



Zhodnocení stavu Knínického potoka z hlediska znečištění dusičnany

Bakalářská práce

Vedoucí práce:
Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.

Vypracoval:
Jindřich Caesar



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatel : **Jindřich Caesar**
Studijní program: Zemědělská specializace
Obor: Pozemkové úpravy a ochrana půdy
Název tématu: **Zhodnocení stavu Knínického potoka z hlediska znečištění dusičnany**
Rozsah práce: 30 stran textu, mapové a grafické přílohy, fotodokumentace

Zásady pro vypracování:

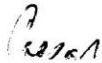
1. Zpracování literární rešerše – znečišťování vod, problematika dusičnanů, související legislativní předpisy
2. Terénní průzkum – povodí Knínického potoka, zpracování charakteristiky zájmového území
3. Návrh metodiky řešení
4. Odběr vzorků vody a vyhodnocení vybraných ukazatelů jakosti vody v laboratoři UAKE, grafické zpracování a porovnání výsledků s platnou legislativou
5. Zhodnocení současného stavu a studie návrhu nápravných opatření
6. Diskuze, závěr

Seznam odborné literatury:

1. PITTER, P. *Hydrochemie*. 4. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, 2009. 579 s. ISBN 978-80-7080-701-9.
2. GERGEL, J. *Metodická pomůcka-Revitalizace drobných vodních toků*. VÚMOP Praha, 1999.
3. KOUTNÝ, L. *Stabilní úpravy toků v přírodních podmínkách*. MZLU Brno, 1995.
4. PUNČOCHÁŘ, P. a kol. *Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. : v úplném znění k lednu 2004 s rozšířeným komentářem*. Praha: Sondy, 2004. 392 s. ISBN 80-86846-00-8.
5. JUST, T. *Vodohospodářské revitalizace: a jejich uplatnění v ochraně před povodněmi*. Praha: Český svaz ochránců přírody, 2005. 395 s. ISBN 80-239-6351-1.
6. OPPELTOVÁ, P. *Ochrana vodních zdrojů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. 103 s. ISBN 978-80-7509-218-2.
7. HETEŠA, J. – KOČKOVÁ, E. *Hydrochemie*. 1. vyd. Brno: MZLU, 1998. 95 s. ISBN 80-7157-289-6.
8. EHRlich, P. *Revitalizační úpravy potoků: Objekty*. VÚMOP Praha, 1994.

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2015

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2017



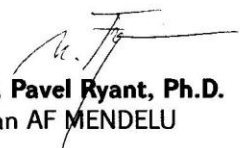
Jindřich Caesar
Autor práce



Ing. Petra Oppeltová, Ph.D.
Vedoucí práce



doc. Ing. Dr. Milada Štátná
Vedoucí ústavu



doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci **Zhodnocení stavu Knínického potoka z hlediska znečištění dusičnany** 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

Tímto bych rád poděkoval mé vedoucí Ing. Petře Opletové, Ph.D. za cenné rady a připomínky při psaní této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval studentu Tomáši Králíkovi za ochotnou spolupráci v praktické části, starostovi obce Veverské Knínice Bc. Oldřichu Matyášovi za užitečné informace, a také rodině a přátelům za podporu.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na monitoring Knínického potoka z hlediska jakosti vody a jejího znečištění dusíkem. Teoretická část obsahuje základní fakta o vodě a jejím významu pro člověka. Dále se zabývá složením a vlastnostmi vody, rozdělením vod a především jejich jakostí a znečištěním. Jsou zde vymezeny nejdůležitější faktory ovlivňující jakost vody a rovněž je zde uvedena příslušná legislativa. Praktická část zahrnuje průzkum zájmové lokality a samotný monitoring toku probíhající jednou měsíčně od dubna 2015 do března 2017. Ten sestával z práce v terénu zahrnující odběr vzorků a měření vybraných parametrů (pH, konduktivita, rozpuštěný kyslík, teplota), a ze stanovení celkového a dusičnanového dusíku v laboratoři UAKE MENDELU. Výsledky měření jsou v diskuzi porovnány s ČSN 75 7221 a NV 401/2015 Sb., v platném znění. Podstatným přínosem práce je určení hlavních zdrojů znečištění dusíkem na toku.

Klíčová slova: monitoring, povrchové vody, jakost vody, znečištění, dusík

ABSTRACT

The aim of the bachelor thesis is to monitor the stream Knínický potok in terms of water quality and nitrogen pollution. The theoretical part contains the basic facts about water and its importance to humans. Further it describes the composition and properties of water, types of water and especially water quality and pollution. There are also defined factors having the most significant impact on water quality along with the relevant legislation. The practical part consists of site survey and the monitoring itself, which was carried out monthly from april 2015 to march 2017. The monitoring was based on fieldwork requiring water sampling and measurement of selected parameters such as pH, conductivity, dissolved oxygen and temperature; the other parameters, nitrate and total nitrogen, were determined in the UAKE MENDELU laboratory. In the discussion part the results are compared to ČSN 75 7221 and to the government regulation 401/2015 Sb., in an effective version. As a result of the work, main sources of nitrogen pollution in the stream are determined.

Key words: monitoring, surface water, water quality, pollution, nitrogen

OBSAH

1	ÚVOD.....	10
2	CÍL PRÁCE.....	11
3	LITERÁRNÍ REŠERŠE	12
3.1	Základní poznatky o vodě	12
3.2	Rozdělení vod.....	14
3.3	Znečištění povrchových vod	16
3.4	Jakost povrchových vod	16
3.5	Významní činitelé ovlivňující jakost vody	18
3.5.1	Organoleptické vlastnosti vody	18
3.5.2	Sloučeniny dusíku.....	20
3.5.3	Sloučeniny fosforu.....	25
3.5.4	Chloridy	25
3.5.5	Sírany.....	25
3.5.6	Mangan	25
3.5.7	Železo.....	25
3.5.8	Těžké kovy.....	26
3.5.9	Kyslík.....	26
3.5.10	Hodnota pH.....	27
3.5.11	Elektrolytická konduktivita.....	27
3.5.12	Spotřeba kyslíku (CHSK, BSK)	27
3.6	Důležité právní předpisy vztahující se na jakost vody.....	28
3.6.1	Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů	28
3.6.2	Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod.....	28

3.6.3	Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech	29
3.6.4	Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody.....	29
3.6.5	Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu	29
4	CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ	30
4.1	Biogeografické členění.....	30
4.2	Fauna a flora.....	31
4.3	Geomorfologie, geologie a pedologie	32
4.3.1	Geomorfologické poměry	32
4.4	Klimatické poměry	35
4.5	Hydrologické poměry.....	37
4.6	Chránění území a zranitelné oblasti	38
4.7	Využívání území	40
4.7.1	Sídla	40
4.7.2	Zemědělství.....	42
4.7.3	Průmysl	42
4.7.4	Doprava.....	43
5	METODIKA	44
5.1	Popis odběrných profilů	45
5.2	Práce v terénu.....	47
5.3	Práce v laboratoři	47
6	VÝSLEDKY A DISKUZE	48
6.1	Reakce vody (pH)	48
6.2	Konduktivita (měrná vodivost)	48

6.3	Koncentrace rozpuštěného kyslíku (O ₂).....	49
6.4	Teplota.....	50
6.5	Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	50
6.6	Celkový dusík.....	51
7	ZÁVĚR	52
8	LITERATURA	54
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	56
10	SEZNAM TABULEK	56
11	SEZNAM ZKRATEK	57
12	PŘÍLOHY	58

1 ÚVOD

Voda vždy byla a je součástí našeho života. Spolu se zemskou atmosférou vytváří jednu ze základních podmínek pro existenci všeho živého. Je třeba podotknout, že výskyt vody sám o sobě k životu nestačí, je to právě kombinace mnoha příznivých faktorů, která činí planetu Zemi tak výjimečnou oproti jiným kosmickým tělesům, která dosud známe. Nicméně voda je důležitou a pro člověka základní potřebou. Od počátku své historie se lidé usazovali poblíž zdrojů kvalitní pitné vody a v okolí velkých vodních toků a nádrží, které využívali k zavlažování plodin, nebo jako zdroj obživy a energie.

Dnes, zejména v rozvinutých zemích světa, považujeme dostatek kvalitní pitné vody za samozřejmost. Z celosvětového hlediska tomu tak ovšem není. Existuje řada převážně rozvojových zemí, ve kterých nemají stovky milionů lidí přístup ke kvalitní a nezávadné pitné vodě, což je v současnosti závažným problémem. Jedná se o oblasti, kde je celkově nedostatek vody, ale také o oblasti, kde dochází k nadměrnému znečišťování vod v důsledku stále rostoucí populace, rozvoje průmyslu a mnohdy také neustatečné legislativní ochrany.

Znečištění vod se však netýká pouze rozvojových zemí, je problémem globálním. Proto je potřeba k této záležitosti přistupovat zodpovědně a nebrat ji na lehkou váhu. Součástí řešení této otázky je bezpochyby i monitoring jakosti vod, který slouží ke zjištění stavu vod a rovněž k určení hlavních zdrojů jejich znečištění. Cílem těchto sledování by měly být především návrh a provedení takových opatření, která povedou k celkovému zlepšení stavu vod.

2 CÍL PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je monitoring Knínického potoka a zhodnocení jeho stavu se zaměřením na znečištění dusíkem. Účelem teoretické části je vypracování literární rešerše zabývající se problematikou vody obecně, především pak kvalitou a znečištěním vod povrchových. Praktická část má za cíl jednak podrobný terénní průzkum zájmového území, jednak samotný monitoring. V rámci monitoringu byly na pěti profilech na toku sledovány následující ukazatele: pH, konduktivita, obsah rozpuštěného kyslíku, teplota, dusičnanový a celkový dusík. Poměrně malé množství sledovaných ukazatelů vyvažuje četnost jejich měření, která byla prováděna každý měsíc po dobu dvou let. Spíše než na kvantitu se tedy práce zaměřuje na kvalitu naměřených údajů. V rámci diskuze jsou výsledky měření vyhodnoceny a porovnány s ČSN 75 7221 a NV 401/2015 Sb., v platném znění a také s publikacemi jiných autorů zabývajících se problematikou vod. Na základě těchto výsledků a terénního průzkumu je možné stanovit pravděpodobné zdroje znečištění toku.

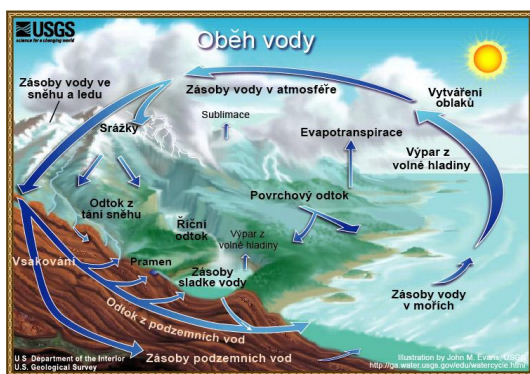
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Základní poznatky o vodě

Voda je základní látkou našeho světa, je jednou z podmínek existence života na Zemi. Je součástí i nás samých – jak uvádí Trojan¹, tělo dospělého muže se skládá ze 60% z vody, u novorozence dokonce ze 77%. Majoritní obsah vody na Zemi, až 80%, tvoří oceány, 19 % je obsaženo v zemské kůře, 1 % zaujímají ledovce a pouhé 0,0008% je obsaženo v atmosféře. Tato veškerá voda tvoří tzv. hydrosféru tj. vodní obal Země².

Voda na Zemi cirkuluje díky Slunci a zemské gravitaci, kdy se neustále odpařuje, dostává se do teplotně chladnějších oblastí, kde vypařená voda kondenzuje a vrací se na zemský povrch v podobě srážek. Zde stéká v potocích až do řek, moří a následně oceánů. Koloběh vody je podmínkou rovnováhy v přírodě, na Obrázku č. 1³ je jednoduše znázorněn.

Jako velký oběh vody se označuje část koloběhu vláhy mezi pevninou a mořem/oceány a jako malý oběh je označována část, kdy voda cirkuluje nad samotnou pevninou.



Obrázek 1: Koloběh vody v přírodě³

Voda v kapalném skupenství dle Hlavínka² pokrývá 70,5 % celkového zemského povrchu. V následující tabulce jsou uvedeny hodnoty, kolik který zdroj vody jí samotné obsahuje (viz tabulka č. 1).

¹ TROJAN, S., 2003. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada, 773 s., ISBN 80-247-0512-5.

² HLAVÍNEK, P., Říha J., 2006. *Jakost vody v povodí*. 1. vyd. Brno: VUT Brno Fakulta stavební. 242 s. ISBN 80-214-2815-5

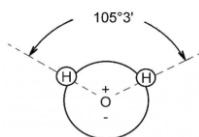
³ USGS science for a changing world, 2016 [online] USGS [cit. 18.11. 2016]. Dostupné z: <http://water.usgs.gov/edu/watercycleczechhi.html>

Tabulka 1: Zastoupení vody v jednotlivých zdrojích na Zemi²

Parametr	Plocha/objem vody
Plocha oceánů	$3,61 \times 10^8 \text{ km}^2$
Plocha pevniny	$1,49 \times 10^8 \text{ km}^2$
Objem vody v oceánech	$1,33 \times 10^9 \text{ km}^3$
Obsah vody v jezerech	$7,50 \times 10^5 \text{ km}^3$
Obsah vody v korytech řek	$1,20 \times 10^3 \text{ km}^3$
Obsah vody v atmosféře	$12,30 \times 10^3 \text{ km}^3$

Obecně je hlavní snahou všech vodohospodářů udržet maximální množství vody v malém koloběhu tj. nad pevninou.

Chemicky je sloučenina vody H_2O nejvýznamnější sloučeninou vodíku a kyslíku. Následující obrázek č. 2 znázorňuje vzájemné postavení atomů vodíku a atomu kyslíku. Mezi atomy kyslíku jedné molekuly a atomy vodíku druhé molekuly mohou vznikat vodíkové můstky, které v rámci slabých vazebných interakcí patří k nejsilnějším. Při jejich porušení dochází k výparu vody.



Obrázek 2: Molekula vody⁴

Voda je atypická svým chováním ve vztahu k hustotě. Od teploty 0°C až do $3,98^\circ\text{C}$ hustota vody stoupá až k hodnotě $1000,0 \text{ kg/m}^3$, dalším zvyšováním teploty, příp. snižování pod 0°C její hustota klesá. Tato vlastnost je příčinou jarní a podzimní cirkulace vody v nádržích a jezerech². Díky rozdílu v hustotách ve vodních nádržích nedochází k cirkulaci vody v celém objemu tj. mezi epilimniem a hypolimniem, ale tvoří se mezi nimi tzv. skočná vrstva – metalimnium. Pod touto vrstvou je teplota vody konstantní. Díky tomuto dochází k tzv. stratifikaci vodních vrstev, která je typická jak pro letní období, tak pro zimní měsíce².

⁴ Elektromagnetické jevy, 2016, [online] [cit. 18.11. 2016]. Dostupné z: <http://www.elektromagnetizmus.wbl.sk/uvaha-11-15.html>

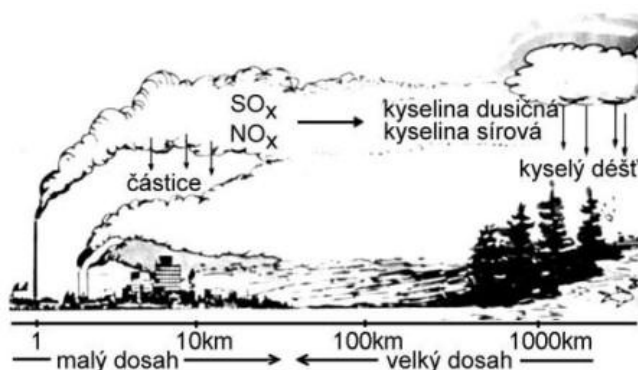
3.2 Rozdělení vod

Hlavínek a Říha v publikaci *Jakost vody*² dělí přírodní zdroje vody na tři základní typy:

- **Atmosférická/srážková voda:** deště
- **Povrchová voda:** ta se dále dělí na vody stojaté (jezera, rybníky, močály, rašeliníště) a tekoucí (prameny a studničky, bystřiny, veletoky a potoky a řeky)
- **Podpovrchová voda:** ta se dělí na podzemní a jeskynní jezírka, podzemní toky a skalní a půdní vody

Dle vodohospodářů se vody rozdělují dle jejich účelu na vodu pitnou, užitkovou, provozní a odpadní. V tomto rozdělení je pojímá i legislativa České republiky (viz kapitola 1.6).

Atmosférická voda, jak je uvedeno výše, sice obsahuje nejmenší procento vody ze všech jejích zdrojů, ale je dostupná ve všech částech světa a také je ovlivňuje. Nejvýraznějším problémem týkajícím se atmosférické vody je produkce tzv. kyselých plynů tj. plynů, které při rozpuštění ve vodě tvoří slabé kyseliny. Plyny jsou antropogenním produktem průmyslu. Jejich dopad je mezinárodní, jelikož plyny se na území jednoho státu mohou vyprodukovat, stoupají do atmosféry a v podobě tzv. kyselých dešťů spadají na území státu jiného, jak ukazuje následující obrázek č. 3, jejich koloběh⁵.



Obrázek 3: Koloběh kyselých plynů a vznik kyselých dešťů⁵

Výsledkem kyselých dešťů je odumírání stromů od koruny, následně snížení jejich odolnosti povětrnostních podmínkám a škůdcům a nižší klíčivost semen. Jedním z nejvýraznějších dopadů dodnes trpí Krušné hory.

⁵Ve škole, 2016, [online] *Kyselé deště* [cit. 18.11. 2016]. Dostupné z: www.veskole.cz

Povrchová voda je pro vodohospodáře nejzajímavější složkou koloběhu vody. Jedná se o zásobárnu vody na Zemi s nejrůznějšími příměsemi ve složení vlivem zásobních vod. Mohou být silně mineralizované a to díky zásobením podzemní vodou, ve které jsou minerální látky rozpuštěny – sírany, siřičitany, uhličitany atd. Toto je důležité pro hydrobiologii vodních toků, aby jim byly dostupné potřebné živiny a další prvek – kyslík. Jeho koncentrace ve vodě závisí na okolní teplotě, obsahu organických látek a intenzitě fotosyntézy. Hlavínek uvádí, že koncentrace kyslíku ve vodách je běžná v intervalu od 6 do 12 mg/l vody².

Odpadní vody jsou takové, které byly již použity a z důvodu recyklace je chceme vrátit zpět do koloběhu vody na zemi. Pro jejich další vhodné využití je nutné tyto vody čistit. Odpadní vody jsou zachytávány kanalizační sítí a odváděny do čistírny odpadních vod příp. do recipientu tj. oblasti, kam se stéká voda z určitého povodí.

Podpovrchová voda se nachází pod zemským povrchem a je v půdě vázaná jak chemicky, tak fyzikálně. Z tohoto důvodu není vodohospodářsky využitelná. Vyskytuje se vázaná v půdě, ale i jako samostatná podzemní voda. V oblasti odpadních vod mluvíme o vodách splaškových, průmyslových (zde je největším znečišťovatelem chemický průmysl, který vypouští množství organických látek, které mají za následek vysoké hodnoty CHSK, BSK atd. viz následující kapitola), zemědělské vody (často kontaminované rezidui pesticidů a herbicidů z ochranných postřiků a též vody splaškové z velkochovů), dále sem patří vody balastní (podzemní voda, která se dostane do kanalizační sítě díky netěsnosti jejího potrubí) a městské tzv. komunální vody. Poslední jmenované jsou sumou vod splaškových, dešťových, průmyslových i povrchových⁶.

Pitter dělí vody obdobně⁷:

- **Přírodní voda:** atmosférická, podzemní, minerální, povrchová a mořská voda
- **Pitná a provozní voda:** pitná, provozní voda, voda v zemědělství a voda ve stavebnictví
- **Odpadní voda:** splaškové odpadní, průmyslové odpadní a zemědělské odpadní vody

⁶ HUBAČÍKOVÁ, V., 2015. *Vodní hospodářství*, 1. vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 128 s., ISBN 978-80-7509-239-7.

⁷ PITTER, P. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009, 592 s., ISBN 978-80-7080-701-9

3.3 Znečištění povrchových vod

Jak uvádí Pitter⁷, znečištění povrchových vod řeší směrnice Evropské Unie 91/271/EHS. o čištění městských odpadních vod a směrnice 91/676/EHS, která řeší ochranu vod před znečištěním resp. kontaminací dusičnany, následnou eutrofizací vod atd.

Povrchové vody mohou být znečištěny trojím způsobem:

- **Bodově** (znečištěná voda, odpad je do vodního toku či sítě přiváděn kontinuálně, je znám jeho původce a je možné zjistit složení i kvantitu znečištění)
- **Plošně** (zemědělsky obdělávané půdy a splachy z nich)
- **Difúzně**: rozptýlené bodové zdroje znečištění

Jako o vedlejší kategorii se mluví o znečištění tepelném, kdy vlivem zahřátí vody (přebytečné teplo, které je odváděno chladírenskou vodou) se snižuje množství kyslíku v ní rozpuštěného, následně jsou zrychleny i biochemické procesy tlení.

3.4 Jakost povrchových vod

Jak uvádí Hlavínek², jakost povrchových vod určujeme z hlediska jejich využitelnosti na různé účely jako je úprava na vodu pitnou, zavlažování zemědělských ploch, průmysl a rekreace. Okamžitá jakost povrchové vody má tyto nejdůležitější faktory:

- Množství přichozího znečištění a jeho zdroje
- Hodnota znečištění, které je možné v čistírnách odpadních vod zachytit
- Průtok vody a její teplota
- Intenzita přirozených procesů vody s důrazem na samočistící schopnost toku
- Manipulace na případných vodních dílech

Kontrola jakosti tj. seznam parametrů a jejich hodnoty a spolu s nimi i stanovení četnosti provádění kontrolních testů je stanoveno v české legislativě normou ČSN 83 0603, kde jsou definovány plány a postupy pro odběr vzorků vody a příslušné metody testování (zkráceny a úplný rozbor vody). Posouzení výsledků je dáno normou ČSN 83 0602

a stupeň znečištění je definován ČSN 757221⁸. Stupeň znečištění je dělen na třídy čistoty. (viz tabulka č. 2)

Tabulka 2: Rozdělení povrchové vody, Hlavínek, upraveno²

Třída	Definice	Použití	Vliv na krajinu
I.	Velmi čistá voda	Potravinářský průmysl s požadavky na pitnou vodu, koupaliště, chov lososovitých ryb	Velká krajinnotvorná hodnota
II.	Čistá voda	Vodní sporty, zásobování průmyslu, chov ryb	Krajinnotvorná hodnota
III.	Znečištěná voda	Zásobování průmyslu, pro vodárenství je možné využití pouze po technologické úpravě vody	Malá krajinnotvorná hodnota
IV.	Silně znečištěná voda		-
V.	Velmi silně znečištěná voda	Není vhodná k další spotřebě	-

Jakost povrchové vody je dále kromě fyzikálních, chemických a bakteriologických ukazatelů posuzována i z hlediska hydrobiologie. Jedná se o popis živočichů osidlujících dané teritorium, jejich počty a vývoj populace. K posouzení čistoty vody z hlediska hydrobiologie se využívají dva systémy a to:

- Trofický limnologický systém
- Biologický systém využití saprobií – saprobita je soubor určitých vlastností vody, který je dán výskytem organických látek schopných biochemického rozkladu a rozrušovaných činností destruentů⁹, („Sapros“ je řecky „hnilobný“).

Limnologické hodnocení rozlišuje tzv. pásmo oligotrofní a eutrofní. Oligotrofní pásmo obsahuje malé množství živin a následkem toho i chudou kvantitativně na výskyt

⁸ KOPP, R., 2015. *Hydrochemie nejen pro rybáře*, 1. Vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 120 s., ISBN 978-80-7509-352-3.

organismů. Příkladem je populace planktonu, který je bohatý druhově, avšak nikoli kvantitativně.

Eutrofní povrchové vody mají větší množství živin, následně i výskyt organismů je vyšší. V extrému je výskyt organismů až nežádoucí, protože s množstvím planktonu ve vodě se snižuje koncentrace kyslíku v ní rozpuštěného (je planktonem spotřebován) a stejně tak i průnik slunečních paprsků vodním sloupcem (tj. dostupnost světla a tepla). Tato situace je označována jako eutrofizace vod a je důsledkem znečištění vody organickými látkami. V těchto vodách je vysoký výskyt planktonu a řas obecně na úkor vyšších živočichů⁹.

Biologický systém saprobií rozlišuje čtyři tříd znečištění – velmi mírně znečištěnou vodu, mírně znečištěnou vodu, silně znečištěnou vodu a mimořádně silně znečištěnou vodu².

3.5 Významní činitelé ovlivňující jakost vody

Hodnocení jakosti vody se provádí pomocí stanovení fyzikálně-chemických parametrů, které mají vliv na životní podmínky ve vodě pro organismy.

3.5.1 Organoleptické vlastnosti vody

Pitter a Spurný shodně uvádí^{7,10} seznam ukazatelů, kteří ovlivňují organoleptické vlastnosti vody. Jedná se o teplotu, barvu, zákal, pach a chuť. Organoleptickými vlastnostmi se rozumí charakteristiky zjistitelné sensoricky. Přestože se jedná o vysoce subjektivní hodnocení, je velice důležité, jelikož koncovým uživatelem jsou lidé, kteří vnímají vodu pouze přes své smysly, nikoli pomocí fyzikálních a chemických parametrů.

3.5.1.1 Teplota

Teplota je významným ukazatelem jakosti vody, jelikož významně ovlivňuje rychlost biochemických procesů ve vodě. S teplotou blížící se 25-30°C je biochemická aktivita organismů nejvyšší. Teplota vody dále ovlivňuje množství kyslíku rozpuštěného ve vodě, a tedy i proces samočištění toků. Za nejvýhodnější teplotu pro pitnou vodu se považuje rozmezí 8-12°C, teplejší voda již není pro uživatele osvěžující a může dokonce

⁹ AMBROŽOVÁ, J., 2003. Aplikovaná a technická hydrobiologie, 2. vyd., Praha: vysoká škola chemicko-technologická, 456 s, ISBN 80-7080-521-8.

¹⁰ SPURNÝ, P. a kol., 2015. *Hydrobiologie a rybářství*. 1. vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 254 s., ISBN 978-80-7509-345-5.

poškozovat gastrointestinální trakt. Pro reprodukci kaprovitých ryb se považuje optimální teplota 18-25°C, pro lososovité 8-16°C¹⁰.

Teplotní rozmezí pro úpravu surové vody je 15-25°C. Do městské kanalizace nesmějí být dle naší legislativy vypouštěny vody s teplotou vyšší než 40°C⁷.

3.5.1.2 Barva

Voda ve viditelné části absorpčního světla je bezbarvá, jelikož téměř světlo nezachytává, avšak ve větších hloubkách – okolo jednoho metru, se voda zdá modravá¹⁰.

Barva vody může být přírodního a antropogenního původu. Přírodní zabarvení způsobují huminové látky, či látky rozpuštěné (minerální vody, vody podzemní s vyšším obsahem uhličitánů). Z tohoto důvodu se rozlišuje barva reálná vody (látky rozpuštěné o velikosti menší 0,45 um) a barva zdánlivá tj. vliv nerozpuštěných a rozpuštěných látek (zelenavá barva při vyšší eutrofizaci, průmyslové odpadní vody). Barva vody též závisí na jejím pH a oxidačně-redukčním potenciálu.

Stanovuje se vizuálně a slovním popisem intenzity zabarvení. Objektivní stanovení se provádí pomocí spektrofotometru, kde se vychází z Lamber-Beerova zákona⁷.

3.5.1.3 Pach

Pach způsobený nerozpuštěnými látkami je stejně jako zákal nežádoucí, přestože nemusí být známkou zdravotní závadnosti. Jako primární pach se označuje pach získaný rozpuštěnými a nerozpuštěnými látkami, znečištěním, jako sekundární se označuje pach chloru a jeho derivátů získaných při technologické úpravě vody¹⁰.

Pach vody mohou způsobovat i některé mikroorganismy, např. aktinomycety, které vodě dávají zemitý pach, či řasy a sinice⁷.

3.5.1.4 Chut'

Nejvíce je chuť vody ovlivněna koncentrací rozpuštěného vápníku, hořčíku, železa, manganu, zinku, mědi, hydrogenuhličitánů, chloridů, síranů a oxidu uhličitého. Uvedené látky se vzájemně ovlivňují.

Senzorika kromě základních chutí sladká, slaná, kyselá a hořká zavádí též pojmy svíravá, kovová, zemitá, trpká atd. Chuť se hodnotí na šestibodové stupnici, přičemž při označení stupněm 3-5 je voda již označena za nepříjemnou.

Chuť je kromě rozpuštěných látek dále ovlivněna teplotou a pH vody⁷.

3.5.1.5 Zákaly

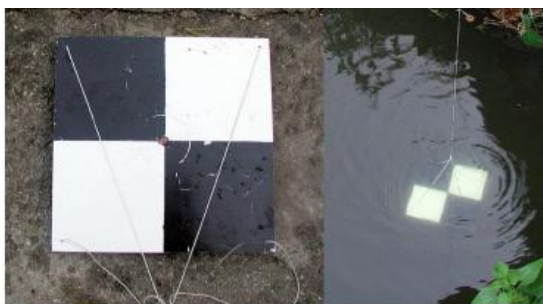
Zákaly jsou definovány jako snížená průhlednost vody způsobená obsahem nerozpuštěných látek. Může se jednat o látky organické i anorganické. Přestože nemusí mít tyto látky vliv na zdravotní nezávadnost vody, je zákal nežádoucí.

Míra zákalu se stanovuje turbidimetricky, nebo pomocí nefelometru. Kvantitativní stanovení se provádí oběma metodami s využitím kalibrační křivky, suspenzí formalinu. Detailní popis metody je popsán přímo v ISO normě ČSN EN 27027.

3.5.1.6 Průhlednost

Průhlednost vody ovlivňuje množství světla pronikajícího vodním sloupcem, přičemž se toto váže i ke kompenzačnímu bodu fotosyntézy, kdy se její intenzita u fytoplanktonu rovná intenzitě jeho dýchání.

Průhlednost je ovlivněna zákalem vody a její barvou. Měří se pomocí Secchiho desky (Obrázek 4), kde se stanovuje hloubka vody, ve které již obrazce na desce nejsou rozpoznatelné⁸.



Obrázek 4: Secchiho deska⁸

3.5.2 Sloučeniny dusíku

Dusík spolu s fosforem jsou prvky nutriční tj. důležité pro správnou funkci živého organismu. Dusík se do vod dostává jednak z atmosféry, rozkladem organických látek, ale také antropogenním původem – NO_x. Ve vodách je stanoven celkový dusík tvořený anorganicky a organicky vázaným dusíkem.¹⁵

3.5.2.1 Dusičnany

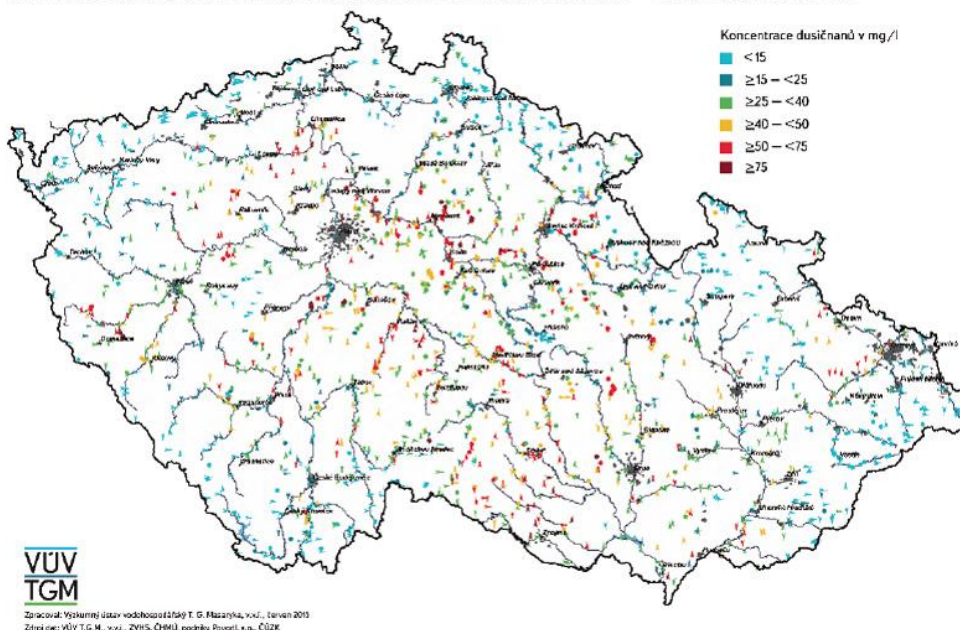
Dusičnany patří mezi čtyři hlavní anionty ve vodách. Mohou být problémem pro jakost vod, jelikož s jejich vyšším obsahem se zvyšuje eutrofizace vod a jak je uvedeno již výše, ta vede ke snížení diverzity organismů ve vodě, snižuje se obsah kyslíku atd. Dominantní antropogenní zdroj dusičnanů jsou hnojiva užívaná v zemědělství, dalšími

zdroji jsou odpadní vody a spalování fosilních paliv. Pro člověka jsou zdraví nebezpečné vysoké koncentrace dusičnanů ve vodě, kdy jejich redukce na dusitany v lidském těle způsobuje methemoglobinémii, tj. snížení schopnosti krve nést kyslík. Pro pitnou vodu je proto stanoven limit 50 mg/l, pro kojeneckou vodu 10 mg/l.⁷ Z těchto důvodů se v legislativě nejprve Evropské unie zjevuje tzv. Nitrátová směrnice (Směrnice Rady 91/676/EHS), jejímž cílem je snížit koncentraci dusičnanů ve vodách a předcházet tomuto druhu znečištění. Stanovují se zásady jako monitoring a metody stanovení dusičnanů (pomocí Kjeldahlovy metody)⁷, dále ohrožené oblasti a jejich ochrana. Jako maximální možná mez je stanoven limit 50 mg/l dusičnanů. Nejvýznamnějším zdrojem dusičnanů jsou zemědělská hnojiva, a proto směrnice stanovuje i školící program pro zemědělce, jakým způsobem a v jakých obdobích bude možné dusíkatá hnojiva použít. Tento akční program je povinný. Do hlavních opatření programu náleží zejména období, kdy jsou zakázána dusíkatá hnojiva, stanovení kapacit skladů pro statková hnojiva, různá omezení použití hnojiv a statkových hnojiv, způsoby využívání a hospodaření na půdě, hospodaření v blízkosti vody. Důležitým cílem opatření je omezení aplikace hnojiv ve zranitelných oblastech na takové množství, které obsahuje maximálně 170 kg dusíku na hektar za rok¹⁵. Seznam zranitelných oblastí je uveden v Nařízení vlády č. 103/2003 Sb. (viz dále).

Výzkumný ústav TGM v Praze zpracoval dostupná data do mapy koncentrace dusičnanů v povrchových vodách, jak ukazuje následující obrázek č. 5. Revize oblastí se provádí každé čtyři roky¹¹.

¹¹ VUV TGM, 2016, [online], Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství, [cit. 20.11. 2016]. Dostupné z <http://www.vtei.cz/2016/10/ochrana-vod-pred-dusicnany-ze-zemedelstvi/>

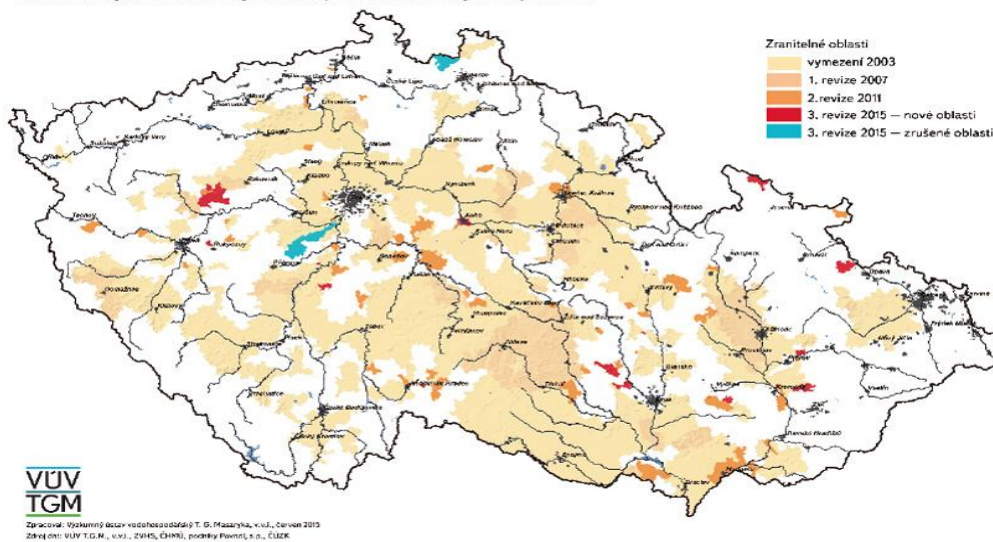
Návrh revidovaného vymezení zranitelných oblastí podle nařízení vlády č. 262/2012 Sb. – monitoring povrchových vod



Obrázek 5: Vyhodnocení monitoringu povrchových vod¹¹

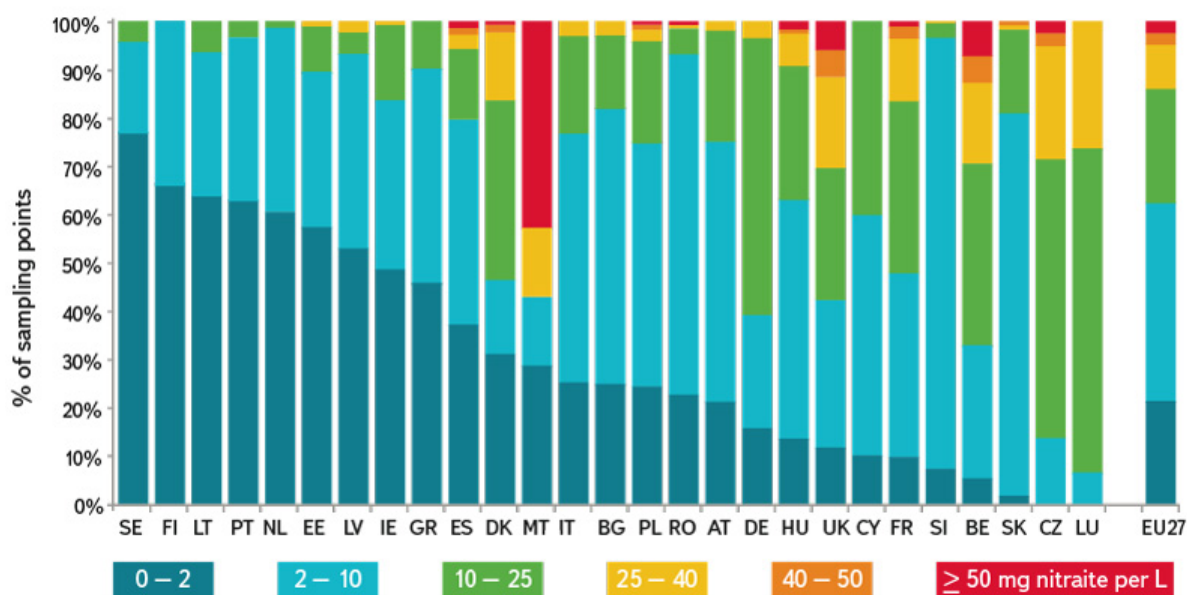
Poslední revize z roku 2016 navrhuje vymezení zranitelných oblastí následovně (obrázek č. 6).

Revidované vymezení zranitelných oblastí podle nařízení vlády č. 262/2012 Sb.



Obrázek 6: Revidované vymezení zranitelných oblastí¹¹

Výsledky monitoringu Nitrátové směrnice byly naposledy zpracovány roku 2012 (další výsledky budou dostupné roku 2017) Evropskou unií. Česká republika jak rozlohou zranitelných oblastí, tak výsledky jejich ochrany patří k evropskému průměru (obrázek č. 7).



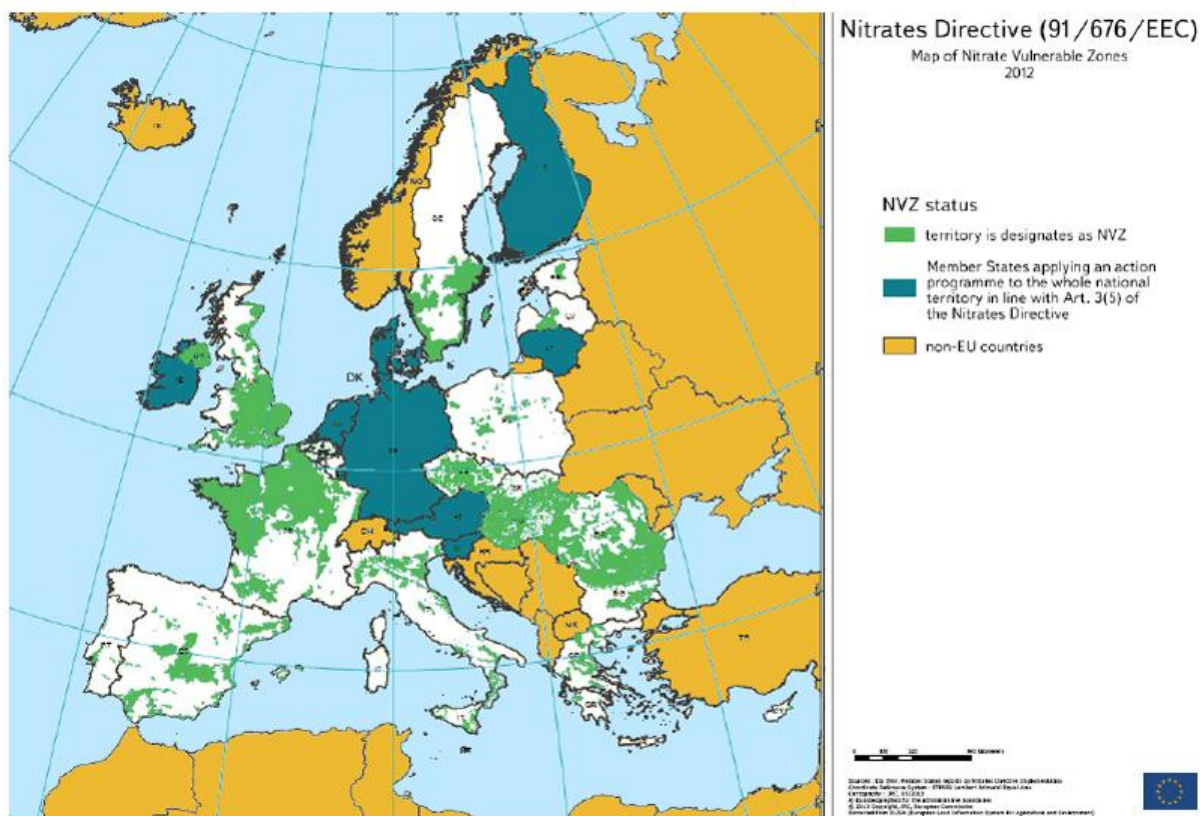
Obrázek 7: Průměrné koncentrace dusičnanů v povrchových vodách u členů Evropské unie¹⁰

Česká republika v průběhu let platnosti Nitrátové směrnice neustále rozšiřuje plochu zranitelných oblastí, jak ukazuje následující tabulka č. 3.

Tabulka 3: Plochy vymezené jako zranitelné oblasti¹⁰

	Vymezení v roce 2003	1. revize vymezení v roce 2007	2. revize vymezení v roce 2011	3. revize vymezení v roce 2015
Podíl plochy zranitelných oblastí v ploše ČR (v %)	36,7	39,9	41,6	41,9
Podíl zemědělské půdy *) ve zranitelných oblastech k celkové ploše zemědělské půdy v ČR (v %)	42,5	47,7	49,0	50,2
Podíl plochy zemědělské půdy *) z celkové plochy zranitelných oblastí (v %)	71,0	69,3	68,4	68,4
Podíl plochy orné půdy *) z celkové plochy zranitelných oblastí (v %)	57,0	58,0	54,9	53,9

Pro srovnání je uvedena i celoevropská situace na Obrázku č. 8. Zeleně jsou znázorněny zranitelné oblasti, modře státy, které jako zranitelnou oblast vymeziply celou svou plochu a žlutě státy mimo EU.



Obrázek 8: Stanovení zranitelných oblastí v Evropě¹⁰

3.5.2.2 Dusitany

V podobě minerálů se v přírodě nevyskytují, k jejich genezi dochází nitrifikací amoniakálního dusíku nebo redukcí dusičnanů. K antropogenním zdrojům se řadí odpadní vody z průmyslu, výroby nemrznoucích látek, barviv, atd. Jsou obsaženy především v podzemních vodách a nádržích s nedostatkem kyslíku, v povrchových vodách dochází k jejich redukcí na dusičnany.¹⁵

Dusitany jsou toxické pro ryby, jelikož se vážou na hemoglobin. Pitter⁷ udává limit 0,9 mg/l pro kaprovité a 0,6 mg/l pro lososovité ryby.

3.5.2.3 Amoniakální dusík

Ke genezi dochází rozkladem organických látek. Antropogenními zdroji jsou odpadní vody a dusíkatá hnojiva. Ve vodě je obsažen jako disociovaný ion NH_4^+ a nedisociovaný amoniak NH_3 . Nedisociovaná forma je podstatně více škodlivá, zejména pro ryby je silně toxická. Pro lososové i kaprové ryby je dán limit 0,025 mg/l.⁷

3.5.3 Sloučeniny fosforu

Zdrojem fosforu ve vodách jsou výplavy z půdy a výluh z hornin. Mezi zdroje pocházející z činnosti člověka patří zejména prací, čistící a odmašťovací prostředky, fosforečná hnojiva, případně odpad z živočišné výroby. Určuje se jako celkový rozpuštěný a nerozpuštěný fosfor. Důležité jsou málo rozpustné soli fosforečnanů kovů, jelikož ovlivňují zbytkový volný fosfor⁷. Fosfor je rovněž důležitým prvkem pro růst biomasy ve vodě, především jde o řasy a sinice¹⁵. Pitter⁷ uvádí, že pro tuto produkci je důležité, aby byl poměr N:P ve vodě roven 16. Ve vodních nádržích v ČR je tento poměr mnohem vyšší, fosfor se tedy stává hlavním faktorem eutrofizace.

Fosforečnany jsou považovány za zdravotně nezávadné, z hlediska jakosti povrchové vody i problematiky eutrofizace je limitován pouze celkový fosfor, průměrná hodnota NEK dle NV 401/2015 Sb., v platném znění, činí 0,15 mg/l¹⁶.

3.5.4 Chloridy

Do vody se dostávají z podloží zvětráváním a vyluhováním, jelikož jsou základní složkou půd a hornin. Chloridy jsou nejčastěji zastoupenými sloučeninami chloru ve vodě. Při vyšších koncentracích vytváří kovové komplexy, např. chlorortuťnany v odpadních vodách (elektrolýza chloridu sodného)⁷.

3.5.5 Sírany

Sírany se do vody dostávají jednak znečištěním, jednak jako součást koloběhu síry z organické hmoty. Hlavními zástupci je sádrovec a anhydrit., příp. sírany vzniklé oxidací pyritu. Spolu s chloridy a dusičnany jsou sírany hlavními anionty ve vodách.

Při vyšší koncentraci sírany ovlivňují chuť a mohou mít laxativní účinky, jinak jejich přítomnost není zdravotně závadná⁷.

3.5.6 Mangan

Vyskytuje se rozpuštěný i nerozpuštěný v oxidačním stavu II, III a IV, příp. VII. Jeho rozpustnost ve vodách je limitována koncentrací uhličitánů, hydroxidů a sulfidů⁷.

3.5.7 Železo

Železo v nízké koncentraci je přirozenou součástí přírodních vod. Jeho koncentrace bývá vyšší než manganu. Pro železo i mangan platí vertikální stratifikace ve vodních nádržích. Znamená to, že při stagnaci vody v létě a zimě se ve spodních vodách zvyšuje

koncentrace prvku až k jednotkám miligramů v litru, kdežto v povrchových vrstvách jsou pouhé setiny.

Nejčastějšími formami jsou sloučeniny oxidů a vyluhovaný pyrit z hornin⁷.

3.5.8 Těžké kovy

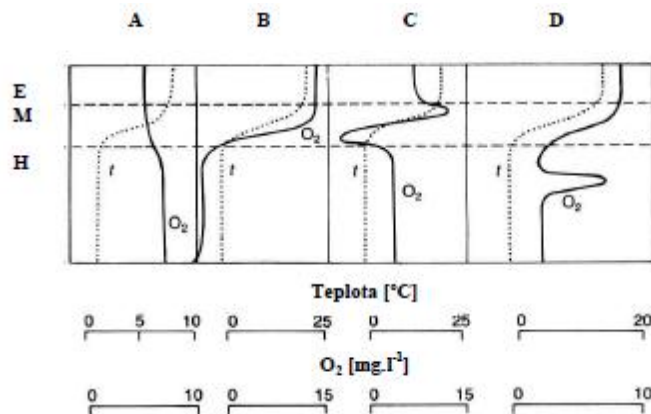
Jedná se o skupinu prvků s hustotou vyšší 5 g/cm³. Nízké koncentrace kovů jsou funkcí stopových prvků, avšak s vyšší koncentrací ve vodě se stávají toxickými. V těchto koncentracích jsou považovány za kontaminanty, nejčastěji antropogenního původu (odpadní vody, kanalizace, průmysl). Jedná se o prvky dle následující tabulky č. 4.

Tabulka 4: Zdroje těžkých kovů v prostředí, primárně ve vodách²

Výroba	Výskyt sloučenin prvků
Těžba a zpracování rud	Fe, Zn, Hg, As, Se, Mn, Cu
Hutní průmysl	Al, Cr, Mo, Ni, Pb, V
Těžba uhlí	Fe, Al, Mn, Ni, Cu, Zn
Strojírenství, povrchová úprava kovů	Cr, Cu, Ni, Zn, Cd, Fe, Al
Chemický průmysl	Fe, Al, W, Mo, Zn, Pb, Cu, Hg
Barvy, laky, pigmenty	Hg, Cr, Pb, Zn, Ti, Al, Ba, Sr, Mn, As, Se
Buničina, papír	Ti, Zn, Al, Ba, Sr, Cr, Se, Cu, Hg
Zpracování kůže	Cr, Al, Fe
Textilní průmysl	Cu, Zn, Cr, Pb, Fe
Polygrafický průmysl	Zn, Cr, Ni, Cd, Cu, Pb
Elektrotechnika	Ag, Se, Ge, Mn, Ni, Pb, Cu, Hg
Spalování uhlí	As, Ti, Al, Ge, Se, Hg, Be, Zn, Mo, Ni, Pb, Sb
Spalování topných olejů	V, Ni, Zn, Cu
Pesticidy	Hg, As, Cu, Zn, Ba
Průmyslová hnojiva	Cd, Mn, As
Koroze potrubí	Fe, Pb, Cu, Ni, Zn, Cr
Automobilová doprava	Pb

3.5.9 Kyslík

Hlavním zdrojem kyslíku jsou produkty fotosyntézy. Jeho deficit je způsoben dýcháním organismů a rostlin a je doplňován difuzí z atmosféry. Ovlivňuje hodnotu BSK. Jak uvádí Ambrožová, jeho distribuce ve vodě má vertikální charakter, viz následující obrázek č. 9.



A) ortográdní křivka, B) klinográdní křivka, C) pozitivně a negativně heterográdní křivka, D) anomální křivka,
E ... epilimnion, M ... metalimnion, H... hypolimnion.

Obrázek 9: Vertikální distribuce kyslíku⁹

3.5.10 Hodnota pH

Hodnota pH spolu s oxidačně-redukčním potenciálem významně ovlivňují jakost vody, a proto jsou součástí každého rozboru. V čistých vodách je hodnota pH v intervalu 4,5-9,5 dle koncentrace uhličitánů⁷.

3.5.11 Elektrolytická konduktivita

Konduktivita je funkcí přítomných kationtů a aniontů uvolněných při disociaci elektrolytů, převážně solí. Měří se pomocí konduktometrů s platinovými elektrodami².

3.5.12 Spotřeba kyslíku (CHSK, BSK)

Hodnota CHSK, chemická spotřeba kyslíku se užívá pro hodnocení organického znečištění pitných, užitkových a podzemních vod. Metodou stanovení je dichromanová metoda pro odpadní vody, Pro ostatní se užívá metoda manganometrie. Tato metoda, jak bylo empiricky zjištěno, výsledky dvakrát až třikrát podhodnocuje.

Hodnota BSK (biochemická spotřeba kyslíku) udává množství kyslíku potřebné nikoli k oxidaci všech látek jako CHSK, ale pouze biologicky odbouratelných. Platí, že čím je BSK vyšší, je vyšší i obsah rozpuštěných látek ve vodě a na to navazující míra znečištění^{2,7}.

3.6 Důležité právní předpisy vztahující se na jakost vody

Jak uvádí Říha v publikaci *Jakost vody v povrchových tocích*, základními legislativními podklady týkajícími se jakosti vod jsou:

- Zákon 254/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů
- Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., v platném znění
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., v platném znění
- Vyhláška č. 252/2004 Sb., v platném znění
- Vyhláška 262/2012/Sb., v platném znění

Národní legislativa vychází z podnětů místních poměrů, ale i podnětů Evropské unie, např. Nitrátová směrnice¹².

3.6.1 Zákon č. 254/2001 Sb., zákon o vodách a o změně některých zákonů

Hlavním zákonem zabývajícím se vodním hospodářstvím a kvalitou vody je tzv. Vodní zákon č. 254/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů. Jsou zde definovány pojmy související s oblastí vodohospodářství a stanoveny cíle ochrany vod. Dále jsou zde ujasněny změny z přestupkového zákona, změny ze zákona o veřejném zdraví a o vnitrozemní plavbě².

Jedná se o hlavní legislativní nástroj, který je doplněn návaznými zákony – viz dále, a prováděcími vyhláškami¹³.

3.6.2 Nařízení vlády č. 71/2003 Sb. o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod

Nařízení dělí vody na lososové a kaprové, a určuje podmínky ochrany těchto vod za účelem reprodukce daných ryb, nevztahuje se na přírodní nádrže a nádrže umělé sloužící pro intenzivní chov ryb.

Paragrafem §4 jsou dány parametry k zjišťování jakosti těchto vod (analytické metody a četnosti odběrů vzorků) a následně i je zde stanoven program pro snížení znečištění povrchových vod¹⁴.

¹² ŘÍHA, J., 2002, *Jakost vody v povrchových tocích a jejich matematické modelování*, 1. vyd., Praha: NOEL, 269 s. ISBN 80-86020-31-2.

¹³ Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů, tzv. Vodní zákon

3.6.3 Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech

Nařízení řeší problematiku parametrů a jejich hodnot při znečištění povrchových a odpadních vod a o podmínkách vypouštění odpadů do veřejné kanalizační sítě¹⁵. Dále jsou zde jmenovány parametry, jako je stanovení a dodržení emisních limitů a měření objemu vypuštěných odpadních vod a jejich míra znečištění¹⁶.

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

Tato vyhláška je hlavním prováděcím předpisem pro akreditované laboratoře provádějící rozbory vod, jelikož jsou jmenovány parametry ke stanovení (fyzikální, chemické a mikrobiologické), jejich limity i četnost provádění analýz¹⁷.

3.6.5 Nařízení vlády č. 262/2012 Sb., o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem

Dané nařízení se týká znečištění dusičnany a to jak půdy, tak vod všech druhů. Stanovují se zde zranitelné oblasti, akční program a zemědělské pokyny k hnojení a užití dusíkatých hnojiv¹⁸ (viz kapitola 1.5.2 – Sloučeniny dusíku).

¹⁴ Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., Nařízení vlády o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod

¹⁵ OPPELTOVÁ, P., 2015, *Ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 104 s., ISBN 978-80-7509-218-2.

¹⁶ Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády 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

¹⁷ Vyhláška č. 252/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody

¹⁸ Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. Nařízení vlády o stanovení zranitelných oblastí a akčním programem

4 CHARAKTERISTIKA ÚZEMÍ

V následující kapitole je vypsán souhrn informací o zájmovém povodí 4. řádu č. 4 – 15 – 01 – 1460 – 0 – 00 - povodí Veverky. Zde se nachází Knínický potok, který je předmětem hodnocení z hlediska jakosti a znečištění vody.

Povodí Veverky má rozlohu 31, 35 km². Na obrázku č. 10 je znázorněna přehledová mapa povodí.



Obrázek 10: Přehledová mapa povodí¹⁹, upraveno autorem

4.1 Biogeografické členění

Jak uvádí Culek²⁰, ČR se podle biogeografického členění dělí na 4 podprovincie – hercynská, polonská, severopanonská a západokarpatská. Zájmové povodí spadá do podprovincie hercynské. V rámci dalšího dělení byly vymezeny biogeografické regiony, tj. území se stejnou vegetační stupňovitostí, kterých se na území ČR nachází 91. Zájmové území je zařazeno do regionu 1.24 – Brněnský bioregion. Bioregion leží na území geomorfologických celků Bobravské vrchoviny, střední části Boskovické brázdy, vý-

¹⁹ VUV TGM, 2016, [online], Mapa VH a ochrana vod, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1

²⁰ CULEK, Martin, ed. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1996. ISBN 80-85368-80-3.

chodní části Křižanovské vrchoviny, a západního cípu Dražanské vrchoviny. Bioregion zaujímá plochu 812 km² a je převážně protáhlého tvaru směrem od severu k jihu.

Nejvíce zastoupeným vegetačním stupněm je stupeň 3. (dubo–bukový), dalším, poměrně rozšířeným je zde 2. buko–dubový stupeň, a spíše v malých lokalitách se zde nachází i 4. bukový stupeň.

Bioregion z větší části tvoří brněnský masív, složený především z granodioritů a dioritů. Výšková členitost reliéfu je 150 – 300 m, Nejnižší body tvoří koryta Svatky a Svitavy (200 m n. m.), nejvyšším bodem je Hořická hora (596 m n. m.).

4.2 Fauna a flora

Podle Culka²⁰ z hlediska flory v bioregionu převládají hercynské rostliny, zejména pak středoevropské lesy.

Z Karpat zde přesahují např. ostřice převislá, hvězdnatec čemeřicový, plyšec mandloňolistý. Panonské druhy se zde vyskytují spíše lokálně na vápencových ostrůvcích. Příklady jsou dub pýřitý, tuřice úzkolistá, len žlutý, aj. Z norických druhů zde lze nalézt např. křivatec český, brambořík nachový. Je zde vzácný výskyt dealpidů a perialpidů (penízek chlumní, lomikámen latnatý) a slatinných druhů (kapradiník bažinný, tuřice latnatá).

Fauna zde přechází mezi hercynskou, panonskou a zčásti karpatskou podprovincií. Faunu v této oblasti značně ovlivňuje přítomnost brněnské aglomerace, což se projevuje sekundární změnou rozšíření některých druhů, např. poštolka obecná, kuna skalní. Ochuzenou faunu zastupují především lesní druhy z panonského prvku (kudlanka nábožná, ještěrka zelená)

Mezi významné druhy patří zejména:

Savci - kuna skalní, myšice malooká, netopýr velký, vrápenec malý, ježek východní

Ptáci - lejsek malý, poštolka obecná, strakapoud jižní, břehule říční, cvrčilka slavíková

Plazi - ještěrka zelená

Měkkýši - skálnice lepá, zemoun skalní, vlahovka karpatská, žitovka obilná, pásovka žíhaná, závornatka malá

Hmyz - kudlanka nábožná, pestrokřídlec podražcový, kobylka

4.3 Geomorfologie, geologie a pedologie

4.3.1 Geomorfologické poměry

Zájmové povodí spadá do Hercynského geomorfologického systému. Území rozdělují 3 geomorfologické celky – Bobravská vrchovina, Boskovická brázda a Křižanovská vrchovina. Podrobné dělení je uvedeno v následující tabulce č. 5.²¹

Tabulka 5: Geomorfologické dělení²¹

Systém	Hercynský		
Provincie	Česká vysočina		
Subprovincie	Česko – Moravská soustava		
Podsoustava	Brněnská vrchovina		
Celek	22 Bobravská vrchovina	21 Boskovická brázda	18 Křižanovská vrchovina
Podcelek	Lipovská pahorkatina	Oslavanská brázda	Bítešská vrchovina
Okrsek	Omnická vrchovina	Hvozdecká pahorkatina	Jinošovská pahorkatina

²¹ Česká geologická služba, 2017, [online], Geologická mapa 1 : 50 000, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z http://mapy.geology.cz/geocr_50/?center=-641549

4.3.2 Geologické poměry

Povodí náleží z geologického hlediska do soustavy Český masiv. Území bylo rozděleno na 9 skupin podle oblasti, regionu, jednotky, příslušných hornin a jejich typů. Přehled rozdělení je uveden v následující tabulce č. 6.²¹

Tabulka 6: Geologické rozdělení²¹

1		2	
Soustava	Český masiv	Soustava	Český masiv
Oblast	kvartér	Oblast	moravskoslezská
Region	nerozlišen	Region	moravikum
Jednotka	nerozlišena	Jednotka	nerozlišena
Horniny	Spraš, sprašová hlína	Horniny	ortorula
Typ Horniny	nezpevněný sediment	Typ Horniny	metamorfit
3		4	
Soustava	Český masiv	Soustava	Český masiv
Oblast	moravskoslezská	Oblast	moravskoslezská
Region	brunovistulikum	Region	brunovistulikum
Jednotka	brněnský masiv	Jednotka	brněnský masiv
Horniny	granodiorit (biotit)	Horniny	granodiorit (biotit, amfibol)
Typ Horniny	magmatit hlubinný	Typ Horniny	magmatit hlubinný

5		6	
Soustava	Český masiv	Soustava	Český masiv
Oblast	svrchní karbon a perm	Oblast	svrchní karbon a perm
Region	mladší paleozoikum brázd	Region	mladší paleozoikum brázd
Jednotka	boskovická brázda	Jednotka	boskovická brázda
Horniny	jílovec, pískovec, prachovec	Horniny	pískovec
Typ Horniny	sediment zpevněný	Typ Horniny	sediment zpevněný
7		8	
Soustava	Český masiv	Soustava	Český masiv
Oblast	svrchní karbon a perm	Oblast	moravskoslezská
Region	mladší paleozoikum brázd	Region	moravikum
Jednotka	boskovická brázda	Jednotka	nerozlišena
Horniny	slepenec, brekcie	Horniny	mramor (vápenec, dolomit)
Typ Horniny	sediment zpevněný	Typ Horniny	metamorfit
9			
Soustava	Český masiv		
Oblast	kvartér		
Region	nerozlišen		
Jednotka	nerozlišena		
Horniny	hlína, písek, štěrk		
Typ Horniny	nezpevněný sediment		

4.3.3 Půdní poměry

V zájmovém povodí je nejrozšířenější klimatický region 5 (MT2) spolu s hlavní půdní jednotkou 10, pro kterou je typickým genetickým půdním představitelem hnědozem modální (HNm), případně slabě oglejená (HNmg'). Další poměrně hojně rozšířené jsou hlavní půdní jednotky 24-30, pro které je typický představitel kambizem, nejvíce zastoupené subtypy jsou zde kambizem modální (Kam), dystrická (KAd), mesobazická (KAa'), luvická (KA1). Pro okolí koryt toků je charakteristický typ fluvizem, konkrétně v okolí Veverky je rozšířena fluvizem glejová (FLq), u Knínického potoka pak fluvizem modální (FLm), u dalších toků se vyskytuje i glej fluvická (GLf). Dále je zejména pro okolí míst, kde toky pramení typická Luvizem modální (LUm). Do jižní části povodí zasahuje část poměrně rozsáhlé oblasti s výskytem černozemě luvické (CE1), která sahá přes celé území obce Ostrovačice.²²

4.4 Klimatické poměry

Povodí se nachází ve 3 klimatických regionech – 5, 7 a 2. Největší část území leží v regionu 5, který zaujímá převážně oblast Boskovické brázdy. Region 7 zasahuje do západní části povodí v oblasti Křižanovské vrchoviny. Klimatickému regionu 2 náleží zejména jižní část povodí a západní část v oblasti Bobravské vrchoviny. Charakteristiky jednotlivých regionů jsou vypsány v následující tabulce č. 7.²³

²² Česká geologická služba, 2017, [online], Půdní mapa 1 : 50 000, edice od 2012, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z <https://mapy.geology.cz/pudy/>

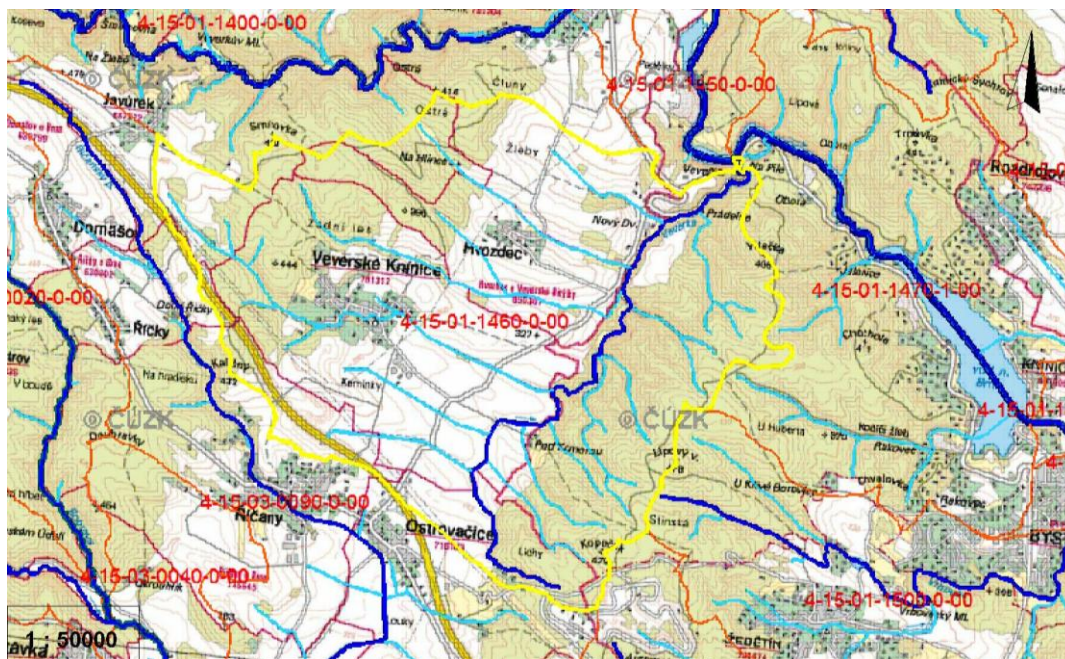
²³ Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2017, [online], eKatalog BPEJ, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z <http://bpej.vumop.cz/52212>.

Tabulka 7: Klimatické poměry²²

Klimatický region	5
Symbol	MT2
Charakteristika regionu	mírně teplý, vlhký
Suma teplot nad 10 °C	2200 - 2500
Průměrná roční teplota	7 - 8 °C
Průměrný úhrn srážek	550 - 650 mm
Pravděpodobnost suchých vegetačních období	15 - 30 %
Vláhová jistota ve vegetačním období	4 – 10
Klimatický region	7
Symbol	MT4
Charakteristika regionu	mírně teplý, vlhký
Suma teplot nad 10 °C	2200 - 2400
Průměrná roční teplota	6 - 7 °C
Průměrný úhrn srážek	650 - 750 mm
Pravděpodobnost suchých vegetačních období	5 - 15 %
Vláhová jistota ve vegetačním období	> 10
Klimatický region	2
Symbol	T2
Charakteristika regionu	teplý, mírně suchý
Suma teplot nad 10 °C	2600 - 2800
Průměrná roční teplota	8 - 9 °C
Průměrný úhrn srážek	500 - 600 mm
Pravděpodobnost suchých vegetačních období	20 - 30 %
Vláhová jistota ve vegetačním období	2 – 4

4.5 Hydrologické poměry

Řešené povodí Veverky je povodí 4. řádu s číslem hydrologického pořadí 4-15-01-1460-0-00. Plocha tohoto povodí 31,35 km². Spadá do povodí 3. řádu č. 4-15-01 – Svratka po Svitavu. Na obrázku č. 10 je znázorněn detail povodí.



Obrázek 11: Detail povodí¹⁹, upraveno autorem

Hlavním tokem povodí ležícím v jeho údolnici je potok Veverka. Veverka pramení v nadmořské výšce 440 m n.m. v místě s názvem Valuchova studánka a ústí zprava do Brněnské přehrady na řece Svratce v nadmořské výšce 245 m n.m. Délka toku je 9,04 km, průměrný sklon toku je 2,16 %. Veverka má celkem 13 přítoků, 7 pravostranných nepojmenovaných, a 6 levostranných, z nichž jsou pojmenovány 3 hlavní – Knínický potok, Melkranský potok a Hlinka. Z hlediska rybných vod je Veverka vedena jako kaprová voda.²⁴

Potok Hlinka má délku 3,36 km, prům. sklon 1,79 %, Melkranský potok má délku 4,96 km, prům. sklon 3,02 %, také se na něm nachází 2 menší vodní nádrže - ID: 415 011 460 004 a ID: 415 011 460 006.

²⁴ Národní Geoportál Inspire, 2017, [online], [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>

Zájmovým tokem v povodí je právě Knínický potok. Knínický potok pramení v lese v nadmořské výšce 445 m n.m., poté protéká obcí Veverské Knínice, kde je zčásti zatrubněn, zčásti teče v umělém korytě. Dále v obci teče potok opět v přirozeném korytě a pod obcí do něj ústí výpust' z čistírny odpadních vod (podrobnější informace o ČOV jsou popsány v kapitole č. 4.7 - Využívání území). Za obcí potok teče v téměř přímém směru, okolí toku zde tvoří zemědělsky využívaná půda. V řkm 5,32 potok protéká propustkem pod silnicí II. Třída č. 386. Potok ústí zleva do Veverky v nadm. výšce 290 m n.m. Délka toku je 6,095 km, průměrný sklon toku činí 2,54 %. Obrázek č. ukazuje detail Knínického potoka.



Obrázek 12: Detail Knínického potoka²⁴, upraveno autorem

Délka všech toků v zájmovém povodí Veverky je 47,84 km, což odpovídá hustotě říční sítě 1,53 km/km². Střední šířka povodí je 3,47 km. Při ploše lesa činící 16,26 km² je zalesnění území 51,87 %.

4.6 Chránění území a zranitelné oblasti

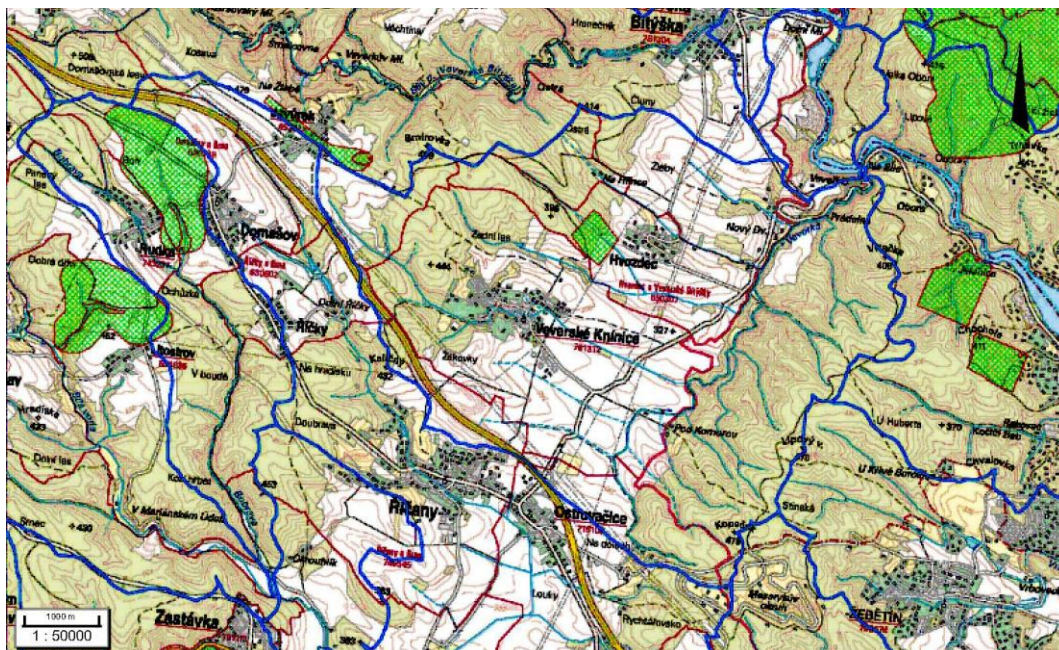
V samotné oblasti povodí Veverky se nenachází žádné zvláště chráněné území, nejbližší maloplošné území je přírodní rezervace Krnovec, ležící téměř na hranici povodí poblíž místa vtoku Veverky do Svratky. Ze zvláště chráněných druhů se zde vyskytují památné stromy, jedná se o dub u hradu Veverčí a skupinu 6 stromů – dřínů na mezkách, rostoucí

podél toku Veverky. Pod obecnou ochranu v území spadají 2 přírodní parky – údolí Bílého potoka na severozápadě povodí, a přírodní park Podkomorské lesy ve východní části, který je zároveň evropsky významnou lokalitou podle soustavy Natura 2000.²⁴

Jako citlivé oblasti jsou podle Nařízení vlády č. 61/2003 Sb. označeny všechny povrchové vody na území ČR. Zranitelné oblasti zasahují převážně do severní části povodí nad obcí Hvozdec, dále pak do západní části povodí. Do jižní části území sahá pouze nepatrná část zranitelné oblasti (viz obrázek č. 13). Z útvarů podzemních vod se v povodí nachází Krystalinikum v povodí Svratky – střední část, zde do povodí spadá nepatrná část ochranného pásma vodního zdroje patřícího obci Javůrek; a útvar Boskovická brázda – jižní část, zde leží ochranné pásmo vodního zdroje s názvem vrt VJ2, který náleží obci Hvozdec (viz obrázek č. 14).



Obrázek 13: Zranitelné oblasti²⁴, upraveno autorem



Obrázek 14: Ochranná pásma vodních zdrojů²⁴, upraveno autorem

4.7 Využívání území

4.7.1 Sídla

Oblast zájmového povodí Veverky se rozkládá na několika katastrálních územích. Jedná se o k. ú. Veverské Knínice a Hvozdec u Veverské Bítýšky, dále části k. ú. Veverská Bítýška, Bystrc, Ostrovačice, Říčany u Brna, Říčky u Brna a Javůrek. V oblasti povodí se nachází i hrad Veverčí. Obce Veverské Knínice a Hvozdec leží celé v řešeném povodí Kninického potoka, dále se zde nachází osada Nový Dvůr, která je součástí obce Veverská Bítýška, a malá část obce Javůrek.²⁴

Obec Javůrek leží na severozápadní hranici povodí, do samotného povodí zasahuje pouze několik staveb. Katastrální území obce má rozlohu 1027 ha, v obci je 128 domů a 286 obyvatel. Obec v současnosti nemá vybudován kanalizační systém.

Katastrální území obce Hvozdec má rozlohu 364 ha, v obci je 120 domů a 300 obyvatel. V obci je vybudována ČOV s oddělenou dešťovou a splaškovou kanalizací.

Osada Nový dvůr leží na severovýchodě povodí, zde se jedná pouze o několik obytných budov, hotel, a zemědělské stavby.

Veverské Knínice se nachází ve středozápadní části povodí. Obcí protéká Knínický potok. Rozloha katastrálního území činí 1017 ha, v obci je 323 domů a počet obyvatel k 1.1. 2017 je 917. Obec má základní občanskou vybavenost a je zcela plynofikována.

Je zde vybudována oddělená kanalizační síť na dešťovou a splaškovou vodu, která byla zcela dokončena v prosinci 2016, všichni obyvatelé nejsou dosud na systém napojení. Pro čištění odpadních vod je pod obcí zřízena čistírna odpadních vod pro 1200 obyvatel. Byla budována v letech 2001 - 2002 a v roce 2003 uvedena do provozu. Jedná se o mechanicko-biologickou ČOV s nízkozatíženým aktivačním systémem, s odstraňováním dusíku pomocí nitrifikace a denitrifikace a odstraňováním fosforu pomocí srážení. Technologie zahrnuje i terciální stupeň dočištění odpadních vod pomocí koagulace, sedimentace a filtrace. Recipientem je Knínický potok.

V tabulce č. 8 je znázorněno látkové zatížení ČOV, tabulka č. 9 ukazuje hodnoty hydraulického zatížení. Údaje pochází z technické dokumentace, kterou poskytl obecní úřad Veverské Knínice.

Tabulka 8: Látkové zatížení ČOV Veverské Knínice

<i>Popis</i>	<i>Označení</i>	<i>Jed.</i>	<i>Hodnota</i>
Zatížení	BSK ₅	kg/d	76,1
Zatížení	CHSK _{Cr}	kg/d	152,3
Zatížení (nerozpuštěné látky)	NL	kg/d	69,8
Zatížení (nitrifikovatelný dusík)	N-K _j	kg/d	14
Zatížení (fosfor)	P _c	kg/d	3,2

Tabulka 9: Hydraulické zatížení ČOV Veverské Knínice

<i>Popis</i>	<i>Jed.</i>	<i>Hodnota</i>
Počet obyvatel	osob	1200
Počet ekvivalentních obyvatel	EO	1268
Specifická produkce odpadních vod	l/os d	130
Odpadní vody od obyvatelstva	m ³ /d	156
Odpadní vody ostatní	m ³ /d	19,5

Průmyslové vody	m ³ /d	8
Balastní vody	m ³ /d	23,4
Prům. denní průtok odpadních vod	m ³ /d	206,9
	l/s	2,4
Max. denní průtok odpadních vod	m ³ /d	269,3
	l/s	3,1
Max. hodinový průtok splašků	m ³ /h	22,6
	l/s	6,3
Max dešťový průtok přes biologickou ČOV	m ³ /h	27
	l/s	7,5

4.7.2 Zemědělství

Hlavním-hospodařícím subjektem v oblasti je *Zemědělská společnost Veverží, a.s.*, která obdělává většinu zemědělské půdy. Společnost má sídlo v areálu bývalého JZD ve Veverských Knínicích. V současnosti se zabývá pěstováním a prodejem zemědělských komodit - jde zejména o pšenici, ječmen, řepku a kukuřici.

Další významný hospodář v tomto území je *Školní zemědělský podnik Nový Dvůr* ve vlastnictví Veterinární a farmaceutické univerzity v Brně. Zaměřují se jak na živočišnou výrobu, nacházející se v Novém Dvoru, tak na obdělávání zemědělské půdy.

Dále je zde menší počet soukromých hospodářů zabývajících se zemědělskou i živočišnou výrobou. V Novém Dvoru je zřízen chov koní.

Lesní pozemky v oblasti jsou z velké většiny ve vlastnictví LČR, dalšími hospodáři jsou soukromí vlastníci.

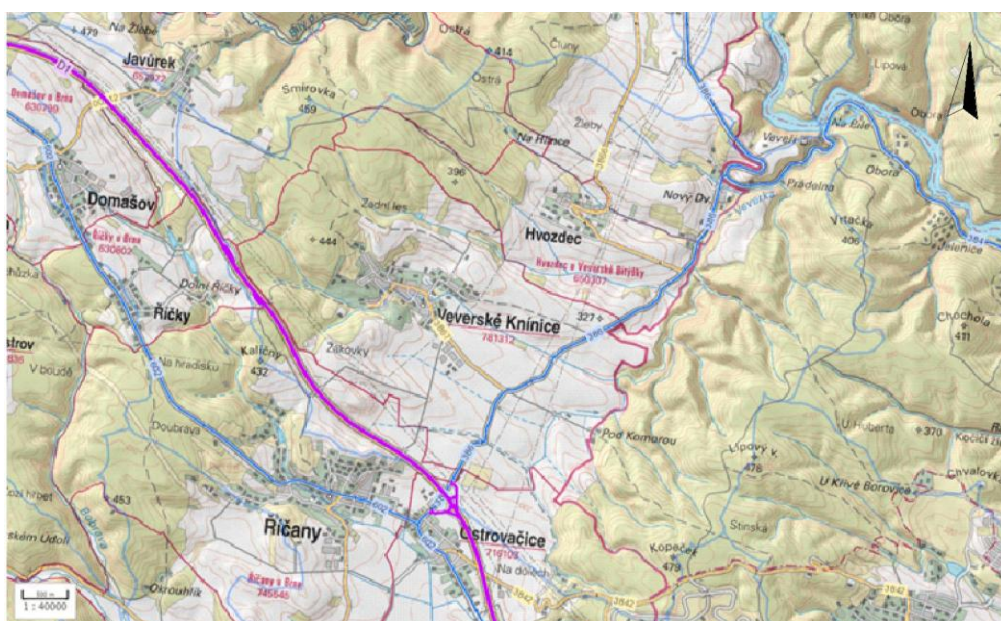
4.7.3 Průmysl

Průmysl není v území výrazněji rozšířen, několik menších firem je soustředěno v areálu bývalého JZD na okraji obce Veverské Knínice, jedná se například o obory stolařství či zámečnictví. Výrobu zde doprovází i doprava nákladními auty a kamiony. Dále se zde jedná i o výstavbě zařízení na třídění odpadů. V obci Hvozdec se nachází pila na zpra-

cování dřeva. V okolních obcích je menší počet soukromníků zabývajících se stavební, zámečnickou a jinou činností.

4.7.4 Doprava

Doprava v území je zajištěna pomocí sítě silnic II. a III. třídy a také dálnice D1. Dálnice D1 je víceméně rovnoběžná s jihozápadní hranicí povodí, nejbližší nájezd na dálnici je poblíž Ostrovačic. Silnice II. třídy č. 386 vede přibližně středem zájmového území a spojuje Ostrovačice s Veverskou Bítýškou. V Novém Dvoru je připojena k silnici II. třídy č. 384, která dále pokračuje do Brna. Obec Hvozdec je na silnici č. 386 napojena silnicí III. třídy č. 3866. Obec Veverské Knínice je zpřístupněna silnicí III. třídy č. 3867, opět napojenou na silnici č. 386. Zpřístupnění zemědělských, lesních a jiných pozemků je zajištěno sítí účelových komunikací. Dopravní poměry jsou znázorněny na obrázku č. 15.



Obrázek 15: Doprava v území²⁴, upraveno autorem

5 METODIKA

Bakalářská práce se zaměřuje na monitoring a hodnocení jakosti a znečištění vody v Knínickém potoce. Podstatou monitoringu bylo měření vybraných parametrů znečištění spolu s odběrem vzorků vody na pěti vybraných odběrných profilech na toku. Toto měření probíhalo jednou měsíčně po dobu 2 let od dubna 2015 do března 2017. Tabulka č. 10 obsahuje přehled dnů, ve které probíhalo měření.

Tabulka 10: Přehled dat měření

2015	2016	2017
9.4.	25.1.	23.1.
18.5.	17.2.	14.2.
3.6.	29.3.	1.3.
24.7.	19.4.	
24.8.	16.5.	
21.9.	19.6.	
13.10.	20.7.	
25.11.	29.8.	
22.12.	27.9.	
	25.10.	
	22.11.	
	23.12.	

Na toku bylo sledováno celkem 6 parametrů znečištění, které lze rozdělit na 2 skupiny – parametry měřené přímo v terénu pomocí přístroje, kterými jsou **pH**, **obsah kyslíku** [mg/l], **konduktivita** [μ S/cm] a **teplota** [$^{\circ}$ C]; a parametry zjištěné z odebraných vzorků v laboratoři UAKE MENDELU – obsah **dusičnanového (NO_3^-)** a **celkového dusíku** [mg/l]. Následující tabulka č. 11 ukazuje limitní hodnoty ukazatelů znečištění dle ČSN 75 7221 a NV 401/2015 Sb., v platném znění.

Tabulka 11: Limitní hodnoty znečištění u vybraných ukazatelů

Ukazatel	Jednotka	NV 401/2015 Sb. (NEK)	ČSN 75 7221/ Třída jakosti				
			I.	II.	III.	IV.	V.
pH	-	5 – 9					
konduktivita	<i>mS/m</i> *		<40	<70	<110	<160	≥160
obsah rozpuštěného O_2	<i>mg/l</i>	>9	>7,5	>6,5	>5	>3	≤3
teplota	$^{\circ}\text{C}$	NPH 29					
dusičnanový dusík	<i>mg/l</i>	RP 5,4	<3	<6	<10	<13	≥13
celkový dusík	<i>mg/l</i>	RP 6					

*Pozn.: Jednotka konduktivity udávaná normou je mS/m, hodnoty naměřené přístrojem HACH jsou udávány v μ S/cm. 1 mS/m odpovídá 10 μ S/cm.

Na monitoringu Knínického potoka spolupracoval student Tomáš Králík, který se ve své práci věnuje znečištění sloučeninami fosforu.

5.1 Popis odběrných profilů

Na toku bylo vybráno celkem 5 odběrných profilů zvolených tak, aby mohla být sledována co nejdelší část toku a zároveň se tyto profily nacházely v odlišných prostředích s různými možnými zdroji znečištění. Obrázek č. 16 znázorňuje rozmístění odběrných profilů na toku.



Obrázek 16: Umístění odběrných profilů²⁴, upraveno autorem

- **Odběrný profil 1** (řkm 2,056; GPS N 49°14.15718', E 16°23.20343')

První profil se nachází v lese. Levý břeh toku je lemován lesní cestou, na pravém břehu leží podél toku pozemky vedené v katastru jako zahrada. Na těchto pozemcích je umístěno několik staveb, většinou se jedná o chaty. V obdobích sucha, zejména v letních měsících, tok v okolí tohoto profilu vysychá.

- **Odběrný profil 2** (řkm 2,553; GPS N 49°14.06932', E 16°23.58838')

Tento profil se nachází na okraji lesa těsně nad obcí v terénní sníženině. Na pravém břehu toku je les, podél levého břehu vede polní cesta, za kterou leží pozemky vedené jako ovocný sad. Za odběrným profilem tok vtéká do trubního propustku vedoucího pod silnicí dále do obce. Propustek se zde nachází v zanedbaném stavu, je téměř zcela zanesený splaveným materiálem. Koryto toku je zde neudržované, leží v něm značné množství splavenin, listí a spadených větví, v minulosti se v okolí profilu nacházela černá skládka. V suchých obdobích tok rovněž vysychá.

- **Odběrný profil 3** (řkm 3,935; GPS N 49°14.19290', E 16°24.52405')

Odběrný profil leží na okraji obce přímo v místě, kde se nachází výpusť z ČOV Veverké Knínice. Tato lokace byla vybrána z důvodu předpokládaného vyššího znečištění vody pocházejícího ze zmíněné ČOV. V místě výpusti je koryto toku opevněno kamennou dlažbou. U pravého břehu toku je samotná stavba čistírny obklopená zemědělsky využívanými pozemky, podél levého se nachází zahrady a na ně navazující zastavěná část obce.

- **Odběrný profil 4** (řkm 5,325; GPS N 49°13.88395', E 16°25.55627')

Profil se nachází za propustkem vedoucím pod silnicí II. třídy č 386. Břehy koryta jsou zde stabilizovány kmenným pohozem. Po obou březích toku jsou zemědělsky obdělávané pozemky, na kterých se pěstují zejména obilniny, případně řepka nebo kukuřice. Na úseku mezi propustkem a ústím do Veverky je podél toku vysázeno stromořadí.

- **Odběrný profil 5** (řkm 5,729; GPS N 49°13.80703', E 16°25.86720')

Stejně jako profil 4 je tento na obou březích obklopen zemědělskou půdou. Nachází se přibližně uprostřed mezi propustkem a ústím toku do Veverky. Fotodokumentace jednotlivých odběrných profilů je obsažena v příloze č. 7.

5.2 Práce v terénu

Monitoring v terénu probíhal každý měsíc vždy v jeden den pro všech 5 profilů. Na každém profilu byl odebrán vzorek vody pro další práci v laboratoři. Vzorky byly odebrány do předem vypláchnutých a označených vzorkovnic. Vzorkovnice byly naplněny tak, aby se zamezilo přítomnosti vzduchu, byly skladovány v chladu a laboratorně zpracovány do 24 hodin po odebrání.

Po odebrání vzorků zahrnovala terénní práce u každého profilu změření jakostních parametrů – **pH**, **obsah O₂**, **konduktivita**, a **teplota**. Měření bylo prováděno multimetrem HQ HACH 30d za pomoci přídavných sond. K měření teploty byla zvolena sonda na pH. Po ponoření sond do vody a jejich stabilizaci vyhodnotil přístroj údaje. Přehled a porovnání naměřených hodnot jsou uvedeny v kapitole 6. – Výsledky a diskuze. Fotodokumentace k práci v terénu je obsažena v příloze č. 8.

5.3 Práce v laboratoři

Rozbor odebraných vzorků probíhal vždy v laboratoři Ústavu aplikované a krajinné ekologie na Mendelově univerzitě v Brně. Rozbor byl prováděn za účelem stanovení obsahu **dusičnanového (NO₃⁻)** a **celkového dusíku** v každém ze vzorků. Stanovení dusičnanového dusíku probíhalo po celou dobu monitoringu, dusík celkový byl měřen až od června 2016, jelikož do té doby nebyly k dispozici potřebné finance.

Pro určení obsahu dusičnanů bylo nutné vzorek nejprve přefiltrovat. Poté se postupovalo podle metodiky HACH, obsah byl stanoven pomocí spektrofotometru HACH DR 4000U. Měření celkového dusíku vycházelo z nefiltrovaných vzorků. Postupovalo se rovněž dle metodiky HACH, avšak nejdříve bylo potřeba zahřát předem připravené vialky v termoreaktoru HACH DRB 200 na teplotu 105 °C po dobu 30 min. a poté bylo možné stanovit obsah pomocí výše uvedeného spektrofotometru. V kapitole 6. – výsledky a diskuze jsou naměřené údaje vyhodnoceny, graficky zpracovány a porovnány s ČSN 75 7221 Klasifikace povrchových vod a s nařízením vlády 401/2015 Sb. o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostí povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Fotodokumentace k práci v laboratoři je obsažena v příloze č. 9.

6 VÝSLEDKY A DISKUZE

V této kapitole jsou naměřené hodnoty blíže popsány, vyhodnoceny a srovnány s ČSN 75 7221 - Klasifikace povrchových vod a také s normami environmentální kvality (NEK) podle NV 401/2015 Sb., v platném znění. Výsledky měření obsahují poměrně značné množství údajů, jejich grafické zpracování je proto uvedeno v přílohách 1 – 6.

6.1 Reakce vody (pH)

Podle NEK pro pH musí roční průměr této hodnoty ležet v intervalu **5 – 9**. Z výsledků měření vyplývá, že hodnoty pH v toku splňují požadavky na kvalitu. Průměrné roční hodnoty se pohybovaly v rozmezí od 7,38 do 8,06, přičemž nejnižší hodnoty byly zjištěny u 2. a 3. odběrného profilu, nejvyšší hodnoty se pak vyskytovaly u 4. a 5. profilu. Absolutně nejnižší pH bylo naměřeno 24. 7. 2015 na 3. odběrném profilu, jeho hodnota zde činila 6,91. Nejvyšší pH s hodnotou 8,23 bylo naměřeno 19. 6. 2016 na 5. profilu. Viz příloha č. 1.

Podle průměrných hodnot pH lze vodu v toku hodnotit jako mírně zásaditou. Pitter⁷ uvádí běžné hodnoty pH u povrchových vod v rozmezí 6,0 – 8,5. Z naměřených údajů je tedy patrné, že z hlediska pH není voda v toku nijak neobvyklá. Růst hodnot pH nad 8 zjištěný pravidelně na 4. a 5. profilu by mohl být způsoben zvýšenou fotosyntézou, jelikož do těchto míst dopadá obvykle více slunečního záření než v okolí ostatních profilů. Co se týče pH, splňuje voda nároky ryb, Pitter uvádí optimální pH 6, 0 – 9,0. Kaprovité ryby snášejí i hodnotu 10, lososovité ryby jsou na zásadité prostředí citlivější.

6.2 Konduktivita (měrná vodivost)

Na hodnotu konduktivity se vztahuje pouze norma ČSN 75 7221, která vymezuje celkem 5 tříd jakosti vody. Pro jednotlivé třídy jsou stanoveny tyto hodnoty: **I. <400, II. <700, III. <1100, IV. <1600, V. ≥1600 [μS/cm]**. Průměrné roční hodnoty konduktivity se nacházely v rozmezí 693 – 1083 μS/cm. Nejnižší průměrná konduktivita byla zjištěna na I. profilu, nejvyšší pak na 3. profilu, přičemž průměrné roční hodnoty na 3., 4., a 5. profilu byly přibližně stejné. V průměru tedy voda v toku spadá do II. třídy jakosti. Absolutně nejnižší konduktivita byla naměřena 24. 8. 2015 na 1. profilu s hodnotou 492 μS.cm⁻¹, což odpovídá II. třídě jakosti. Nejvyšší hodnota konduktivity činící 1281 μS/cm byla zjištěna 19. 6. 2016 na 2. profilu, zde se ovšem jedná o výjimku, jelikož naměřená hodnota leží poměrně vysoko nad průměrem. Další značně vysoké hodnoty

byly změřeny na 3. odběrném profilu, 23. 1. 2017 – 1271 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 27. 9. 2016 – 1242 $\mu\text{S}/\text{cm}$, spadající do jakostní třídy IV. Viz příloha č. 2.

Jak konstatuje Pitter⁷, konduktivita v podstatě umožňuje přímo odhadnout koncentraci anorganických elektrolytů (aniontů a kationtů) a celkovou mineralizaci vody. Konduktivita rovněž závisí na mnoha parametrech, mezi něž patří i teplota. Pokud teplota vzroste o 1 °C, vzroste konduktivita nejméně o 2 %. Nižší konduktivitu na prvních dvou profilech lze tedy předpokládat, jelikož se nachází blízko prameništi a zároveň v této části toku byly vždy naměřeny nejnižší teploty. Vysoké hodnoty na 3. profilu lze rovněž očekávat, vzhledem k tomu, že se profil nachází pod výpustí z ČOV. Zvýšení konduktivity zde mimo jiné pravděpodobně způsobují rozpuštěné látky v odpadní vodě. Na vysoké hodnoty konduktivity v profilech 3 a 4 může mít vliv odpadní voda z ČOV, splachy z okolních polí a celého povodí, a také vyšší teplota vody.

6.3 Koncentrace rozpuštěného kyslíku (O_2)

Podle NV 401/2015 Sb., v pl. znění je pro rozpuštěný kyslík minimální hodnota NEK **9 mg/l**. Průměrné roční hodnoty u 1., 2., 4., a 5. profilu tento limit splňují, pouze u 3. profilu jsou hodnoty nižší. ČSN 75 7221 vymezuje 5 tříd jakosti, pro porovnání naměřených hodnot postačí první 4 třídy s těmito limity: **I. >7,5 II. >6,5 III. >5 IV. >3 [mg/l]**. V průměru náleží voda v toku do I. třídy jakosti. Nejnižší hodnota byla naměřena 21. 9. 2015 u 2. profilu 4,06 mg/l, což odpovídá IV. třídě jakosti. V ostatních měsících byl obsah kyslíku nejnižší téměř vždy na 3. profilu. Nejvyšší hodnoty byly naměřeny 23. 12. 2016 - 2. profil 13,14 mg/l, 5. profil 13,07 mg/l, 1. profil 12,90 mg/l, 4. profil 12,36 mg/l. Z naměřených výsledků je víceméně patrná nepřímá úměrnost mezi rozpustností kyslíku ve vodě a teplotou – viz příloha č. 3.

Pitter⁷ popisuje koncentraci rozpuštěného kyslíku jako funkci teploty, tedy s rostoucí teplotou klesá rozpustnost kyslíku ve vodě. Tomu ostatně odpovídají i výsledky měření. Mimo jiné závisí rozpustnost i na hydraulických podmínkách, fotosyntéze, aj. Dle Pittera⁷ je obvyklá koncentrace rozpuštěného kyslíku v neznečištěných vodních tocích 6 –12 mg/l . Obdobné hodnoty byly zjišťovány v průběhu měření zejména na profilech 1, 2, 4 a 5. Nízké koncentrace u 3. profilu lze zdůvodnit pravděpodobným zvýšením chemické a biologické spotřeby kyslíku, jelikož se zde předpokládá organické i anorganické znečištění pocházející ze zmíněné ČOV. Co se týče ryb, jsou dle Pittera⁷

různě náročné na kyslík. Lososovité ryby vyžadují optimálně více jak 9 mg/l, dušení se projeví při méně jak 3 mg/l, kaprovité více jak 7 mg/l, dušení nastává při méně jak 2 mg/l. Z výsledků měření tedy vyplývá, že z hlediska kyslíku voda není pro ryby vyloženě nevhodná.

6.4 Teplota

Požadavky na teplotu jsou stanoveny pouze NEK s nejvyšší přípustnou hodnotou 29 °C. Všechny naměřené hodnoty se nachází pod touto hranicí. Průměrná roční teplota se pohybovala v rozmezí 7 – 11,2 °C s nejvyššími hodnotami na 3., 4., a 5. profilu. Nejnižší teplota byla změřena 23. 12. 2016 na 1. profilu, činila 0,2 °C. Nejvyšší teplota byla 21,8 °C, naměřená 24. 7. 2015 na profilech 3, 4 a 5. Viz příloha č. 4.

Pitter⁷ považuje za důležitou zejména teplotu povrchových vod, neboť má vliv na řadu faktorů, jako například rozpustnost kyslíku, konduktivita, proces samočištění. Dále hovoří o problému tepelného znečištění, zde uvádí limit 25 °C pro vypouštění odpadních vod do povrchových a rovněž udává nejvyšší povolený vzrůst teploty o 3 °C na konci mísící zóny v toku. Na 3 profilu pod výpustí z ČOV je u mnoha měření viditelný nárůst teploty oproti ostatním profilům, způsobený patrně rozkladnými procesy v odpadní vodě. Ačkoliv vypouštěná voda nepřekračuje stanovený limit, v září, lednu a únoru 2017 mohl být dle výsledků vzrůst teploty za mísící zónou vyšší než stanovené 3 °C. Co se ryb týče, jsou dle Pittera vcelku teplotně tolerantní, maximum pro kaprovité ryby je 28 °C, u lososovitých je to asi 21,5 °C.

6.5 Dusičnanový dusík (N-NO₃⁻)

Hodnota NEK pro dusičnanový dusík činí **5,4 mg/l**. Průměrné roční hodnoty na jednotlivých profilech se nacházely v rozmezí 1,8 mg/l – 6,1 mg/l s nejvyšší koncentrací na 3. profilu. V prvním roce měření splňovaly limit NEK profily 1, 2, a 5, ve druhém roce pouze profily 1 a 2. Podle ČSN 75 7221 byly hodnoty porovnány se 3 třídami jakosti, které mají tyto limity: **I. <3, II. <6, III. <10 [mg/l]**. Všechny naměřené hodnoty jsou pod limitem 10 mg/l, více než polovina hodnot spadá do II. třídy jakosti a většinu hodnot stanovených na 1. profilu lze zařadit do I. třídy jakosti. Absolutně nejnižší zjištěná hodnota činí 1,2 mg/l, stanovená u vzorku z 2. profilu dne 25. 10. 2016. Nejvyšší koncentrace byla zjištěna na 3. profilu 19. 6. 2016, činila 9,9 mg/l. Viz příloha č. 5.

Pitter⁷ řadí dusičnany mezi čtyři hlavní anionty obsažené téměř ve všech typech vod. Také poukazuje na stále se zvyšující koncentrace dusičnanů v přírodních vodách zapříčiněné stále rostoucím počtem obyvatel a především intenzifikací zemědělské činnosti. Jako příklad uvádí nárůst průměrné koncentrace dusičnanového dusíku v Labi z 0,5 mg/l v roce 1892 na 5 mg/l v roce 1994. Z výsledků stanovení dusičnanového dusíku vyplývá, že v průměru nejvyšší koncentrace jsou zjištěny na 3. profilu, nejvyšší podíl na znečištění toku má tedy již dříve zmiňovaná ČOV. Dusičnany zde vznikají při čištění odpadní vody nitrifikací z amoniakálního dusíku. Vysoké hodnoty byly zjištěny rovněž na profilech 3 a 4. Tyto profily se nachází mezi zemědělsky obdělávanými pozemky, zdrojem znečištění zde pravděpodobně jsou dusíkatá hnojiva užívaná na těchto pozemcích. Mezi profily 3 a 4 je vzdálenost asi 1,5 km a probíhají zde ve vodě určité samočisticí procesy, nicméně nelze vyloučit, že určitý podíl na znečištění v okolí profilů 4 a 5 mají i látky pocházející z ČOV. Jak již bylo zmíněno, nejvyšší roční průměr koncentrace dusičnanového dusíku byl zjištěn na 3. profilu, činil 6,1 mg/l. Pokud bychom tuto hodnotu chtěli srovnat s jinými toky, Čápková²⁵ ve své práci monitoruje jakost vody ve vybraných přítocích Brněnské přehrady. U profilu na toku Veverka uvádí roční průměr N-NO₃⁻ 4,6 mg/l, u profilu na Bílém potoce 3,6 mg/l, u profilu na Svatce 4,3 mg/l. Navrátilová²⁶ uvádí nejvyšší roční průměr N-NO₃⁻ 3,8 mg/l na Bílém potoce u profilu Šmelcovna 2.

6.6 Celkový dusík

Celkový dusík je limitován pouze hodnotou NEK, která je **6 mg/l**. Hodnoty celkového dusíku byly sledovány až ve druhém roce měření, kdy proběhlo 9 těchto stanovení, z toho u 2 měření byly sledovány pouze 3 profily. Výpovědní hodnota proto není stejná jako u předchozích parametrů, nicméně jisté výsledky z měření vyplývají. Průměrné hodnoty u jednotlivých profilů se pohybují od 1,4 mg/l do 9,7 mg/l, nejvyšší průměr je opět u 3. profilu. Limitní hodnotu NEK splňují pouze profily 1 a 2. Nejnižší koncentrace byla stanovena na 0,1 mg/l u vzorku z profilu 2 dne 1. 3. 2017, nejvyšší koncentrace byla zjištěna u vzorku z profilu 4 dne 23. 1. 2017, činila 20,2 mg/l. Viz příloha č. 6.

²⁵ ČÁPKOVÁ, Markéta. Monitoring jakosti vody na vybraných přítocích Brněnské přehrady. Brno, 2013. Bakalářská práce. Mendelova Univerzita v Brně. Fakulta agronomická.

²⁶ NAVRÁTILOVÁ, Lucie. Monitoring jakosti vody Bílého potoka. Brno, 2014. Bakalářská práce. Mendelova Univerzita v Brně. Fakulta agronomická.

Stejně jako u dusičnanového dusíku, má na koncentraci celkového dusíku největší podíl odpadní voda z ČOV na profilu 3. Následují profily 4 a 5, kde dusík opět pochází ze zemědělských hnojiv a částečně z nerozložených látek z vypouštěné odpadní vody. Nejvyšší roční průměr celkového dusíku činil 9,7 mg/l, pro srovnání Navrátilová²⁶ uvádí nejvyšší průměr 3,6 mg/l na Bílém potoce u profilu Šmelcovna 2.

7 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zaměřovala na sledování znečištění Knínického potoka dusíkem spolu se sledováním základních ukazatelů jakosti vody. Odběrné profily na toku byly zvoleny tak, aby se nacházely v různém prostředí a bylo možné zjistit, jak se které prostředí podílí na znečištění. Obecně vzato lze tedy z výsledků měření konstatovat, že největší podíl na kontaminaci zde nese zmiňovaná ČOV. Následuje část toku v okolí profilů 4 a 5, kde se pravděpodobně projevuje jak znečištění splachem z okolních zemědělských pozemků, tak znečištění určitým množstvím látek pocházejících z ČOV.

Pokud bychom měli závěrem shrnout jednotlivé sledované ukazatele, z hlediska pH je voda v toku naprosto vyhovující, co se týče konduktivity, spadá voda v průměru do III. třídy jakosti, lze ji označit jako středně kvalitní, koncentrace rozpuštěného kyslíku splňuje normu environmentální kvality u všech profilů vyjma 3., i přesto by roční průměry kyslíku spadaly u všech profilů do I. třídy jakosti. Z hlediska teploty voda splňuje normu environmentální kvality, na toku nebylo pozorováno výrazné tepelné znečištění, pouze v září, lednu a únoru 2017 byl zjištěn výraznější teplotní rozdíl mezi vodou u výpusti z ČOV a vodou u ostatních profilů. U stanovení dusičnanového dusíku je zřetelně vidět rozdíl mezi částí toku blíže prameni u prvních dvou profilů a částí toku za výpustí z ČOV a v blízkosti zemědělských pozemků. V prvním roce měření byla norma environmentální kvality překročena u profilů 3 a 4, ve druhém roce u profilů 3, 4 a 5. Stanovení celkového dusíku proběhlo podstatně méně, i tak jsou ale patrné obdobné hodnoty, limit byl opět překročen u profilů 3, 4 a 5.

Z předchozích zjištění tedy vyplývá, že na znečištění toku mají zásadní vliv odpadní voda a dusíkatá hnojiva užívaná v zemědělství. Jako možná opatření ke zlepšení stavu vody lze navrhnout provedení takových úprav na zařízení stávající ČOV, které povedou k dokonalejšímu čištění odpadní vody a odbourávání nežádoucích látek. Rovněž lze doporučit na zemědělských pozemcích v okolí toku aplikaci menšího množství užíva-

ných hnojiv nebo zvolit jiné způsoby hnojení, např. s pozvolným uvolňováním dusíku. Na závěr by bylo dobré poznamenat, že monitoring stavu vod je důležitou činností, je však potřeba, aby byl prováděn komplexně a zaměřoval se na všechny významné ukazatele znečištění.

8 LITERATURA

1. TROJAN, S., 2003. *Lékařská fyziologie*. 4. vyd. Praha: Grada, 773 s., ISBN 80-247-0512-5.
2. HLAVÍNEK, P., Říha J., 2006. *Jakost vody v povodí*. 1. vyd. Brno: VUT Brno Fakulta stavební. 242 s. ISBN 80-214-2815-5
3. USGS science for a changing world, 2016 [online] *USGS* [cit. 18.11. 2016]. Dostupné z: <http://water.usgs.gov/edu/watercycleczechhi.html>
4. Elektromagnetické jevy, 2016, [online] [cit. 18.11. 2016]. Dostupné z: <http://www.elektromagnetizmus.wbl.sk/uvaha-11-15.html>
5. Ve škole, 2016, [online] *Kyselé deště* [cit. 18.11. 2016]. Dostupné z: www.veskole.cz
6. HUBAČÍKOVÁ, V., 2015. *Vodní hospodářství*, 1. vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 128 s., ISBN 978-80-7509-239-7.
7. PITTER, P. *Hydrochemie*. 4., aktualiz. vyd. Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2009, 592 s., ISBN 978-80-7080-701-9
8. KOPP, R., 2015. *Hydrochemie nejen pro rybáře*, 1. Vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 120 s., ISBN 978-80-7509-352-3.
9. AMBROŽOVÁ, J., 2003. *Aplikovaná a technická hydrobiologie*, 2. vyd., Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 456 s, ISBN 80-7080-521-8.
10. SPURNÝ, P. a kol, 2015. *Hydrobiologie a rybářství*. 1. vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 254 s., ISBN 978-80-7509-345-5.
11. VUV TGM, 2016, [online], Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství, [cit. 20.11. 2016]. Dostupné z <http://www.vtei.cz/2016/10/ochrana-vod-pred-dusicnany-ze-zemedelstvi/>
12. ŘÍHA, J., 2002, *Jakost vody v povrchových tocích a jejich matematické modelování*, 1. vyd., Praha: NOEL, 269 s. ISBN 80-86020-31-2.
13. Zákon č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů, tzv. Vodní zákon
14. Nařízení vlády č. 71/2003 Sb., Nařízení vlády o stanovení povrchových vod vhodných pro život a reprodukci původních druhů ryb a dalších vodních živočichů a o zjišťování a hodnocení stavu jakosti těchto vod

15. OPPELTOVÁ, P., 2015, *Ochrana vodních zdrojů*. 1. vyd., Brno: Mendelova univerzita v Brně, 104 s., ISBN 978-80-7509-218-2.
16. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Nařízení vlády 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
17. Vyhláška č. 252/2004 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody
18. Nařízení vlády č. 262/2012 Sb. Nařízení vlády o stanovení zranitelných oblastí a akčním programu
19. VUV TGM, 2016, [online], Mapa VH a ochrana vod, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z http://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?map=mp_heis_voda&TMPL=AJAX_MAIN&IFRAME=1
20. CULEK, Martin, ed. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1996. ISBN 80-85368-80-3.
21. Česká geologická služba, 2017, [online], Geologická mapa 1 : 50 000, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z http://mapy.geology.cz/geocr_50/?center=-641549
22. Česká geologická služba, 2017, [online], Půdní mapa 1 : 50 000, edice od 2012, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z <https://mapy.geology.cz/pudy/>
23. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., 2017, [online], eKatalog BPEJ, [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z <http://bpej.vumop.cz/52212>.
24. Národní Geoportál Inspire, 2017, [online], [cit. 20.2. 2017]. Dostupné z <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
25. ČÁPKOVÁ, Markéta. Monitoring jakosti vody na vybraných přítocích Brněnské přehrady. Brno, 2013. Bakalářská práce. Mendelova Univerzita v Brně. Fakulta agronomická.
26. NAVRÁTILOVÁ, Lucie. Monitoring jakosti vody Bílého potoka. Brno, 2014. Bakalářská práce. Mendelova Univerzita v Brně. Fakulta agronomická

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Koloběh vody v přírodě ³	12
Obrázek 2: Molekula vody ⁴	13
Obrázek 3: Koloběh kyselých plynů a vznik kyselých dešťů ⁵	14
Obrázek 4: Secchiho deska ⁸	20
Obrázek 5: Vyhodnocení monitoringu povrchových vod ¹¹	22
Obrázek 6: Revidované vymezení zranitelných oblastí ¹¹	22
Obrázek 7: Průměrné koncentrace dusičnanů v povrchových vodách u členů Evropské unie ¹⁰	23
Obrázek 8: Stanovení zranitelných oblastí v Evropě ¹⁰	24
Obrázek 9: Vertikální distribuce kyslíku ⁹	27
Obrázek 10: Přehledová mapa povodí, upraveno autorem	30
Obrázek 11: Detail povodí ¹⁹ , upraveno autorem	37
Obrázek 12: Detail Knínického potoka ²⁴ , upraveno autorem.....	38
Obrázek 13: Zranitelné oblasti ²⁴ , upraveno autorem	39
Obrázek 14: Ochranná pásma vodních zdrojů ²⁴ , upraveno autorem	40
Obrázek 15: Doprava v území ²⁴ , upraveno autorem.....	43
Obrázek 16: Umístění odběrných profilů ²⁴ , upraveno autorem.....	45

10 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Zastoupení vody v jednotlivých zdrojích na Zemi ²	13
Tabulka 2: Rozdělení povrchové vody, Hlavínek, upraveno ²	17
Tabulka 3: Plochy vymezené jako zranitelné oblasti ¹⁰	23
Tabulka 4: Zdroje těžkých kovů v prostředí, primárně ve vodách ²	26
Tabulka 5: Geomorfologické dělení ²¹	32
Tabulka 6: Geologické rozdělení ²¹	33
Tabulka 7: Klimatické poměry ²²	36
Tabulka 8: Látkové zatížení ČOV Veverské Knínice	41
Tabulka 9: Hydraulické zatížení ČOV Veverské Knínice.....	41
Tabulka 10: Přehled dat měření	44
Tabulka 11: Limitní hodnoty znečištění u vybraných ukazatelů	44

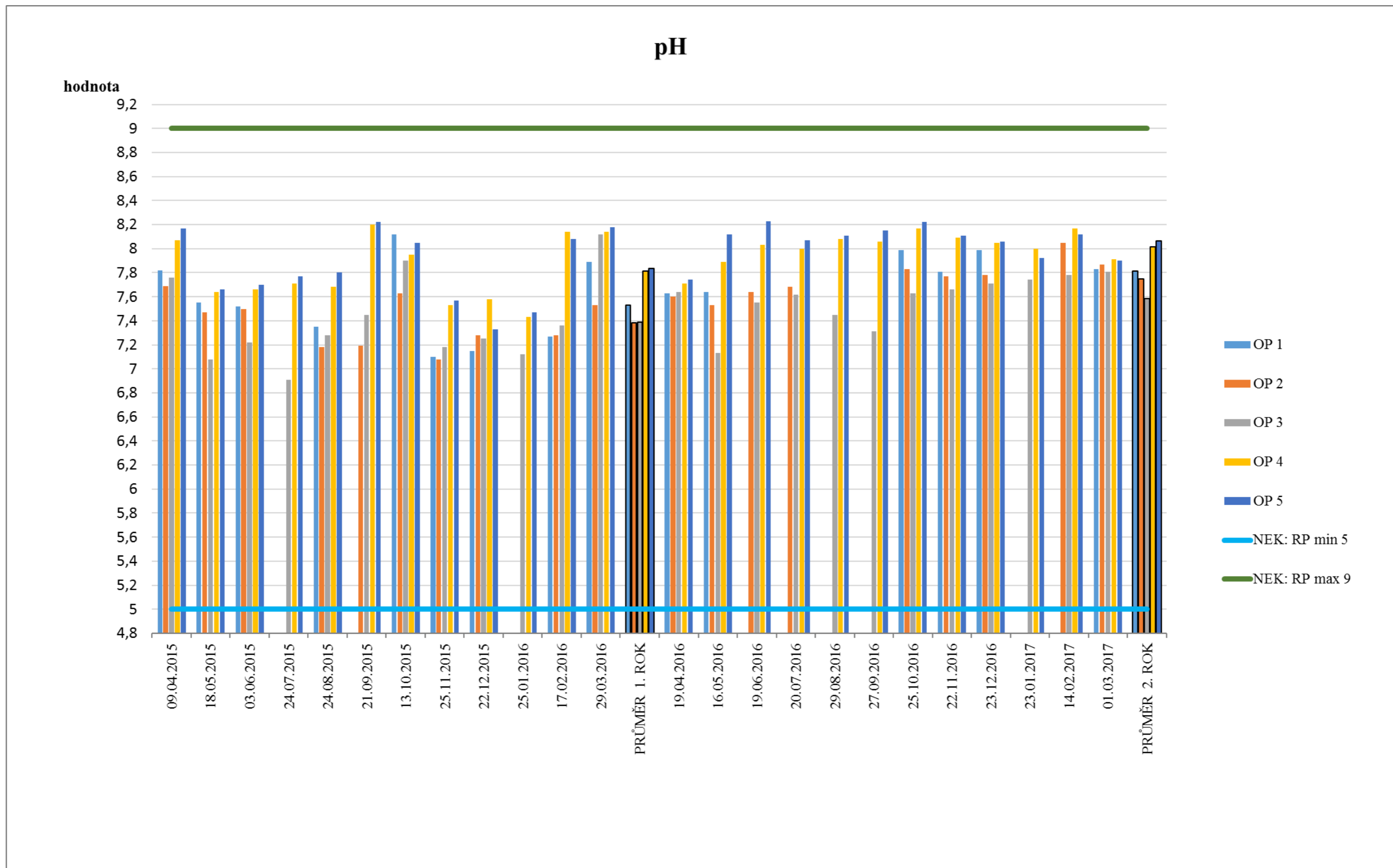
11 SEZNAM ZKRATEK

BSK	biologická spotřeba kyslíku
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
ČOV	čistírna odpadních vod
ČR	Česká Republika
ČSN	česká státní norma
EU	Evropská Unie
NEK	norma environmentální kvality
NPH	nejvyšší přípustná hodnota
NV	nařízení vlády
OP	odběrný profil
RP	roční průměr

12 PŘÍLOHY

Seznam příloh

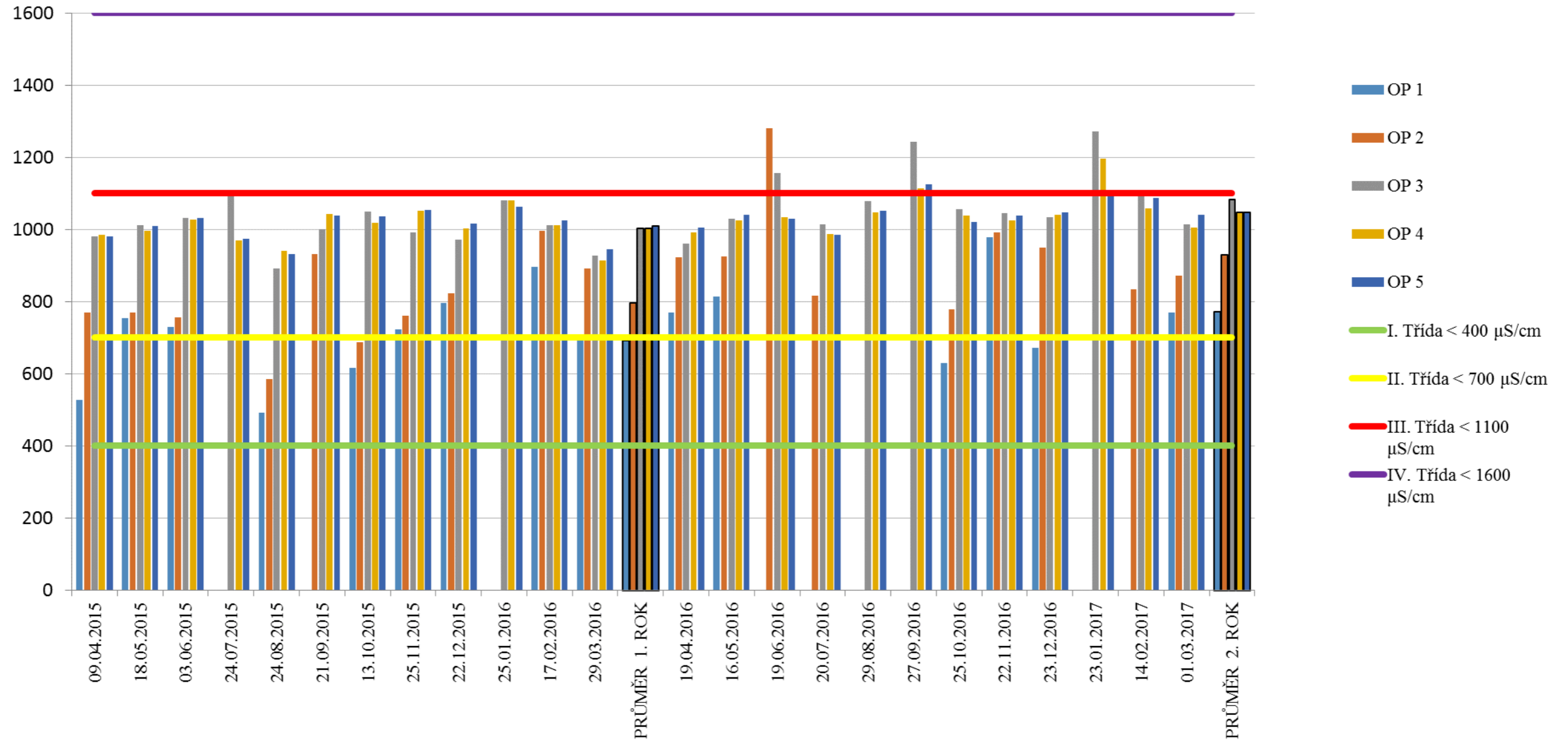
Příloha 1: Graf pH.....	59
Příloha 2: Graf konduktivity	60
Příloha 3: Graf rozpuštěného kyslíku	61
Příloha 4: Graf teploty	62
Příloha 5: Graf dusičnanového dusíku.....	63
Příloha 6: Graf celkového dusíku	64
Příloha 7: Fotodokumentace odběrných profilů (z archivu autora).....	65
Příloha 8: Fotodokumentace k práci v terénu (z archivu autora).....	68
Příloha 9: Fotodokumentace k práci v laboratoři (z archivu autora)	69



Příloha 1: Graf pH

Konduktivita

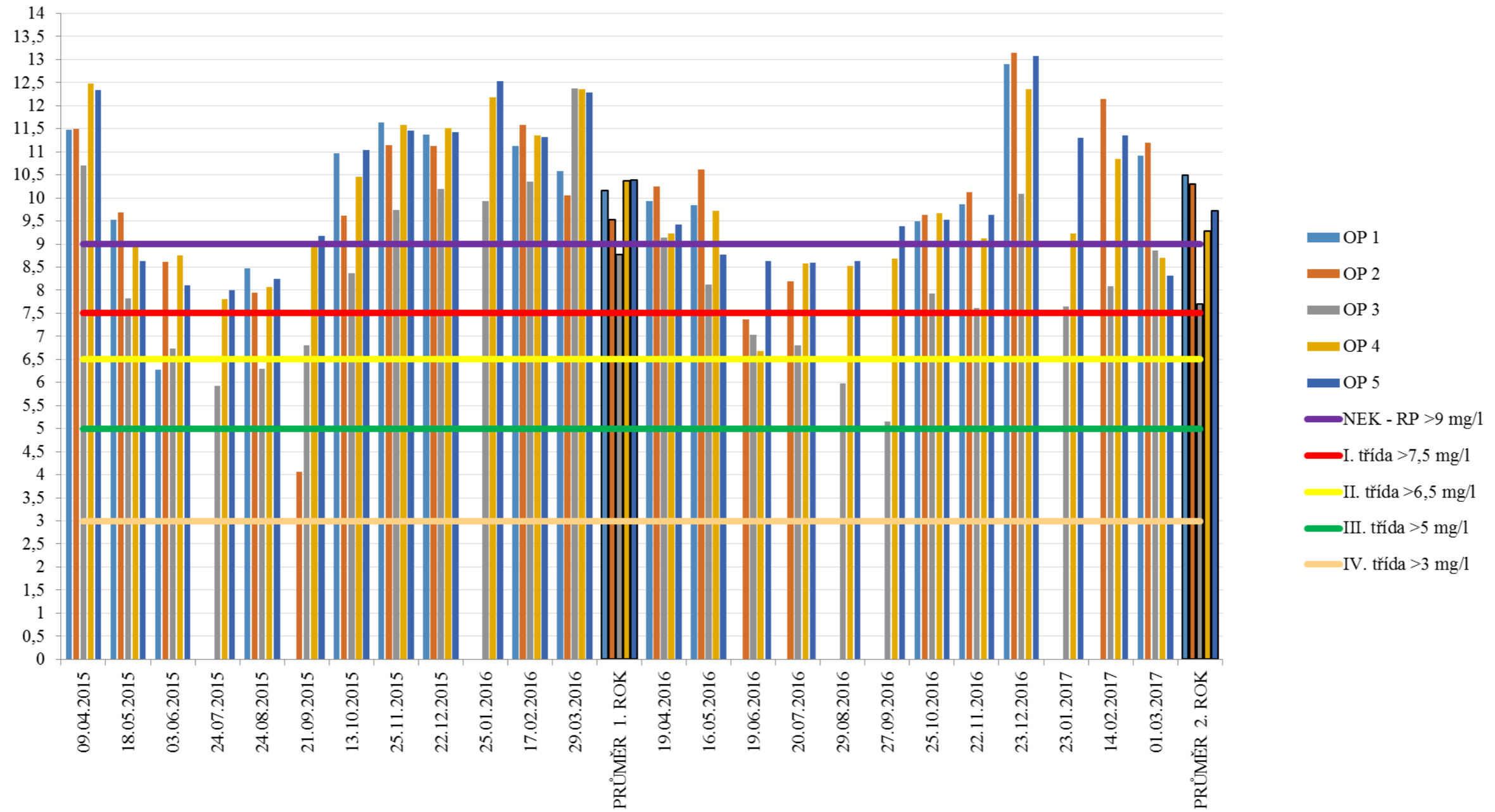
[$\mu\text{S}/\text{cm}$]



Příloha 2: Graf konduktivity

Koncentrace O₂

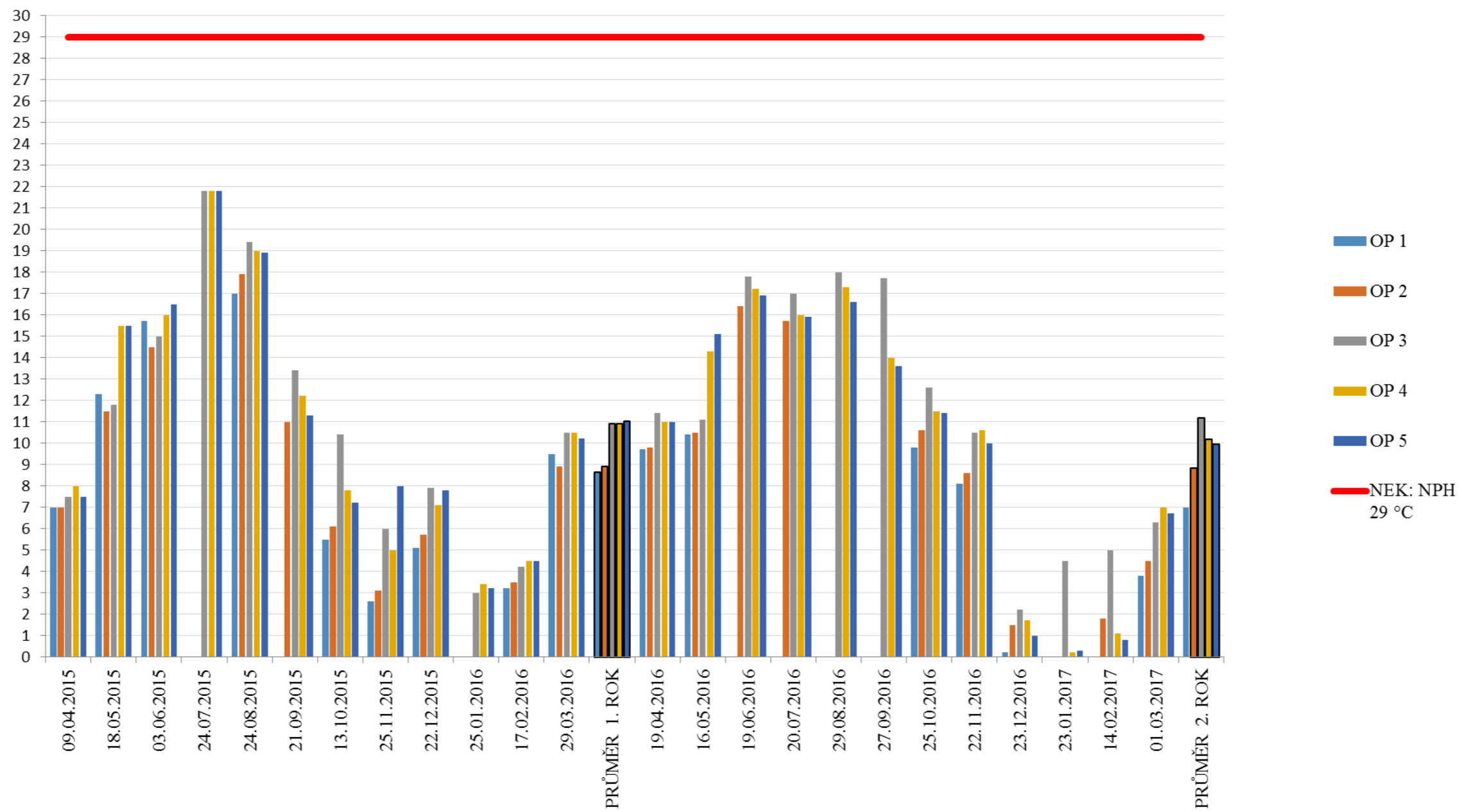
[mg/l]



Příloha 3: Graf rozpuštěného kyslíku

Teplota

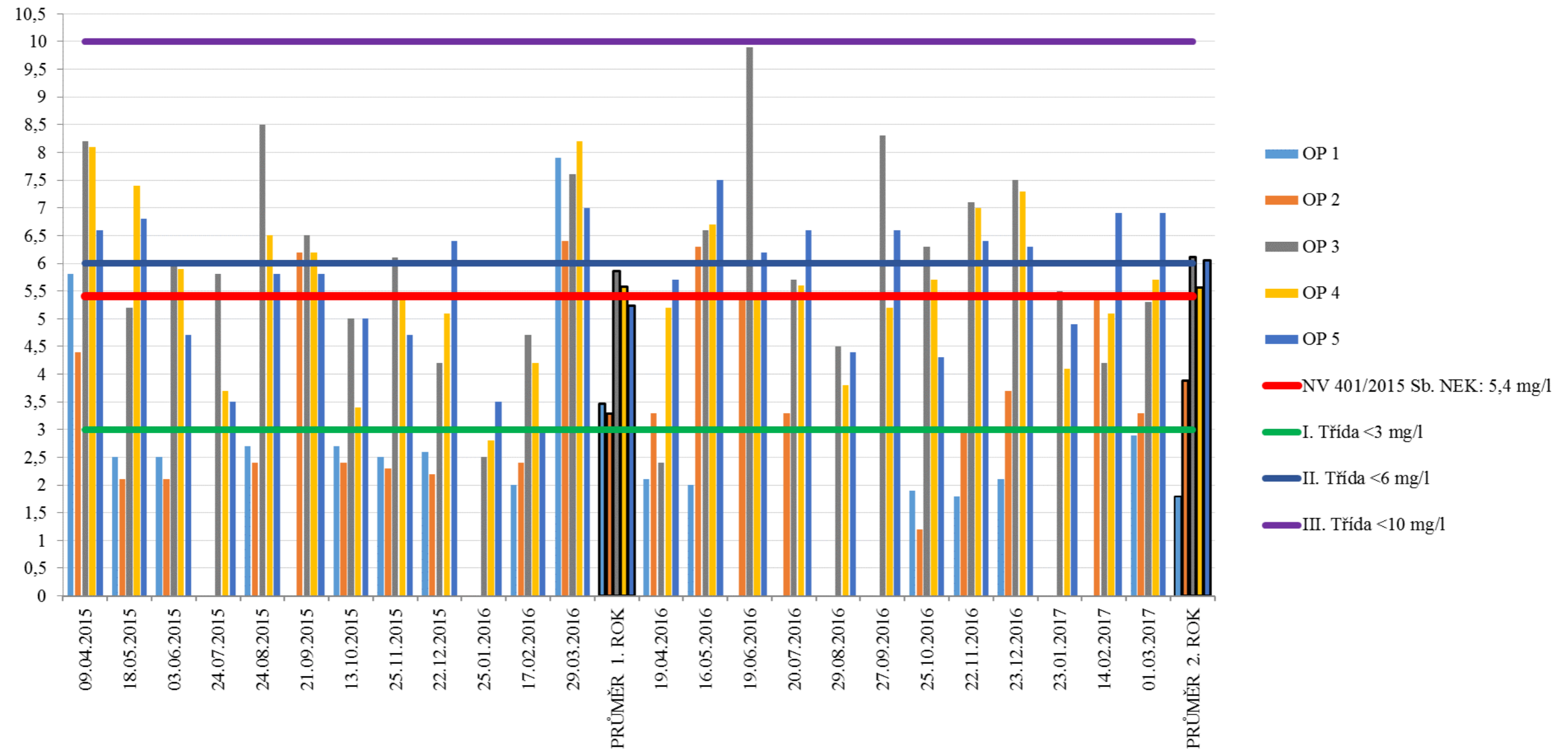
[°C]



Příloha 4: Graf teploty

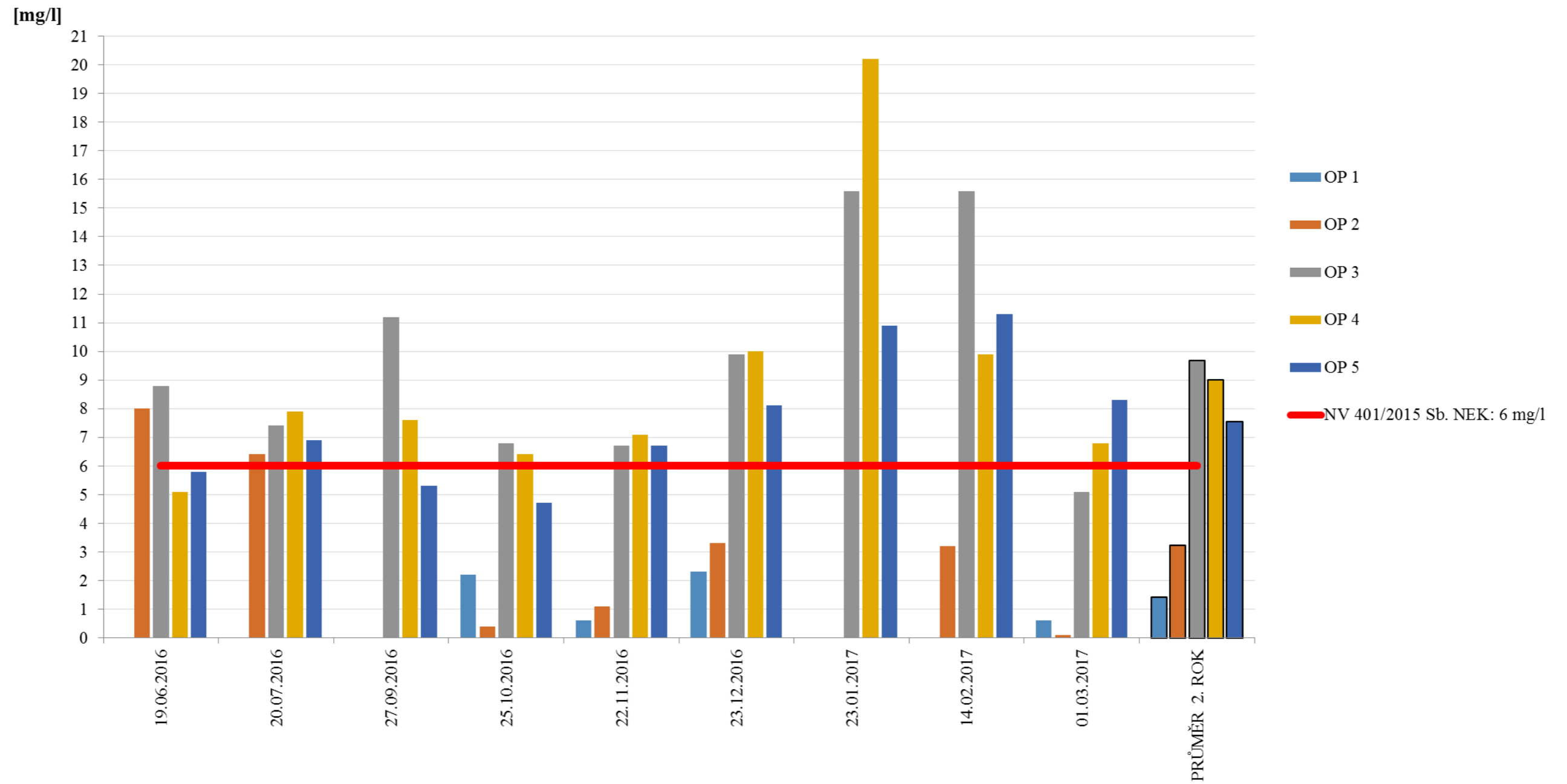
Dusičnanový dusík N-NO₃⁻

[mg/l]



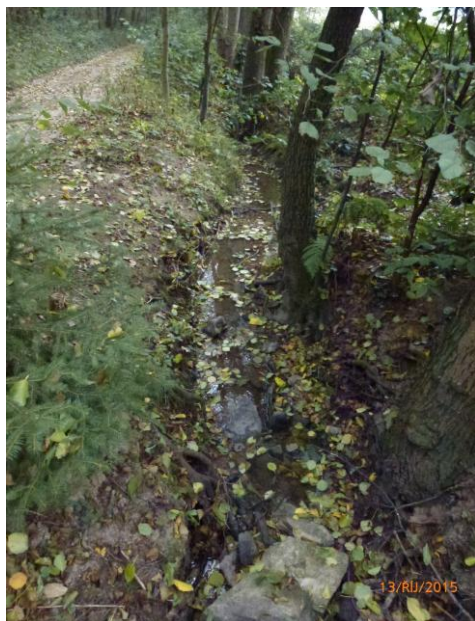
Příloha 5: Graf dusičnanového dusíku

Celkový dusík

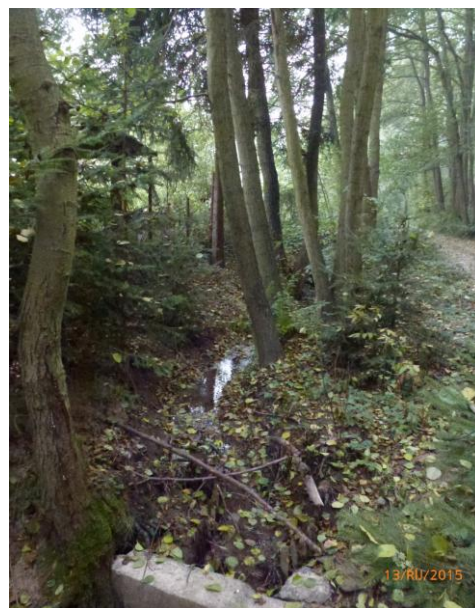


Příloha 6: Graf celkového dusíku

Příloha 7: Fotodokumentace odběrných profilů (z archivu autora)



Odběrný profil 1



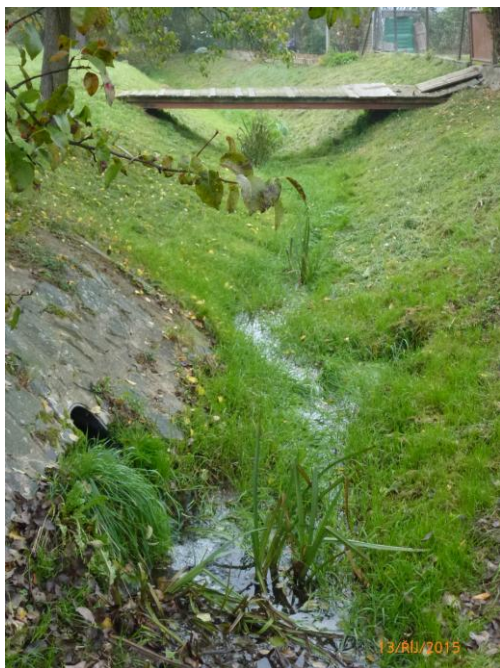
Odběrný profil 1 – pohled z druhé strany



Odběrný profil 2



Odběrný profil 2 – pohled na zanesený trubní propustek



Odběrný profil 3



Odběrný profil 3 – detail výpusti z ČOV, říjen



Odběrný profil 3 – detail výpusti z ČOV, březen



Čistírna odpadních vod Veverské Knínice



Odběrný profil 4



Odběrný profil 4 – pohled na propustek pod silnicí



Pohled na zemědělské pozemky okolo toku



Zemědělské pozemky okolo toku – pohled od silnice



Odběrný profil 5



Odběrný profil 5 – detail toku

Příloha 8: Fotodokumentace k práci v terénu (z archivu autora)



Měření přístrojem HQ HACH 30d za pomoci přídatných sond



Rozbití ledu pro odběr vzorku vody a měření v lednu 2017

Příloha 9: Fotodokumentace k práci v laboratoři (z archivu autora)



Vzorky vody připravené k filtrování



Kyvety se vzorky po přidání reagentu pro stanovení N-NO_3^-



Spektrofotometr HACH DR 4000U



Termoreaktor HACH DRB 200 s připravenými vialkami pro stanovení celkového dusíku