

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
**Ústav aplikované a krajinné ekologie**

---



**Sledování kvality vody toku Trnava**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D.

*Vypracoval:*  
Radim Kramář

---

Brno 2015

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Radim Kramář**  
Studijní program: Zemědělská specializace  
Obor: Agroekologie  
Název tématu: **Sledování kvality vody toku Trnava**  
Rozsah práce: 30 stran + přílohy

Zásady pro vypracování:

1. Zpracování literární rešerše na podkladě studia odborné literatury vztahující se k problematice povrchových vod
2. Popis toku Trnava a jeho okolí
3. Odběr vzorků vody z vybraného vodního toku
4. Analýza základních parametrů kvality vody s využitím spektrofotometru
5. Vyhodnocení kvality vody toku Trnava na základě naměřených ukazatelů

Seznam odborné literatury:

1. HETEŠA, J. *Cvičení z hydrochemie*. 1. vyd. Praha: SPN, 1981. 83 s.
2. HETEŠA, J. – KOČKOVÁ, E. *Hydrochemie*. 1. vyd. Brno: MZLU, 1998. 95 s. ISBN 80-7157-289-6.
3. HORÁKOVÁ, M. *Analytika vody*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2007. 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.
4. HUBAČÍKOVÁ, V. – OPPELTOVÁ, P. *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008. 130 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
5. PITTER, P. *Hydrochemie*. 4. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, 2009. 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
6. ŘÍHA, J. a kol. *Jakost vody v povrchových vodních tocích a její matematické modelování*. 1. vyd. Brno: NOEL 2000, 2002. 269 s. ISBN 80-86020-31-2.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015



**Radim Kramář**  
Autor práce



**Ing. Tomáš Mašíček, Ph.D.**  
Vedoucí práce



**prof. Ing. František Toman, CSc.**  
Vedoucí ústavu



**prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.**  
Děkan AF MENDELU

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem práci: Sledování kvality vody toku Trnava vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne: .....

.....  
podpis

## **Poděkování**

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Tomáši Mašíčkovi, Ph.D. za jeho rady, ochotu a vstřícný přístup při zpracování této práce. Dále bych chtěl, poděkovat své rodině za podporu, kterou mi po celou dobu studia věnovala.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá sledováním kvality vody toku Trnava v průběhu roku 2014. První část tvoří literární rešerše vztahující se k problematice povrchových vod a charakteristika sledovaného toku. Druhá část představuje postupy sledování a vyhodnocení výsledků. Během sledování byly v terénu změřeny ukazatele jakosti vody: hodnota pH, rozpuštěný kyslík, konduktivita a teplota. Zároveň byl odebrán vzorek vody pro chemickou analýzu v laboratoři, při které byl stanoven obsah síranů, dusičnanového dusíku a celkového fosforu. Zjištěné hodnoty byly vyhodnoceny podle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod a dále porovnány s hodnotami přípustného znečištění povrchových vod Normy environmentální kvality v Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

**Klíčová slova:** povrchová voda, vodní tok, řeka Trnava, monitoring, jakost vody.

## **ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with monitoring water quality in the river Trnava within the year 2014. The first part consists of a literature overview relating to the issue of surface water and the characteristics of the monitored watercourse. The second part presents the techniques of monitoring and evaluation of results. During monitoring, the following water quality parameters were measured in the field: pH, dissolved oxygen, conductivity and temperature. Simultaneously water sample was taken for chemical analyses in a laboratory, in which the content of sulphate, nitrate nitrogen and total phosphorus was determined. The obtained values were evaluated according to CSN 75 7221 Classification of surface water quality and also compared with the values of permissible pollution of surface water Environmental Quality Standards in Government Regulation no. 61/2003.

**Key words:** surface water, watercourse, river Trnava, monitoring, water quality.

# OBSAH

<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>2 CÍL PRÁCE.....</b>	<b>12</b>
<b>3 LITERÁRNÍ REŠERŠE.....</b>	<b>13</b>
3.1 Voda.....	13
3.2 Cyklus vody .....	13
3.3 Chemické složení vod .....	13
3.4 Vodní zákon .....	14
3.5 Kategorizace vod.....	14
3.5.1 Atmosférické vody.....	14
3.5.2 Podzemní vody .....	15
3.5.3 Povrchové vody .....	15
3.5.4 Vody odpadní.....	15
3.6 Vody tekoucí .....	16
3.7 Vody stojaté .....	16
3.8 Jakost povrchových vod a způsob jejich klasifikace.....	17
3.8.1 Norma ČSN 75 7221.....	17
3.8.2 Normy environmentální kvality.....	19
3.9 Znečištění povrchových vod .....	21
3.10 Stratifikace (vertikální zonace) stojatých vod.....	22
3.11 Eutrofizace .....	22
3.12 Ochrana vod .....	23
3.12.1 Obecná ochrana.....	23
3.12.2 Zvláštní ochrana.....	23
3.12.3 Speciální ochrana .....	24
3.13 Monitoring jakosti vody .....	24
3.13.1 Programy monitoringu.....	24
3.13.2 Činnosti v rámci monitoringu .....	25
3.14 Charakteristika sledovaných ukazatelů .....	26
3.14.1 Teplota .....	26
3.14.2 Konduktivita .....	26
3.14.3 Hodnota pH.....	27
3.14.4 Rozpuštěný kyslík.....	27

3.14.5 Dusičnanový dusík.....	28
3.14.6 Celkový fosfor .....	28
3.14.7 Sířany .....	29
<b>4 POPIS MONITOROVANÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>30</b>
4.1 Charakteristika povodí .....	30
4.1.1 Lokalizace a hydrologické údaje .....	30
4.1.2 Ochrana vod .....	31
4.1.3 Geomorfologické podmínky .....	31
4.1.4 Klimatické podmínky .....	32
4.1.5 Geologické podmínky .....	32
4.1.6 Pedologické podmínky .....	33
4.1.7 Biota.....	33
4.1.8 Chráněná území .....	34
4.2 Charakteristika toku .....	35
4.2.1 Průběh toku .....	35
4.2.2 Hydrologické údaje.....	35
<b>5 METODIKA PRÁCE .....</b>	<b>37</b>
5.1 Popis odběrných míst .....	37
5.1.1 Polánka pramen.....	38
5.1.2 Těchobuz most.....	38
5.1.3 Ovčín.....	39
5.1.4 Červené Řečice nad přehradou .....	39
5.1.5 Želiv ústí .....	40
5.2 Práce v terénu .....	40
5.2.1 Měření ukazatelů v terénu.....	40
5.2.2 Odběr, transport a uchování vzorku.....	41
5.3 Práce v laboratoři .....	41
5.3.1 Stanovení obsahu dusičnanového dusíku .....	41
5.3.2 Stanovení obsahu celkového fosforu .....	42
5.3.3 Stanovení obsahu síranů .....	42
<b>6 VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>44</b>
6.1 Vyhodnocení dle ČSN 75 7221 .....	44
6.1.1 Konduktivita .....	44
6.1.2 Rozpuštěný kyslík.....	45



6.1.3 Dusičnanový dusík.....	46
6.1.4 Celkový fosfor .....	47
6.1.5 Sírany .....	48
6.1.6 Souhrnné vyhodnocení dle ČSN 75 7221 .....	48
6.2 Vyhodnocení dle Normy environmentální kvality.....	50
6.2.1 Rozpuštěný kyslík.....	50
6.2.2 Celkový fosfor .....	51
6.2.3 Dusičnanový dusík.....	52
6.2.4 Teplota .....	52
6.2.5 pH.....	53
6.2.6 Sírany .....	54
<b>7 ZÁVĚR .....</b>	<b>55</b>
<b>8 POUŽITÁ LITERATURA.....</b>	<b>56</b>
<b>9 SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>58</b>
<b>10 SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>58</b>
<b>11 SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>59</b>
<b>12 SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>59</b>

## 1 ÚVOD

Planeta Země bývá často nazývána „modrou planetou“. Tuto barvu jí propůjčují oceány, pokrývající dvě třetiny zemského povrchu. Slaná oceánská voda je však pro člověka do značné míry nepoužitelná, a proto je využívána převážně voda sladká.

Množství vody na Zemi je konstantní. Narůstá však lidská populace a zvyšují se její nároky. Přibývá zásahů do přírodního prostředí a ty se negativně promítají do stavu zásob využitelné vody. Ta se tak stává stále výraznějším limitujícím faktorem osídlení a rozvoje společnosti. Se vzrůstajícím důrazem na řešení ekologických problémů je v posledních letech celosvětově věnována problematice jakosti vody značná pozornost a Česká republika není výjimkou.

Problematice stavu vod se věnuje Státní politika životního prostředí (SPŽP) České republiky, přesněji priorita Zajištění ochrany vod a zlepšování jejich stavu v rámci tematické oblasti Ochrana a udržitelné využívání zdrojů. Aktuální SPŽP České republiky vymezuje plán na realizaci efektivní ochrany životního prostředí do roku 2020 a s tímto strategickým dokumentem korespondují novely zákonů naší země.

## 2 CÍL PRÁCE

Bakalářská práce se zabývá sledování kvality vody toku Trnava po dobu jednoho roku. Podstata celé práce spočívá v odběrech vzorků vody toku, jejich analýz z hlediska základních parametrů kvality vody s využitím spektrofotometru a vyhodnocení kvality vody toku Trnava na základě naměřených ukazatelů.

Dílčí cíle:

- měření pH, obsahu rozpuštěného kyslíku, konduktivity a teploty v terénu pomocí přenosného multimetru;
- odběr vzorků vody pro chemickou analýzu;
- stanovení obsahu dusičnanového dusíku, celkového fosforu a síranů v laboratoři s využitím spektrofotometru;
- vyhodnocení zjištěných hodnot ukazatelů jakosti vody dle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod a dle Normy environmentální kvality, přílohy Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod.

### 3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Literární rešerše, zpracovaná na podkladě studia odborné literatury, se věnuje problematice povrchových vod.

#### 3.1 Voda

Voda představuje nejrozšířenější látku na Zemi. Zároveň je to naprosto nezbytná podmínka existence života. Tato jednoduchá chemická sloučenina vznikla v procesu utváření Země a zdá se, že od té doby přetrvává na naší planetě v relativně neměnném množství, které však není rovnoměrně rozloženo (Cílek, Kender, 2004).

Téměř 80 % vody na Zemi je obsaženo ve světových oceánech, 19 % v zemské kůře pod povrchem země, 1 % tvoří ledovce, 0,002 % je obsaženo v tocích, jezerech a vodních nádržích a přibližně 0,0008 % v atmosféře. Veškerá voda na Zemi a v zemské atmosféře bez rozdílu skupenství se nazývá hydrosféra (Hlavínek, Říha, 2004).

#### 3.2 Cyklus vody

Působením Slunce, které plní funkci iniciátora a regulátora koloběhu vody v přírodě, dochází k vypařování vody z vodní hladiny, půdy, povrchu rostlin atd. Vypařená voda ve formě vodní páry se dostává do atmosféry, kde se prostřednictvím proudění vzdušných hmot přemísťuje. Za příznivých podmínek může vodní pára zkondenzovat a dochází k vypadnutí srážek na povrch Země. Zde se voda vsakuje, obohacuje vláhou půdní profil, zvětšuje množství podzemních vod, doplňuje objemy v jezerech, řekách a rybnících a opět se vypařuje do atmosféry. Jde o nepřetržitý uzavřený proces vodní cirkulace na zemské kouli, jehož hnací silou je sluneční záření a zemská gravitace. Koloběh vody v přírodě rozdělujeme na velký (mezi pevninou a mořem) a malý (v rámci pevniny) (Hlavínek, Říha, 2004). Voda hraje významnou roli v rámci přenosu energie a látek v jejím oběhovém cyklu (Pitter, 2009).

#### 3.3 Chemické složení vod

Koncentrace rozpuštěných látek reprezentuje jednu z charakteristických vlastností vod.

Hlavními anorganickými ionty přirozeně se vyskytujícími ve vodách jsou  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  a  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Další významné ionty amoniové, dusičnanové a fosforečné jsou převážně antropogenního původu. V minoritním množství jsou

zastoupeny lithium, železo, mangan, baryum, stroncium, fluor, brom, jód a další prvky periodické soustavy (kovy, plyny, plynné uhlovodíky).

Z organických látek ve vodě nalezneme uhlovodíky, aminokyseliny, lipidy a početné makro a mikroorganismy. Stále více do vody pronikají látky antropogenní, např. fenoly, pesticidy a další především organické látky (Pitter, 2009).

### **3.4 Vodní zákon**

Zákon č. 254/2001 Sb. o vodách a o změně některých zákonů, zvaný vodní zákon, představuje základní právní předpis upravující vodoprávní vztahy. Do dnešního dne byla tato právní úprava již šestnáctkrát novelizována, naposledy zákonem č. 150/2010 Sb.

Účelem stávajícího vodního zákona, uveřejněného ve Sbírce zákonů ČR, je:

- chránit povrchové a podzemní vody,
- stanovit podmínky pro hospodárné využívání vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení jakosti povrchových a podzemních vod,
- vytvořit podmínky pro snižování nepříznivých účinků povodní a sucha,
- zajistit bezpečnost vodních děl v souladu s právem Evropských společenství,
- přispívat k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k ochraně vodních, ekosystémů a na nich přímo závislých suchozemských ekosystémů  
(Zákon č. 254/2001 Sb. § 1).

### **3.5 Kategorizace vod**

Vody je možné členit podle různých kritérií. Na základě původu dělíme vody na přírodní a odpadní, přičemž přírodní lze dále rozdělit na atmosférické, podzemní a povrchové.

#### **3.5.1 Atmosférické vody**

Jedná se o veškerou vodu v atmosféře bez ohledu na skupenství. Vodní páry kondenzují v ovzduší nebo na různých površích a vznikají srážky. Dělíme je na srážky kapalné (déšť, mrholení, mlha, rosa) a pevné (sníh, mráz, kroupy, námraza, jinovatka). Z dalšího hlediska na horizontální (mlha, rosa, námraza, jinovatka, námraza) a vertikální (déšť, kroupy, sníh). Chemické složení srážek je ovlivněno složením a znečištěním ovzduší (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

### 3.5.2 Podzemní vody

Podzemní vody představují veškeré vody přirozeně se vyskytující v horninovém prostředí, jestliže nejsou vázány kapilárními silami. Dle propustnosti horninového prostředí se dělí podzemní voda na průlinovou, puklinovou a krasovou. Podle chemického složení se dělí podzemní vody na prosté a minerální (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

### 3.5.3 Povrchové vody

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

Povrchové vody vznikají z atmosférické a podzemní vody. Podzemními vodami zásobované toky jsou silněji mineralizované, tam kde převažují zdroje atmosférické vody je mineralizace slabší (Hlavínek, 2004).

Složení povrchových vod je ovlivněno:

- skladbou geologických vrstev a složením dnových sedimentů,
- hydrogeologicko-klimatickými poměry,
- půdně-botanickými poměry,
- antropogenní činností,
- příronem podzemní vody.

Povrchové vody jsou tekoucí (vodní toky), stojaté (jezera – přírodní vodní nádrže, nádrže a rybníky – vznikají umělým zahrazením vodních toků) (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

### 3.5.4 Vody odpadní

Za vody odpadní jsou považovány, dle vodního zákona č. 254/2001 Sb., vody použité v obytných, průmyslových, zemědělských, zdravotnických a jiných stavbách, zařízeních nebo dopravních prostředcích, pokud mají po použití změněnou jakost (složení nebo teplotu), jakož i jiné vody z těchto staveb, zařízení nebo dopravních prostředků odtékající, pokud mohou ohrozit jakost povrchových nebo podzemních vod.

Podle původu znečištění lze odpadní vody rozdělit na:

- splaškové (odpadní vody z domácností, sociálních zařízení kuchyní),
- průmyslové (vody použité a znečištěné výrobními procesy v průmyslu),
- zemědělské (odpadní vody z rostlinné a živočišné zemědělské velkovýroby),
- srážkové (vody znečištěné exhalacemi ovzduší a smyvem ploch, ze kterých stékají do kanalizací) (Hlavínek, Říha, 2004).

### 3.6 Vody tekoucí

*„Vodní toky jsou povrchové vody tekoucí vlastním spádem v korytě trvale nebo po převažující část roku, a to včetně vod v nich uměle vzdutých. Jejich součástí jsou i vody ve slepých ramenech a v úsecích přechodně tekoucích přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo zakrytými úseky.“ (Zákon č. 254/2001 Sb., § 43).*

Hlavínek, Říha (2004) popisuje vodní tok jako přírodní nebo umělý útvar, ve kterém přírodním nebo umělým korytem proudí voda. Vodní tok vlévající se do moře je tokem I. řádu, jeho přítoky toky II. řádu atd. Hlavní tok je tok nejvyššího řádu v konkrétním povodí.

V České republice se vodní toky nacházejí v úmoří Severního, Baltského a Černého moře. Patří do povodí Labe, Odry a Moravy (Dunaje) (Hubačiková, Opletová, 2008). Dle § 43 vodního zákona toky dělíme podle užití na významné vodní toky a drobné vodní toky. Hydrologickou síť tvoří cca 76 000 km vodních toků, z toho je za významný vodní tok označeno 15 536 km. Délka drobných vodních toků je cca 60 000 km (Brtnický, 2012).

Vodní toky jsou důležitou složkou životního prostředí, pouze ekologicky stabilizovaný tok plnohodnotně plní svoji funkci v krajině (Hlavínek, Říha, 2004).

### 3.7 Vody stojaté

Stojaté vody dělíme na přirozené (jezera, močály) a uměle vytvořené (rybníky, přehradní nádrže). V ČR se setkáváme nejčastěji se stojatou vodou uměle zadržovanou.

Podle účelu lze nádrže rozdělit na ochranné a zásobní. Údolní nádrže bývají často víceúčelové, mají funkci nejen zásobní a ochrannou ale také energetickou, rekreační atd. (Hlavínek, Říha, 2004). Přehrady a velké vodní nádrže mají vliv na množství a kvalitu vody v řekách.

Stojaté vodní plochy tvoří důležitou součást krajiny, přispívají k růstu biodiverzity, ovlivňují mikroklima a vláhovou bilanci (Brtnický, 2012).

### **3.8 Jakost povrchových vod a způsob jejich klasifikace**

Využití vody jako zdroje pro různá odvětví lidské činnosti je limitováno vedle kvantity také její kvalitou. Okamžitá kvalita vody se zjišťuje pravidelným sledováním a vyhodnocováním odebraných vzorků. Mají-li se z vyhodnocení jakosti vyvozovat závěry, je třeba provádět sledování pravidelně a s dostatečnou četností. Systematické hodnocení jakosti povrchových vod je jedním z nejvýznamnějších prostředků kontroly úsilí o zachování čistoty vod. Kontrola jakosti povrchových vod je definována jako soubor činností, jež vedou k hodnocení jakosti vody. V ČR se kontrola jakosti povrchových vod uskutečňuje podle normy ČSN 75 7220 Kontrola jakosti povrchových vod a způsob jejího vyhodnocení ze všeobecného vodohospodářského hlediska určuje dle ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod (Hlavínek, Říha, 2004). Dalším možným způsobem zhodnocení stavu povrchové vody je použití Normy environmentální kvality legislativně zakotvené v Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

#### **3.8.1 Norma ČSN 75 7221**

Klasifikací jakosti povrchových vod se rozumí zařazení povrchových vod do tříd jakosti (Tab. 1), které jsou odstupňovány mezními hodnotami jednotlivých ukazatelů. Hraniční hodnoty vybraných ukazatelů znázorňuje Tab. 2. Vody jsou děleny do pěti tříd jakosti a s ohledem na zařazení také využívány (Tab. 3). Výsledky klasifikace jakosti vody lze zakreslit do mapy jakosti vody, v níž jsou jednotlivé třídy barevně rozlišeny (Tab. 4) (Hlavínek, Říha, 2004).



Tab. 1: Charakteristika jednotlivých tříd jakosti dle ČSN 75 7221

<b>I. třída – neznečištěná voda</b>
Stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému pozadí v tocích.
<b>II. třída – mírně znečištěná voda</b>
Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
<b>III. třída – znečištěná voda</b>
Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.
<b>IV. třída – silně znečištěná voda</b>
Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému.
<b>V. třída – velmi silně znečištěná voda</b>
Stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

Tab. 2: Mezní hodnoty tříd jakosti vybraných ukazatelů dle ČSN 75 7221

Ukazatel	Měrná jednotka	Třída				
		I.	II.	III.	IV.	V.
<b>Elektrolytická konduktivita</b>	mS/m	< 40	< 70	< 110	< 160	≥ 160
<b>Rozpuštěný kyslík</b>	mg/l	> 7,5	> 6,5	> 5	> 3	≤ 3
<b>Dusičnanový dusík</b>	mg/l	< 3	< 6	< 10	< 13	≥ 13
<b>Celkový fosfor</b>	mg/l	< 0,05	< 0,15	< 0,4	< 1	≥ 1
<b>Sírany</b>	mg/l	< 80	< 150	< 250	< 400	≥ 400

Tab. 3: Příklady použití vod jednotlivých tříd dle ČSN 75 7221 (Hlavínek, Říha, 2004)

<b>I. třída</b>
<p>Voda obvykle vhodná pro všechny použití zejména pro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vodárenské účely po přiměřené úpravě,</li> <li>- potravinářský a jiný průmysl, požadující jakost pitné vody,</li> <li>- koupaliště,</li> <li>- lov lososovitých ryb.</li> </ul> <p>Voda má velkou krajínovornou hodnotu.</p>
<b>II. třída</b>
<p>Voda obvykle vhodná pro všechny použití zejména pro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- vodárenské účely po přiměřené úpravě,</li> <li>- vodní sporty,</li> <li>- zásobování průmyslu vodou,</li> <li>- chov ryb.</li> </ul> <p>Voda má krajínovornou hodnotu.</p>
<b>III. třída</b>
<p>Voda je obvykle vhodná jen pro zásobování průmyslu vodou; pro vodárenské využití je použitelná jen tehdy, není-li k dispozici zdroj lepší jakosti, a to za předpokladu použití vícestupňové technologie úpravy.</p> <p>Voda má malou krajínovornou hodnotu.</p>
<b>IV. třída</b>
<p>Voda je obvykle vhodná jen pro omezené účely.</p>
<b>V. třída</b>
<p>Voda není vhodná pro žádný účel.</p>

Tab. 4: Barevné rozlišení jednotlivých tříd v mapě jakosti vody dle ČSN 75 7221

<b>Třída</b>	<b>I.</b>	<b>II.</b>	<b>III.</b>	<b>IV.</b>	<b>V.</b>
<b>Barva</b>	světle modrá	tmavě modrá	zelená	žlutá	červená

### 3.8.2 Normy environmentální kvality

Vodní zákon definuje: „*Normou environmentální kvality se rozumí koncentrace znečišťující látky nebo skupiny látek ve vodě, sedimentech nebo živých organismech, která nesmí být překročena z důvodů ochrany lidského zdraví a životního prostředí.*“ (Zákon č. 254/2001 Sb., §2a). Limitní hodnoty vybraných ukazatelů dle normy environmentální kvality uvádí Tab. 5.

Tab. 5: Normy environmentální kvality pro útvary povrchových vod dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb. (Nařízení vlády č. 61/2003 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)

Ukazatel	Značka, zkratka nebo číslo CAS <sup>A)</sup>	Jednotka	Norma environmentální kvality <sup>C)</sup>	
			NEK-RP (průměrná hodnota) <sup>B)H)</sup>	NEK-NPH (nejvyšší přístupná hodnota) <sup>I)</sup>
Všeobecné ukazatele <sup>J)</sup>				
rozpuštěný kyslík	O <sub>2</sub>	mg/l	> 9	
celkový fosfor	P <sub>celk.</sub>	mg/l	0,15	
dusičnanový dusík	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	5,4	
teplota vody	t	°C		29
reakce vody	pH		6 – 9 <sup>4)</sup>	
síraný	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	200	

Vysvětlivky pro Tab. 4:

A) CAS: Chemical Abstracts Service.

B) Průměrná hodnota je roční aritmetický průměr.

C) Tam, kde není všeobecný požadavek nebo NEK-RP vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota, se neuplatňuje kombinovaný přístup.

H) NEK-RP: norma environmentální kvality vyjádřená jako celoroční průměrná hodnota. Není-li uvedeno jinak, použije se na celkovou koncentraci všech izomerů. Pro každý daný útvar povrchových vod se použitím NEK-RP rozumí, že aritmetický průměr koncentrací naměřených v různých časech průběhu roku v žádném reprezentativním monitorovacím místě ve vodním útvaru nepřekračuje dotyčnou normu.

I) NEK-NPH: norma environmentální kvality vyjádřená jako nejvyšší přípustná hodnota je nepřekročitelná. Není-li NEK-NPH stanovena nejvyšší přípustné hodnoty se nepoužijí.

J) V případě všeobecných ukazatelů jsou limitní hodnoty vyjádřeny jako obecné požadavky a požadavky pro užívání vody.

4) Limit je dán minimální a maximální hodnotou. Standard je dodržen, pokud se každá hodnota ročního počtu vzorků nachází v intervalu minimální a maximální limitní hodnoty.

### 3.9 Znečištění povrchových vod

Znečištěním vod se označuje jako každá změna chemických, fyzikálních a biologických vlastností ve srovnání s jejich přírodním stavem.

Povrchové vody jsou často vystaveny vysokému antropogennímu působení a to při povrchovém odtoku, průsaku půdou, styku a následné kontaminaci s cizorodými látkami či vyšší koncentrací přírodních látek. To má často za následek zhoršení čistoty a jakosti vody a omezení možnosti jejího využívání.

Podle povahy znečišťujících látek je možné dělit znečištění na fyzikální, chemické a organické. Z chemických látek, ve vodě rozpuštěných, patří k nejvýznamnějším volné kyseliny (sírová, uhličitá, huminová atd.), chloridy, sírany, dusičnany, těžké kovy, plynné látky (např. CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, Cl, F).

Vysoký obsah organických látek ve vodách zhoršuje jejich jakost, může docházet k hnilobnému rozkladu, který je doprovázen úbytkem kyslíku. Pokles kyslíku na 5 až 3 mg/l charakterizuje vodu silně znečištěnou. Při pokles kyslíku pod 3 mg/l jde o vodu velmi silně znečištěnou.

Za významné ukazatele biologického znečištění jsou považovány toxické látky, zplodiny hnilobného rozkladu vody, mikroorganismy, bakterie a zárodky různých chorob. V znečištěných vodách dochází velmi často ke kombinaci znečištění fyzikálního, chemického i organického původu, což zesiluje škodlivé účinky jednotlivých látek.

Znečištění vod může být původu přírodního, antropogenního nebo jejich kombinací. Oxid uhličitý ve vzduchu je obsažen i ve srážkových vodách a zvyšuje jejich agresivní účinek na horninové prostředí. Spalováním fosilních paliv unikají do ovzduší oxidy dusíku, oxid uhličitý a oxid siřičitý, které jsou příčinou tzv. kyselých dešťů obsahujících kyselinu sírovou, případně dusičnou a způsobujících pokles pH srážek na 3 a méně. Eroze způsobuje fyzikální znečištění splaveninami a plaveninami a chemické znečištění průmyslovými hnojivy a pesticidy ze zemědělské velkovýroby. Mezi další znečišťující látky pocházející ze zemědělství patří silážní a senážní šťávy, statková hnojiva (močůvka, kejda), odpadní vody, motorová maziva a topné oleje.

Čistě antropogenním zdrojem znečištění je průmysl, nejvíce pak:

- potravinářský – znečištění bílkovinami organického původu, mycími prostředky a odpady,
- papírenský – převažuje znečištění organickými látkami (lignitem, celulózou, sacharidy),
- textilní – znečištění cukry, kyselinou mravenčí, kyselinou octovou, vosky, tuky, kaolinem, barvivy,
- kožedělný – organické znečištění,
- báňský, chemický, hutní, kovodělný a ropný – těžké kovy, chemikálie, ropné látky, fenoly atd.

Všechny výše zmíněné zdroje lze také z prostorového charakteru rozdělit na bodové, plošné, liniové a difuzní (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

Také vodní nádrže představují z hlediska čistoty vody určité specifikum, vytvořené změnami jakosti vody v čase a v prostoru nádrže. Vlastnosti vody v nádržích jsou závislé na mnoha faktorech: parametry nádrže, přírodní podmínky a především kvalita vody ve vtokovém profilu. Tyto faktory výrazně ovlivňují eutrofizaci nádrží a toků pod nimi (Hlavínek, Říha, 2004).

### **3.10 Stratifikace (vertikální zonace) stojatých vod**

Parametry stojatých vod se v nádržích v průběhu roku výrazně mění zejména ve směru vertikálním díky stratifikaci. Stratifikace je výsledkem interakce mezi turbulencí vyvolanou větrem na povrchu nádrže a vztakovými změnami hustoty vody při změně teploty vody. Na jaře a na podzim se promíchává celý objem nádrže (jarní a podzimní cirkulace), avšak v letním a zimním období dochází díky změně teplot a hustot vody k teplotní stratifikaci v rámci letní a zimní stagnace, kdy vody vertikálně necirkulují. Tyto procesy ovlivňují zejména množství rozpuštěného kyslíku a oxidu uhličitého v místech nádrže a hrají důležitou roli při eutrofizaci vod (Hlavínek, Říha, 2004).

### **3.11 Eutrofizace**

Eutrofizací se rozumí nadměrné obohacování vod živinami především fosforem a dusíkem. Hlavní příčinou je vypouštění odpadních vod a splach hnojiv z polí. Nebezpečí eutrofizace se především projevuje ve stojatých vodách. Ideální podmínky pro tento jev nastávají v letním období, kdy díky vyšším teplotám dochází k masivnímu

rozvoji sinic, následuje jejich odumírání a rozklad, což způsobuje úbytek kyslíku zejména u dna. Na kyslík citlivé druhy ryb a další organismy tímto trpí a v krajním případě může dojít až k jejich hromadnému vymírání. Škodlivý vliv na vodní organismy mají také sinicemi produkované toxiny ohrožující též zdraví lidí (Brtnický, 2012).

### **3.12 Ochrana vod**

Ochrana vod je souborem opatření sloužících k ochraně vod před všemi druhy znečištění, k omezení a odstranění následků znečištění a k zabránění vyčerpání vodních zdrojů. Hlavním cílem ochrany vod v souladu s požadavky legislativy Evropské Unie je zlepšování stavu vodních zdrojů a vodních ekosystémů, podpora trvale udržitelného užívání vod a zmírňování nežádoucích účinků povodní a sucha (Hlavínek, Říha, 2004). Tyto soubory opatření lze rozdělit do tří základních forem ochrany vod: obecné, zvláštní, speciální (Hubačíková, Oppeltová, 2008).

#### **3.12.1 Obecná ochrana**

Obsahem obecné ochrany vod jsou veškerá zákonná ustanovení, zajišťující co nejlepší stav vod v přírodním prostředí, z hlediska kvantity i kvality. Obecná ochrana vod pramení především z vodního zákona a jeho prováděcích předpisů. Dalšími doplňujícími legislativními zdroji jsou předpisy zabývající se oblastmi ochrany přírody, životního prostředí, hospodářství, půdního fondu, atd. (Hubačíková, Oppeltová, 2008).

#### **3.12.2 Zvláštní ochrana**

Zvláštní ochrana vod pramení z vodního zákona č. 254/2001 Sb. a jeho prováděcích předpisů. Zajišťuje vyšší stupeň ochrany v porovnání s ochranou obecnou.

Do zvláštní ochrany vod patří tzv. Chráněné oblasti přirozené akumulace vod (CHOPAV) právně zakotveny v § 28 vodního zákona. Jde o významné přirozené akumulace vod, jejichž ochrana je ve státním zájmu.

Součástí zvláštní ochrany jsou také tzv. citlivé oblasti, legislativně ukotveny v § 32 vodního zákona. Jde o vodní útvary povrchových vod, na jejichž jakost klade vodní zákon určité požadavky.

Do zvláštní ochrany řadíme i tzv. zranitelné oblasti (§ 33 vodního zákona). Stanovení zranitelných oblastí vychází z předpisu Evropské Unie č. 91/676/EHS vytvořeného pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství. Jedná se

o tzv. Nitrátovou směrnici obsahující zásady zemědělského hospodaření prostřednictvím akčních programů (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

### **3.12.3 Speciální ochrana**

Speciální ochrana je nadstavbou obou výše uvedených typů a zabezpečuje ochranu vydatnosti, jakosti a zdravotní nezávadnosti zdrojů podzemních nebo povrchových vod využívaných nebo využitelných pro zásobování pitnou vodou (Hubačiková, Oppeltová, 2008). Především jde o ochranná pásma vodních zdrojů (OPVZ) různého stupně dle § 30 vodního zákona.

## **3.13 Monitoring jakosti vody**

Monitoringem vod se rozumí zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod (Hubačiková, Oppeltová, 2008). V rámci implementace požadavků směrnice č. 2000/60/ES ustanovující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky (Rámcová směrnice) byl v roce 2007 změněn systém sledování jakosti vody v ČR a byly zavedeny nové programy monitoringů (ČHMÚ, 2007).

### **3.13.1 Programy monitoringu**

**Situační monitoring** – zajišťuje Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Jedná se o monitoring chemického a ekologického stavu povrchových vod a chemického stavu vod podzemních.

**Provozní monitoring povrchových vod** – zajišťují jednotlivé podniky povodí. Jeho zaměření spočívá zejména ve sledování jakosti vody na vodních dílech, a to především vodárenských, sloužících k odběrům vody pro pitné účely. Monitoring sleduje také jednotlivé zdroje znečištění. Provozní monitoring navíc obsahuje:

- sledování území vyhrazených pro odběr vody pro lidskou spotřebu,
- sledování vod rekreačních a oblastí vymezených jako vody ke koupání,
- sledování zranitelných oblastí,
- sledování oblastí vymezených pro ochranu stanovišť nebo druhů,
- sledování vod vhodných pro život a reprodukci ryb a vodních živočichů.

**Kvantitativní monitoring** – zajišťuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).

- u povrchových vod – zahrnuje monitoring vodních toků a vybraných útvarů vod stojatých. Vodoměrné stanice umístěné v hlásných profilech povodňové služby slouží mimo jiné jako ochrana před povodněmi.
- u podzemních vod – zjišťuje a hodnotí stav povrchových a podzemních vod podle § 21 vodního zákona.

**Průzkumný monitoring** – zahrnuje sledování vod, ve kterých byly zjištěny mimořádné jevy nebo havarijní znečištění.

**Monitoring referenčních podmínek** – sleduje stavy vod v referenčních lokalitách (Hubačiková, Oppeltová, 2008).

### 3.13.2 Činnosti v rámci monitoringu

Činnosti spojené s monitoringem dělíme do dvou kategorií.

**Provozní činnosti** – spočívající v návrhu sítě, frekvenci vzorkování a výběru sledovaných ukazatelů vody, vzorkování a laboratorních rozborech vzorků a jejich uložení.

**Informační činnosti** – skládající se z analýzy výsledků rozborů, převodu dat do tvaru vhodného pro prezentaci, uložení dat do databáze, prezentace výsledků a využití získaných informací při řízení jakosti vody (hlášení, stanovení limitů, povolování vypouštění vod apod.)

Postup při monitoringu se skládá z následujících činností:

**Návrh monitoringu** představuje rozmístění odběrných míst, určení sledovaných ukazatelů jakosti vody a stanovení frekvence vzorkování.

**Odběry vzorků** obsahují určení způsobu odběru a vlastního vzorkování, dále pak konzervaci a dopravu vzorků vody.

**Laboratorní rozbory** obsahují určení metody analýzy a pracovního postupu, kontrolu kvality rozboru a zaznamenání výsledků rozborů.

**Manipulace s daty** je stanovení způsobu předání dat, třídění a verifikace dat, uložení dat do databáze, vypracování zpráv a zveřejnění dat.

**Analýza dat** obvykle zahrnuje základní statistickou analýzu, regresní analýzu, analýzu časových řad a srovnání naměřených hodnot s předepsanými limity v jednotlivých ukazatelích. Součástí analýzy je také klasifikace jakosti vody a interpretace naměřených a zpracovaných údajů ve formě map jakosti vody dle ČSN 75 7221 a modelové hodnocení jakosti vody.



**Využití informací** v rozhodovacím procesu v oblasti péče o jakost vody spočívá v návrhu formátu, ve vlastní prezentaci zpracovaných dat a jejich publikaci, také ve zveřejnění výsledků na základě potřeb jednotlivých uživatelů dat. Důležité je zpětné vyhodnocení efektivnosti monitoringu z pohledu využitelnosti dat.

Mezi cíle monitoringu především patří hodnocení jakosti vody, určení trendů v jakosti vody, identifikace míst, kde jsou překročeny závazné limity jakosti vody, monitoring pro výzkumné záměry (Hlavínek, Říha, 2004).

### **3.14 Charakteristika sledovaných ukazatelů**

Pro sledování jakosti vody toku Trnava bylo zvoleno 7 níže podrobněji popsanych ukazatelů: teplota, konduktivita, hodnota pH, rozpuštěný kyslík, dusičnanový dusík a celkový fosfor. Podle normy ČSN 75 221 jde o ukazatele ze skupiny Obecné, fyzikální a chemické. Dle Normy environmentální kvality, jak uvádí Zákon č. 61/2003 Sb., je řadíme do ukazatelů všeobecných.

#### **3.14.1 Teplota**

Teplota patří mezi organoleptické vlastnosti vod a je významným ukazatelem jakosti vody. V přírodních a užitkových vodách v poměrně úzkém teplotním rozmezí (přibližně 0 – 30 °C) výrazně ovlivňuje jejich chemickou a biochemickou reaktivitu.

Teplotní údaje musí být zohledněny při výpočtu chemických rovnovah vod, při stanovování biochemické spotřeby kyslíku, při hodnocení samočištění povrchových vod atd. (Pitter, 2009).

#### **3.14.2 Konduktivita**

Elektrolytická konduktivita (měrná vodivost), v rozborech vody často označována jen jako konduktivita, je měřítkem koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody. Ve vodách přírodních a užitkových s velmi nízkou koncentrací organických látek, je mírou obsahu anorganických elektrolytů (aniontů a kationtů). Ve zředěných roztocích má konduktivita a koncentrace iontů lineární závislost. Neelektrolyty jako např. časté formy křemíku či boru se na konduktivitě nepodílejí. Elektrolytické konduktivity můžeme dále využít ke kontrole výsledků chemické analýzy vody.

Konduktivita představuje převrácenou hodnotu odporu roztoku ( $\Omega$ ) vykazovaného mezi dvěma elektrodami o ploše  $1 \text{ m}^2$ , od sebe vzdálených 1 m. Jednotkou konduktivity je S/m, při řádově nižších hodnotách se v hydrochemii používá mS/m či  $\mu\text{S/cm}$ . Konduktivita u povrchové a prosté podzemní vody se pohybuje mezi 5 – 50 mS/m.

Tato vlastnost závisí na koncentraci iontů, jejich náboji, pohyblivosti a teplotě. Vzrůst nebo pokles o  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  zapříčiní změnu konduktivity o hodnotu minimálně 2 % (Pitter, 2009).

### 3.14.3 Hodnota pH

Hodnota pH patří mezi nejcitlivější ukazatele rovnovážných stavů v přírodních vodách (Hlavínek, Říha, 2004). Vyjadřuje míru obsahu látek způsobujících kyselost či zásaditost vod.

Zásaditost vod závisí na převaze hydroxylových  $\text{OH}^-$  iontů nad ionty vodíkovými  $\text{H}^+$ . Kyselost je naopak způsobena nadbytkem vodíkových  $\text{H}^+$  iontů. Přičemž vodíkový proton se ve vodném prostředí nevyskytuje volný, ale ve formě hydroniového iontu  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

Veličina pH (vodíkový exponent) je definovaná jako záporně vzatý dekadický logaritmus koncentrace vodíkových (hydroniových) iontů v roztoku, vyjádřeno vzorcem  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ , kde  $\text{H}^+$  udává koncentraci vodíkových iontů v jednotkách mol/l.

V čisté vodě dochází k disociaci  $10^{-7} \text{ mol/l}$ , proto je reakce vody neutrální,  $\text{pH} = 7$ . Roztoky o hodnotě pH menším než 7 označujeme jako kyselé, roztoky o hodnotě přesahující pH 7 nazýváme zásadité (Lellák et al., 1992).

Hodnotu pH ovlivňuje mimo jiné teplota. Například čistá voda má při  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  pH 7,472, při  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  pH 6,12 (Hlavínek, Říha, 2004).

### 3.14.4 Rozpuštěný kyslík

Kyslík je nejvýznamnějším plynem rozpuštěným ve vodě. Množství kyslíku ve vodě značně ovlivňuje většinu biochemických procesů, proto bývá limitujícím faktorem pro život různých organismů (Heteša, Kočková, 1998).

Kyslík se nezbytně podílí na aerobních pochodech vod, při samočištění povrchových vod a při biologickém čištění vod odpadních. Koncentrace rozpuštěného kyslíku je důležitým indikátorem čistoty povrchových vod a jejich zařazení do tříd z hlediska čistoty.

Do vody se dostává difúzí z atmosféry a při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin řas a sinic. Současně je spotřebováván při aerobním biologickém rozkladu organických látek, při nitrifikaci a oxidaci.

V povrchových vodách kolísá koncentrace kyslíku podle toho, zda jde o vodu tekoucí či stojatou. Rozpustnost kyslíku ve vodě ovlivňuje teplota, tlak a závisí také na organickém znečištění vody. K přesycení vody množstvím kyslíku dochází při velké turbulenci vody a při intenzivní fotosyntetické asimilaci (Pitter, 2009). Nedostatek rozpuštěného kyslíku může způsobit vertikální tepelná stratifikace za vzniku letní stagnace stojatých vod (Heteša, Kočková, 1998).

Koncentrace kyslíku by v tekoucích povrchových vodách užívaných pro vodárenské účely, koupání, lososové a kaprové ryby neměla klesnout pod 6 mg/l (Pitter, 2009).

#### **3.14.5 Dusičnanový dusík**

Nízké koncentrace dusičnanového dusíku jsou přítomné téměř ve všech vodách. Řadí se mezi nejvýznamnější anionty vod (Pitter, 2009). Jsou konečným produktem rozkladu organicky vázaného dusíku.

Větší množství dusičnanového dusíku se do vod dostává z hnojiv používaných v zemědělství a ze znečištění prostředí lidskými a zvířecími výkaly. Dusík z průmyslových hnojiv je zdrojem anorganického dusíku v povrchových vodách, kde způsobuje eutrofizaci. Velké množství dusičnanů obsahují často i průmyslové odpadní vody.

Pokud koncentrace dusičnanů v povrchových vodách a ve studních převyšuje hygienické normy, způsobuje riziko pro lidské zdraví. Vyhláška Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. stanovuje nejvyšší mezní hodnotu pro dusičnany ve vodě pitné 50 mg/l, vodě kojenecké 15 mg/l. V prostých podzemních a povrchových vodách se vyskytují většinou v koncentracích řádově v jednotkách mg/l (Hlavínek, Říha, 2004).

#### **3.14.6 Celkový fosfor**

Celkový fosfor představuje jak rozpuštěné tak nerozpuštěné sloučeniny fosforu. Z chemického hlediska lze celkový fosfor dělit na anorganicky a organicky vázaný.

Přírodním zdrojem fosforu ve vodách je rozpuštění a vyluhování některých půd, minerálů (apatit) a zvětralých hornin (vyvřelé, metamorfované). Antropogenními zdroji anorganického fosforu mohou být některé prací, čisticí a odmašťovací prostředky, protikorozní a protiinkrustační přípravky a fosforečná hnojiva aplikovaná

v zemědělství. Zdrojem fosforu organického původu je rozkládající se biomasa fytoplanktonu a zooplanktonu. Zdrojem produkujícím organický a anorganický fosfor jsou živočišné odpady.

Hmotnostní koncentrace celkového fosforu značeného  $P_{\text{celk}}$  se udává ve formě prvku (P) v mg/l, vhodné je také vyjádření v látkové koncentraci (mol P) (Pitter, 2009). V povrchových vodách se obsah pohybuje kolem desetin či celých jednotek mg/l (Heteša, Kočková, 1997).

### 3.14.7 Sírany

Sírany nalezneme ve všech typech vody (Hlavínek, Říha, 2004). Patří mezi nejvýznamnější anionty přírodních vod.

Hlavními přirozenými zdroji síranů jsou minerály sádrovec a anhydrit, dále pak oxidující sulfidické rudy jakou je např. pyrit. Výrazným antropogenním zdrojem těchto sloučenin jsou mořirny kovů používající v technologickém procesu kyselinu sírovou ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Dalším zdrojem jsou městské a průmyslové exhalace, obsahující vysoké koncentrace oxidu siřičitého ( $\text{SO}_2$ ) a sírového ( $\text{SO}_3$ ), pocházející ze spalování fosilních paliv. Exhalace pronikají do atmosférických vod, které se dostanou do vod povrchových.

Koncentrace síranů ve vodách se nejčastěji vyjadřuje v iontové formě  $\text{SO}_4^{2-}$  a to v mg/l či mmol/l, dále se udává jako prvek síra S nebo látkové množství (Pitter, 2009). Obsah síranů v přírodních vodách je limitován přítomností iontů  $\text{Ca}^{2+}$ , které tvoří spolu s  $\text{SO}_4^{2-}$  málo rozpustný síran vápenatý  $\text{CaSO}_4$ . Jejich typické koncentrace v povrchových vodách se pohybují v desítkách až stovkách mg/l (Heteša, Kočková, 1998).



nadmořská výška povodí se pohybuje kolem 570 m n. m. Na polovině ploch svahů sledujeme sklon v intervalu 2 – 5°, převažuje východní sklon (VÚV TGM, 2006).

#### **4.1.2 Ochrana vod**

Z hlediska zvláštní ochrany vod bylo v roce 2003 území ČR zahrnující i povodí Trnavy, vyhlášeno citlivou oblastí. Od téhož roku patří všechna katastrální území celého povodí Trnavy navíc mezi zranitelné oblasti (Nařízení vlády č. 262/2012 Sb.).

V povodí Trnavy převládají malé zdroje podzemních vod o nízké vydatnosti sloužící pro místní zásobování vodou. Pouze v okolí vrchu Strážiště (744 m n. m., nejvyšší bod povodí) nacházíme významnější vodní zdroj podzemní vody, zásobující vodovody Pacova (největšího města povodí) a blízkých obcí, pro jehož ochranu je v rámci speciální ochrany vod stanoveno OPVZ II. stupně, s několika OPVZ I. stupně. Také přehrada Trnávka a její okolí leží v OPVZ a to v ochranném pásmu II. stupně vodárenské nádrže Švihov (Geoportál.gov.cz, 2015).

Nádrž Švihov ležící na řece Želivce mimo zájmové povodí, představuje jeden z nejvýznamnějších povrchových zdrojů pitné vody v ČR. Jde o důležitý vodárenský zdroj pro celý vodárenský systém Praha-střední Čechy, na kterém je závislých téměř 1,5 milionů obyvatel (Broncová, 2006). Surová voda nádrže vykazuje kvalitu kategorie A2 a upravit ji na vodu pitnou lze s vynaložením minimálních nákladů (Pečenka et al., 2007). Jakost vody v nádrži ovlivňuje celé její povodí, a tedy i povodí řeky Trnavy (Broncová, 2006).

#### **4.1.3 Geomorfologické podmínky**

Celé povodí Trnavy patří do geomorfologické provincie Česká vysočina, subprovincie Českomoravská soustava, celku Křemešnická vrchovina. Povodí se rozkládá na dvou geomorfologických podcelcích – Pacovské a Želivské pahorkatiny.

V severní části Pacovské pahorkatiny vystupuje přes 600 metrů vysoký hřbet Řísnické vrchoviny sklánící se k jihovýchodu. Jižně odtud nacházíme v okolí Pacova nižší Catorazskou pahorkatinu vysokou 550 – 600 metrů. Skládá se z podélných hřbetů směru SV – JZ, oddělených mělkými údolími vodních toků.

Členitá Želivská pahorkatina se střední nadmořskou výškou 480 metrů se vklíní (Hořepnickou pahorkatinou) jako pruh nižšího povrchu mezi vyšší georeliéf Pacovské pahorkatiny. Sklání se od jihozápadu k severovýchodu. Nad zarovnaný povrch holoroviny ční pouze křemencový suk Čertova skála (610 m n. m.) (Čech, 2002).

#### 4.1.4 Klimatické podmínky

Území povodí patří dle Quitta (1971) do mírně teplé klimatické oblasti. Jedná se o klimatickou jednotku MT7 ve středních polohách Želivské pahorkatiny v dolním toku Trnavy, klimatickou jednotku MT5 ve středních polohách Pacovské pahorkatiny a klimatickou jednotku MT3 v nejvyšších polohách Pacovské pahorkatiny.

Dle Atlasu podnebí Česka (Tolasz, 2007) vykazuje území hodnoty uvedené v Tab. 6.

Tab. 6: Průměrné hodnoty teploty vzduchu a úhrnu srážek povodí (Tolasz, 2007)

OBDOBÍ	Průměrná hodnota	
	Teplota vzduchu °C	Úhrn srážek (mm)
<b>Roční</b>	5 – 6	650 – 700
<b>Jaro</b>	6 – 7	150 – 200
<b>Léto</b>	13 – 14	200 – 250
<b>Podzim</b>	7 – 8	125 – 150
<b>Zima</b>	-2 – -3	100 – 150

Nejchladnějším měsícem oblasti je leden s -3 až -2 °C průměrné měsíční teploty vzduchu. Nejteplejším a zároveň nejdeštivějším měsícem je červenec s průměrnou teplotou vzduchu 16 – 17 °C a průměrným úhrnem srážek 80 – 100 mm. Nejméně srážek v rozmezí 30 – 40 mm spadne na území v březnu. Výše uvedené hodnoty vycházejí ze sledovaného období 1 961 – 2 000 (Tolasz, 2007).

#### 4.1.5 Geologické podmínky

Zájmové území patří z regionálně geologického hlediska k moldanubiku. Východní část území tvoří jednotvárná skupina moldanubika, ze západu pak zasahuje pestrá skupina.

Nejrozšířenější horninou jsou různé typy rul. Na východě jde o biotitické plagioklasové a sillimanicko-biotitické ruly dílem migmatitizované, v západní části převládají svory a ruly. Západně od Pacova nalezneme ortoruly s metagranity. Malé zastoupení mají kvarcity (Čertova skála, vrch Strážiště) a amfibolity (obec Kámen) (Geology.cz, 2014). Minimálně se vyskytují pokryvné sedimentární horniny (kvartérní fluviální sedimenty) (Čech, 2002).

#### 4.1.6 Pedologické podmínky

V celém povodí se vyskytují převážně střední až lehčí střední půdy s půdotvorným substrátem lehčích rul (Kozák, 2009).

Vyšší polohy Pacovské pahorkatiny pokrývají málo až středně hluboké kambizemě dystrické. Jde o silně kyselé, typické lesní půdy. V nižších polohách Pacovské pahorkatiny, zhruba pod hranicí 600 m n. m., a na Želivské pahorkatině dominuje výskyt kambizemě typické kyselé, především využívané jako orná půda. V okolí obce Obrataň a Kámen se, díky vložkám anfibolitů v rulách, nachází kambizemě typická nasycená, vyznačující se slabě kyselou až neutrální půdní reakcí. Díky vyššímu obsahu bazických kationtů se typická kambizemě využívá hlavně jako orná půda. (Čech, 2002). V nivě řeky Trnavy převažují naplavené fluvizemě často oglejené, v místech s pomalým odtokem se vyskytují gleje (Nature.cz, 2015).

#### 4.1.7 Biota

Povodí řeky Trnavy se nachází v pelhřimovském bioregionu spadajícím pod hercynskou podprovincii provincie střeoevropských listnatých lesů. Bioregion ležící v mezofytiku zaujímá přibližně západní polovinu fyto geografického okresu 67. Českomoravská vrchovina. Reprezentuje ho (suprakolinní až) submontánní Skalického výškový vegetační stupeň a bukový a jedlobukový vegetační stupeň dle Zlatníka.

V potenciální vegetaci by převládali kyselé bučiny (*Luzulo luzuloidis-Fagetum sylvaticae*), o něco méně by bylo květnatých bučin (*Dentario enneaphylli-Fagetum sylvaticae*, *Festuco altissimae-Fagetum sylvaticae*). Acidofilní doubravy (*Genisto germanicae-Quercion*) by měly nižší zastoupení.

V náhradní vegetaci převažují louky a pastviny svazů *Arrhenatherion elatioris*, *Calthion palustris*, *Molinion caeruleae*, *Cynosurion cristati* a *Violion caninae*. Pro okolí rybníků jsou charakteristická společenstva vysokých ostřic (*Magno-Caricion elatae*). Vodní vegetaci představují společenstva svazů *Lemnion minoris*, *Utricularion vulgaris*, *Nymphaeion albae*.

Flóra je chudá mezní a exklávní prvky jsou vzácné. Převažují druhy hercynské a doznívá zde výskyt druhu alpského migrantu. Významný je výskyt boreálních druhů rašeliništních. Za geneticky významné se z hlediska lesnického považují ekodémy smrku ztepilého s pozoruhodně vysokým podílem tzv. rezonančního smrku.



V bioregionu se vyskytuje hercynská fauna zkulturněných středních poloh Českomoravské vrchoviny s fragmenty fauny hercynských bučin. Vodní toky typu bystřin a potoků náleží do pásma pstruhového.

Zájmové povodí zasahuje z části také do posázavského bioregionu a to vodním dílem Trnávka a jeho okolím. Projevuje se zde kontrast v podobě výrazné vegetační hranice podmíněné vysokým svahem. Odlišná biota je obohacena o teplomilnější druhy s absencí Zlatníkova 5. vegetačního stupně (Culek et al., 2013).

#### **4.1.8 Chráněná území**

Z důvodu trvalého výskytu vydry říční (*Lutra lutra*) a ochrany jejích biotopů byla roku 2004, v rámci soustavy Natura 2000, vyhlášena evropsky významná lokalita (EVL) Trnava. Tato EVL zaujímá vlastní tok říčky Trnavy v úseku od silnice Jetřichovice – Bratřice po horní část vodní nádrže Želivka v celkové rozloze 225,01 ha (Příloha č. 700 k nařízení vlády č. 318/2013 Sb.).

V povodí se nachází přírodní památka Kejtovské louky o rozloze 3,2 ha, která byla vyhlášena v roce 1994. Jde o vlhké louky v nivě Kejtovského potoka, pod rybníkem Dvořiště, 1,5 km severozápadně od obce Věžná. Předmětem ochrany tohoto maloplošného zvláště chráněného území jsou druhově pestré vlhké a rašelinné louky a přirozeně meandrující vodní tok s cennými břehovými porosty. Nalezneme zde živočišné druhy jako rosnička zelená (*Hyla arborea*), cvrčilka zelená (*Locustella naevia*), rákosník zpěvný (*Acrocephalus palustris*), sedmihlásek hajní (*Hippolais icterina*), pěnice černohlavá (*Sylvia atricapilla*), pěnice hnědokřídlá (*Sylvia communis*), pěvuška modrá (*Prunella modularis*), skorec vodní (*Cinclus cinclus*) a ledňáček říční (*Alcedo atthis*), který zde také hnízdí (Čech, 2002).

Předmětem obecné území ochrany v povodí je přírodní park Polánka vyhlášen roku 1994. Nachází se na západním okraji Českomoravské vysočiny, severně od Chýnova, kolem vrcholu Batkovy (721,1 m) na ploše 16,2 km<sup>2</sup>. Pod tímto vrchem pramení řeky Blanice a Trnava. Jádrem přírodního parku jsou lesní komplexy Blatkovy a Domamyšlský les. V jihozápadní členité části území je významným krajinným fenoménem síť polních cest s doprovodnou alejovou výsadbou tvořenou javorem, jasanem a dubem. K zajímavým rostlinným druhům patří plavuník zploštělý (*Diphasiastrum complanatum*), žebrovice různolistá (*Blechnum spicant*), pryšec sladký (*Tithymalus dulcis*) a dřípátka horská (*Soldanella montana*). Ve fauně přírodního parku převládají druhy vázané na lesní biotopy, mezi nimi také druhy chráněné, např. výr

velký (*Bubo bubo*), krkavec velký (*Corvus corax*), jestřáb lesní (*Accipiter gentilis*) a ještěrka živorodá (*Zootoca vivipara*) (Albrecht, 2003).

## 4.2 Charakteristika toku

### 4.2.1 Průběh toku

Trnava nazývaná též *Trnávka* je levostranný a celkově největší přítok řeky Želivky. Řeka Trnava pramení jihovýchodně od osady Blanička, na území přírodního parku Polánka, pod vrchem Batkovy, v nadmořské výšce 672,05 m, asi 8 km jižně od obce Mladá Vožice. Ve své horní části protéká většinou lesnatým terénem Křemešnické vrchoviny. V nejhořejším úseku má ráz bystřiny. Její tok směřuje nejprve k východu k obci Vodice, podle které je v této lokalitě někdy nazýván Vodickým potokem, následně opouští Jihočeský kraj a dostává se do kraje Vysočina. Pod rybníkem Valcha u obce Cetoraz se otáčí k severu. V tomto úseku posilují tok levostranné přítoky Novomlýnský potok, Barborka a Vočadlo. Mezi obcemi Těchobuz a Jitřichovec se obrací opět na východ a tento směr si udržuje až ke svému ústí. Jihozápadně od Hořepníka u obce Březina přijímá Trnava zprava na svém 23,7 říčním kilometru svůj největší přítok Kejtovský potok o délce 22,14 km. Další pravostranný přítok, necelých 12 km dlouhý Bořetický potok ústí do Trnavy v obci Hořepník. Přirozeně meandrující tok v dobře vyvinuté nivě, protéká zemědělsky využívanými plochami s rozptýlenou zelení a lesními celky. Asi 7 km před ústím řeky vzdouvá její vody vodní nádrž Trnávka. Do Želivky se Trnava vlévá na jejím 52,0 říčním kilometru v obci Želiv, v nadmořské výšce 393,47 m.

### 4.2.2 Hydrologické údaje

Řeka Trnava se řadí k tokům V. řádu dle Gravelia. Dle vodního zákona § 47 jde o významný vodní tok (Zákon č. 254/2001 Sb.).

Plocha jejího povodí činí 340,14 km<sup>2</sup> a délka toku je 56,28 km. Na toku výrazně převažují sklony do 5 ‰ zabírající dvě třetiny délky toku. Střední sklon toku představuje necelých 5 ‰ (VÚV TGM, 2006). Průměrný průtok u ústí odpovídá 2,06 m<sup>3</sup>/s (Broža, 2005).

V letech 1977-1981 bylo na toku postaveno vodní dílo Trnávka. Nachází se nad obcí Želiv, 1,5 km nad ústím řeky. Hráz o výšce 19 m nad terénem způsobuje vzduť o délce 6 km. Pro energetické využití průtoku byla pod přehradou vybudována malá vodní

elektrárna (Broža, 2005). V rámci rekreačního využití patří přehrada mezi koupací oblasti ČR (Geoportál.gov.cz, 2015). Na konci vzdutí je umístěn ponořený stupeň, který stabilizuje hladinu v horní části nádrže a také zlepšuje její sedimentační účinky. Celkový objem nádrže činí 6,7 mil. m<sup>3</sup> s plochou hladiny 98 ha. Spolu s nádržemi Němčice a Sedlice má přehrada Trnávka za úkol zachycovat splaveniny přinášené vodními toky do vodárenské nádrže Švihov. (Broža, 2005).

## **5 METODIKA PRÁCE**

Podstatou bakalářské práce bylo sledování kvality vody toku Trnava po dobu jednoho roku.

V rámci provozních činností monitoringu bylo zvoleno pět odběrných míst na toku Trnava, kde byly provedeny čtyři odběry za sledované období. Odběry byly navrženy tak, aby proběhly v každém ročním období kalendářního roku. První vzorky byly odebrány na jaře 30. 3. 2014, druhé v létě 7. 7. 2014, třetí na podzim 5. 10. 2014 a čtvrté v zimě 21. 12. 2014.

Na každém odběrném místě byly pomocí multimetru a jeho elektrod změřeny ukazatele jakosti vody: hodnota pH, rozpuštěný kyslík, konduktivita, teplota. Zároveň byl odebrán vzorek vody pro chemickou analýzu prováděnou následující den v laboratoři, při které byl využitím spektrofotometru stanoven obsah síranů, dusičnanového dusíku a celkového fosforu.

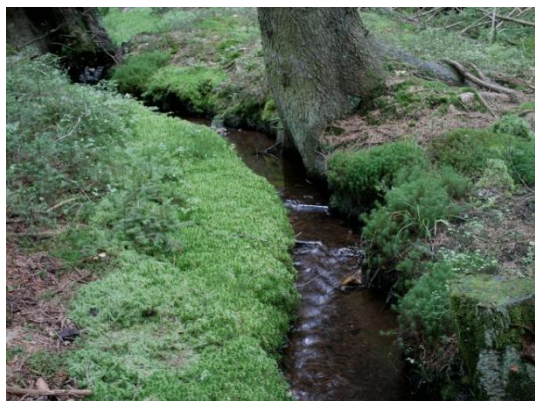
Pro zhodnocení výsledků sledování byly naměřené a stanovené hodnoty ukazatelů jakosti povrchových vod vyhodnoceny a zařazeny do tříd jakosti, pomocí normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod. Dále byly výsledné hodnoty ukazatelů porovnány s hodnotami přípustného znečištění povrchových vod NEK v Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

### **5.1 Popis odběrných míst**

Pět odběrných míst na trase toku Trnava bylo umístěno s cílem získat komplexní informaci o kvalitě vody v celé délce řeky. Za tímto účelem byla odběrná stanoviště rovnoměrně rozmístěna od pramene k ústí řeky, většinou s rozdílem kolem 15 říčních kilometrů.

### 5.1.1 Polánka pramen

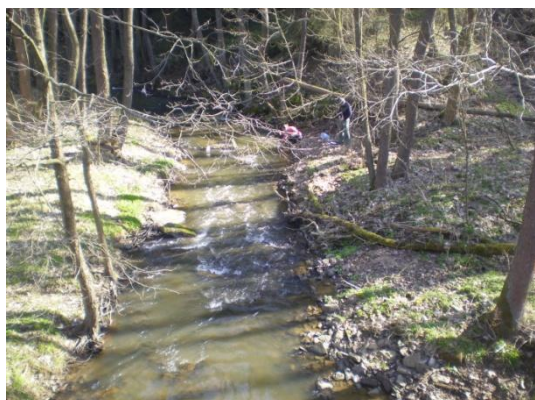
První odběrné místo (Obr. 2) se nachází v Domamyšlském lese přírodního parku Polánka v mokřině zvané Bahna, kde tok Trnava oficiálně pramení. Vody mokřiny se v těchto místech slévají v drobný potůček protékající smrkovým lesem. Měření a odběr byl proveden nad lesní tůň, v nadmořské výšce 666 m. Vody tůně zadržuje lesní cesta bývalé (červené) turistické trasy. Ta je zde stále značena, avšak oficiálně byla odkloněna východně. Potůček obklopují bohaté porosty ploníku a rašeliníku.



*Obr. 2: První odběrné místo Polánka pramen (archiv autora, 2014)*

### 5.1.2 Těchobuz most

Druhé odběrné stanoviště (Obr. 3) leží za soutokem Trnavy s potokem Barborka, pod kamenolomem Těchobuz, na 38,8 říčním kilometru. Přibližně 4 m široký tok má v těchto místech spíše bystřinný charakter, dno pokrývají kameny o velikosti 10-15 cm a břehy jsou lemovány olší. Odběrným bodem byl pravý břeh v nadmořské výšce 510 m, u mostu silnice II. třídy č. 124, spojující Těchobuz a Jetřichovec.



*Obr. 3: Druhé odběrné místo Těchobuz most (archiv autora, 2014)*



### 5.1.3 Ovčín

Třetí odběrné místo (Obr. 4) bylo zvoleno pod soutokem Trnavy s Kejtovským potokem u mlýna zvaného Dolní Mlýn, na 23,6 říčním kilometru. Tok posílený od předchozího stanoviště několika přítoky dosahuje šířky okolo 4 m. Tento úsek patří již do evropsky významné lokality Trnava. Odběr a měření bylo provedeno na levém břehu řeky v nadmořské výšce 453 m.



*Obr. 4: Třetí odběrné místo Ovčín (archiv autora, 2014)*

### 5.1.4 Červené Řečice nad přehradou

Čtvrté odběrné místo (Obr. 5) leží na 9,0 říčním kilometru nad přehradou Trnávka, na území evropsky významné lokality Trnava. Jedná se o úsek mezi papírnou CEREP A, a. s., Červená Řečice a mostem silnice II. třídy č. 112 spojující Červenou Řečici s Křelovicemi. Řeka je v těchto místech již mohutným meandrujícím tokem o šířce 10 m s dobře vyvinutou nivou. Odběrným bodem byl levý břeh toku v nadmořské výšce 421 m.



*Obr. 5: Třetí odběrné místo Červené Řečice nad přehradou (archiv autora, 2014)*

### 5.1.5 Želiv ústí

Páté odběrné místo (Obr. 6) se nachází pod přehradou Trnávka, v obci Želiv, 600 m před ústím řeky. Řeka má v tomto úseku kolem 15 m šířky. Odběrným bodem byl zvolen levý břeh toku v nadmořské výšce 396 m, u hotelu Kocanda. Jde o místo zpřístupněné betonovými schody, vybavenými vodočetnou latí.



*Obr. 6: Páté odběrné místo Želiv ústí (archiv autora, 2014)*

## 5.2 Práce v terénu

Na vybraných odběrných místech byly v bodě odběru změřeny ukazatelé jakosti vody (hodnota pH, rozpuštěný kyslík, konduktivita, teplota) a byly odebrány jednorázové, oddělené vzorky vody pro laboratorní analýzu.

Pro změření ukazatelů byly použity výrobky od společnosti HACH LANGE, digitální jednokanálový multimetr HQ30D a standardní výměnné digitální elektrody INTELLICAL: gelová elektroda pH, sonda LDO a sonda konduktivity (všechny se zabudovaným teplotním senzorem).

### 5.2.1 Měření ukazatelů v terénu

Pro stanovení hodnoty pH byla na multimetr připojena gelová pH elektroda. Z té byl odejmut kryt (lahvička) s pufovacím (standardním) roztokem KCl a provedeno měření. Po úkonu byla elektroda opláchnuta destilovanou vodou, osušena a vložena zpět do pufovacího roztoku. Množství rozpuštěného kyslíku bylo měřeno na multimetr připojenou sondou LDO, konduktivita pak připojenou sondou konduktivity. Všemi sondami byla změřena také teplota vody. Po každém použití, byly elektrody opláchnuty destilovanou vodou a osušeny.

### **5.2.2 Odběr, transport a uchování vzorku**

Odběr byl proveden ze břehu, přímo do vzorkovnice (polyetylenová láhev 250 ml), vypláchnuté těsně před odběrem samotným vzorkem vody. Ponořením do hloubky 20 cm pod hladinu vody (s výjimkou prameniště) byla láhev naplněna až po hrdlo, z důvodu zamezení přítomnosti vzduchu. Důraz byl kladen na vyvarování se znečištění vzorku porušením, jak dna, tak břehu vodního toku. Neprodleně po odebrání vzorku byla vzorkovnice zazátkována, označena a na dobu transportu umístěna v termotašce chránící vzorek před světlem a změnou teploty.

Vzorkovnice byly do analýzy, prováděné následný den, uchovány v chladničce při teplotě 4 °C.

### **5.3 Práce v laboratoři**

Při práci v laboratoři bylo vždy postupováno v souladu s bezpečnostními předpisy. Základem předcházení úrazu bylo použití ochranných pomůcek (laboratorní plášť, rukavice, ochranné brýle) a dodržení zásad pro manipulaci s chemikáliemi.

Pro stanovení dusičnanového dusíku, celkového fosforu a síranů bylo využito dvou přístrojů od společnosti HACH LANGE, spektrofotometr DR/4000V model 48 000 a termoreaktor DRB 200. Využita byla také automatická (elektronická) pipeta pro přesné a rychlé odměřování množství kapalin. V laboratoři bylo kromě běžného laboratorního skla použito kyvet a vialek, které jakožto optické sklo, byly vkládány do spektrofotometru důkladně očištěny (v případě kyvet bez zátky).

Vzorky vody byly analyzovány do 24 hodin po jejich odebrání následujícími postupy.

#### **5.3.1 Stanovení obsahu dusičnanového dusíku**

Pro stanovení dusičnanového dusíku byl vzorek za atmosférického tlaku přefiltrován vlastní vahou kapaliny přes filtrační papír.

Na spektrofotometru byl nastaven program číslo 2530 (N, Nitrate HR). Do kyvety bylo odpipetováno 10 ml vzorku. Tento slepý vzorek byl vložen do držáku na kyvety a uzavřen víkem přístroje.

Do kyvety stejného číselného označení bylo odpipetováno rovněž 10 ml vzorku a přidán obsah sáčku NitraVer 5. Po tomto úkonu byla kyveta uzavřena a silně promíchávána po dobu 1 minuty. V okamžiku signalizace přístroje značící uplynutí



časového intervalu probíhala 5 minut dlouhá chemická reakce. Po pípnutí upozorňujícího na ukončení reakce byl přístroj vynulován. Ve spektrofotometru byla vyměněna kyveta se slepým vzorkem za kyvetu s vzorkem a reagentem. Konečný výsledek zobrazil displej přístroje v mg/l  $\text{NO}_3^-$ .

### **5.3.2 Stanovení obsahu celkového fosforu**

Termoreaktor byl nastaven na teplotu 150 °C a časový úsek 30 minut. Na spektrofotometru byl zvolen program č. 3036 (P Total As. TNT). Do testovací vialky „Total and Acid Hydrolyzace“ bylo odpipetováno 5 ml nefiltrovaného vzorku. Po promíchání byl do vialky vsypán obsah Potassium Persulfate Powder Pillow for Phosphonate, vialka byla uzavřena a protřepána. Následně byla umístěna do termoreaktoru a spuštěn nastavený program zahřívání (150 °C, 30 minut). Po signalizaci, upozorňující na konec časového intervalu, byla vialka vyjmuta z reaktoru a umístěna do stojanu. Do vialky vychladlé na pokojovou teplotu byly odpipetovány 2 ml 1,54 N Sodium Hydroxide Solution. Obsah byl uzavřen a promíchán. Vialka s připraveným slepým vzorkem byla vložena do držáku na vialky upevněném ve spektrofotometru a po uzavření víka byl přístroj vynulován.

Následně byla vialka (slepý vzorek) vyjmuta a byl do ní pomocí nálevky vysypán obsah PhosVer 3. Vialka byla po uzavření 10 – 15 sekund míchána a poté v ní probíhala dvou minutová reakce. V okamžiku signalizace označující ukončení reakce byla očištěná vialka vložena do držáku, zavřeno víko spektrofotometru a na displeji se zobrazil výsledek v mg/l P.

### **5.3.3 Stanovení obsahu síranů**

Pro stanovení obsahu síranů byl vzorek za atmosférického tlaku přefiltrován vlastní vahou kapaliny přes filtrační papír.

Spektrofotometr byl nastaven na program č. 3450 (Sulfate). Do kyvety bylo odpipetováno 25 ml vzorku. Tento slepý vzorek byl vložen do držáku na kyvety a uzavřen víkem přístroje.

Do baňky bylo odpipetováno 25 ml vzorku a vysypán obsah SulfaVer 4. Po tomto úkonu byla baňka uzavřena víčkem a začala probíhat 5 minut dlouhá reakce. V okamžiku signalizace přístroje značící uplynutí časového intervalu byl přístroj vynulován a obsah baňky přelit do druhé z dvojice kyvet (stejného čísla). Ta byla

vložena do držáku na kyvety místo kyvety se slepým vzorkem. Po zavření víka přístroje se na displeji objevil konečný výsledek v mg/l  $\text{SO}_4^{2-}$ .

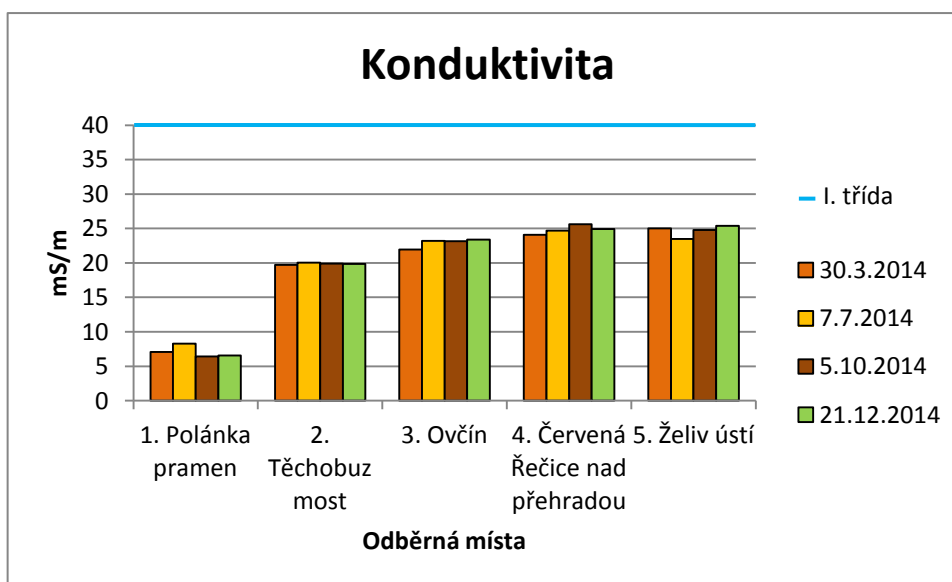
## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Následující kapitola obsahuje vyhodnocení zjištěných hodnot vybraných ukazatelů. Pro tento účel bylo využito normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod a také Normy environmentální kvality, přílohy Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod.

### 6.1 Vyhodnocení dle ČSN 75 7221

Vyhodnoceny byly vybrané ukazatele: konduktivita, rozpuštěný kyslík, dusičnanový dusík, celkový fosfor a sírany. Všechny ukazatele byly zjištěny v měrných jednotkách uvedených v normě, pouze u naměřených hodnot konduktivity byl nutný převod ( $\mu\text{S}/\text{m} - \text{mS}/\text{m}$ ). Grafy obsahují všechna měření daného ukazatele a znázornění hraniční hodnoty tříd jakosti, ke kterým se naměřené hodnoty přibližují nebo je překračují. Výsledky grafického znázornění jsou stručně popsány a zhodnoceny. Následně jsou hodnoty ukazatelů v jednotlivých odběrných termínech souhrnně vyhodnoceny a výsledky znázorněny v mapách jakosti vody (Příloha 8 – 11), vytvořených v programu ArcGIS 10 Desktop.

#### 6.1.1 Konduktivita



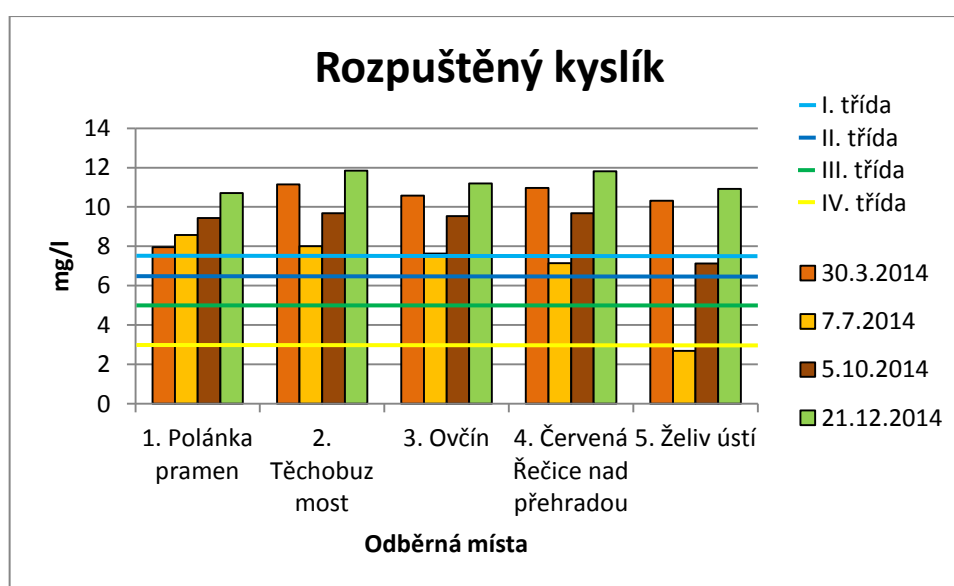
Graf 1: Zjištěné hodnoty konduktivity na jednotlivých odběrných místech

Z Grafu 1 je patrné, že všechny naměřené hodnoty konduktivity (Příloha 1) nedosahují 40 mS/m, a tak splňují podmínku I. třídy jakosti. Většina hodnot se pohybovala v intervalu

19 – 25 mS/m. Výjimkou jsou celoročně nižší hodnoty, mezi 6 až 9 mS/m, které vykazuje odběrné místo Polánka pramen. Všechny výsledky odpovídají tvrzení Pittera (2009), podle něhož obvykle mívají povrchové vody konduktivitu v rozmezí 5 – 50 mS/m.

Nejvyšší hodnota byla během celého sledování naměřena na stanovišti Červená Řečice nad přehradou 5. 10. 2014, a to 25,6 mS/m. Nejnižší hodnota, byla naměřena téhož dne na prameništi Polánka a činila 6,4 mS/m.

### 6.1.2 Rozpuštěný kyslík

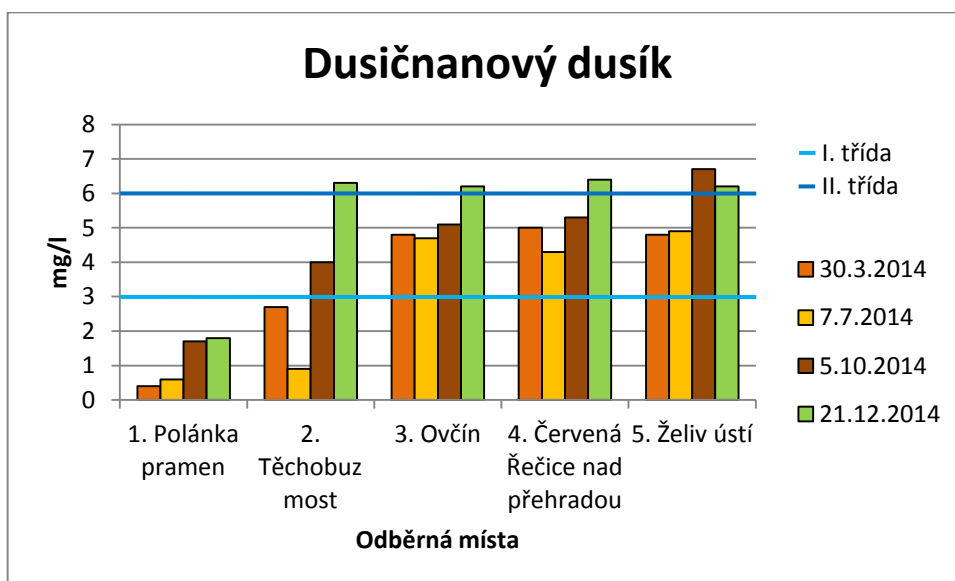


Graf 2: Zjištěné hodnoty rozpuštěného kyslíku na jednotlivých odběrných místech

Jak Graf 2 vypovídá převážná většina naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku (Příloha 2) je nad mezní hodnotou 7,5 mg/l a vody tak odpovídají I. třídě jakosti. Kritérium nesplňují pouze 3 hodnoty měření. Podle Pittera (2009) koncentrace kyslíku by v tekoucích povrchových vodách užívaných pro vodárenské účely, koupání, lososové a kaprové ryby neměla klesnout pod 6 mg/l. Tuto podmínku nesplňuje hodnota 2,68 mg/l naměřená 7. 7. 2014 na pátém odběrném stanovišti. Jedná se o hodnotu zařazující vodu do V. třídy jakosti (velmi silně znečištěná voda). Vzhledem k poloze odběrného stanoviště pod přehradou, můžeme usuzovat, že pokles rozpuštěného kyslíku zapříčinila vertikální tepelná stratifikace a vznik letní stagnace stojatých vod nádrže.

Nejvyšší obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě činil 11,84 mg/l a byl neměřen 21. 12. 2014 na odběrném místě Těchobuz most, nejnižší naměřenou hodnotou bylo již zmíněných 2,68 mg/l na stanovišti Želiv ústí.

### 6.1.3 Dusičnanový dusík

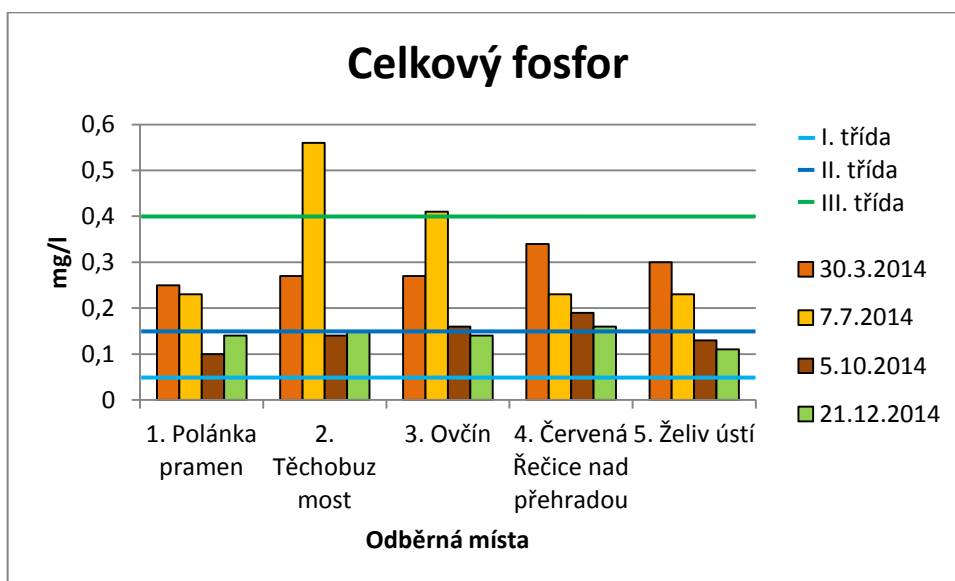


Graf 3: Zjištěné hodnoty dusičnanového dusíku na jednotlivých odběrných místech

Graf 3 znázorňuje hodnoty obsahu dusičnanového dusíku vod (Příloha 3), spadajících do I., II. i III. třídy jakosti. Souhrnně nejvyšší hodnoty, s výjimkou odběrného místa Želiv ústí, byly stanoveny ve vzorcích z 21. 12. 2014. Nejnižší hodnoty koncentrací v průběhu celého roku vykazovalo odběrné místo na prameništi. Výše hodnot celého měření odpovídá tvrzení Hlavínka, Říhy (2004), udávajícího obvyklou koncentraci dusičnanového dusíku prostých povrchových vod v jednotkách mg/l.

Za celé sledované období bylo nejvyšší zjištěnou hodnotou 6,7 mg/l ve vzorku z 5. 10. 2014 z ústí řeky. Nejnižší koncentraci dusičnanového dusíku, odpovídající 0,4 mg/l, vykazoval vzorek vody z prameniště ze dne 30. 3. 2014.

### 6.1.4 Celkový fosfor

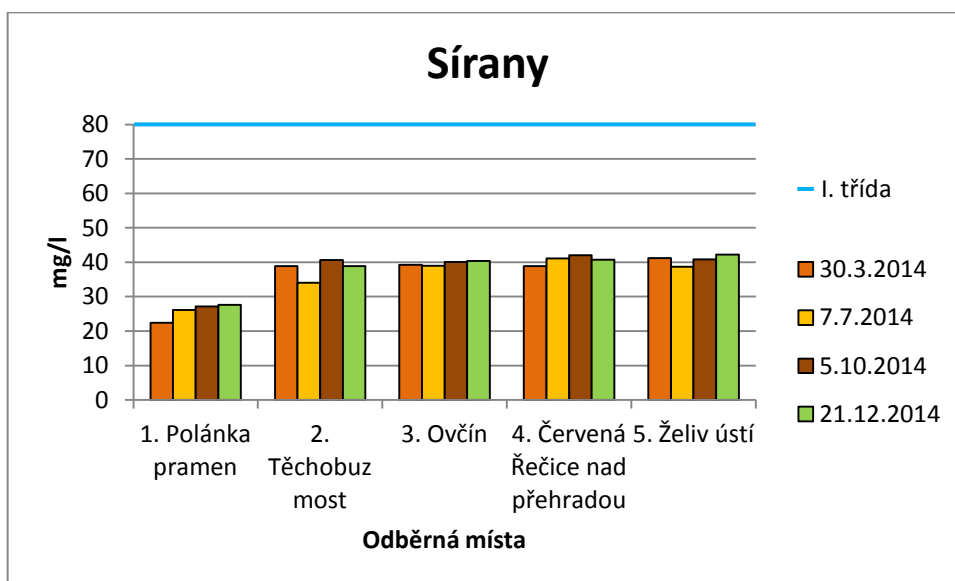


Graf 4: Zjištěné hodnoty celkového fosforu na jednotlivých odběrných místech

Hodnoty obsahu celkového fosforu (Příloha 4), zobrazené v Grafu 4, spadají převážně do mezních hodnot II. a III. třídy jakosti. V případě dvou hodnot ze 7. 7. 2014 bylo hraničních 0,4 mg/l překročeno, čímž spadaly tyto hodnoty do IV. třídy jakosti. Jednalo se o hodnoty odběrných míst Ovčín a Těchobuz most. Zhoršení jakosti v těchto případech mohl zapříčinit splach fosforečných hnojiv ze zemědělsky obhospodařovaných pozemků za přispění vypouštěných komunálních odpadních vod obcí v lokalitě.

Nejvyšší zjištěnou hodnotou bylo 0,56 mg/l odběrného stanoviště Těchobuz most ze 7. 7. 2014. Naopak nejnižší hodnota byla naměřena ve vzorku za dne 5. 10. 2014 odběrného místa Polánka pramen odpovídající 0,10 mg/l.

### 6.1.5 Síraný



Graf 5: Zjištěné hodnoty síranů na jednotlivých odběrných místech

Z Grafu 5 je zřejmé, že žádná z hodnot obsahu síranů (Příloha 5) nepřekročila mezní hranici I. třídy jakosti odpovídající 80 mg/l. Většina zjištěných koncentrací se pohybovala zhruba v polovině této hodnoty. O něco nižší výsledky měření, kolem 25 mg/l, vykazovalo pouze odběrné místo Polánka pramen. Heteša, Kočková (1998) říká, že typický obsah síranů v povrchových vodách se pohybuje v desítkách až stovkách mg/l. Zjištěné hodnoty tomuto tvrzení odpovídají.

Nejvyšší hodnotou, stanovenou v rámci sledování, bylo 42,2 mg/l, naměřených 21. 12. 2014 na odběrném místě Želiv ústí. Nejnižší koncentrace byla zjištěna 30. 3. 2014 na stanovišti Polánka pramen.

### 6.1.6 Souhrnné vyhodnocení dle ČSN 75 7221

Souhrnným vyhodnocením dle ČSN 75 7221 se rozumí konečná kategorizace každého odběrného místa do jakostní třídy v jednotlivých dnech odběrů. Výsledná jakost vody sledovaného toku se stanoví podle nejméně příznivého ukazatele na daném místě v určeném datu odběru.

Jakost vody stanovená na jaře 30. 3. 2014 (Příloha 8) řadí všechna odběrná stanoviště do kategorie III. třídy. Zhoršenou jakost zapříčinila vyšší koncentrace celkového fosforu, která po celé délce toku odpovídala této třídě. Hodnoty ostatních ukazatelů v žádném z případů nedosáhly na tuto třídu a vykazovaly hodnoty I. a II. třídy jakosti.

Hodnoty zjištěné ze vzorků odebraných v létě 7. 7. 2014 (Příloha 9) představují celkově nejnepříznivější výsledky hodnocení, z hlediska obsahu celkové fosforu a rozpuštěného kyslíku. V případě prvního až pátého odběrného místa došlo ke zhoršení jakosti způsobené obsahem celkového fosforu. Hodnoty tohoto ukazatele zařadily první odběrné místo do III. třídy jakosti. Na druhém a třetím stanovišti se koncentrace celkového fosforu zvýšila na hodnotu spadající do IV. třídy. U čtvrtého a pátého stanoviště obsah fosforu klesl opět na hodnotu odpovídající jakosti III. třídy. Avšak určujícím ukazatelem pátého odběrného místa byla koncentrace rozpuštěného kyslíku, jejíž hodnota zařadila vodu do V. třídy jakosti.

Vyhodnocení hodnot ze dne 5. 10. 2014 (Příloha 10) přineslo souhrnně nejpriznivější výsledky sledování. Zhoršení kvality vody bylo zapříčiněno obsahem celkového fosforu a dusičnanového dusíku. První odběrné místo spadalo obsahem celkového fosforu do II. třídy jakosti. Hodnoty vzorku z druhého odběrného místa byly ovlivněny jak koncentracemi celkového fosforu, tak dusičnanového dusíku, které odpovídaly II. třídě jakosti. U třetího až pátého odběrného místa byla zjištěna III. třída jakosti, kdy na třetím a čtvrtém stanovišti dosáhly této třídy výsledky celkového fosforu a na stanovišti pátém výsledky dusičnanového dusíku.

Hodnoty z 21. 12. 2014 (Příloha 11) většinu odběrných míst zařadily do III. třídy jakosti. Zhoršení jakosti vody způsobil především obsah dusičnanového dusíku ve spolupráci s celkovým fosforem. První odběrné místo dopadlo při hodnocení nejlépe a II. třída jakosti byla přidělena z důvodu vyššího hodnot celkového fosforu a konduktivity. Druhé až páté místo bylo zařazeno do III. třídy jakosti. Výsledek druhého a čtvrtého místa ovlivnil obsah dusičnanového dusíku a celkového fosforu. Nejnepříznivějším ukazatelem třetího a pátého stanoviště byl dusičnanový dusík.

Ze sledování je patrné, že hodnoty konduktivity a síranů dosahovaly přibližně poloviny mezních hodnot I. třídy jakosti. V jarním a letním odběru vykazovaly vzorky vyšší obsah celkového fosforu, oproti odběrům na podzim a v zimě. Obsah rozpuštěného kyslíku byl v převážné většině měření dostatečný a odpovídal I. třídě jakosti. V létě 7. 7. 2014 bylo však naměřeno pouze 2,68 mg/l, a to pod přehradou na stanovišti Želiv ústí. Hodnoty dusičnanového dusíku na většině odběrných míst byly nejvyšší v zimním období.

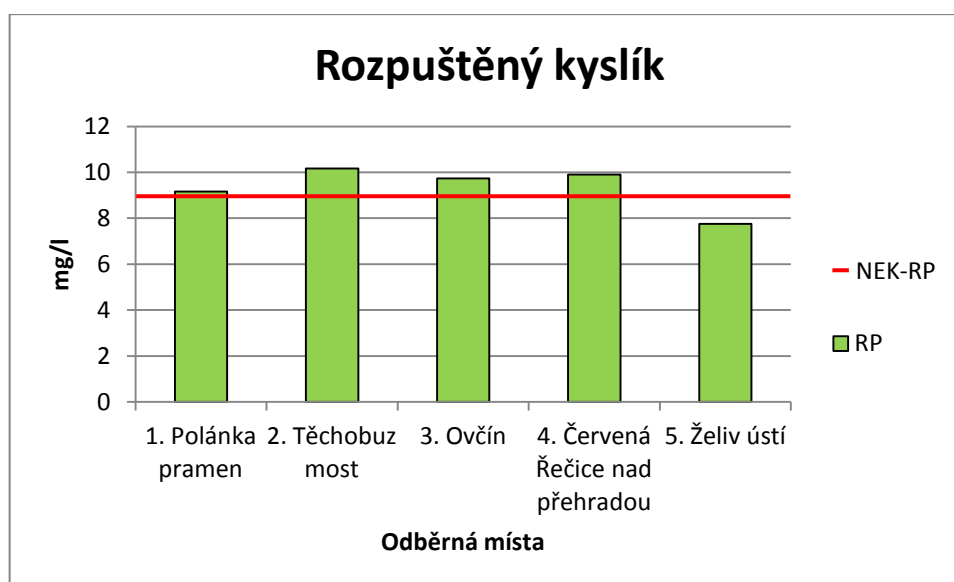


## 6.2 Vyhodnocení dle Normy environmentální kvality

Využitím Normy environmentální kvality (NEK), legislativně zakotvené v Nařízení vlády č. 61/2003, jsou vyhodnoceny tyto vybrané ukazatele: rozpuštěný kyslík, dusičnanový dusík, celkový fosfor, teplota, pH a sírany. Hraniční hodnoty pro splnění podmínek Normy environmentální kvality (NEK) uvádí Tab. 4.

Hodnoty většiny ukazatelů, u kterých je prostřednictvím grafu zobrazen jejich roční průměr v jednotlivých termínech odběrů, jsou porovnány s průměrnou hodnotou (NEK – RP). Jednotlivé zjištěné hodnoty teploty ze všech odměrných míst a termínů odběru jsou srovnávány s nejvyšší přípustnou hodnotou (NEK – NPH). Při vyhodnocování pH se musí všechny naměřené hodnoty nacházet v rozmezí minimální a maximální přípustné hodnoty.

### 6.2.1 Rozpuštěný kyslík

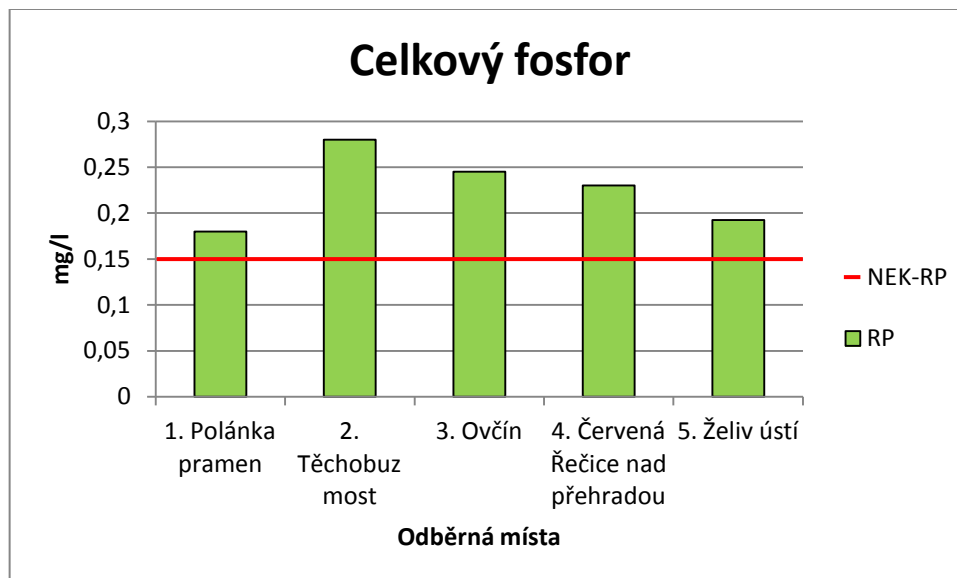


Graf 6: Celoroční průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku jednotlivých odběrných míst

V Grafu 6 jsou znázorněny roční aritmetické průměry naměřených hodnot rozpuštěného kyslíku jednotlivých odběrných míst (Příloha 8). Podmínkou splnění normy environmentální kvality je roční průměrná hodnota naměřených koncentrací vyšší než 9 mg/l. Zmíněné hodnoty nedosahuje pouze průměr hodnot rozpuštěného dusíku na pátém odměrném místě. Ostatní odběrná místa požadavek normy NEK splňují a jejich průměrné hodnoty se ve většině případů pohybují mezi 9 – 10 mg/l. Nejvyšší určenou průměrnou hodnotou bylo 10,17 mg/l odběrného místa Těchobuz most, naopak

hodnotu nejnižší představoval průměr hodnot stanoviště Želiv ústí, který činil 7,76 mg/l. Pokles průměrné hodnoty byl způsoben extrémně nízkou letní hodnotou.

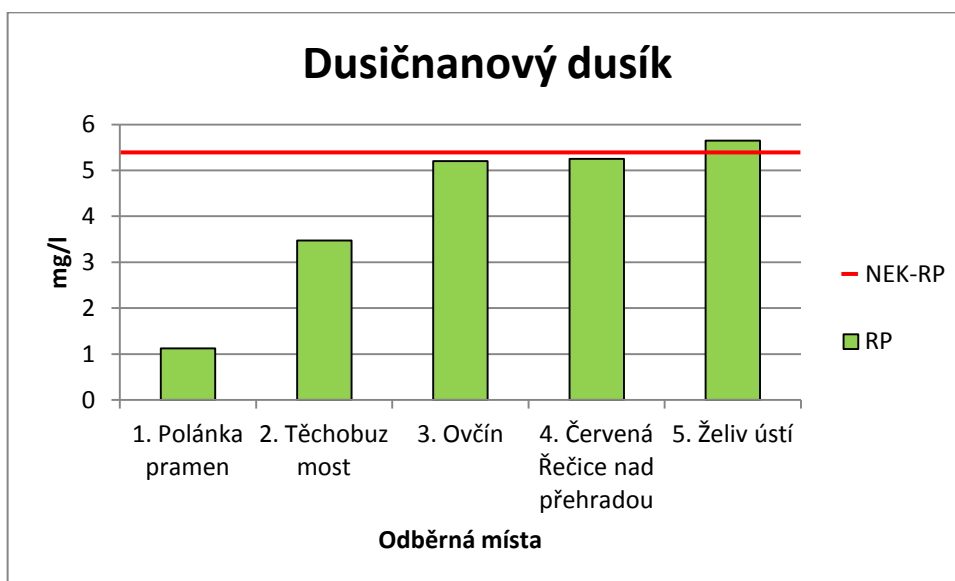
### 6.2.2 Celkový fosfor



Graf 7: Celoroční průměrné hodnoty celkového fosforu jednotlivých odběrných míst

Graf 7 zobrazuje roční průměry zjištěných hodnot celkového fosforu (Příloha 8). Dle podmínek NEK představuje 0,15 mg/l nejvyšší přípustnou koncentraci průměrné hodnoty celkového fosforu. Z Grafu 7 je patrné, že mezní hodnota byla překročena ve všech případech odběrných míst. Podmínka normy NEK tak nebyla v žádném případě splněna. Nejvyšší určená průměrná hodnota, ovlivněná letní koncentrací, byla 0,28 mg/l odběrného místa Těchobuz most, naopak hodnotu nejnižší představoval průměr hodnot prameniště, který činil 0,18 mg/l.

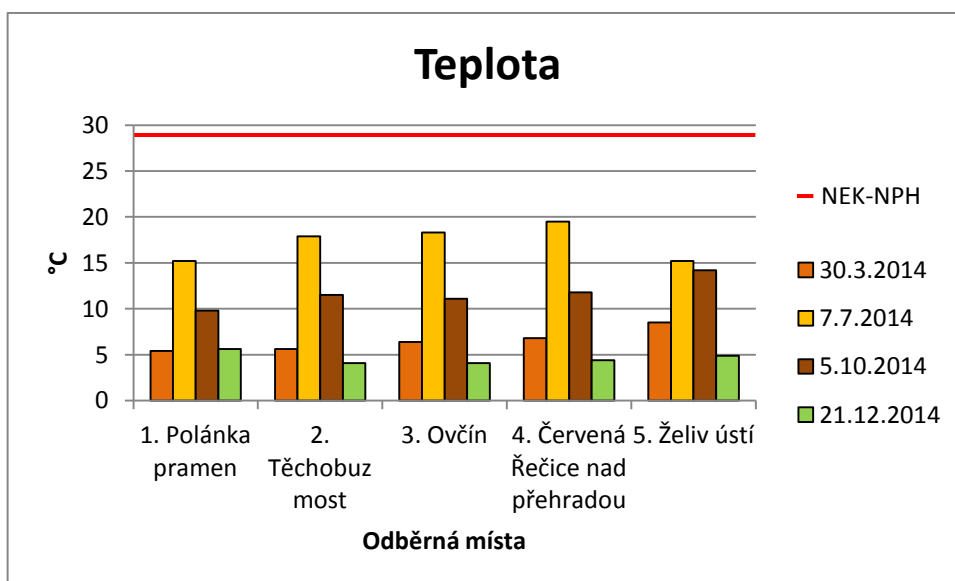
### 6.2.3 Dusičnanový dusík



Graf 8: Celoroční průměrné hodnoty dusičnanového dusíku jednotlivých odběr. míst

Roční aritmetické průměry naměřených hodnot dusičnanového dusíku na jednotlivých odběrných místech (Příloha 8) zobrazuje Graf 8. Pro splnění podmínky NEK, nesmí průměrná hodnota koncentrací přesáhnout hranici 5,4 mg/l. Z Grafu 8 je zřejmé, že zmíněné hodnoty přesahuje pouze průměr koncentrací pátého odběrného místa s 5,65 mg/l, který představuje nejvyšší průměrnou hodnotu měření. Nejnižší zjištěná průměrná hodnota činila na prameništi 1,13 mg/l.

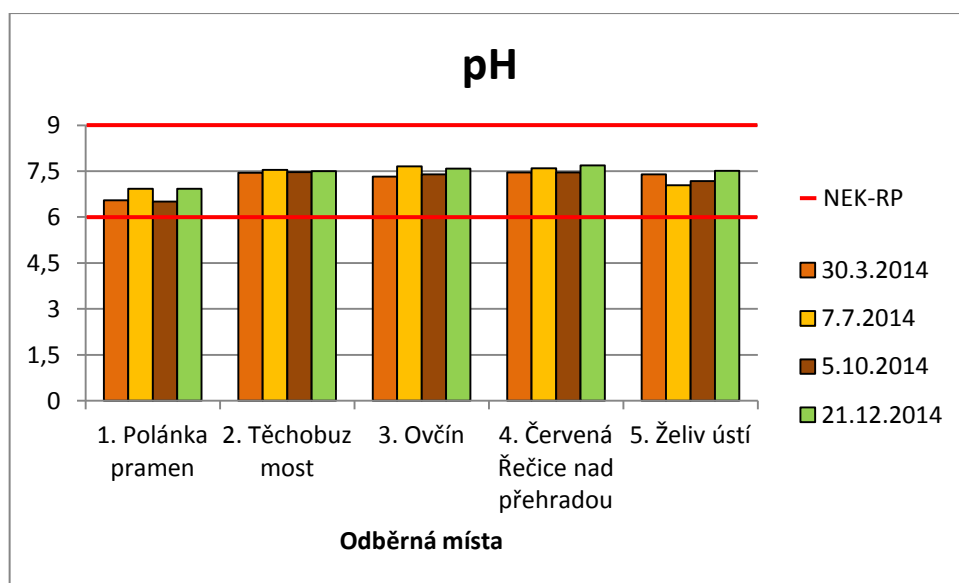
### 6.2.4 Teplota



Graf 9: Zjištěné hodnoty teploty na jednotlivých odběrných místech

Graf 9 znázorňuje naměřené teploty vody na jednotlivých odběrných místech v daných termínech (Příloha 6). Nejvyšší přípustná hodnota teploty vody dle normy environmentální kvality činí 29 °C. Jak z Grafu 9 vyplývá, žádná z hodnot hranici nepřekročila a všechny naměřené hodnoty tak splňují požadavek NEK. Nejvyšší hodnota 19,5°C byla naměřena na odběrném stanovišti Červená Řečice nad přehradou ve dne 7. 7. 2014, zatímco nejnižší hodnoty 4,1°C byly zjištěny na odběrných místech Těchobuz most a Ovčín ve stejný den odběru 21. 12. 2014.

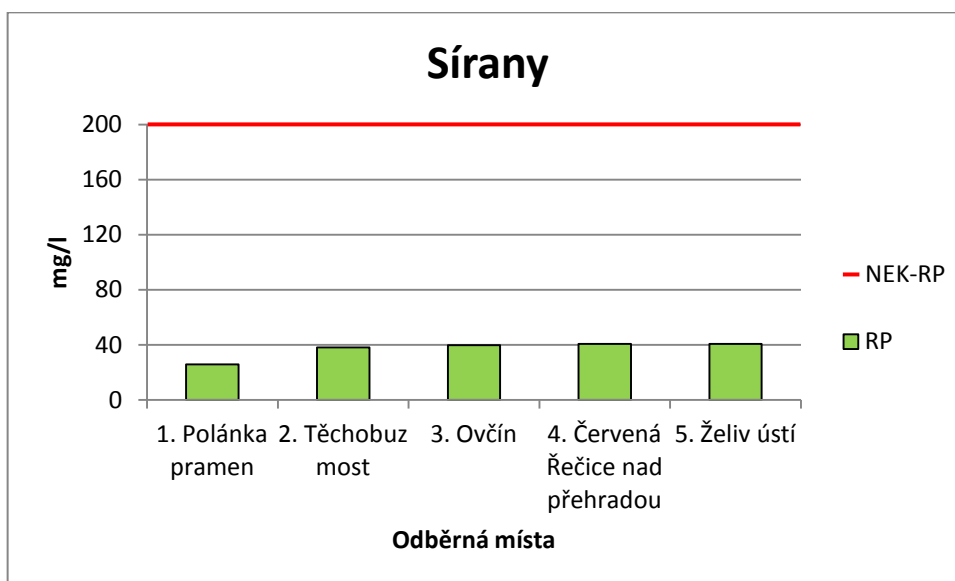
## 6.2.5 pH



Graf 10: Zjištěné hodnoty pH na jednotlivých odběrných místech

V Grafu 10 jsou vyneseny všechny naměřené hodnoty pH každého místa a termínu sledování (Příloha 7). Vyjádření tak umožňuje zhodnocení dle NEK pro každou hodnotu zvlášť. Hodnoty pH se musí v rámci NEK nacházet v rozmezí 6 až 9. Veškeré naměřené hodnoty podmínku splňují, většina se pohybuje kolem zásaditého pH 7,5. Celkově nejmenšími hodnotami pH se projevily vzorky vody na stanovišti Pramen Polánka, z nichž zcela nejnižší byla hodnota 6,51 naměřená 5. 10. 2014. Nejvyšší hodnota pH byla naměřena 21. 12. 2014 na odběrném místě Červená Řečice nad přehradou.

## 6.2.6 Síraný



Graf 11: Celoroční průměrné hodnoty síranu jednotlivých odběrných míst

Graf 11 zobrazuje průměrné hodnoty koncentrací síranů na jednotlivých odběrných místech (Příloha 8). Průměr hodnot nesmí přesáhnout 200 mg/l, aby byla podmínka NEK splněna. Prostřednictvím Grafu 11 můžeme jednoznačně určit, že zmíněná hodnota nebyla v žádném případě překročena. Všechny aritmetické průměry koncentrací síranů tak splňují podmínku NEK. Nejvyšší průměrnou hodnotu představuje 40,73 mg/l zjištěných na stanovišti Želiv ústí. Nejnižší zjištěná průměrná hodnota dosahuje na prameništi 25,83 mg/l.

## 7 ZÁVĚR

Podstatou bakalářské práce bylo sledování kvality vody toku Trnava po dobu jednoho roku. Za tímto účelem byly na pěti odběrných místech, rovnoměrně rozmístěných po celé délce toku, provedeny čtyři odběry v každém ročním období kalendářního roku. Na každém odběrném místě byly pomocí multimetru změřeny ukazatele jakosti vody: hodnota pH, rozpuštěný kyslík, konduktivita a teplota. Zároveň byl odebrán vzorek vody pro chemickou analýzu prováděnou následující den v laboratoři, při které byl stanoven obsah síranů, dusičnanového dusíku a celkového fosforu. Pro zhodnocení výsledků sledování byly zjištěné hodnoty ukazatelů jakosti povrchových vod zařazeny do tříd jakosti pomocí normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod. Současně byly výsledné hodnoty ukazatelů porovnány s hodnotami přípustného znečištění povrchových vod Normy environmentální kvality legislativně zakotvené v Nařízení vlády č. 61/2003 Sb.

Při souhrnném vyhodnocení dle normy ČSN 75 7221 Klasifikace jakosti povrchových vod byla převážná většina odběrných míst v průběhu roku zařazena do III. třídy jakosti. Zhoršení způsobovali ukazatelé: celkový fosfor, dusičnanový dusík a několik hodnot rozpuštěného kyslíku. Zároveň z celkového vyhodnocení vyplývá, že veškeré vybrané ukazatele, s výjimkou celkového fosforu a jedné hodnoty dusičnanového dusíku a rozpuštěného kyslíku, splňují požadavky Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod dle Normy environmentální kvality.

S ohledem na četnost měření, počet odběrných míst a délku sledování, lze považovat zjištěné hodnoty spíše za orientační. O příčinách projevených abnormálních hodnot tak lze pouze polemizovat. Vyšší hodnoty celkového fosforu a dusičnanového dusíku byly z největší pravděpodobností způsobeny hnojivy ze zemědělsky obhospodařovaných ploch povodí. K vyššímu obsahu celkového fosforu mohly též přispět splaškové odpadní vody obcí vypouštěné do vodotečí. Celkově nejhorší hodnotou sledování byl extrémně nízký obsah rozpuštěného kyslíku na pátém odběrném místě při letním odběru. Vzhledem k tomu, že se odběrné místo nachází pod přehradou, můžeme usuzovat, že příčinou této nízké koncentrace byla na kyslík chudá spodní vrstva vody nádrže. Obohacení kyslíkem pravděpodobně zabránila vertikální teplotní stratifikace a vznik letní stagnace stojaté vody nádrže.

## 8 POUŽITÁ LITERATURA

- BRONCOVÁ D., 2006: *Voda pro všechny: vodárenské soustavy v ČR*. Praha: Milpo media, 191 s. ISBN 80-903481-9-x.
- BROŽA V., 2005: *Přehrady Čech, Moravy a Slezska*. Liberec: Knihy 555, 251 s. ISBN 80-86660-11-7.
- CÍLEK V., KENDER, J., 2004: *Voda v krajině: kniha o krajinotvorných programech*. Praha: Consult, 207 s. ISBN 80-902132-7-8.
- CULEK M., GRULICH V., LAŠTŮVKA Z., DIVÍŠEK J., 2013: *Biogeografické regiony České republiky*. Brno: Masarykova univerzita, 447 s. ISBN 978-80-210-6693-9.
- ČECH L., 2002: *Jihlavsko*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 526 s. ISBN 80-86064-54-9.
- ČHMÚ, 2007: *Hydrologická ročenka České republiky 2007*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 193 s.
- HETEŠA J., 1981: *Cvičení z hydrochemie*. Praha: SPN, 83 s.
- HETEŠA J., KOČKOVÁ E., 1998: *Hydrochemie*. Brno: MZLU, 95 s. ISBN 80-7157-289-6.
- HLAVÍNEK P., ŘÍHA J., KUŽMOVÁ V., MIKLÁNKOVÁ J., 2004: *Jakost vody v povodí*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 209 s. ISBN 80-214-2815-5.
- HORÁKOVÁ M., 2007: *Analytika vody*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 335 s. ISBN 978-80-7080-520-6.
- HUBAČÍKOVÁ V., OPPELTOVÁ P., 2008: *Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 130 s. ISBN 978-80-7375-243-9.
- KOZÁK J., 2009: *Atlas půd České republiky*. 2. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 149 s. ISBN 978-80-213-2008-6.
- LELLÁK J., LHOTSKÁ I., KUBÍČEK F., 1992: *Hydrobiologie*. Praha: Karolinum, 257 s. ISBN 80-7066-530-0.
- PEČENKA M., HOLAS J., WANNER J., VOJTĚCHOVSKÝ R., 2007: *Zhodnocení zátěže povodí vodárenské nádrže Švihov nutrienty*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 52 s.
- PITTER P., 2009: *Hydrochemie*. 4. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.

QUITT E., 1971: *Klimatické oblasti Československa*. Praha: Academia, 73 s., [5] s. obr. příl.

ŘÍHA J. a kol., 2002: *Jakost vody v povrchových vodních tocích a její matematické modelování*. Brno: NOEL 2000, 269 s. ISBN 80-86020-31-2.

TOLASZ R., 2007: *Atlas podnebí Česka: Climate atlas of Czechia*. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 255 s. ISBN 978-80-86690-26-1.

VÚV TGM, 2006: *Základní charakteristiky toku Trnava a jeho povodí*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2 s.

### **Legislativa**

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

Nařízení vlády č. 318/2013 Sb., o stanovení národního seznamu evropsky významných lokalit, ve znění pozdějších předpisů.

Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu, ve znění pozdějších předpisů.

Nařízení vlády č. 61/2003 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, ve znění pozdějších předpisů.

Norma ČSN 75 221 – Klasifikace jakosti povrchových vod.

### **Internetové zdroje**

Geologická mapa 1:500 000 In: Geology.cz: mapový prohlížeč [online]. [cit. 2015-02-18]. Dostupné z:

[http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g500&y=699460&x=1121857&r=40000](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g500&y=699460&x=1121857&r=40000)

Ochranná pásma vodních zdrojů In: Geoportál.gov.cz: mapový prohlížeč [online]. [vid. 2015-01-02]. Dostupné z:

<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Geology&keywordList=inspire>

Koupací oblasti In: Geoportál.gov.cz: mapový prohlížeč [online]. [vid. 2015-01-14]. Dostupné z:

<http://geoportal.gov.cz/web/guest/map?openNode=Geology&keywordList=inspire>



Evropsky významné lokality In: Nature.cz: databáze [online]. [cit. 2014-10-03]. Dostupné z: [http://www.nature.cz/natura2000-design3/web\\_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000102237](http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000102237)

### **Mapové zdroje**

A02\_Vodni\_tok\_JU (Mapový podklad © VÚV TGM, [www.dibavod.cz](http://www.dibavod.cz)).

[cit. 2015-04-06]. Dostupné z:

<http://www.dibavod.cz/index.php?id=27&PHPSESSID=045a849e6a540c482e2097b4e95bdd76>

ZM 10 (Mapový podklad © ČÚZK, [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz)). [cit. 2015-04-06]. Dostupné z:

[http://geoportal.cuzk.cz/%28S%2832mhhwin2iqx2r3yaixzsfby%29%29/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba&head\\_tab=sekce-03-gp&menu=3115](http://geoportal.cuzk.cz/%28S%2832mhhwin2iqx2r3yaixzsfby%29%29/Default.aspx?mode=TextMeta&side=wms.verejne&metadataID=CZ-CUZK-WMS-ZM10-P&metadataXSL=metadata.sluzba&head_tab=sekce-03-gp&menu=3115)

## **9 SEZNAM TABULEK**

*Tab. 1: Charakteristika jednotlivých tříd jakosti dle ČSN 75 7221*

*Tab. 2: Mezní hodnoty tříd jakosti vybraných ukazatelů dle ČSN 75 7221*

*Tab. 3: Příklady použití vod jednotlivých tříd dle ČSN 75 7221 (Hlavínek, Říha, 2004)*

*Tab. 4: Barevné rozlišení jednotlivých tříd v mapě jakosti vody dle ČSN 75 7221*

*Tab. 5: Normy environmentální kvality pro útvary povrchových vod dle nařízení vlády č. 61/2003 Sb.*

*Tab. 6: Průměrné hodnoty teploty vzduchu a úhrnu srážek povodí (Tolasz, 2007)*

## **10 SEZNAM OBRÁZKŮ**

*Obr. 1: Mapa povodí Trnavy (VÚV TGM, 2006)*

*Obr. 2: První odběrné místo Polánka pramen (archiv autora, 2014)*

*Obr. 3: Druhé odběrné místo Těchobuz most (archiv autora, 2014)*

*Obr. 4: Třetí odběrné místo Ovčín (archiv autora, 2014)*

*Obr. 5: Třetí odběrné místo Červené Řečice nad přehradou (archiv autora, 2014)*

*Obr. 6: Páté odběrné místo Želiv ústí (archiv autora, 2014)*

## **11 SEZNAM GRAFŮ**

*Graf 1: Zjištěné hodnoty konduktivity na jednotlivých odběrných místech*

*Graf 2: Zjištěné hodnoty rozpuštěného kyslíku na jednotlivých odběrných místech*

*Graf 3: Zjištěné hodnoty dusičnanového dusíku na jednotlivých odběrných místech*

*Graf 4: Zjištěné hodnoty celkového fosforu na jednotlivých odběrných místech*

*Graf 5: Zjištěné hodnoty síranů na jednotlivých odběrných místech*

*Graf 6: Celoroční průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku jednotlivých odběrných míst*

*Graf 7: Celoroční průměrné hodnoty celkového fosforu jednotlivých odběrných míst*

*Graf 8: Celoroční průměrné hodnoty dusičnanového dusíku jednotlivých odběr. míst*

*Graf 9: Zjištěné hodnoty teploty na jednotlivých odběrných místech*

*Graf 10: Zjištěné hodnoty pH na jednotlivých odběrných místech*

*Graf 11: Celoroční průměrné hodnoty síranu jednotlivých odběrných míst*

## **12 SEZNAM PŘÍLOH**

*Příloha 1: Zjištěné hodnoty konduktivity*

*Příloha 2: Zjištěné hodnoty rozpuštěného kyslíku*

*Příloha 3: Zjištěné hodnoty dusičnanového dusíku*

*Příloha 4: Zjištěné hodnoty celkového fosforu*

*Příloha 5: Zjištěné hodnoty síranů*

*Příloha 6: Zjištěné hodnoty teploty*

*Příloha 7: Zjištěné hodnoty pH*

*Příloha 8: Celoroční průměrné hodnoty vybraných ukazatelů*

*Příloha 9: Jakost vody toku Trnava dne 30. 3. 2014.*

*Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚZK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)*

*Příloha 10: Jakost vody toku Trnava dne 7. 7. 2014.*

*Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚZK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)*

*Příloha 11: Jakost vody toku Trnava dne 5. 10. 2014.*

*Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚZK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)*

*Příloha 12: Jakost vody toku Trnava dne 21. 12. 2014.*

*Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚZK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)*

## **PŘÍLOHY**

*Příloha 1: Zjištěné hodnoty konduktivity*

<b>Konduktivita (mS/m)</b>	30. 3. 2014	7. 7. 2014	5. 10. 2014	21. 12. 2014
1. Polánka pramen	7,07	8,29	6,40	6,57
2. Těchobuz most	19,71	20,03	19,92	19,86
3. Ovčín	21,94	23,22	23,16	23,37
4. Červ. Řečice nad přehradou	24,10	24,70	25,60	24,90
5. Želiv ústí	25,00	23,50	24,80	25,40

*Příloha 2: Zjištěné hodnoty rozpuštěného kyslíku*

<b>Rozpuštěný kyslík (mg/l)</b>	30. 3. 2014	7. 7. 2014	5. 10. 2014	21. 12. 2014
1. Polánka pramen	7,95	8,57	9,44	10,70
2. Těchobuz most	11,14	8,00	9,68	11,84
3. Ovčín	10,57	7,64	9,54	11,20
4. Červ. Řečice nad přehradou	10,96	7,14	9,68	11,82
5. Želiv ústí	10,31	2,68	7,13	10,92

*Příloha 3: Zjištěné hodnoty dusičnanového dusíku*

<b>Dusičnanový dusík (mg/l)</b>	30. 3. 2014	7. 7. 2014	5. 10. 2014	21. 12. 2014
1. Polánka pramen	0,4	0,6	1,7	1,8
2. Těchobuz most	2,7	0,9	4,0	6,3
3. Ovčín	4,8	4,7	5,1	6,2
4. Červ. Řečice nad přehradou	5,0	4,3	5,3	6,4
5. Želiv ústí	4,8	4,9	6,7	6,2

*Příloha 4: Zjištěné hodnoty celkového fosforu*

<b>Celkový fosfor (mg/l)</b>	30. 3. 2014	7. 7. 2014	5. 10. 2014	21. 12. 2014
1. Polánka pramen	0,25	0,23	0,10	0,14
2. Těchobuz most	0,27	0,56	0,14	0,15
3. Ovčín	0,27	0,41	0,16	0,14
4. Červ. Řečice nad přehradou	0,34	0,23	0,19	0,16
5. Želiv ústí	0,30	0,23	0,13	0,11

*Příloha 5: Zjištěné hodnoty síranů*

<b>Síraný (mg/l)</b>	30. 3. 2014	7. 7. 2014	5. 10. 2014	21. 12. 2014
1. Polánka pramen	22,4	26,1	27,2	27,6
2. Těchobuz most	38,9	34,0	40,6	38,9
3. Ovčín	39,2	39,0	40,1	40,4
4. Červ. Řečice nad přehradou	38,9	41,1	42,0	40,7
5. Želiv ústí	41,2	38,7	40,8	42,2

*Příloha 6: Zjištěné hodnoty teploty*

<b>Teplota (°C)</b>	30. 3. 2014	7. 7. 2014	5. 10. 2014	21. 12. 2014
1. Polánka pramen	5,4	15,2	9,8	5,6
2. Těchobuz most	5,6	17,9	11,5	4,1
3. Ovčín	6,4	18,3	11,1	4,1
4. Červ. Řečice nad přehradou	6,8	19,5	11,8	4,4
5. Želiv ústí	8,5	15,2	14,2	4,9

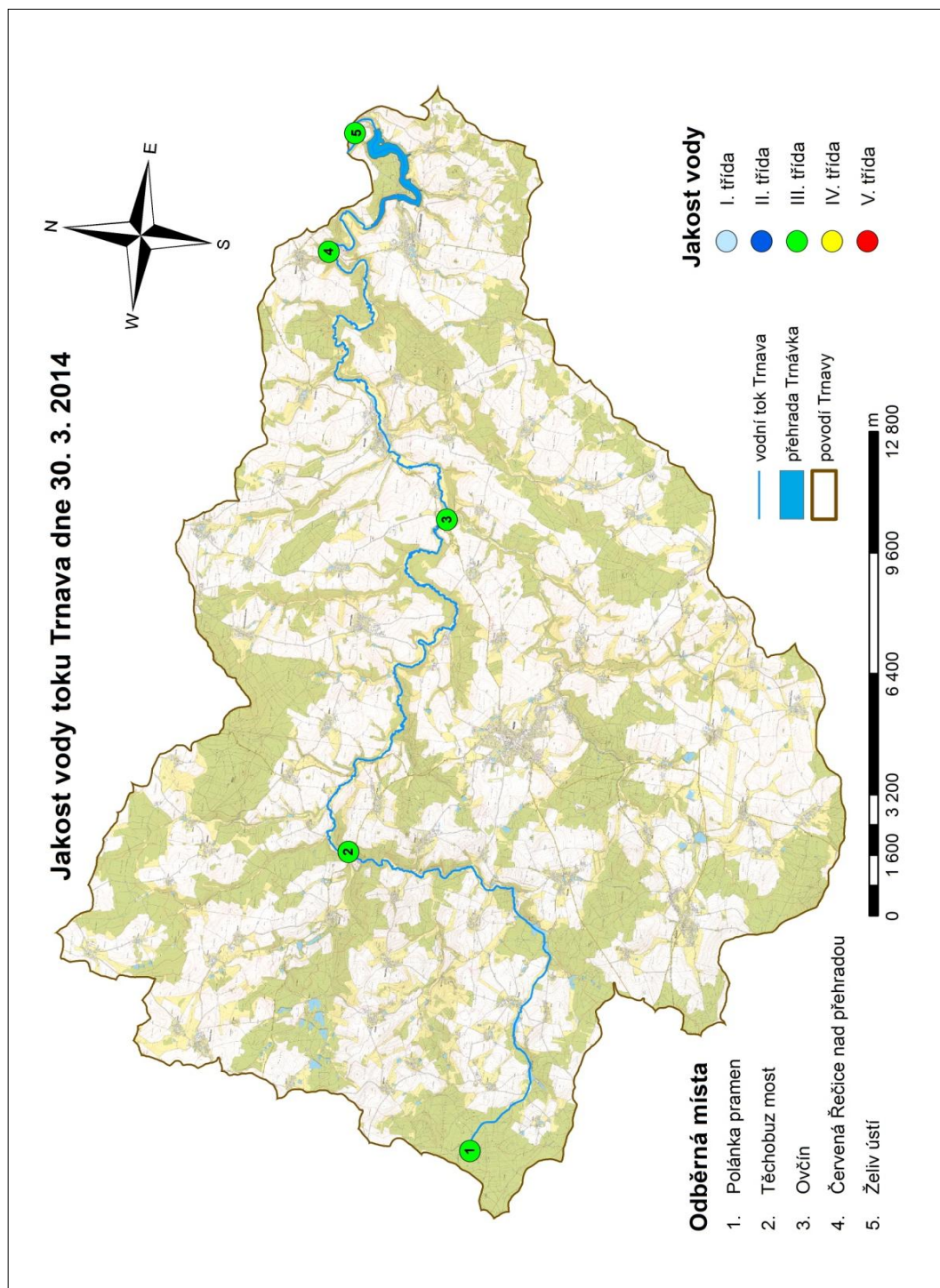
*Příloha 7: Zjištěné hodnoty pH*

<b>pH</b>	30. 3. 2014	7. 7. 2014	5. 10. 2014	21. 12. 2014
1. Polánka pramen	6,55	6,93	6,51	6,93
2. Těchobuz most	7,45	7,54	7,47	7,50
3. Ovčín	7,32	7,66	7,40	7,58
4. Červ. Řečice nad přehradou	7,46	7,59	7,46	7,69
5. Želiv ústí	7,40	7,04	7,18	7,51

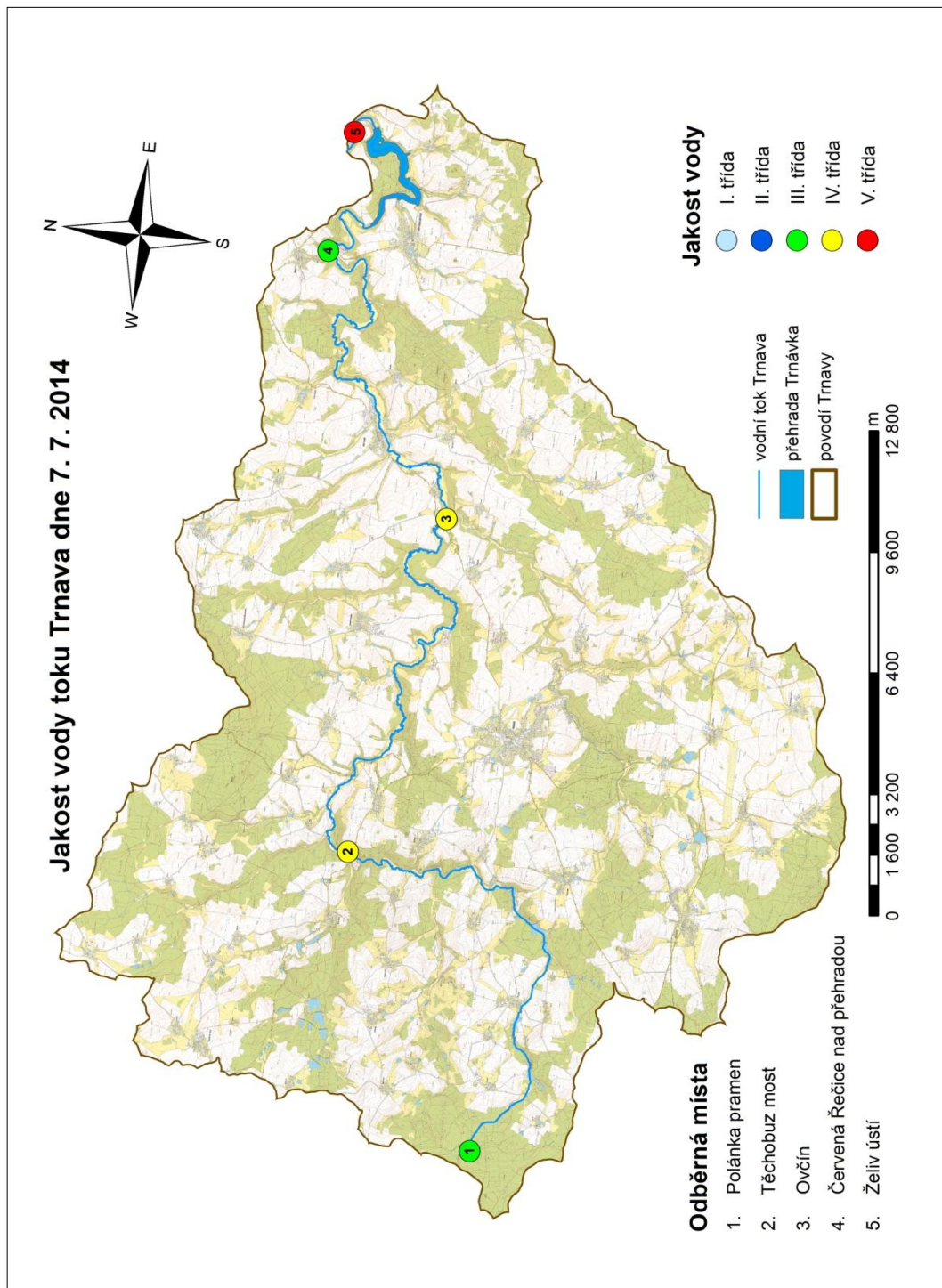
*Příloha 8: Celoroční průměrné hodnoty vybraných ukazatelů*

<b>Celoroční průměrné hodnoty</b>	Rozpuštěný kyslík (mg/l)	Dusičnanový dusík (mg/l)	Celkový fosfor (mg/l)	Sírany (mg/l)
1. Polánka pramen	9,165	1,125	0,180	25,825
2. Těchobuz most	10,165	3,475	0,280	38,100
3. Ovčín	9,738	5,200	0,250	39,675
4. Červ. Řečice nad přehradou	9,900	5,250	0,230	40,675
5. Želiv ústí	7,760	5,650	0,190	40,725

Příloha 9: Jakost vody toku Trnava dne 30. 3. 2014. Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚŽK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)

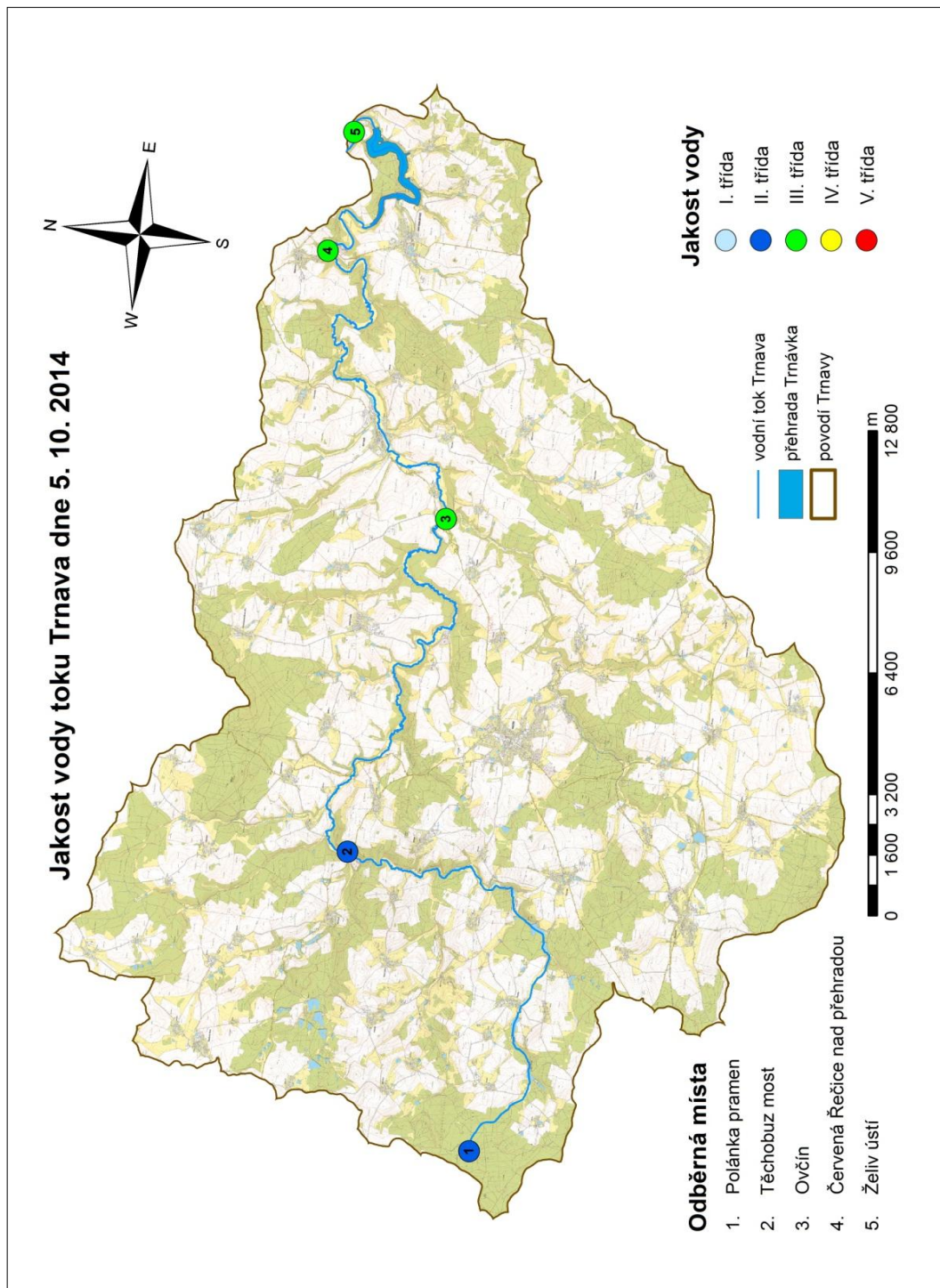


Příloha 10: Jakost vody toku Trnava dne 7. 7. 2014. Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚZK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)





Příloha 11: Jakost vody toku Trnava dne 5. 10. 2014. Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚŽK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)





Příloha 12: Jakost vody toku Trnava dne 21. 12. 2014. Mapový podklad: ZM 10 (© ČÚŽK), A02\_Vodni\_tok\_JU (© VÚV TGM)

