduktivita 10-30  $\mu\text{S. cm}^{-1}$ . Jelikož rostoucí poptávka po potravinách neustále zintenzivňuje zemědělské činnosti, musí být kompenzovány ztráty živin prostřednictvím chemických hnojiv. Což je jeden z důvodů, proč vodivost povrchových vod na přelomu 20. století stoupla na více 300  $\mu\text{S. cm}^{-1}$  (Ripl a kol, 1996). Tento jev reprezentují výsledky terénního monitoringu, které prokázaly vysoké naměřené hodnoty elektrické konduktivity zvyšující se na místech v bezprostřední blízkosti zemědělských pozemků nebo golfového hřiště. Ve své studii Ribeiro de Sousa a kol. (2014) zohledňují lineární korelaci mezi elektrickou vodivostí a rozpuštěnými látkami. Stejně jako v této práci, sloužila analýza jednotlivých látek, jako nástroj pro identifikaci znečišťujících zdrojů. Měření elektrické vodivosti je užitečné při poskytování screeningu úrovně znečištění, ale ve spojení s nově se objevujícími koncentracemi ukazatelů neposkytuje jednoznačné informace o antropogenním zdroji polutantů. Diplomová práce nezahrnuje hodnoty biologického znečištění, jelikož laboratoř nedisponuje analýzou organických látek. Vzhledem k naměřeným koncentracím vybraných chemických ukazatelů, nemusí vysoká elektrická vodivost na jednotlivých stanovištích poukazovat pouze na znečištění

vlivem chemických hnojiv. Elektrická konduktivita může identifikovat možné biologické znečištění, které může být prokázáno provedením biologického rozboru.

Hodnota pH je jeden z klíčových faktorů ovlivňující složení povrchových vod. Studie Saalidonga a kol. (2022) vyhodnocuje vztah mezi pH vody a fyzikálně-chemickými vlastnostmi. Výsledky studie prokazují, že chemické složky v povrchových vodách reagují komplexnějším způsobem a naměřené pH také představuje indikátor znečištění. Pitter (2015) ve své knize podotýká, že interpretace výsledků pH ovlivňuje řada faktorů, ale zpravidla je dosaženo maximálních hodnot v létě a na jaře, zatímco nižší obvykle v zimních a podzimních měsících. Ačkoliv naměřené hodnoty diplomové práce nepřekročili rozsah standardu dle nařízení vlády 401/2015 Sb., jsou zde viditelné drobné odchylky v jednotlivých měsících a místech odběrů. Se zvyšujícím se pH se zvyšoval také obsah ostatních naměřených ukazatelů.

Z teploty vody jednotlivých stanovišť vyplývá, že došlo k výraznějšímu navýšení pouze v nádržích, a to až o 2 °C. Lze předpokládat, že teplotní stratifikace mohla být jednou z hlavních příčin oteplení rybníků. Nicméně se tyto nádrže nachází v osídlených oblastech a v bezprostřední blízkosti golfového hřiště, což také mohlo přispět zvýšení teploty vody v nádržích a následně v toku. Při porovnání výsledků se zahraniční studií *The Impact of Golf Courses on Stream Water Temperature* (Dripps, 2012), lze usuzovat, že i golfové hřiště v zájmovém území mohlo přispět ke zvýšení teploty vody. Monitoring této americké studie probíhal na pěti golfových hřištích, konkrétně bylo měřeno v místech toku těsně před a pod hřištěm. Porovnání teploty vody na horním toku a toku protékajícího golfovým hřištěm ukázalo, že v těchto oblastech se teplota vody zvýšila až o 4 °C. Navzdory tomu, že byl monitoring prováděn v odlišných zemích, lze konstatovat, že faktory ovlivňující teplotu vody jsou obdobné.

Dusičnany by se měli v povrchových vodách vyskytovat pouze ve stopovém množství. Výzkum provedený Hruškou a kol. (2006) uvádí, že koncentrace dusičnanů se snižují s rostoucí nadmořskou výškou, jelikož s nadmořskou výškou roste srážkový úhrn a také množství a rychlost odtoku. Pokud dusík není zcela spotřebován mikroorganismy a vegetací, přetváří se v dusičnany, které následně okyselují půdu a vodu (Langhammer, 2002). Kvítek a Tipl (2003) tento jev potvrzují, a současně dodávají, že podstatná koncentrace dusičnanů v lokalitě může být zaznamenána

v zimních a podzimních měsících, a to díky splachu a vymývání látek z půd. Uvedené aspekty mohly mít přímý či nepřímý vliv na výsledky diplomové práce. Vývoj koncentrace dusičnanů potvrzuje teorii Langhammera (2002), Kvítka a Tippla (2003), jelikož bylo dosaženo maximálních hodnot mimo vegetační období, a současně v měsíci s vyšším úhrnem srážek. Vyhodnocení dusičnanů sice neprokázalo významné zatížení vodního toku, nicméně při zohlednění nadmořské výšky zájmového území a skutečnosti, že první odběrové místo představuje prameniště tekoucí povrchové vody, jsou výsledky překvapivé. K obdobným výsledkům dospěli také Barnese a kol. (2009), kteří nezaznamenali překročení limitů dusičnanů v průběhu jejich měření, ale prokázali trend v podobě narůstajících hodnot v lokalitách golfového hřiště. Žádný z autorů však nedospěl k závěru, že by byly pozorovány významné dopady na vodní tok. Zatímco Peña a Fernandez (2014) ve své studii identifikovali významné dopady golfových hřišť na životní prostředí. Práce se však nezaměřuje pouze na chemická hnojiva, ale také na koncentrace pesticidů a biologických složek ve vodě a půdě. V rámci studie bylo zjištěno, že aplikace dávky pesticidů na golfových greenech a odpalištích jsou obvykle vyšší než dávky při aplikaci na zemědělské půdě.

V rámci laboratorního rozboru byly rovněž detekovány koncentrace těžkých kovů mědi a zinku. Tyto látky, společně s olovem, železem, arsenem a sírou tvoří aktivní anorganické složky pesticidů a fungicidů (Pitter, 2015). Kovy byly detekovány na 2. monitorovacím místě, kdy se jejich koncentrace disperzně snižovala ve vodním toku. Nejvyšší koncentrace byly naměřeny v září, kdy byla koncentrace zinku stanovena 0,09 mg/l a mědi 0,05 mg/l. Zastoupení těchto prvků nasvědčuje, že golfové hřiště může představovat kritickou oblast vodních ploch prostřednictvím anorganických pesticidů.

Na základě srovnání s ostatními studiemi a naměřenou elektrickou konduktivitou, spočívá doporučení v provedení podrobnější analýzy, která zahrnuje organický rozbor látek. Biologický rozbor má potenciál odhalit zdroj vysoké elektrické konduktivity a současně potvrdit přítomnost pesticidů. Jelikož obce nedisponují kanalizací, ale pouze předčistišťují odpadní vody před vypuštěním do povrchových vod prostřednictvím septiků, je důležité provést analýzu biologických složek odpadních vod. Vzhledem k riziku zatížení vodního ekosystému prostřednictvím odpadních vod v zájmovém území, považuji za efektivní řešení vybudování kořenové čistírny



odpadních vod. Odpadní voda prochází přes kořeny rostlin obsahující mikroorganismy, kteří dokážou vytvářet optimální podmínky pro odstraňování polutantů v odpadních vodách. Čistírny využívají přirozených procesů mokřadů, jako jsou biologická oxidace a filtrace. Princip těchto čistíren je šetrný k životnímu prostředí a zároveň je ekonomicky nenáročný pro malé obce (Varne a Wagh, 2014).

Za důležité a efektivní řešení problematiky považuji enviromentální vzdělávání, výchovu a osvětu. Informování zdejších obyvatel a zemědělských podnikatelů o kvalitě místních vod je klíčové k prevenci a minimalizaci znečištění povrchových vod. Výsledky této diplomové práce mohou poskytnout podklad pro podrobnější posouzení kvality povrchových vod, zároveň mohou tvořit základ pro monitorování a analýzu dlouhodobých trendů v zájmovém území.

## 9. Závěr a přínos práce

Diplomová práce byla zaměřená na sledování změn anorganických a fyzikálně chemických ukazatelů. Dle stanovených a naměřených veličin na jednotlivých místech odběru, lze dedukovat, že důvodem zvýšení koncentrací jednotlivých látek je antropogenní činnost na odběrovém místě 2. a 6. Tyto hodnoty potvrzují hypotézu 1, jelikož zvyšující se hodnoty reflektují vliv lokálního zemědělství a sportovního areálu golfového hřiště, kde pravděpodobně dochází k aplikaci hnojivových složek. Lze také potvrdit hypotézu 2, neboť výsledky terénního a laboratorního monitoringu společně s daty meteorologické stanice prokazují, že v měsících s vyšším množstvím srážek docházelo ke zvýšení koncentrací anorganických látek a fyzikálně chemických parametrů. Účelová klasifikace kvality vod na odběrových stanovištích byla provedena na základě hodnot elektrické konduktivity, chloridů, síranů, fluoridů a dusičnanů. Všem nejnepříznivějším ukazatelům, s výjimkou elektrické konduktivity, bylo přiřazena maximálně II.-III. třída znečištění (mírně znečištěná až znečištěná voda). Zatímco elektrická konduktivita je ukazatel, který zařadil povrchové vody do nejhorší - V. třídy (velmi silně znečištěná voda). Provedená analýza poskytla pouze data zaměřující se na anorganické látky, avšak podíl zvýšené hodnoty elektrické konduktivity může úzce souviset s přítomností nedetekovaných organických látek (Langhammer, 2002). Vyhodnocení znečištění povrchových vod dle ČSN 75 7221 potvrdilo hypotézu 3. Zatímco reziduální veličiny – pH, elektrická vodivost, teplota vody, vápník a hořčík byly porovnány s limitem maximálního ročního znečištění dle přílohy č. 3 nařízení vlády 401/2015 Sb. Výsledky porovnání potvrzují, že žádné místo odběru nepřekročilo stanovené maximální limity znečištění. Toto vyhodnocení hypotézu 3 nepotvrdilo.

Výsledky práce dokazují, že obce ovlivňují kvalitu povrchových vod prostřednictvím chemických hnojiv a nevhodné likvidace odpadních vod. Doporučení spočívá v rozboru organických látek, který může mimo informací o vypouštěných odpadních vod z obcí, také potvrdit přítomnost pesticidů a tenzidů. Věřím, že stanovení organických látek má potenciál odhalit více faktorů představované problematiky. Výsledky naměřených ukazatelů této diplomové práce, mohou sloužit jako podklad pro rozsáhlejší posouzení kvality povrchových vod, a také jako základ pro monitorování a analýzu dlouhodobých trendů v zájmovém území.

## 10. Přehled literatury a použitých zdrojů

### 10.1 Odborné zdroje

- **Alrashidi, A. A., Alhaithloul, H. A. S., Soliman, M. H., Attia, M. S., Elsayed, S. M., Ali, M. M., Sadek, A. M., Fakhr, M. A., 2022:** Role of calcium and magnesium on dramatic physiological and anatomical responses in tomato plants. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca* 50(1): article 12614.
- **Ambrožová J., 2001:** Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Fakulta technologie ochrany prostředí, Praha. 226 s. ISBN: 80-7080-463-7.
- **Barnes N. L., Cohen Z. C., Baris R. D., Lam J., 2009:** Nitrate Impacts by Golf Courses. *Ground Water Summit 2009, Paris*. 798–809 s.
- **Coyne a kol., 2019:** Ecology Book. Titan Books Ltd, Londýn. 352 s.
- **Čadilová O., 2012:** Jistebnice město husitského kancionálu, Nakladatelství a vydavatelství Maroli, Praha, 163 s. ISBN: 978-80-86453-34-7.
- **Dripps W. R., 2012:** The Impact of Golf Courses on Stream Water Temperature. *The Open Environmental & Biological Monitoring Journal* 5(1):14-21 s.
- **Drkal F. a kol., 1997:** Ekologie a ochrana životního prostředí. ČVUT, Fakulta strojní, Praha. 120 s. ISBN: 80-01-01579-3.
- **Dvoržáková M., 2020:** Fakta o pesticidech aneb co o nich asi nevíte. Výbor pro bezpečnost potravin a důvěru spotřebitele České technologické platformy pro potraviny, Praha. 38 s. ISBN: 978-80-88019-442-8.
- **Farmer A. M., 1989:** The effects of lake acidification on aquatic macrophytes— A review. *Environmental Pollution* 65 (3): 219-240 s.
- **Grünwald A., 1993:** Hydrochemie. České vysoké učení technické v Praze, Praha. 176 s. ISBN: 80-01-00952-1.
- **Hobbie S.E., Finlay J.C., Janke B.D., Baker L.A., Nidzgorski, Milleta D.B., 2017:** Contrasting nitrogen and phosphorus budgets in urban watersheds and implications for managing urban water pollution *114(16): 4177-4182 s.*
- **Hruska J., Majer V., Fottova D., 2006:** Vliv kyselá depozice na chemismus povrchových vod v Krkonoších. *Opera Corcontica, Vrchlabí: Správa KRNP 43: 95-110 s.*

- **Chaudhry F. N., Malik N. F., 2017:** Factors Affecting Water Pollution: A Review. *Journal of Ecosystem & Ecography* 7: article 1000225.
- **Inglezakis V. J., Poulopoulos S. G., Menegak A.N. Arkhangelsky E., Zorpas A.A., 2016:** Aquatic Environment. In: Poulopoulos S. G, Inglezakis V. J., 2016: *Environment and Development*. Elsevier, Amsterdam. 580 s.
- **Jílková a kol., 2021:** Organická hmota nad zlato. Středisko společných činností AV ČR, v. v. i., pro Kancelář Akademie věd ČR, Praha. 54 s.
- **Johstone D., Cross P. W., 1949:** *Elements of Applied Hydrology*, Ronald Press Company, New York. 2007 s.
- **Jonsson N., 1991:** Influence of Water Flow, Water Temperature and Light on Fish Migration in Rivers. *Nordic Journal of Freshwater Research* 66: 20-35 s.
- **Kemel M., 1996:** *Klimatologie, meteorologie, hydrologie. České vysoké učení technické v Praze, Praha*. 289 s. ISBN: 80-01-01456-8.
- **Kobzová E., 1998:** *Počasí*. Rubico, Olomouc. 276 s. ISBN: 80-85839-26-1.
- **Kohoutek K., 1997:** *Stokové sítě, Skripta pro pomaturitní specializační studium směru vodní hospodářství. Státní energetická inspekce Energetický institut, Praha*. 78 s.
- **Kotlík B., Langhans J., Bernáth P., 2016:** *VZORKOVÁNÍ II: Životní prostředí. Václav HELÁN - 2 THETA, Český Těšín*. 416 s. ISBN: 978-80-86380-81-0.
- **Kvítek T., Tippl M., 2003:** *Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha*. 53 s.
- **Langhammer J., 2002:** *Kvalita povrchových vod a jejich ochrana, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká fakulta Univerzita Karlova, Praha*. 225 s.
- **Lischke P., Frank V., 1984:** *Hydrologie, meteorologie, pedologie. Vysoká škola chemicko-technologická, Fakulta technologie paliv a vody, Praha*. 134 s.
- **Liu J., Han G., 2021:** Tracing riverine sulfate source in an agricultural watershed: Constraints from stable isotopes. *Environmental Pollution* 288: 117740.
- **Madrid Y., Zayas Z. P., 2007:** Water sampling: Traditional methods and new approaches in water sampling strategy. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 26 (4): 293-299 s.
- **Mičín J., 1984:** *Stokování a čištění odpadních vod I. Stokování. Ediční středisko Vysokého učení technického, Brno*. 95 s.

- **Migliavacca D., Teixeira E. C., Wiegand F., Machado A. C. M., Sanchez J., 2005:** Atmospheric precipitation and chemical composition of an urban site, Guaíba hydrographic basin, Brazil. *Atmospheric Environment* 39 (10): 1829-1844 s.
- **MŽP, ©2006:** Metodický pokyn MŽP – vzorkovací práce v sanační geologii. MŽP, Praha. 84 s.
- **Neubauerová A., 2014:** Analýza faktorů ovlivňující přímý odtok z povodí. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, zemědělská fakulta, Katedra krajinného managementu, České Budějovice. 91 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Digitální knihovna Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.
- **Nevědělová M., 2018:** Analýza přírodních vod. Masarykova univerzita, Přírodovědecká fakulta, Brno. 75 s. (Bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Digitální knihovna Masarykovy univerzity v Brně.
- **Pačes T., 1982:** Voda a Země. Academia nakladatelství ČSAV, Praha. 176 s.
- **Pačes T., 2009:** Úvod do hydrochemie. Technická univerzita v Liberci, Liberec. 70 s.
- **Peña C., Fernandez D. J., 2014:** Environmental impacts by golf courses and strategies to minimize them. *International Journal of Arts & Sciences*, 07(03): 403–417 s.
- **Petřík P., Macková J., Fanta J., 2017:** Krajina a lidé. Academia, Praha. 176 s. ISBN: 978-80-200-2695-8.
- **Petříková M., 2010:** Environmentální Pozadí Golfových Hřišť - Green Jako Potenciální Hrozba. Masarykova univerzita v Brně, Fakulta sociálních studií, Brno. 91 s. (Diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Digitální knihovna Masarykovy univerzity v Brně.
- **Pitter P., 2015:** Hydrochemie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha, 792 s. ISBN: 978-80-7080-928-0.
- **Ribeiro de Sousa D. N., Mozeto A. A., Carneiro R. L., Fadini P. S., 2014:** Electrical conductivity and emerging contaminant as markers of surface freshwater contamination by wastewater. *Science of The Total Environment* 484: 19-26 s.
- **Rosendorf P., Fiala D., 2011:** Metodika vymezení zranitelných oblastí podle eutrofizace vod. MŽP, Praha. 52 s.

- **Říha J., 2014:** Voda jako složka biosféry Encyklopedie vodního hospodářství I. Univerzita J. E. Purkyně, Fakulta životního prostředí, Ústí n. Labem. 95 s. ISBN: 978-80-7414-809-5.
- **Saalidong B. M., Aram S. A., Otu S., Lartey P. O., 2022:** Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. PLoS ONE 17(1): e0262117.
- **Sasakova N., Gregova G., Takacova D., Mojzisova J., Papajova I., Venglovsky J., Szaboova T., Kovacova A., 2018:** Pollution of Surface and Ground Water by Sources Related to Agricultural Activities. Waste Management in Agroecosystems 2: article 42.
- **Síkora P., 2021:** Průmyslové odpadní vody v ČR. Vysoké učení technické v Brně, Brno. 59 s. (Bakalářská práce). Dep. Digitální knihovna VUT v Brně.
- **Singh A. A., Singh A. K., 2021:** Climatic controls on water resources and its management: challenges and prospects of sustainable development iIndian perspective. In: Thokchom B., Qui P., Singh P., Iyer P: Water Conservation in the Era of Global Climate Change. Elsevier, Amsterdam. 472 s.
- **Strunecká A., 2007:** Vliv nadměrného příjmu fluoridu na lidský mozek. Psychiatria pre prax. 8 (5): 215–217 s.
- **Sýkora V., Kujalová H., Pitter P., 2016:** Hydrochemie pro studenty bakalářského studia, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha. 219 s.
- **Syruček M., 2011:** Voda, jak ji neznáte. Nakladatelství Epoque, Praha 1. 208 s. ISBN: 978-80-74251-05-4.
- **Šír M., Rohlík V., Podíl J., Kaňka J., 2013:** Právní předpisy a technické normy ve vodním hospodářství. Vysoká škola evropských a regionálních studií. České Budějovice. 112 s. ISBN: 978-80-87472-51-4.
- **Šoch, J., 1998:** Ekologie a ochrana životního prostředí. Ostravská univerzita Ostrava, Pedagogická fakulta, Ostrava. 103 s. ISBN: 80-7042-140-1.
- **Tesařík I., 1985:** Vodárenství. SNTL nakladatelství technické Literatury, Praha. 488 s.
- **Tlapák V., Šálek J., Legát V., 1992:** Voda v zemědělské krajině. Zemědělské nakladatelství Brázda, Praha. 318 s. ISBN: 80-209-0232-5.
- **Varne A. L., Wagh K. K., 2014:** Low cost treatment of sewage using Root Zone Technology. Journal of Environmental Research and Development 9 (2): 411-420 s.

- **Volaufová L., 2008:** Kvalita povrchových vod v České republice. Vesmír 87: 768-770 s.
- **WHO, ©2007:** Chemical safety of drinking-water: Assessing priorities for risk management. World Health Organization, Geneva, 192 s. ISBN: 978-92-4-154676-8.
- **WHO, ©2009:** Calcium and Magnesium in Drinking-water. World Health Organization, Geneva, 194 s. ISBN: 978-92-4-156355-0.
- **Wilhelm R., Pokorný J., Eiseltová M., Ridgill S, 1996:** Holistický přístup ke struktuře a funkci mokřadů a jejich degradaci. Wetlands Interational 32: 16-35 s.
- **Zývalová J., 2015:** Vliv zimní chemické údržby silnic na stav okolních ekosystémů. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha. 29 s. (Bakalářská práce). Dep. Digitální knihovna Univerzity Karlovy v Praze.
- **Židek D., Lipina P., 2003:** Návod pro pozorovatele meteorologických stanic. ČHMÚ, Ostrava. 88 s.

## 10.2 Legislativní zdroje

- **Zákon č. 156/1998 Sb.** hnojivech, pomocných půdních látkách, rostlinných biostimulantech a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), v platném znění.
- **Zákon č. 254/2001 Sb.** o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.
- **Zákon č. 274/2001 Sb.** o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.
- **Nařízení vlády č. 262/2012 Sb.** o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, v platném znění.
- **Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.** o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, v platném znění.
- **Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2000/60/ES** ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky, v platném znění.
- **Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2008/56/ES** kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti mořské environmentální politiky, v platném znění.

- **ČSN ISO 5667-1:** Kvalita vod - Odběr vzorků - Část 1: Návod pro návrh programu vzorkování a pro způsoby odběru vzorků. Česká agentura pro standardizaci, Praha, 2022. 52 s.
- **ČSN ISO 5667-3:** Kvalita vod - Odběr vzorků - Část 3: Konzervace vzorků vod a manipulace s nimi. Česká agentura pro standardizaci, Praha, 2019. 56 s.
- **ČSN ISO 5667-4:** Kvalita vod – Odběr vzorků - Část 4: Návod pro odběr vzorků z jezer a vodních nádrží. Česká agentura pro standardizaci, Praha, 2018. 36 s.
- **ČSN ISO 5667-6:** Kvalita vod - Odběr vzorků - Část 6: Návod pro odběr vzorků z řek a potoků. Česká agentura pro standardizaci, Praha, 2017. 32 s.

### 10.3 Internetové zdroje

- **ALS Global, 2015:** ALS Pesticidy (Online) [cit.2022.10.13] dostupné z: <<https://www.alsglobal.cz/media-cz/pdf/pesticides-2015.pdf>>.
- **ArcGis, ©2022:** World Topographic Map (online) [cit.2022.10.13] data dostupná z:<<https://cdn.arcgis.com/sharing/rest/content/items/33064a20de0c48d2bb61efa8faca93a8/resources/styles/root.json>>.
- **ČGS, ©2022:** Půdní mapa 1:50 000 (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <<https://mapy.geology.cz/pudy/#>>.
- **ČHMÚ, ©2023:** Měsíční a roční data - Nadějkov, Větrov (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <[https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb?fbclid=IwAR2es8HV1GCLGR4g9icOXkSw1jpYx1zQNDrz3QYjUrKcXttGO\\_e\\_O1sOq2M](https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb?fbclid=IwAR2es8HV1GCLGR4g9icOXkSw1jpYx1zQNDrz3QYjUrKcXttGO_e_O1sOq2M)>.
- **ČÚZK, ©2020:** IMAGE služba Esri ArcGIS Server - DMR 5G Map (online) [cit.2022.10.13] data dostupná z: <[https://geoportal.cuzk.cz/\(S\(ifresekx4ohwmszcfwpsb51x\)\)/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.AGS&metadataID=CZ-CUZK-AGS-DMR5G&metadataXSL=metadata.sluzba&head\\_tab=sekce-03-gp&menu=3146&fbclid=IwAR0E-kvFGkAjuZn64n3GZsxflReKZk9eMfCZDx-0ZW59WymKwrmV4SUe4](https://geoportal.cuzk.cz/(S(ifresekx4ohwmszcfwpsb51x))/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.AGS&metadataID=CZ-CUZK-AGS-DMR5G&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3146&fbclid=IwAR0E-kvFGkAjuZn64n3GZsxflReKZk9eMfCZDx-0ZW59WymKwrmV4SUe4)>
- **ČÚZK, ©2023a:** k.ú.: 661171 - Jistebnice - podrobné informace (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <[https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002\\_XSLT:WEBCUZK\\_ID:661171](https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:661171)>.



- **ČUZK, ©2023b:** k.ú.: 701084 - Nadějkov - podrobné informace (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <[https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002\\_XSLT:WEBCUZK\\_ID:701084](https://www.cuzk.cz/Dokument.aspx?AKCE=META:SESTAVA:MDR002_XSLT:WEBCUZK_ID:701084)>.
- **DIBAVOD, ©2006: A** - základní jevy povrchových a podzemních vod (online) [cit.2022.10.13] data dostupná z: <[https://www.dibavod.cz/index.php?id=27&katobj\\_id=1&id\\_dib\\_zpet=2](https://www.dibavod.cz/index.php?id=27&katobj_id=1&id_dib_zpet=2)>
- **Zaniklé krajiny, ©2022:** Zaniklá krajina (pod)horského zemědělství na České Sibiři [cit.2023.02.06], dostupné z: <<http://www.zaniklekrajiny.cz/atlas/236-modelova-uzemi/jistebnicko>>.
- **Eagri, ©2020:** Nitrátová směrnice (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <<https://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-vody/nitratova-smernice>>.
- **ENVIPARTNER, ©2013:** Hydrologické údaje Jistebnice [cit.2022.10.13], dostupné z: <[https://www.portalobce.cz/povodnovy-plan/jis\\_hydrologicke-udaje](https://www.portalobce.cz/povodnovy-plan/jis_hydrologicke-udaje)>.
- **Gires A., 2018:** How Do We Measure Rainfall? (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <<https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2018.00038>>.
- **Hrabánková A., Martínková M., 2010:** Implementation of EC Nitrate Directive in the Czech Republic. (online) [cit.2022.04.20], dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/265035626\\_Implementation\\_of\\_EC\\_Nitrate\\_Directive\\_in\\_the\\_Czech\\_Republic/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/265035626_Implementation_of_EC_Nitrate_Directive_in_the_Czech_Republic/figures?lo=1)>.
- **Hruban R., 2019:** Klimatické oblasti dle Evžena Quitta (1971) (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <<http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/klima/klimaticke-oblasti-dle-e-quitta-1971/#CH6>>.
- **Hydrosoft, ©2020:** Digitální povodňový plán – Klimatické oblasti. (online) [cit.2023.03.01.], dostupné z: <<https://dpp.hydrosoft.cz/hvmap.dll?MU=001&MAP=7623&lon=14.3816647&lat=49.5304954&scale=20000>>.
- **Khillar S., 2019:** Difference Between Absolute and Relative Humidity. Difference Between Similar Terms and Objects. (Online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <<http://www.differencebetween.net/science/nature/difference-between-absolute-and-relative-humidity/#ixzz7vYqfM6cL>>.
- **Kurrer Christian, 2022:** Ochrana vody a hospodaření s ní (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <[https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/cs/FTU\\_2.5.4.pdf](https://www.europarl.europa.eu/ftu/pdf/cs/FTU_2.5.4.pdf)>.

- **Město Jistebnice, ©2022:** Územní plán - textová část (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <<https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/205940/final-thesis.pdf?sequence=-1&isAllowed=y> <https://theses.cz/id/biqr8r/BP.pdf>>.
- **Obec Nadějkov, ©2006:** Územní plán obce – textová část. (online) [cit.2022.10.13], dostupné z: <<http://www.nadejkov.cz/storage/6/09ea0fed-up-nadejkov-textova-cast.pdf>>.
- **Povodí Labe, ©2009:** Evropská vodní charta (Online) [cit.2022.10.13], dostupné z:<[https://www.pla.cz/planet/webportal/internet/\(X\(1\)A\(w9Nf2aJb2QEkAAAAYTk2NDY5ZWMtNTQ2Ni00YjgwLTIlNDYtMThlMDk1MjlmNmY4G8CNWbZhZZw76pUu5vwZtANWo8Q1\)\)/cs/obsah/svetovy-den-vody\\_503.html?AspxAutoDetectCookieSupport=1](https://www.pla.cz/planet/webportal/internet/(X(1)A(w9Nf2aJb2QEkAAAAYTk2NDY5ZWMtNTQ2Ni00YjgwLTIlNDYtMThlMDk1MjlmNmY4G8CNWbZhZZw76pUu5vwZtANWo8Q1))/cs/obsah/svetovy-den-vody_503.html?AspxAutoDetectCookieSupport=1)>.
- **Smolka V., 2013:** Meteorologické stanice – dělení a význam (online) [cit.2023.02.06], dostupné z: <<https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/meteorologicke-stanice-rozdeleni/>>.
- **Stránský, 2021:** Voda se stává věcí veřejného zájmu (online) [cit.2023.03.07], dostupné z: <<https://vodnihospodarstvi.cz/voda-se-stava-veci-verejneho-zajmu/>>.
- **Úřad vlády České republiky, 2017:** Strategický rámeček Česká republika 2030 (online) [cit.2023.03.01], dostupné z: <[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ceska\\_republika\\_2030/\\$FILE/OUR\\_Strategicky\\_ramec\\_20181015.pdf.002.002.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/ceska_republika_2030/$FILE/OUR_Strategicky_ramec_20181015.pdf.002.002.pdf)>.
- **USGS, ©2022: The Water Cycle** (online) [cit.2023.03.01], dostupné z: <[https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-cycle?qt-science\\_center\\_objects=0#overview](https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-cycle?qt-science_center_objects=0#overview)>.

## 11. Přílohy

Příloha 1: Naměřené koncentrace elektrické konduktivity, chloridů, síranů, fluoridů a dusičnanů, vyhodnocených dle tříd jakosti normy ČSN 75 7221 (Vlastní zpracování, 2023)

Chloridy Cl <sup>-</sup> [mg/l]				
Místo odběru	Datum			
	05.05.2022	12.09.2022	12.12.2022	06.03.2023
1.	15,2	3,26	2,7924	2,21
2.	80,3	16,81	7,62	5,75
3.	74,2	11,99	6,72	3,43
4.	3,84	3,28	4,39	3,62
5.	67,5	10,17	6,32	4,11
6.	64,2	11,09	5,44	1,9
7.	40,5	7,37	2,2	2,05

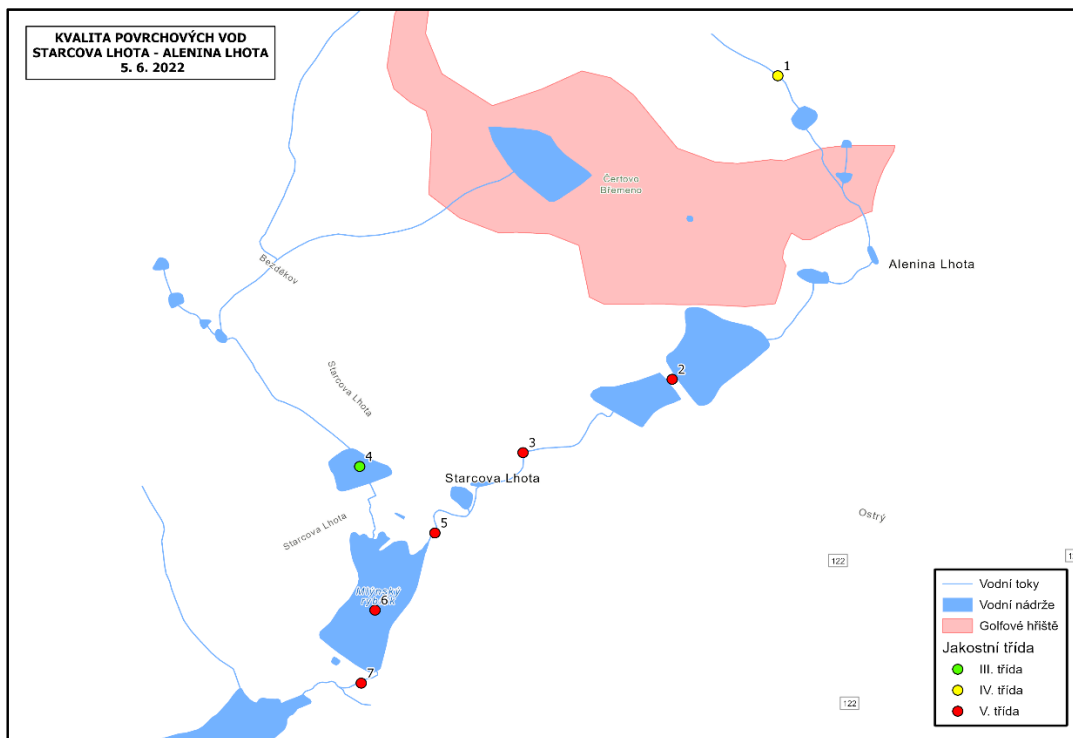
Elektrolytická konduktivita [uS/cm]				
Místo odběru	Datum			
	05.05.2022	12.09.2022	12.12.2022	06.03.2023
1.	130	118,8	90,5	85
2.	302	284	159,8	125,7
3.	291	270	152,2	124
4.	110	114,5	121,2	105
5.	298	230	152,0	130
6.	278	201	143,3	73,9
7.	180	158,4	78,7	98

Síraný SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [mg/l]				
Místo odběru	Datum			
	05.05.2022	12.09.2022	12.12.2022	06.03.2023
1.	15,24	12,62	13,72	10,62
2.	89,8	42,28	17,91	13,54
3.	66,5	22,88	15,97	7,93
4.	21,4	12,9	15,36	11,7
5.	54,2	15,24	15,26	9,58
6.	68,4	14,61	16,5	6,35
7.	50,7	13,31	15,49	14,52

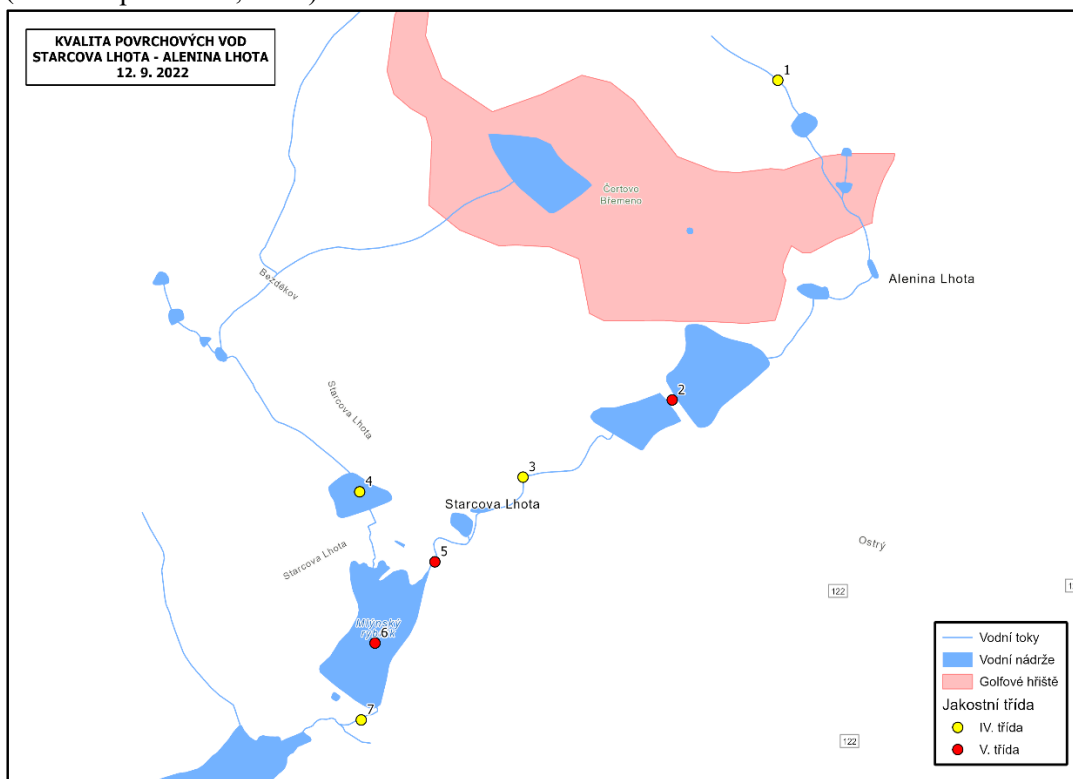
Flouridy F <sup>-</sup> [mg/l]				
Místo odběru	Datum			
	05.05.2022	12.09.2022	12.12.2022	06.03.2023
1.	0,33	0,27	0,19	0,22
2.	0,61	0,2	0,15	0,16
3.	0,45	0,22	0,15	0,19
4.	0,2	0,2	0,18	0,18
5.	0,31	0,22	0,17	0,18
6.	0,29	0,21	0,18	0,11
7.	0,27	0,21	0,16	0,16

Dusičnanový dusík NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [mg/l]				
Místo odběru	Datum			
	05.05.2022	12.09.2022	12.12.2022	06.03.2023
1.	2,8	3,2	1,6941	
2.	2	8,2	3,63	0,73
3.	1,93	7,5	3,25	0,81
4.	2,46	1,58	2,83	0,42
5.	2,06	7,2	3,05	0,32
6.	0,62	5,2	3,06	0,5
7.	1,58	5,1	3,02	

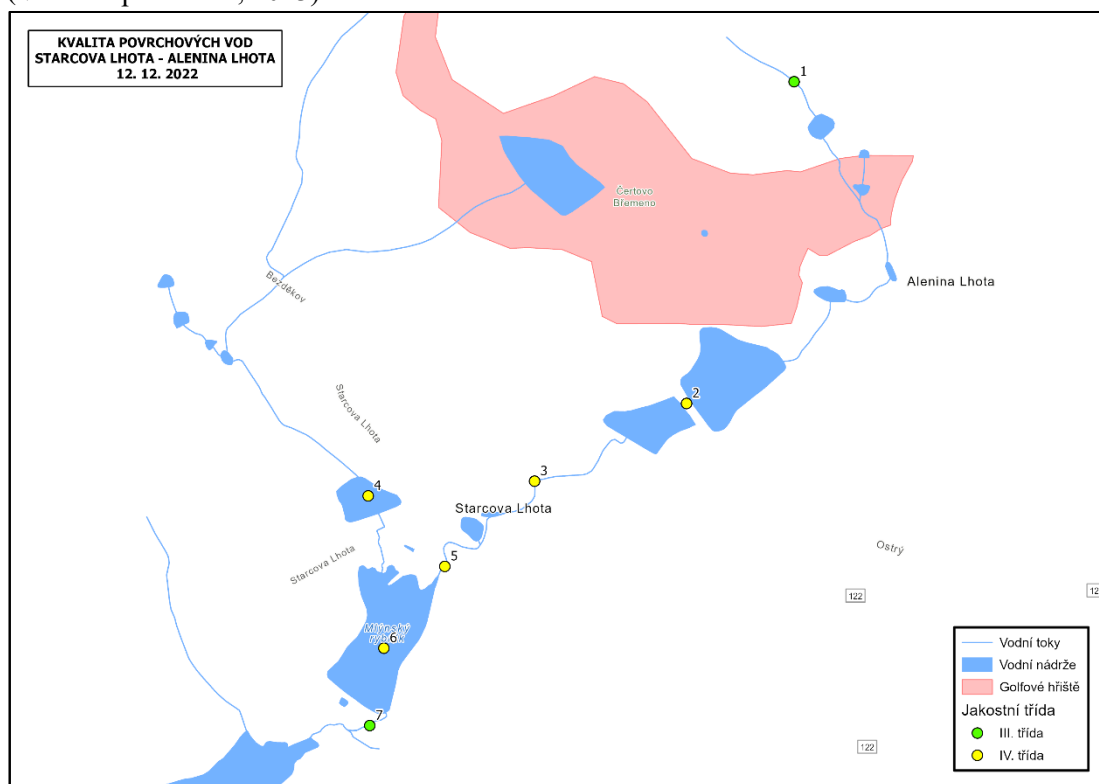
**Příloha 2:** Kvalita povrchových vod ve Starcově Lhotě a Alenině Lhotě ze dne 5.6.2022  
(Vlastní zpracování, 2023)



**Příloha 3:** Kvalita povrchových vod ve Starcově Lhotě a Alenině Lhotě ze dne 12.9.2022  
(Vlastní zpracování, 2023)



**Příloha 4:** Kvalita povrchových vod ve Starcově Lhotě a Alenině Lhotě ze dne 12.12.2022  
(Vlastní zpracování, 2023)



**Příloha 5:** Kvalita povrchových vod ve Starcově Lhotě a Alenině Lhotě ze dne 6.3.2023  
(Vlastní zpracování, 2023)

