

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie – Péče o krajinu

Katedra: Katedra krajinného managementu

Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Vliv zemědělské činnosti na kvalitu vody ve vodním toku v chráněném
přírodním území**

Vedoucí diplomové práce: Ing. Václav Nedbal, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Markéta Novoměstská

2018

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to (v nezkrácené podobě v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Ve Znojmě, dne 5.12.2018

Podpis studenta

Poděkování:

Děkuji vedoucímu diplomové Ing. Václavu Nedbalovi, Ph.D., za to že jsem mohla mít práci právě u něj, za vedení, odbornou pomoc a velkou ochotu a trpělivost při zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat svým rodičům a sestře za veškerou pomoc, podporu a toleranci k mému studiu.

Abstrakt:

Náplní diplomové práce bylo zhodnotit vliv zemědělské činnosti na hydrochemické parametry povrchových vod v souvislosti s výskytem zvláště chráněného živočišného druhu v povrchových vodách sledovaného území. Pro vyhodnocení bylo zvoleno modelové území – povodí Bedřichovského potoka, který se nachází v Novohradských horách a je tvořeno dolním a horním subpovodím. V rámci horního subpovodí je uplatňováno lesní hospodaření, v dolním subpovodí pak zemědělské hospodaření na orné půdě, kosených loukách a pastvinách. Sledovanými parametry byly ukazatele eutrofizace povrchových vod, a to: dusičnanový dusík (N-NO_3^-), fosforečnanový fosfor (P-PO_4^{3-}), vodivost, nerozpuštěné látky (NL_{105}).

Výsledky ukázaly, že zemědělská činnost, a to zejména hospodaření na orné půdě, může zatěžovat půdu nadměrným přísunem živin a následnou erozní činností se mohou tyto látky dostávat do povrchových i podzemních vod. Tato skutečnost se ukázala jako významná mimo jiné i při výrazné srážkové epizodě. V práci je širě diskutován i vliv hospodaření na zvláště chráněné přírodní území.

Klíčová slova: voda, mihule potoční (*Lampetra planeri*), hydrochemie, eutrofizace, eroze, dusičnany, fosforečnany, vegetace, zemědělství, lesní ekosystémy.

Abstract:

The aim of this thesis is to evaluate the impact of agricultural activity on hydrochemical parameters of surface waters in connection with the occurrence of specially protected species within the surface waters of a monitored area. A model was chosen for the evaluation of the situation – Bedřichovský potok, which is located in Novohradské hory. The river consists of lower and upper sub-waters. Forest management is applied within upper sub-basin, while agricultural management on arable land, meadows and pastures is used in the lower sub-basin. The monitored parameters were indicators of eutrophication of surface waters: Nitrate nitrogen (N-NO_3^-), Phosphate phosphorus (P-PO_4^{3-}), and conductivity of undissolved material (NL_{105}).

The results showed that the agriculture management (especially on arable land) burdens the soil with nutrients and consequently erosion enters the substances, bringing them to the surface and ground water as a result. There was an increase of substances in the water after rain.

Key words: water, brook lamprey (*Lampetra planeri*), hydrochemistry, eutrophication, erosion, nitrates, phosphates, vegetation, agriculture, forest ecosystems.

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Literární rešerše.....	3
2.1	Hydrochemické parametry povrchových vod.....	3
2.1.1	Základní poznatky.....	3
2.1.2	Vodní ekosystém.....	4
2.1.3	Fyzikálně chemické vlastnosti vody.....	4
2.1.4	Znečištění povrchových vod.....	5
2.1.5	Legislativa.....	6
2.1.6	Eroze.....	8
2.1.7	Eutrofizace.....	9
2.2	Vybrané parametry čistoty vody.....	10
2.2.1	Dusík – N.....	10
2.2.2	Fosforečnany.....	12
2.2.3	Vodivost.....	13
2.2.4	Nerozpuštěné látky (NL ₁₀₅).....	14
2.2.5	Mihule (Cephalaspidomorphi) – základní charakteristika.....	14
2.2.6	Anatomie a morfologie mihulí.....	15
2.2.7	Zjišťování výskytu a monitoring mihulí.....	16
2.2.8	Míra ohrožení a ochrany mihulí.....	17
2.2.9	Podmínky pro život mihulí ve vodním prostředí.....	18
3	Metodika.....	20
3.1	Zájmové území – povodí Bedřichovského potoku.....	20
3.1.1	Popis odběru vzorků v terénu.....	24
3.1.2	Laboratorní zpracování.....	24
4	Výsledky.....	26
4.1	Zpracování dat.....	26
4.1.1	Dusičnanový dusík – N-NO ₃ ⁻	26
4.1.2	Fosforečnanový fosfor – P-PO ₄ ³⁻	27
4.1.3	Vodivost.....	29
4.1.4	Nerozpuštěné látky (NL ₁₀₅).....	31
4.1.5	Dusičnany – N-NO ₃ ⁻	33
4.1.6	Fosforečnanový fosfor – P-PO ₄ ³⁻	35
4.1.7	Vodivost.....	37

4.1.8	Nerozpuštěné látky NL ₁₀₅	39
5	Diskuze.....	41
5.1	Popis jednotlivých parametrů	41
5.1.1	Dusičnanový dusík NO ₃ ⁻	41
5.1.2	Fosforečnanový fosfor – P-PO ₄ ³⁻	42
5.1.3	Vodivost	43
5.1.4	Nerozpuštěné látky	44
5.1.5	Ohrožení mihule v Bedřichovském potoce	44
6	Závěr	45
7	Seznam literatury	47

1 Úvod

Člověk ovlivňuje životy nesčetně organismů – obratlovců, bezobratlé organismy, ale také cévnaté i bezcévnaté rostliny. Se současným počtem 7,5 miliard lidské populace na planetě a neustále se zvyšujícím počtem, je téměř nemožné ostatní organismy neovlivňovat a nevyvolávat u nich stres. Měl by být kladen důraz na snahu co nejméně narušovat a zasahovat do habitatu ostatních organismů. Bez přírody a v této práci konkrétně kladeným důrazem na vodu nebude možné přežití ani pro lidskou populaci. Voda je nezbytná pro život všech organismů na zemi. Jak popisuje Hlavínek a Říha (2004), přestože člověk umí nahradit spoustu přírodního materiálu syntetickým, voda je jedna z nenahraditelných surovin.

Braní ohledu na ochranu vod a omezení jejich případného znečištění by mělo být součástí života každého jednotlivce a v případě větších společností (podniků) by mělo být samozřejmostí kladení většího důrazu na ochranu vod, tedy nepodílení se, minimálně v takové míře jako dnes, na jejím znečištění. Z důvodu rozsahu práce nelze brát v potaz všechny aspekty, které přispívají ke znečištění vod, ale všeobecně jeden z největších problémů ovlivňujících kvalitu vody je zemědělská činnost. Zemědělství přispívá ke znečištění z několika důvodů, jako je např. dodávání hnojiv ve větší míře, které mají vyšší obsah dusičnanů a fosforečnanů, případně dodávání jen minerálních dusíkatých nebo fosforečných hnojiv do půdy. Negativní vliv má dále používání pesticidů, utužování půdy chybná organizace pěstování plodin a s tím spojená eroze a splach látek jak do podzemních, tak povrchových vod. Jednou z možností, jak lze přispět k menšímu znečištění, je správně hospodařit na daném území, tedy dodržovat správné osevní postupy, brát v potaz náročnost rostlin na daném území, strukturu půdy, svažitosť nadmořskou výšku, vlhkost atp.

V této diplomové práci se budu zabývat vlivem zemědělského hospodaření na chemismus povrchových vod sledovaného povodí a na zvláště chráněný živočišný druh, který se na Zemi vyskytoval již v paleozoiku, mihuli potoční (*Lampetra planeri*). Zkoumané území je povodí Bedřichovského potoka, který se nachází na území přírodního parku Novohradských hor. Zabývám se vlivem zemědělského hospodaření a rozložení vegetačního pokryvu na některé

chemické parametry vod sledovaného potoka, který protéká jak přes lesní, tak přes zemědělsky obdělávanou plochu s měnící se vegetací v průběhu jednotlivých sledovaných let. V rámci zpracování této diplomové práce byly sledovány hydrochemické parametry vody, a to dusičnany, fosforečnany, vodivost a nerozpuštěné látky. Vody byly odebírány v průběhu vegetační sezóny ze dvou odběrových profilů na sledovaném vodním toku, a to tak, že se stanovila dvě odlišná místa – jedno místo, kudy protéká voda z horní lesnaté části povodí, a druhé, kterým protéká voda ze zemědělsky obdělávané části povodí. Hypotéza byla stanovena tak, že voda protékající přes horní lesnatou oblast by měla mít lepší chemické parametry, tedy být příznivější pro život mihule potoční, než voda z dolního uzávěrového profilu, která protéká přes zemědělsky obdělávanou krajinu.

Ve sledovaném území došlo v minulosti v dolní, zemědělské části povodí k převodu části orné půdy na louky a pastviny. Další skutečnost ověřovaná v této práci tedy je, zda vody odtékající z tohoto území mají v současné době vzhledem k úbytku plochy orné půdy příznivější chemické parametry oproti minulosti. Současná hydrochemická data z tohoto území byla tedy porovnána s daty historickými.

Cíle práce:

- ✓ teoretické seznámení s kriticky ohroženým druhem mihule potoční a s problematikou chemického zatížení vod
- ✓ vypracování literární rešerše
- ✓ seznámení se s metodikou odběrů a zpracování vzorků
- ✓ analýza vybraných fyzikálně chemických parametrů vody ze dvou odběrných míst
- ✓ analýza a vyhodnocení dat

2 Literární rešerše

2.1 Hydrochemické parametry povrchových vod

2.1.1 Základní poznatky

Voda je nejrozšířenější látkou na Zemi, patří k základním složkám životního prostředí. 80 % vody je obsaženo v oceánech, necelých 20 % v zemské kůře, 1 % je ukryto v ledovcích, 0,002 % jsou pak již v tocích, jezerech a vodních nádržích, 0,0008 % vody je v atmosféře. Bez ohledu na skupenství jednoduše vzato, veškerá voda na zemi se nazývá hydrosféra. Díky slunci dochází k výparu vody z půdy, vodní hladiny i povrchu rostlin. Voda se pak dostává zpět do atmosféry, kde je díky proudění vzduchu transportována na jiné místo, kde může zkondenzovat (v případě vhodných podmínek) a vrací se opět na povrch v podobě srážek v různém skupenství. Tady se část vody vsakuje a obohacuje půdu, rostliny apod. a opět se vrací do atmosféry. Tento jev je znám pod pojmem koloběh vody v přírodě. Koloběh vody se dále dělí na malý a velký, přičemž velký je mezi mořem a pevninou a malý je jen mezi pevninou (Hlavínek, Říha 2004). Jak popisuje Hlavínek s Říhou (2004), množství odpařené a srážkové vody je v globálním pohledu konstantní. Význam vody v krajině nespočívá „jen“ v jejím množství a kvalitě, ale také v přenosu látek a energie v jejím oběhovém cyklu. Voda se v krajině účastní všech biologických procesů, fyzikálních a chemických pochodů a také tvorby klimatu.

Nicméně z výše uvedeného vyplývá, že jen malá část vody je dostupná. Voda také tvoří asi 70 % našich těl. Více než polovina světových druhů rostlin a živočichů žije ve vodě a terestrické rostliny jsou také zcela závislé na vodě. Civilizace je zcela závislá na vodě, i z historického hlediska lze pozorovat rozkvet nebo rozpad v souvislostech s dostupností pitné vody (kromě jiného) – voda může tvarovat historii. Bez vody nebude život. Proto je důležité vodu chránit (Smol, 2008). Ochrana vod je popsána v legislativě, jako vodní právo neboli právo vodního hospodářství. Je součástí práva veřejného, kombinuje prvky správního práva a právo v oblasti životního prostředí.

2.1.2 Vodní ekosystém

Vodu na zemi dělíme na povrchovou a podzemní. Povrchovou poté na tekoucí – lotickou (prameny, potoky a řeky) a stojatou – lentickou (rybníky, jezera, tůňe, močály, stará říční ramena); existuje i přechodný charakter, tj. např. u údolní nádrže. Podzemní voda může být také tekoucí a stojatá (Hartman a kol., 2005). V základním kvalitativním složení se povrchové a podzemní vody moc neliší. Povrchové vody obsahují všeobecně vyšší koncentrace rozpuštěného kyslíku, nerozpuštěných látek, více dusíku, fosforu a organických látek. Je to dáno antropogenní činností, před kterou nejsou povrchové vody chráněny tolik jako podzemní. Naopak u povrchových vod bývá nižší koncentrace oxidu uhličitého, železa a menší mineralizace (Oppeltová a kol., 2012).

2.1.3 Fyzikálně chemické vlastnosti vody

Voda je známá pod sumárním vzorcem jako ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}$, z čehož vyplývá, že molekula vody se skládá ze dvou atomů vodíku vázaných na atom kyslíku. Tuto molekulu lze kombinovat z: ${}^1\text{H}$, ${}^2\text{H}$ (D - deuterium), ${}^3\text{H}$ (T - tritium) a kyslíku ${}^{14}\text{O}$, ${}^{15}\text{O}$, ${}^{16}\text{O}$, ${}^{17}\text{O}$, ${}^{18}\text{O}$ a ${}^{19}\text{O}$, přičemž tritium a první tři jmenované nuklidy kyslíku mají velmi krátký poločas rozpadu (Pitter, 1999).

U molekuly vody je důležitý dipólový charakter a také vodíkové vazby, díky kterým se pak mohou slučovat molekuly ve větší celky prostřednictvím vodíkových můstků. Maximální hustota vody je při 3,89 °C, poté s klesající teplotou zvětšuje svůj objem, když se teplota vody blíží k bodu mrazu. Při přeměně vody v led zvětší voda objem asi o 9 %. Za zmínku stojí i povrchové napětí vody, které při 25 °C se pohybuje v hodnotě asi 72 mN m^{-1} – proto udrží drobné částičky a organizmy jako např. ploštice (*Heteroptera*) (Pitter, 1999).

Ve vodách probíhají procesy znečišťování a samočištění (rozklad), které se podílejí na charakteru vod. Povrchové vody jsou závislé na podloží, srážkových a teplotních poměrech a v neposlední řadě i na antropogenní činnosti. Jako znečištění se uvádí stav, kdy se původní chemické, fyzikální a biologické vlastnosti povrchové vody mění, neboli přibývá-li nežádoucích látek ve vodě. Může se jednat o přirozené znečištění, a to v důsledku přísunu organických a anorganických látek (eroze dna, břehů a půdy v povodí, spad listů a přísun uhynulých částí těl rostlin a živočichů).

Poté dochází k samočisticím pochodům, tzn. organické látky jsou přeměňovány chemickými procesy na minerální látky. Antropogenním znečištěním dochází mimo jiné k eutrofizaci. Samočištění (autoregulační systém, „selfpurification”) probíhá na základě fyzikálních, chemických, biochemických a biologických pochodů, jejichž účinnost závisí na koncentraci rozpuštěného kyslíku, organických látek, teplotě vody a aktivitě organismů. Samočištění bývá zkomplikováno novým přísunem znečišťujících látek. Jedná se o soubor přirozeně probíhajících biologických pochodů na biotopu, pomocí nichž se postupně povrchové vody zbavují znečišťujících elementů. Do fyzikálních procesů se řadí např. sedimentace nerozpuštěných látek, odplavování usazenin a difúze kyslíku. Do chemických se řadí oxidačně redukční procesy, srážecí a neutralizační reakce. Asi nejvýznamnější jsou biologické procesy, ty představují největší podíl. Na bázi trofické pyramidy se uplatňují již rozpuštěné i nerozpuštěné organické látky, které jsou potravou vodních organismů. Tím se tyto látky zabudovávají do organické hmoty, a naopak procesem mineralizace a za působení destruentů se převádějí na látky minerální a anorganické soli, které jsou přijatelné pro metabolismus fotosyntetizujících organismů. Procesy rozkladu probíhají jak za aerobních, tak i za anaerobních podmínek. Různé zásahy do přirozeného ekosystému, jako např. kanalizace vodních toků, meliorace atp., se podílí na zpomalování procesu samočištění. V dlouhodoběji znečišťovaných vodách klesá druhová diverzita rybích populací, citlivější druhy ryb ustupují, jsou nahrazovány druhy odolnějšími – kaprovité ryby. Ryby z trvale znečištěných vod mívají naleptané sliznice, poškozené žaberní lístky atp. To má samozřejmě dopad na reprodukční vlastnosti ryb včetně růstu (Adámek a kol., 2008).

2.1.4 Znečištění povrchových vod

Povrchové vody jsou významně ovlivněny rázem krajiny a okolní vegetace. V lesích a na zkyplených půdách se srážky zadržují, zatímco na udusaných půdách se voda zdrží jen omezeně. Aby u rostliny proběhla transpirace, musí kořeny odebírat vodu. Proto při odlesnění zadržování vody výrazně klesá. Větší zadržování vody je také u hlinitých půd než u písčitých. Část vody se zadržuje v půdě a další stéká do vodních toků (Kalač, 1998). Je známo, že zemědělská činnost má někdy záporný dopad na půdu, povrchové a podzemní vody tím, že např. na orné půdě dochází k většímu splachu látek a půdních částic do vodních toků. V souboru indikátorů Organizace pro

hospodářskou spolupráci a rozvoj (OECD) jsou popsány 3 indikátory – vyplavování dusičnanů, pesticidů a zatížení živinami, které se dostávají do vody při erozi a vyplavování látek. Rizikové faktory, které ohrožují kvalitu vody dusičnany, jsou následující: nadměrné hnojení jak organickými hnojivy, tak minerálními, nedostatečný pokryv půdy vegetací, nevhodné střídání plodin; přičemž konvenční zemědělství ohrožuje kvalitu povrchových i podzemních vod více než ekologické (Šarapatka a kol., 2006).

2.1.5 Legislativa

Vodu je nutno chránit, je to jeden z nejdůležitějších a nenahraditelných zdrojů vyskytujících se na planetě. Jejím znehodnocení se snaží předejít vodní zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, v platném znění. Jeho cílem je kromě jiného zachovat a zlepšit kvalitu vod, proto stanovuje podmínky pro hospodaření s vodami a jejich využívání. Také vodní rámcová směrnice 2000/60/ES usiluje o zabránění jakémukoli zhoršování stavu všech vodních útvarů, ochranu a zlepšení stavu vodních ekosystémů. Před dusičnany ze zemědělných zdrojů je ustanovena ochrana díky nitrátové směrnici, tj. předpis Evropské unie – směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů. Plnění této směrnice je povinné ve zranitelných oblastech, tj. tam, kde se vyskytují vody znečištěné dusičnany ze zemědělských zdrojů (vymezení zranitelných oblastí se kontroluje v lhůtě nejdéle 4 let). Hlavními nástroji nitrátové směrnice jsou: akční program, jedná se o opatření vyžadována od jednotek hospodařících ve zranitelných oblastech a zásady správné zemědělské praxe. Zranitelné oblasti jsou definované v § 33 vodního zákona (vodní zákon č. 254/2001 Sb.) Prováděcím předpisem je nařízení vlády č. 262/2012 Sb., *o stanovení zranitelných oblastí a akčnímu programu, ve znění pozdějších předpisů* (eagri.cz, 2018; Šarapatka, Niggli a kol., 2008). Do zranitelných oblastí patří území, kde se vody, jak povrchové, tak podzemní, určené pro pitné účely vyskytují již s obsahem dusičnanů nad 50 mg/l nebo se mohou této hodnotě přiblížit. Dále to jsou vody, ve kterých může dojít ke zhoršení jakosti. Od roku 2004 je povinnost pro zemědělce hospodařící v těchto zranitelných oblastech dodržovat opatření akčního programu vlády č. 103/2003 Sb., *o stanovení zranitelných oblastí a o používání a skladování*

hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření. První vymezení zranitelných oblastí bylo uskutečněno v roce 2003 (Šarapatka, Niggli a kol., 2008).

Limity pro množství znečištění lze hledat v tabulkách v zákoně v 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* (dále jen *Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.*) stanovuje průměrné roční limity pro dusičnanový dusík na 5,4 mg/l, další parametry lze nalézt v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1. Příпустné znečištění látkami podle zákona Nařízení vlády č. 401/2015 Sb.

Ukazatel	Příпустné znečištění (roční průměr)
celkový fosfor (P _{celk.})	0,15 mg/l
celkový dusík (N _{celk.})	6 mg/l
dusičnanový dusík (N-NO ₃)	5,4 mg/l
nerozpuštěné látky (NL ₁₀₅)	20 mg/l
nasyčení vody kyslíkem	>9 mg/l
celkový organický uhlík	10 mg/l
rozpuštěné látky sušené	750 mg/l
rozpuštěné látky žíhané	470 mg/l

2.1.6 Eroze

Termín eroze je převzato z latinského výrazu „erodere“, což se překládá jako rozhlodávat. Tímto termínem myslíme rozrušování půd, přesněji tedy komplexní proces, zahrnující rozrušování půdního povrchu, transport a sedimentaci uvolněných půdních částic působením vody, větru, ledu a dalších tzv. erozních činitelů.

Jak se lze dočíst na stránkách ministerstva zemědělství, půda je jedním z nejcennějších přírodních bohatství a neobnovitelným přírodním zdrojem. Je neoddelitelnou složkou životního prostředí s širokým rozsahem funkcí a je základním výrobním prostředkem v zemědělství a lesnictví. Je ale ohrožena mnoha faktory, na většině se podílí člověk, na části příroda sama. Proto také není možné erozi zcela zastavit (Kvítek, Tippl, 2003).

Na půdu nejvíce působí vodní eroze, co se týče zemědělské půdy, přičemž je to až 50 % ohrožení právě vodní erozí (větrná 10 %). Při vodní erozi se jedná o splav organických a minerálních částic půdy z erodovaných ploch a jejich ukládání na jiných místech, tím se toky zanáší, dále velmi významnou a ohrožující roli při erozi hraje splach živin z půdy – hnojiva, pesticidy, insekticidy atd. Tím se dostávají zbytky agrochemikálií a rizikových látek do vodního prostředí. Vodní prostředí ohrožuje jak vodní, tak i větrná eroze. Degradace půdy se vlivem intenzifikace zemědělské půdy a uplatňováním některých pěstovaných plodin za posledních 30 let výrazně zrychlila (Novotný, 2017).

2.1.7 Eutrofizace

Slovo eutrofizace je složeno ze slova eu – hojný a slova trophi – potrava nebo živná látka, přičemž tato slova pochází z řečtiny. Eutrofizace je proces, při kterém dochází k přesycování prostředí minerálními živinami, a to zejména dusíkem (N) a fosforem (P). Eutrofizaci rozdělujeme na přírodní (přirozená) a antropogenní (anrtopická, kulturní, indukovaná).

Přírodní eutrofizace nelze ovlivnit a je působena přítomností sloučenin dusíku a fosforu, případně silikátů z půdy, dnových sedimentů a odumřelých vodních organismů (Kočí, 2000; Daphne, 2006).

Antropogenní eutrofizace je výsledkem civilizačního znečištění a je to taky jeden z největších lidských zásahů do vodního prostředí. Na umělé eutrofizaci se podílí zejména hnojení zemědělské půdy, a to v 50-67 % v případě dusíku (hnůj, močůvka, různé druhy ledků, síran amonný). Dalším zdrojem znečištění dusíkem jsou odpadní vody, ty činí 12–30 % znečištění vody (Velíšek a kol, 2014; Hlavínek, Říha, 2004).

Zvýšený podíl těchto dvou látek se projevuje vysokou produktivitou některých organismů na úkor jiných organismů (Velíšek a kol., 2014). Možností, jak se zvýšení živin může projevit, je několik. Podle struktury vodního ekosystému a parametrů vnějších podmínek (hydrochemický, hydrobiologický, meteorologický, hydrologický atd.) mohou dosáhnout dominantního postavení:

Drobné planktonní řasy, vytvářející optickou homogenní suspenzi – vegetační zbarvení (vegetační zákal). Pak dochází k problémům u pitné vody. Tento typ se vykytuje často na mělkých eutrofních nádržích rybníčního typu (často jen na jaře) (Adámek a kol., 2010).

Větší koloniální či vláknité sinice vytvářejí tzv. **vodní květ**. Tyto dvě kategorie se od sebe nerozlišují ve všech literaturách; je také pravda, že ostrá hranice při rozlišování neexistuje. Termín vodní květ se používá k označení hromadného výskytu těch druhů, které se shromažďují při hladině, a právě tady se kumulují (*Microcystis*, *Aphanizomenon*). Někdy se ale tento pojem rozšiřuje na všechny planktonní sinice s plynovými měchýřky (Adámek a kol., 2010).

Bentické sinice a rozsivky, jejichž iniciální vývojová stádia se vyvíjejí na povrchu sedimentů, později pak přecházejí do natantních stádií (Adámek a kol., 2010).

2.2 Vybrané parametry čistoty vody

V této diplomové práci hodnotíme hydrochemické parametry dusičnanový dusík, fosforečnanový fosfor, vodivost a nerozpuštěné látky, proto jsou zde tyto parametry podrobněji popsány.

2.2.1 Dusík – N

Dusík se řadí do skupiny nutrientů, které jsou nezbytné pro rozvoj mikroorganismů. Prosazuje se ve všech biologických procesech probíhajících ve všech typech vod (povrchové, podzemní, odpadní a při biologických procesech čištění a úpravy vod). Z toho důvodu je znalost forem výskytu dusíku ve vodách a jejich vlastností nezbytnou podmínkou pro objasnění pochodů v hydrochemii a technologii vod. Sloučeniny s dusíkem mohou být jak anorganického, tak i organického původu. Významným zdrojem anorganického i organického dusíku jsou splaškové vody. V tomto případě se počítá tzv. splašková produkce dusíku na obyvatele za den (většinou 12 g). Dalším významným zdrojem dusíku jsou odpady ze zemědělství, z potravinářského průmyslu a průmyslové odpadní vody. V atmosférických vodách se vyskytují formy dusíku N_2O , NO , NO_2 , NH_3 . Dominantním zdrojem amoniakálního dusíku je rozklad organických látek. Největší podíl na obsahu dusíku v půdě mají zemědělská hnojiva (Pitter, 1999). Dusíkaté sloučeniny se mohou vyskytovat ve vodách ve formě: dusitanů, dusičnanů a amoniakálního dusíku NH_4^+ a NH_3 , včetně organických sloučenin obsahujících dusík.

Dusičnany se vyskytují ve všech druzích vod, patří mezi čtyři záhladní anionty vod. Koncentrace se může měnit. Vznikají hlavně při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Dusičnany samy o sobě pro organizmy nebezpečné nejsou, ale po přeměně na dusitany se stávají toxickými. Obsah dusičnanů se udává jako NO_3^- (Horáková, 2003). Do půdy se dostávají především zemědělskou činností, chovem zvířat, průmyslovými a komunálními odpadními vodami. Jsou velmi dobře

rozpuštěné ve vodě, kde s dalšími kationty vytvářejí vodorozpuštěné soli. Ty jsou částečně odčerpávány vodními rostlinami, které je přeměňují na dusitany pro syntézu nukleových kyselin, aminokyselin a chlorofylu. Zbytek se splachuje při srážkách, čemuž napomáhá absence vegetace na orné půdě po sklizni a přehnojování půdy dusíkatými hnojivy. To se snaží omezit Nařízení vlády, a to Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. Podle přílohy č. 3 tab. 1 tohoto nařízení o ukazatelích stavu povrchové vody je limit pro N-NO_3^- ve výši 5,4 mg/l.

Znečištění vod dusičnany je závažný problém, který ohrožuje nejen přírodu a krajinu, ale také člověka, viz směrnici 91/676/EHS, k ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů (nitrátová směrnice), která ukládá členským státům vymezit zranitelné oblasti a učinit potřebné kroky ke snížení tohoto znečištění. Požadavky směrnice byly přeneseny do českého vodního práva v § 33 zákona č. 254/2001 Sb., o vodách, ve znění pozdějších předpisů, kde je uloženo vládě nařízením stanovit zranitelné oblasti a v těchto oblastech upravit používání a skladování hnojiv a statkových hnojiv, střídání plodin a provádění protierozních opatření (Hrabanková, 2016).

Amoniakální dusík je primárním produktem rozkladu organických látek. Nezanedbatelným producentem jsou především dusíkatá hnojiva ze zemědělsky obdělávaných ploch, která se dostávají do podzemních i povrchových vod (Pitter, 1999). Koncentrace se mění v závislosti na pH a na teplotě vody. Při stanovení amoniakálního dusíku se sčítají obě hodnoty, tzn. disociovaný amoniakální dusík (NH_4^+) i nedisociovaný amoniakální dusík (NH_3). Ke stanovení této formy dusíku se používají např. spektrofotometrické metody s Nesslerovým činidlem (Horáková, 2003).

Dusitany se jako minerály ve vodách nevyskytují; jestliže jsou přítomny, je to po přeměně amoniakálního dusíku (nitrifikací) nebo biochemickou přeměnou dusičnanů. Z antropogenní činnosti se do prostředí mohou dostat např. z odpadních vod, vod z výroby barviv nebo strojírenských závodů. Dusitany jsou ve vodách zpravidla doprovázeny dusičnany a formou amoniakálního dusíku, ale jsou velmi nestálé a vyskytují se obvykle jen ve velmi malých koncentracích. V případě havárií a úniků většího množství do prostředí však již mohou být karcinogenní a mohou způsobovat např. methemoglobinémii (oxidace hemoglobinu) (Pitter, 1999).

Celkový dusík je dán součtem veškerého dusíku, tzn. celého jeho obsahu ve všech anorganických dusíkatých sloučeninách – NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- (Horáková, 2003).

Významným procesem, který v prostředí probíhá, je **nitrifikace**, při které oxiduje amoniakální dusík na dusitany až dusičnany. Dochází k ní díky autotrofním a někdy i heterotrofním organismům. Nejdůležitější jsou ale rody bakterií *Nitrosomonas* a *Nitrobacter*. Tyto bakterie ulpívají na různých místech, hromadí se v dnových sedimentech, v půdách atd. Rod *Nitrosomonas* se podílí na prvním stupni oxidace, na dusitany, rod *Nitrobacter* se podílí na oxidaci dusitanů na dusičnany. Růst bakterií je závislý na teplotě, přičemž nejrychleji se bakterie množí při teplotě 20-30 °C, a naopak při teplotách pod 5 °C je již nitrifikace slabá. Bakterie ovlivňuje i pH, přičemž optimální hodnoty jsou v oblasti 7-8,5 °C (Pitter, 1999).

Denitrifikace probíhá často bez přístupu vzduchu (anoxické podmínky), kdy dochází

k redukci dusičnanů a dusitanů na elementární dusík nebo oxidy dusíku. Denitrifikace se používá cíleně při odstraňování dusíku při biologickém čištění odpadních vod (Pitter, 1999).

2.2.2 Fosforečnany

Do oběhu se fosfor dostává z vyvěřelých a metamorfovaných hornin. Hlavním zdrojem přírodního fosforu je apatit, variscit, strengit a vivanit. Fosfor je nezbytný pro stavbu organismů. Po jejich odumření se fosfor dostává opět do prostředí. Lidskou činností se fosfor dostává do prostředí ve velké míře ze zemědělské výroby, aplikací fosforečných hnojiv a z pracích prostředků. Dále se fosfor dělí na rozpuštěný anorganicky vázaný fosfor orthofosforečnanový a polyfosforečnanový. Analyticky se rozlišují 3 druhy fosforu – celkový fosfor, orthofosforečnanový fosfor a fosfor vázaný v hydrolyzovaných fosforečnanech. Nejčastější je výskyt orthofosforečnanů (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-). Ve vodách se forma fosforu dělí na rozpuštěný a nerozpuštěný, dále také na anorganický a organický. Fosforečnany se ve vodách vyskytují ve velmi malých koncentracích, v České republice je průměr orthofosforečnanů asi 0,1 mg/l. Ve stojatých vodách dochází ke stratifikaci (rozvrstvení), fosforečnany se vrství na dnových sedimentech, ale za určitých podmínek může docházet k uvolňování do vody, a to lze naměřit i nad

1 mg/l. Více fosforu je také v rašeliništích, hodnoty mohou mít i 0,4 mg/l. O dost větší koncentrace se nachází ve splaškových odpadních vodách, kde se koncentrace pohybuje v jednotkách mg/l. Průměrně se ve splaškových vodách vyskytuje 5 mg/l. Nejvíce fosforu je však z odpadních vod z velkoprádelen, kde se vyskytuje v desítkách mg/l, ale může překročit i 100 mg/l. Fosfor vázaný v popsáných sloučeninách má klíčový význam pro eutrofizaci, viz výše. Ze zdravotního hlediska je to ale nezávadná látka (Pitter, 1999).

2.2.3 Vodivost

Vodivost neboli konduktivita je základní aditivní vlastností roztoku elektrolytu, reprezentuje přibližnou míru koncentrace elektrolytů ve vodě. Je mírou obsahu anorganických elektronů (aniontů a kationtů). Stanovení konduktivity je běžnou součástí chemického rozboru vody. Umožňuje bezprostřední odhad koncentrace iontově rozpuštěných látek a celkové mineralizace „solí“ ve vodách. Látky, které nejsou ve vodě přítomny jako disociované ionty (křemík, bor), se na konduktivitu nepodílejí. Stanovená konduktivita tedy zprostředkovává informace o obsahu iontů a tím o koncentraci rozpuštěných disociovaných látek. (Horáková, 1986; Pitter, 1999). Jedná se o převrácenou hodnotu elektrického odporu, jehož jednotkou je ohm, značen Ω . Jednotka vodivosti je siemens – S. V hydrochemické praxi se konduktivita udává jako vodivost roztoku pro určitou délku, používají se tedy jednotky $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ nebo $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Vodivost je závislá na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a na teplotě roztoku. Změna teploty o 1 °C způsobuje změnu konduktivity nejméně o 2 %, proto má temperování vzorku při stanovování jeho konduktivity velký význam. Konduktivita se obvykle měří nebo přepočítává na teplotu 25 °C (starší údaje jsou převáděny na teplotu 20 °C). Nejčistší, tzv. vodivostní voda má při teplotě 25 °C vodivost 0,005 48 mS/m. Destilovaná voda má vodivost 0,05 mS/m až 0,3 mS/m (je tedy téměř nevodivá). Povrchové a podzemní vody se pohybují v hodnotách 5 až 50 mS/m, některé průmyslové vody mohou mít více než 100 mS/m. Průměrná konduktivita pitných vod v České republice je asi 40 mS/m. Pro kojeneckou a stolní vodu platí hodnota vodivosti 50 mS/m (Pitter, 1999; Sobol, 2016).

Dle Vyhlášky 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, je stanovena hodnota konduktivity na 125 mS/m.

2.2.4 Nerozpuštěné látky (NL₁₀₅)

Všechny látky, které se ve vodě nachází, lze z fyzikálního hlediska rozdělit na látky rozpuštěné a látky nerozpuštěné. Obsah těchto látek se vyjadřuje jako hmotnostní koncentrace a měří se v mg/l nebo i g/l (Horáková, 1986). Jak uvádí Pitter (1990), veškeré látky se stanovují odpařením vody z filtru, kterým byl filtrován zkoumaný vzorek vody, a jeho sušením při 105 °C. Z rozdílu mezi hmotností suchého filtru před a po filtraci lze vypočítat množství nerozpuštěných látek, filtrem zachycených částic. Rozpuštěné a nerozpuštěné látky se poté rozlišují podle velikosti pórů filtru. Uvádí se, že průměrně velikost rozpuštěných látek je menší než 10⁻⁸ m. Jedná se o látky jako je mangan (Mn), nízkomolekulární peptidické látky (peptidy, fulvokyseliny), mikropolutanty, pesticidy, polychlorované bifenyly – PBC, polyaromatické uhlovodíky, těžké kovy (Pivokonsky, 2012). Pitná voda nesmí obsahovat žádné nerozpuštěné látky. Nerozpuštěné látky, ale i rozpustné, patří mezi základní ukazatele chemického složení vod, a mimo jiné na základě jejich stanovení se voda poté dělí podle čistoty do jednotlivých tříd.

2.2.5 Mihule (Cephalaspidomorphi) – základní charakteristika

Mihule patří do jedné ze dvou skupin bezčelistnaticů – *Agnatha* (společně se sliznatkami – *Myxini*). Tito pozoruhodní živočichové se vyskytovali na zemi již v prvohorách. Mihule patří do kmene strunatců (*Chordata*), nadtřídy kruhoústých (*Cyclostomata*), třídy mihulí (*Cephalaspidomorphi*), čeledi mihulovitých (*Petromyzontidae*), rodu mihule (*Lampetra*) (Hanel, 2005; Hanel a kol., 2015).

2.2.6 Anatomie a morfologie mihulí

Jedná se o vodní semelparní, bezčelistnaté obratlovce s hadovitě válcovitým tělem, bez párových ploutví (dvě za sebou ležící hřbetní ploutve, po metamorfóze jsou již zřetelně odděleny, jedna řitní a jedna ocasní), před očima je nepárová nozdra. Po stranách hlavy mají mihule 7 párů žaberních štěrbin, uspořádaných v linii. Tělo mají holé, bez šupin, pokryté slizem, kostra je chrupavčitá. Čelisti nejsou ještě vyvinuty. Ústa mají podobu přísavného terče s rohovitými destičkami a rohovitými zoubky (*odontoidy*) (podle nich se rozeznávají i druhy a rody mihulí). Jak uvádí Merta (2008), minohy však mají ústní dutinu přizpůsobenou k filtraci, terč není přítomen, stejně jako nejsou přítomny oči. Po těle jsou umístěny kožní smyslové buňky fungující jako chemoreceptory a fotoreceptory. Brava mihulí je hnědavá, olivově zelená, přičemž hřbet je tmavší než břicho. Některé druhy nosí skvrnky až mramorování. Larvy jsou šedohnědé se světlým bříškem. Existují ale i výjimky, např. nálezy celých modravých mihulí, jedinci po nalezení v moři se stříbřitou barvou mění poté barvu do hněda. Žijí jak v mořských, tak i sladkých vodách. Rozmnožování však vždy probíhá ve sladkém biotopu. Některé druhy se živí paraziticky (*anadromní*) a jiné zase neparaziticky (*potamodromní*) (větší polovina). Tyto organizmy jsou schopné i kožního dýchání, to ale u nich nepřevládá (u mihule říční je to 8 % kožních kapilár, které umožňují dýchání, a 92 % kapilár je v respirační oblasti žaber). Larvy jsou schopny přežít na vzduchu déle, a díky tomu mohou zdolat i určité překážky – někdy opustí vodu a plazením po břehu ve vlhké vegetaci překonají bariéru např. při vysychání jejich stanoviště, ale mnoho jich na této cestě zemře.

Nervová soustava je tvořena u minoh třídlílným mozkiem a u dospělců pětídlílným, tzn. koncovým mozkiem, mezimozkem, středním mozkiem, mozečkem a prodlouženou míchou. Na koncovém mozku lze nalézt čichové laloky, díky kterým vyhledávají potravu a jsou schopny registrovat feromony (sloužící k vnitrodruhové či mezidruhové komunikaci). Na mezimozku se nachází dva váčky, spodní – *parapineální* a svrchní – *pineární* orgán. Právě pineární orgán rozeznává světlo a tmu na jednoduché čočce díky vytvořené přímospěrné sítnici. Larvy mají po celém těle umístěny světločivé buňky, zejména v ocasní části, díky tomu jsou schopny rozpoznat, jestli jsou zahrabány v substrátu celé. U přeměněných jedinců už tato schopnost není třeba, jelikož ti se neukrývají v substrátu. Vývoj je nepřímý přes

larvu. Mihule žijí v larválním stádiu 3-8 let, po metamorfóze neparazitické druhy umírají po pár měsících (3-9), parazitické druhy se dožívají déle, až 3,5 let (Hanel, Müller, 1998; Dungel, Řehák, 2005; Hanel a kol., 2015).

2.2.7 Zjišťování výskytu a monitoring mihulí

Následující příklady metod nejsou příliš jisté pro odhad výskytu larev mihulí. Jeden z problémů je ten, že se přesně neví, v jaké hloubce jsou minohy v sedimentu ukryty, takže nelze říct, jestli např. při elektrickém odlovu jde proud do takové hloubky, ve které mohou být mladí jedinci ukryti, viz dále. Dalším problémem může být určení přesného stanoviště pro výskyt populací, vhodné podmínky se mohou měnit v průběhu času vlivem průtoků a aktuálního vodního stavu (Hanel a kol., 2015). Podrobně je popsán odlov např. v literatuře Harwey & Cowx (2003) nebo Hanel & Müller (1998). Nejznámější metody pro určení početnosti mihulí jsou:

Pozorování třoucích se mihulí

Tření (trdliště) se sleduje, a to příplutím prvních dospělých mihulí, počtem třecích jamek, počtem dospělých mihulí až do pozorování posledních živých dospělců. Lze také počítat mrtvé jedince po vytření.

Vypírání minoh

Při použití metody vypírání minoh se vybere lopatou sediment, dá se na břeh a spočítají se larvy v něm. Po spočítání se vrací sediment zpět do koryta řeky. To se provede na daném stanovišti několikrát.

Odlov s využitím elektrického proudu

Nejpoužívanější metodou je odlov, při němž se využívá elektrický proud. Provádí se tak, že se do sedimentu na stanovišti vpraví elektrický proud, larvy vyplavou poté ze sedimentu a odloví se podběrákem. Tento pokus se několikrát opakuje, při provedení bylo až naposledy spočítáno 100 % jedinců, naposledné nevyplaval již žádný další jedinec. Také je důležité zvolit sílu elektrického proudu, aby donutil mladé jedince opustit substrát, ale aby je neomráčil zcela (*galvanonarkóza*). Nastavení proudu závisí i na vodivosti vody (Hanel a kol., 2015).

Náhodná zjištění

Náhodně se dají mihule zjistit v zaživacím traktu některých jejich predátorů, jako je např. úhoř říční nebo čáp černý.

Negativní faktory působící na výskyt mihule

Jeden z problémů pro mihule představuje úprava vodních toků. K úpravě jsou obvykle povolány stroje na přesun zeminy, což vede k devastaci mihulí žijících v toku. Podstatný význam má tzv. napřimování koryt s vytvořením sourodého charakteru případně i podélného spádu. Výsledkem je zánik rozmanitosti hydrobiologických charakteristik – rychlost proudění, hloubka vody, členitost a různorodost dna. V nejhorším případě dojde k „panelizaci“. Mihule také potřebují ke svému životu písčité dno s jemnými nánosy sedimentů. Dalším problémem jsou příčné překážky v toku, kdy se mihule při migraci přes ně dostávají buď obtížně, nebo vůbec ne. Dalším neblahým zásahem do koryt řek je odstraňování nánosů sedimentu, který je skvělým habitatem pro larvy. Při odstraňování nánosů na souš to pro larvy znamená smrt, buď umírají ve vysychajícím substrátu, nebo se stanou potravou ptáků. Zhoršení kvality vody vede k poklesu populací mihulí. Tento fakt je známý a popisuje se v mnoha literaturách, ale konkrétní údaje obvykle chybějí (Hanel a kol., 2015).

2.2.8 Míra ohrožení a ochrany mihulí

Stupeň ohrožení je popsán v červeném seznamu pro mihuli potoční i mihuli ukrajinskou (*Eudontomyzon mariae*) v příloze č. III vyhlášky ministerstva životního prostředí České republiky č. 395/1992 Sb., *vyhláška ministerstva životního prostředí České republiky, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny*, v platném znění, jako druhy kriticky ohrožené.

Významnou úlohu při formulování a vytváření podmínek pro praktickou ochranu mihulí má také převzetí evropské Směrnice č. 92/43/EHS o ochraně přírodních stanovišť, volně žijících živočichů a planě rostoucích rostlin. Abychom mohli tento předpis uskutečnit, je důležitá vyhláška č. 166/2005 Sb., kterou provádějí některá ustanovení zákona č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších předpisů Natura 2000. V příloze 2 A je pak uveden seznam druhů se zvláštní územní ochranou, z mihulí je to *Lampetra planeri*, *Eudontomyzon mariae*, a *Lampetra fluviatilis*. V příloze 2 C jsou pak uvedeny druhy, jejichž odebrání z volné přírody a využívání může být předmětem určitých opatření. Do přílohy C 2 je zařazena i *Lampetra fluviatilis*. A právě na základě této směrnice byla uzákoněna

Natura 2000, díky které byly ustanoveny populace *Lampetra fluviatilis* a *Eudontomyzon mariae* v tzv. evropsky významných lokalitách (EVL). Pro Bedřichovský potok je kódem EVL CZ0313092 k ochraně *Lampetra planeri*. V těchto lokalitách je pak také povinný monitoring organismů, a to podle článku 17 Směrnice o stanovištích (92/43/EEC). Ten je popsán v zákoně č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, úplné znění pod č. 18/2010 Sb., v podobě §45f. Na území České republiky je pro mihuli potoční vyhlášeno 28 EVL a pro mihuli ukrajinskou jedna (aktuálně vymezeny Nařízením vlády č. 318/2013 Sb.).

2.2.9 Podmínky pro život mihulí ve vodním prostředí

Zhoršení kvality vod významně ohrožuje stavy a celkový výskyt mihule potoční. Člověk se postaral o to, že mihule na mnoha místech vymizela. Jednak se na tom podílí znečištění, jak organické, tak anorganické (zemědělství, průmysl atd.), ale také zásah do úpravy toků. Mihule vymizely např. z povodí Moravy (zůstala jen 2 %), Bystřice, v říčce Slatině, ve Zdobnickém potoce. Postupný zásah na obnovu přirozenějšího stavu biotopů pro mihuli se stává účinným, např. v řece Moravě se po počátečním znečištění a následném úbytku mihulí obnovuje stav populace, což je důkaz o tom, že biomonitoring a ochrana mihulí má smysl. Základní principy ochrany a péče o biotopy lze formulovat takto:

- Zachování přirozeného koryta toku včetně břehových porostů, ideální je štěrkopísčité dno.
- Podstatná je i rychlost proudění, ideální rychlost je 0,3 l/s, maximálně 0,5 l/s, v místech s výskytem minoh by měl být proud maximálně 0,3-0,5 l/s.
- Průtok musí být zajištěn celoročně, i v období sucha.
- Průchodnost toku, poproudová i protiproudová (třecí protiproudové tahy dospělců).
- V případě hrozícího zanesení toku je potřeba před úpravou odlov jedinců (3–5x opakovaným elektrickým odlovem).
- Ideální pro život mihulí je oligotrofní až beta-mezosaprobni (voda znečištěná přirozeným způsobem) prostředí.
- Nedovolit znečištění toku na delší dobu. Parametry by neměly být odlišné od přírodního stavu, přípustnost je uvedena v tabulce č. 2.
- Pravidelný monitoring v intervalech 3–5 let (Hanel a kol., 2015).

Tab. 2. Jedná se o hodnoty první max. druhé třídy jakosti povrchových vod podle Hanela (2015).

Ukazatel	Hodnota
Rozpuštěný kyslík	> 7 (6) mg/l
Teplota vody	<23 °C
Nerozpuštěné látky	<20(40) mg/l
Amoniakální dusík	<0,3 (0,5) mg/l
Dusitanový dusík	<0,002 (0,005) mg/l
Dusičnanový dusík	<0,1 (3,4) mg/l
Vodivost	<40 (<70) $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$
Veškerý fosfor	<0,03 (0,15) mg/l

3 Metodika

Přírodní park Novohradské hory

Novohradské hory jsou zařazeny v kategorii přírodního parku od roku 2000, i když od roku 1989 byly navrženy k ochraně formou chráněné krajinné oblasti (CHKO). Zájmové území Bedřichovský potok spadá do oblasti Novohradských hor. Novohradské hory jsou pramennou oblastí významných jihočeských řek Malše, Stropnice, Černé a Lužnice. Nadmořská výška se pohybuje od 520 m. n. m. (vyústění řeky Stropnice pod přehradou Humenice) do 1072 m. n. m. (Kamenec), přičemž průměrná nadmořská výška je 650 m. n. m. (Papáček 2002; Papáček 2003).

Cílem této diplomové práce je ukázat, jaký vliv mají různé typy a management krajinného pokryvu na obsah látek ve vodě. Tento výzkum je zaměřen na oblast Bedřichovského potoka, kde část potoka protéká lesem a část potoka obdělávanou zemědělskou půdou. V této práci jsou porovnávány a hodnoceny i jednotlivé roky, přičemž se v zemědělsky obdělávané půdě měnil krajinný pokryv a tím pádem i zemědělské hospodaření.

3.1 Zájmové území – povodí Bedřichovského potoku

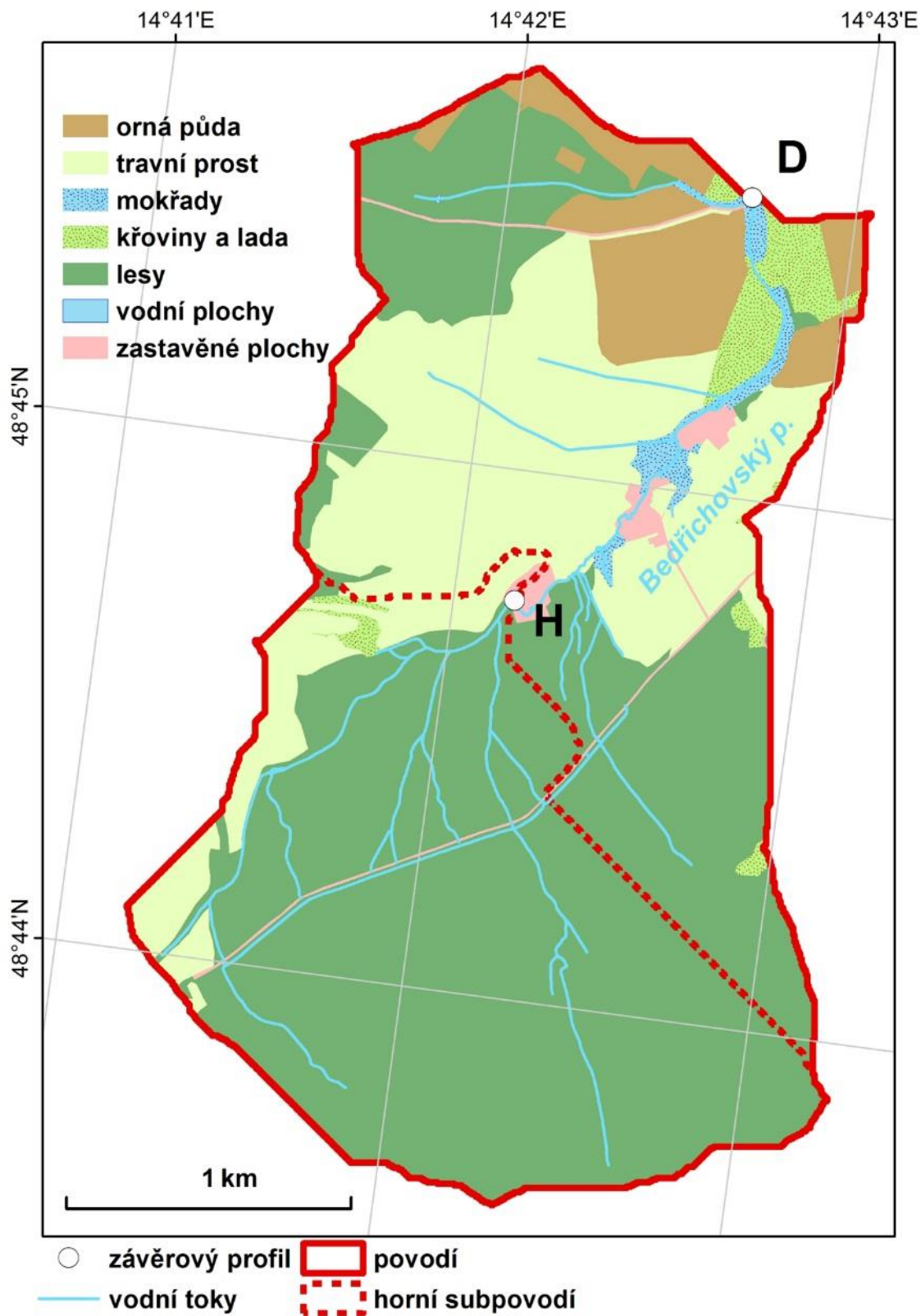
Bedřichovský potok se nachází na rozhraní Novohradských hor a Novohradského podhůří, přičemž jižní část zasahuje do severního okraje Novohradských hor (okrsek Žofínská hornatina), spodní severní část spadá do Novohradského podhůří (okrsek Rychnovská pahorkatina). Je to levostranný přítok řeky Stropnice. Zvláště chráněné území – ZCHÚ Bedřichovský potok zahrnuje cca 2,717 km dlouhý úsek toku od horního konce osady Chlupatá Ves po rozbočení Bedřichovského potoka cca 770 m severně po toku od komunikace Horní Stropnice – Rychnov u Nových Hradů. Plocha zvláště chráněného území se rozkládá na 22,14 ha s nadmořskou výškou od 542 m. n. m. po 661 m. n. m. Potok proudí od jihu k severu se značným spádem v horní části, s četnými krátkými pravostrannými přítoky, pramenícími v lesích s převahou smrku ztepilého (*Picea abies*) a místy náletovými porosty břízy bělokoré (*Betula pendula*) a topolu osika (*Populus tremula*). V dolní části úseku protéká zemědělsky obdělávanou krajinou s porosty potočních olšin Novohradského podhůří. Potok je částečně regulovaný v Chlupaté Vsi, kde je z velké

části dlážděné dno i břehy. Šířka koryta je mezi 1 až 3 metry, se střídajícími se proudnými úseky a tišinami.

Jedná se o pásmo kambizemě typicky kyselé s přechody ke kambizemi dystrické v horní části údolí. V úzké nivě potoka je vyvinut glej. Potok je domovem vodní fauny typické pro pstruhové pásmo. Vyskytuje se zde mihule potoční, pstruh obecný (*Salmo trutta*), skokan hnědý (*Rana temporaria*), vydra říční (*Lutra lutra*). Také se předpokládá výskyt raka říčního (*Astacus astacus*), který je na dolním toku Bedřichovského potoka velmi početný (www.ochranaprirody.cz).

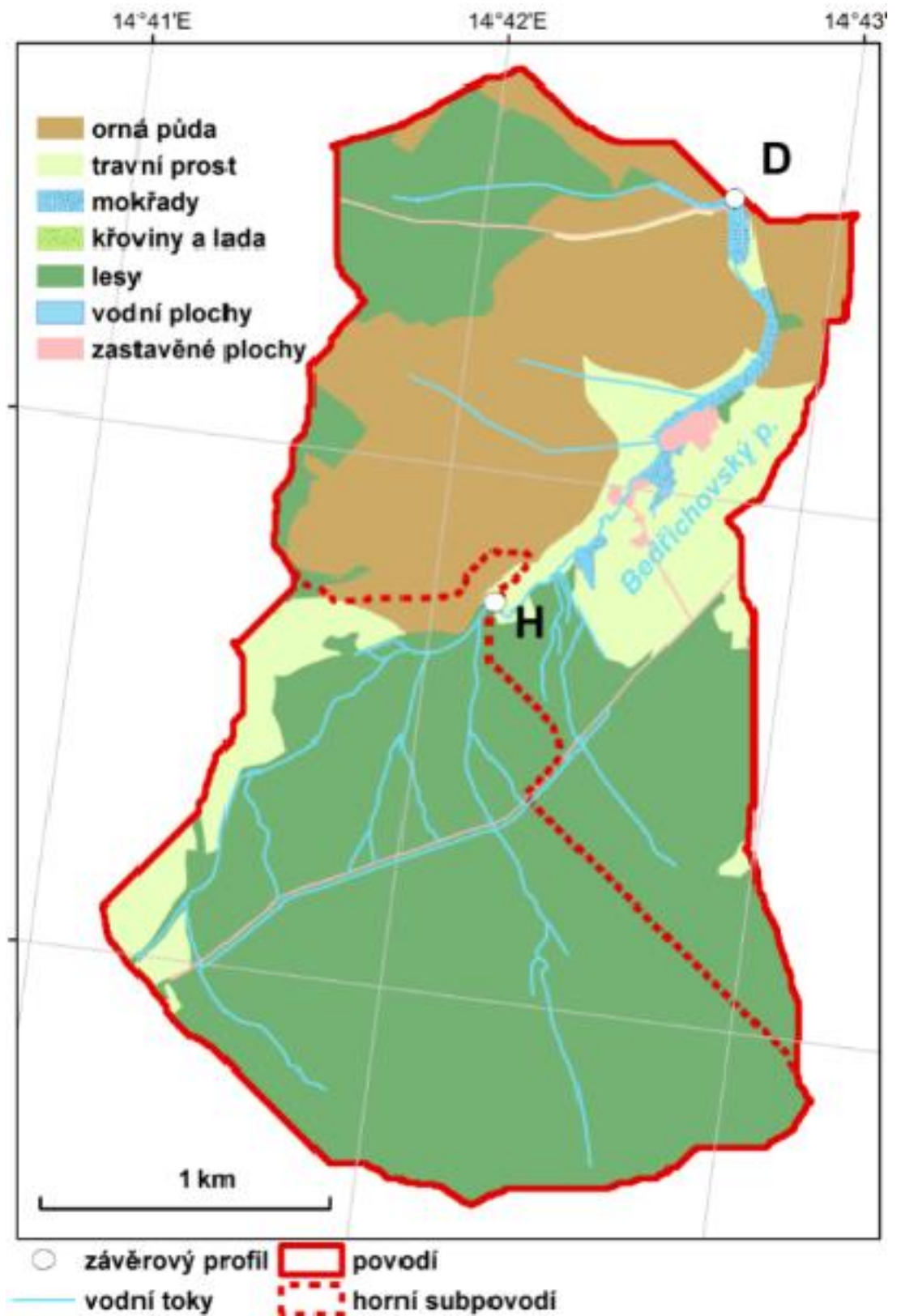
Bedřichovský potok se řadí mezi Evropsky významné lokality, nařízení vlády č.132/2005 Sb., příloha č. 129 pod kódem CZ 0313092, i jako přírodní památka. V potoku je hlavním předmětem ochrany mihule potoční.

Sledované území Bedřichovského potoka bylo v roce 2018 v horní části povodí pokryto převážně lesem, v dolní části pak mozaikou zemědělské půdy různých kategorií. V minulosti prošlo území změnami krajinného pokryvu. V roce 2004 byla rozloha orné půdy v dolní části povodí větší než v roce 2018 (obr. 2). Změnou struktury hospodářsky obdělávané půdy v dolní části povodí mezi lety 2004 a 2018 prošla především orná půda, jejíž rozloha klesla z 24 % na 7 % (Tab.4).



Obr. 1: Krajinný pokryv povodí Bedřichovského potoka v roce 2018 (LAE, ZF JU, 2018)

Zdroj: Laboratoř aplikované ekologie ZF JČU, 2017



Obr. č. 2: Mapa krajinného pokryvu z roku 2003 – povodí Bedřichovského potoka

Zdroj: Laboratoř aplikované ekologie ZF JČU, 2017

Tab.4: Změny rozlohy ploch Land Coveru v povodí Bedřichovského potoka (LAE, ZF JU, 2018)

Typ land coveru	Rozloha ploch [ha] (%)	
	2004	2018
orná půda	160,9 (24)	47,9 (7)
travní porost	82,4	171
mokřady	7,5	9,2
křoviny a lada	0	19,3
lesy	411,5	410 (8)
vodní plochy	0	0
zastavěné lochy	7,3	11,3

3.1.1 Popis odběru vzorků v terénu

Na Bedřichovském potoce byly stanoveny dva uzávěrové profily pro odběr vzorků z horní části povodí (uzávěrový profil H) a z dolní části povodí (uzávěrový profil D). Vzorky byly odebírány z obou uzávěrových profilů každý měsíc během jednoho hydrologického roku 2017/2018.

Voda byla odebrána do polyethylenových lahví o objemu 1 litr. Tyto lahve byly před odběrem vypláchnuty vodou z potoka, aby nedošlo ke znehodnocení vzorků cizorodými látkami, které by se mohly v nádobě nacházet. Voda byla odebírána proti směru toku. Po odebrání vzorků byly lahve převezeny do laboratoře k laboratornímu zpracování.

3.1.2 Laboratorní zpracování

Základní analýza odebraných vzorků vody se prováděla ještě v den odebrání v Laboratoři aplikované ekologie v Českých Budějovicích.

Zjišťovanými parametry v odebraných vzorcích byla koncentrace dusičnanů – dusičnanového dusíku (N-NO_3^-), fosforečnanů – fosforečnanový fosfor (P-PO_4^{3-}), nerozpuštěných látek (NL_{105}) a vodivost.

Ke stanovení vodivosti byla použita potenciometrická titrace, která pro zjištění koncentrace iontů využívá měření napětí. K tomuto stanovení byly využity přístroje WTW (MultiLab P5, P4 a 720).

Dalším krokem byla filtrace vzorů, pro analýzu nerozpuštěných látek (NL₁₀₅) ve vzorcích, a to přes Whatman GF/C filtr se skleněnými vlákny o průměru 55 mm se zachycováním částic 1,2 μm. Filtrací se určuje obsah nerozpuštěných látek, zachycených na filtru následně vysušeném při 105 °C.

Poté byly ve vzorcích určovány hodnoty dusičnanového dusíku (N-NO₃⁻). Koncentrace N-NO₃⁻ se zjišťovaly ve filtrovaných vzorcích spektrofotometricky pomocí metody průtokové injekční analýzy (FIA) a využitím automatického analyzátoru FIAstar MT 5000 FIAstar MT 5012. Průtoková injekční analýza je analytická metoda s plynulým tokem roztoků, založená na vstříkávání vzorku do proudu reaktantů. Takto vzniklé roztoky po analýze FIA jsou dále na fotometrickém detektoru vystaveny záření o vlnové délce 540 nm (Veselá, 2017).

Průtok vody

Na obou sledovaných uzávěrových profilech – horní a dolní uzávěrový profil jsou kontinuálně ultrasonicky sledovány průtoky vody pomocí sledování hladiny ultrazvukovým hladinometrem. Průtok vody byl použit při hodnocení dubnové srážkové epizody z pohledu sledovaných hydrochemických parametrů.

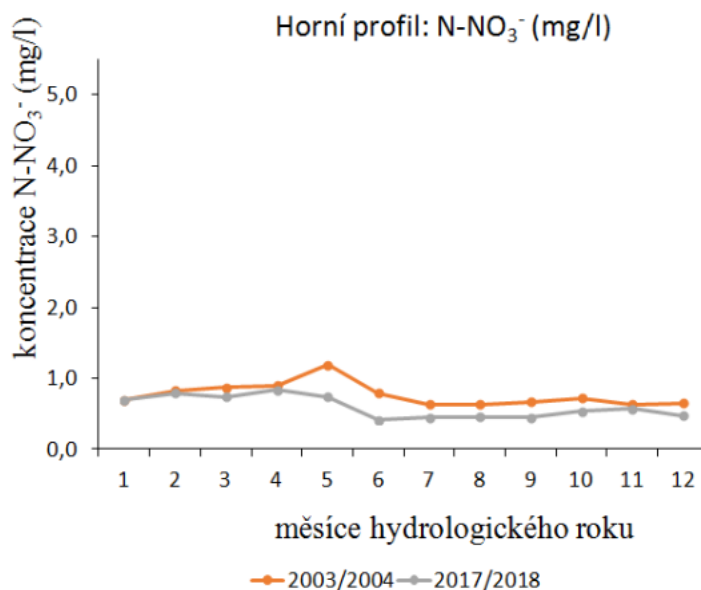
4 Výsledky

4.1 Zpracování dat

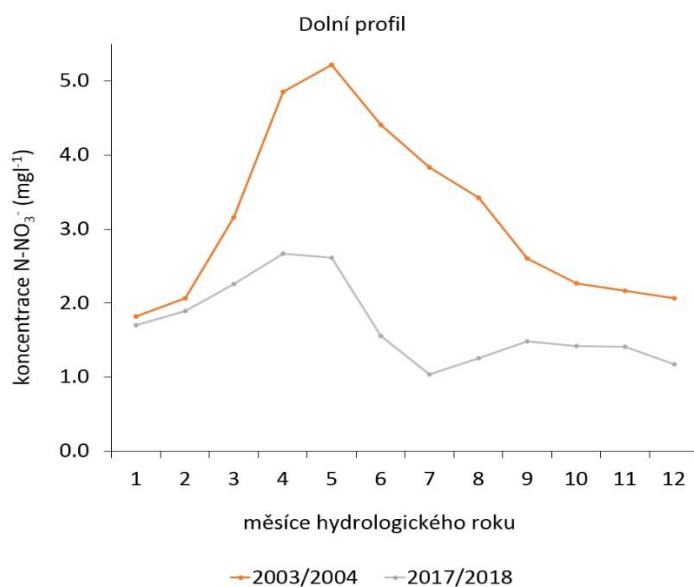
Pro zpracování této diplomové práce byly vybrány a hodnoceny 4 parametry povrchových vod určující znečištění vody: data hodnot vodivosti, koncentrací dusičnanového dusíku (N-NO_3^-), nerozpuštěných látek (NL_{105}) a fosforečnanového fosforu (P-PO_4^{3-}), s těmito parametry byl sledován i průtok vody. A právě tyto parametry byly sledovány a porovnány z let 2003/2004 a 2017/2018. V odebraných vzorcích z Bedřichovského potoka byla v programu Microsoft Excel zpracována data. Zpracovaná data jsou z období od 1. listopadu do 31. října.

4.1.1 Dusičnanový dusík – N-NO_3^-

Naměřené hodnoty N-NO_3^- ukazují patrné rozdíly mezi horním a dolním uzávěrem Bedřichovského potoka (obr. č. 3 a 4). Ty jsou vždy vyšší na dolním uzávěru toku, který se nachází v části povodí s ornou půdou. Na horním uzávěru toku, který protéká přes lesní část, byly naměřeny v roce 2003/2004 hodnoty od 0,623 mg/l do 1,188 mg/l. Na dolním úseku se hodnoty pohybovaly během let 2003/2004 v rozmezí 1,825 mg/l do 5,218 mg/l. V roce 2017/2018 to bylo v rozmezí na horním potoku od 0,411 mg/l do 0,840 mg/l a na dolním potoku pak od 1,0400 mg/l do 2,666 mg/l.



Obr. 3: Koncentrace N-NO₃⁻ v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v horním měřeném profilu.

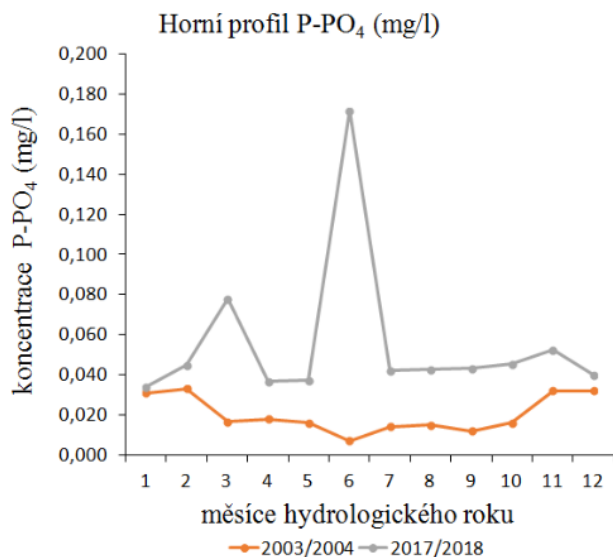


Obr. 4: Koncentrace N-NO₃⁻ v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v dolním měřeném profilu.

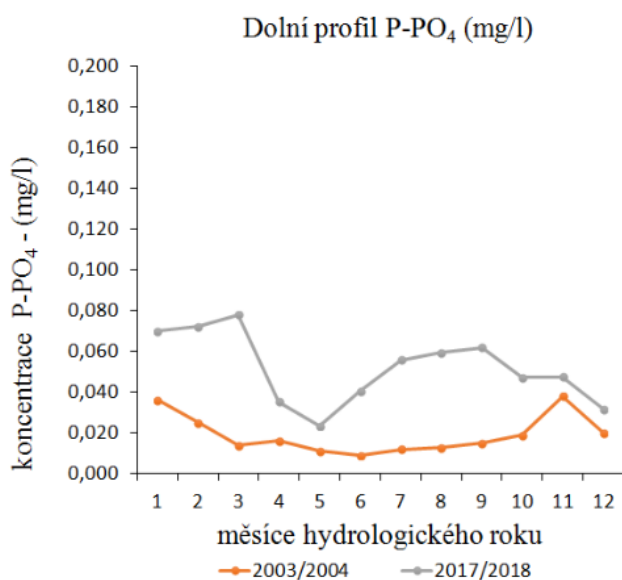
4.1.2 Fosforečnanový fosfor – P-PO₄³⁻

Hodnoty P-PO₄³⁻ lze pozorovat na obrázku 5 a 6. V prvním hydrologickém roce 2003/2004 se hodnoty fosforečnanového fosforu

v horní části potoku pohybovaly v rozmezí od 0,007 mg/l do 0,033 mg/l (obr. 5), na dolním uzávěru toku od 0,009 mg/l do 0,038 mg/l (obr. 6). V letech 2017/2018 na horním uzávěru toku, to byly hodnoty od 0,034 mg/l do 0,1717 mg/l (obr. 5) a na dolním uzávěru toku potom od 0,024 mg/l do 0,078 mg/l (obr. 6).



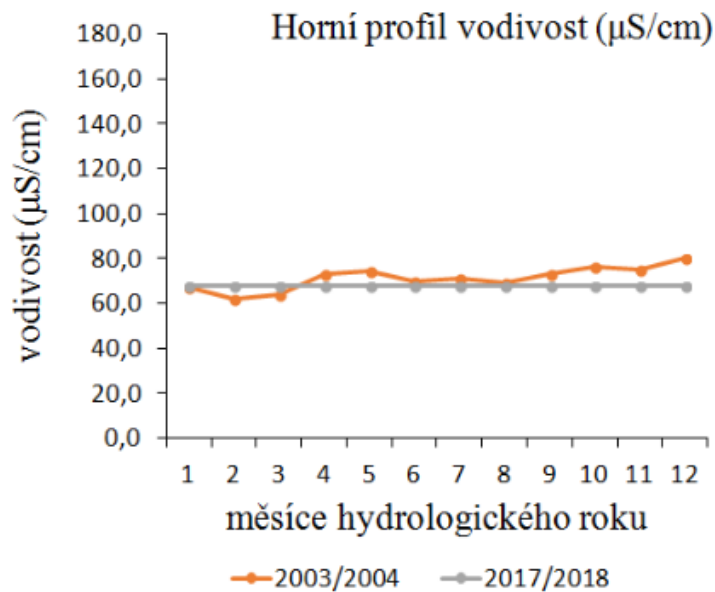
Obr. 5: Koncentrace P-PO₄ v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v horním měřeném profilu.



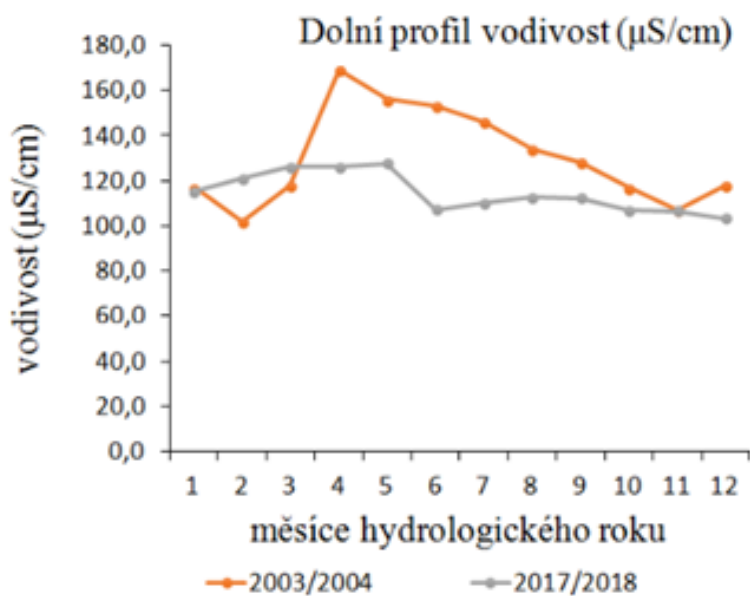
Obr. 6: Koncentrace P-PO₄ v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v dolním měřeném profilu.

4.1.3 Vodivost

Vodivost se zřetelně liší mezi horním a dolním uzávěrem Bedřichovského potoka (obr. 7 a 8). Během hydrologického roku 2003/2004 se hodnoty vodivosti na horním uzávěru pohybovaly od 62,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do 69,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a na dolním uzávěru od 102,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do 169 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Vodivost během hydrologického roku 2017/2018 se pohybovala v těchto hodnotách, na horním uzávěru byly naměřeny hodnoty od 62,0 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do 69,6 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Na dolním uzávěru byly naměřené hodnoty vyšší od 103,4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ do 127,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.



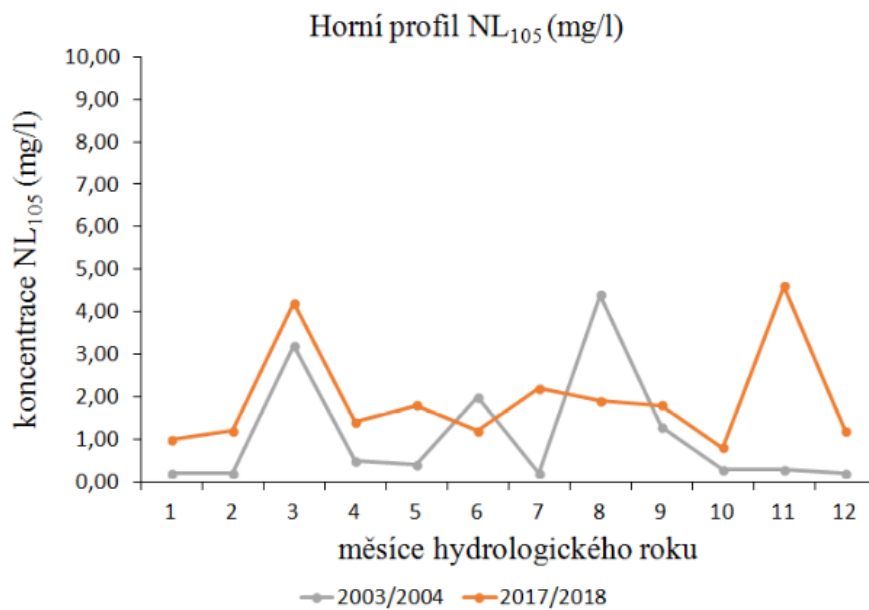
Obr. 7: Koncentrace vodivost v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v horním měřeném profilu.



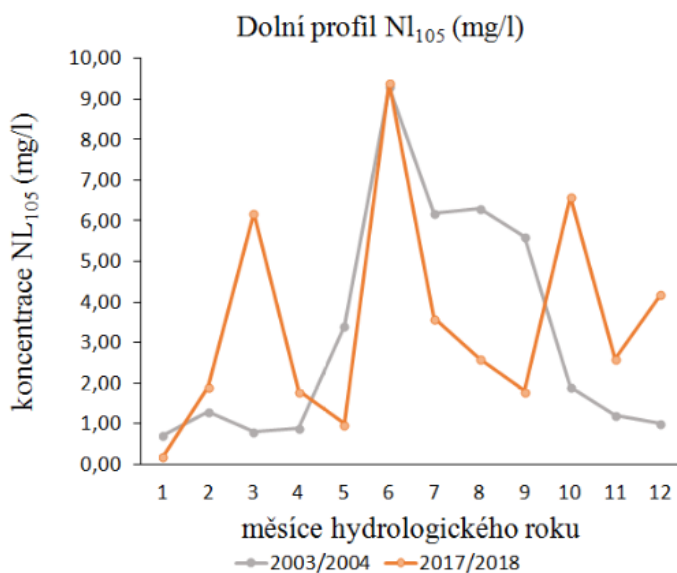
Obr. 8: Koncentrace vodivosti v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v dolním měřeném profilu.

4.1.4 Nerozpuštěné látky (NL₁₀₅)

Na obrázku 9 a 10 lze pozorovat kolísání koncentrace látek NL₁₀₅. Během hydrologického roku 2003/2004 se hodnoty na horním uzávěru toku pohybovaly od 0,20 mg/l až do 4,40 mg/l (obr. 9) a od 0,70 mg/l až do 9,30 mg/l na dolním uzávěrovém profilu (obr. 10). Během roku 2017/2018 se na horním toku koncentrace pohybovala od 0,80 mg/l do 4,60 mg/l (obr.9) na dolním pak od 0,20 mg/l do 9,40 mg/l (obr. 10).



Obr. 9: Koncentrace nerozpuštěných látek (NL_{105}) v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v dolním měřeném profilu.

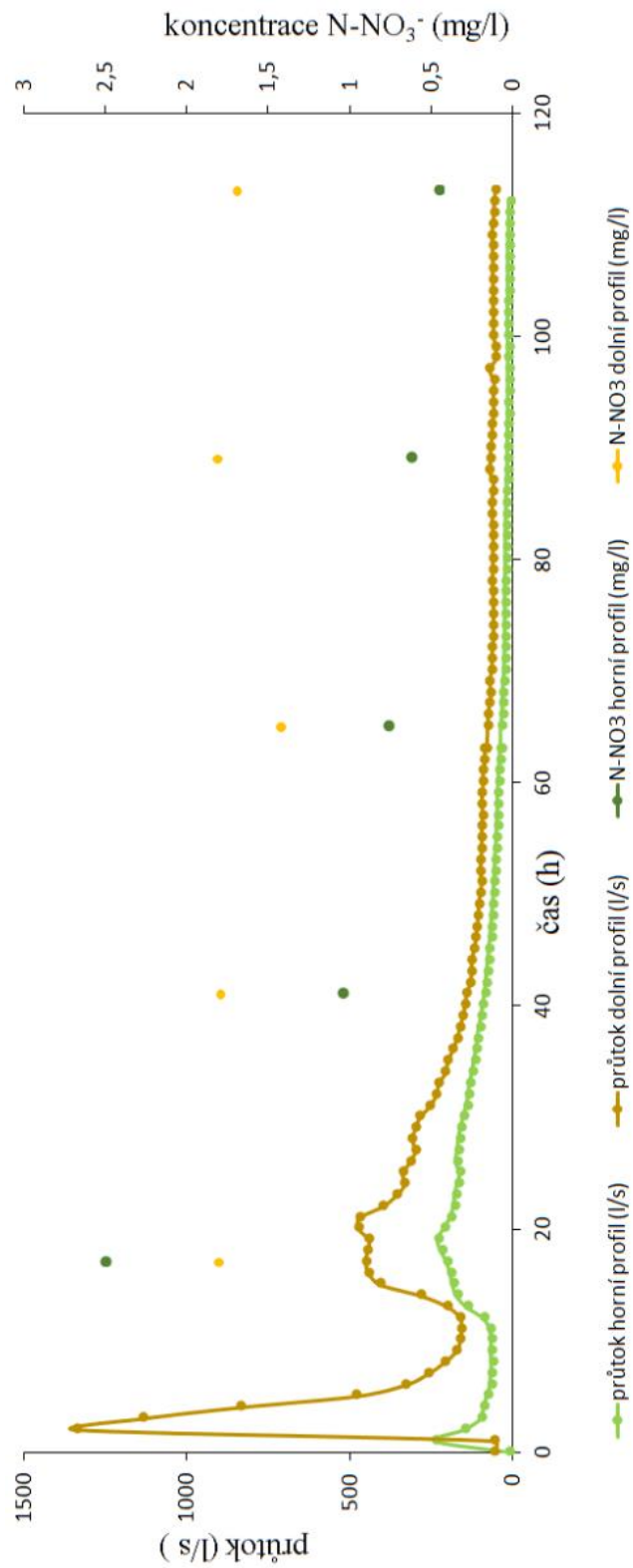


Obr. 10: Koncentrace nerozpuštěných látek (NL_{105}) v Bedřichovském potoce v hydrologickém roce 2003/2004 a 2017/2018 v dolním měřeném profilu.

Další měření je zaměřeno na srážkovou epizodu, tedy koncentrace látek v závislosti na průtoku toku v roce 2018.

4.1.5 Dusičnany – N-NO_3^-

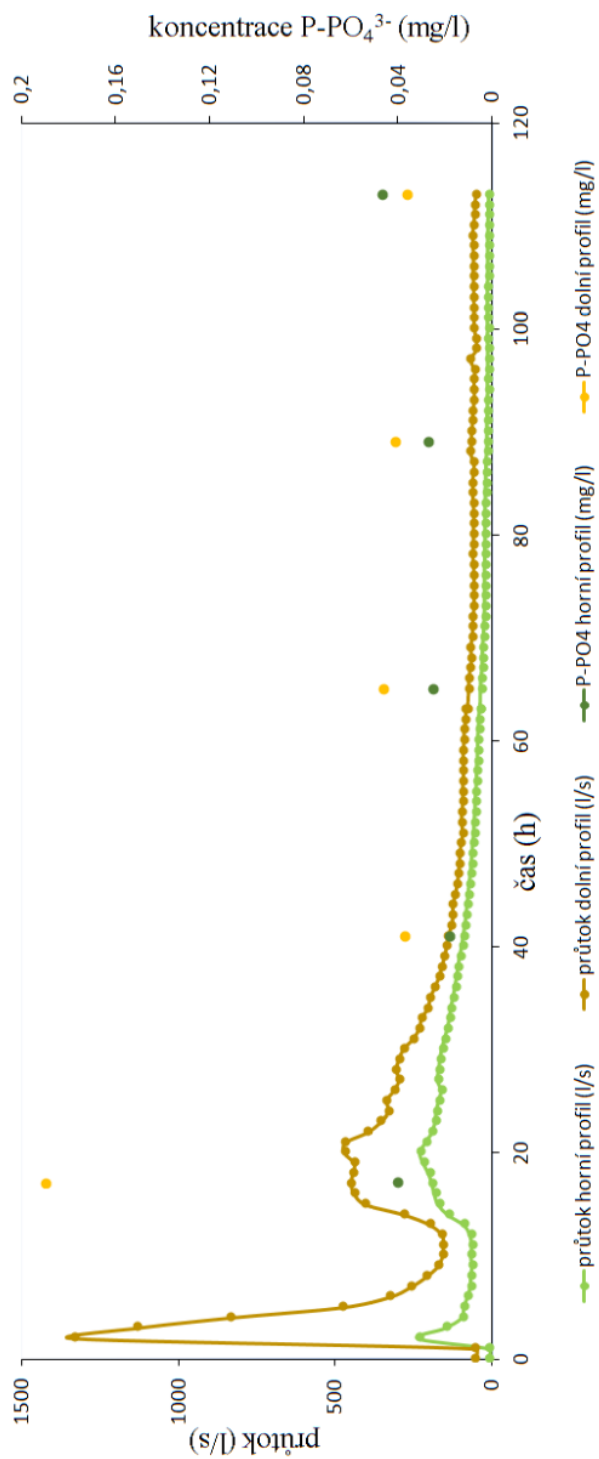
Na obrázku 11 lze pozorovat vývoj koncentrací dusičnanového dusíku při průtocích po náhlé srážkové epizodě. Při měření maximálního průtoku 191,3 l/s v horní části potoka byly naměřeny hodnoty N-NO_3^- 2,500 mg/l. Při průtoku 451,3 l/s v dolní části to bylo 1,800 mg/l. V případě měření s minimálním průtokem 10,3 l/s na horním průtoku byla koncentrace N-NO_3^- 0,45 mg/l. Na dolním měřeném úseku byla při průtoku 52,8 l/s zaznamenána hodnota dusičnanů 1,69 mg/l.



Obr. 11: Průtok vody horním a dolním profilem sledovaného vodního toku a koncentrace dusičnanového dusíku při významné dubnové srážkové epizodě v hydrologickém roce 2017/2018.

4.1.6 Fosforečnanový fosfor – P-PO₄³⁻

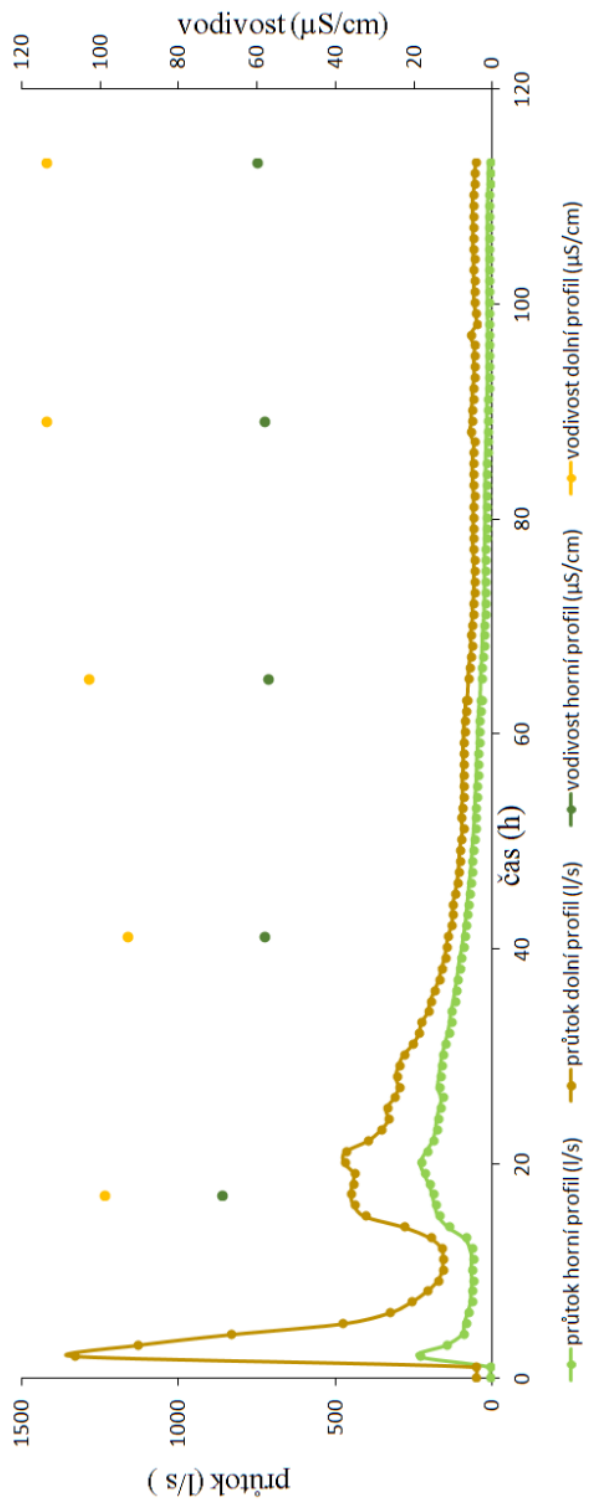
Koncentrace fosforečnanového fosforu P-PO₄³⁻ (obr. 12) se na horním místě měření pohybovala v průměrných hodnotách 0,0314, nejvyšší naměřená hodnota byla 0,047 mg/l, a to bylo při průtoku 10,3 l/s. Naopak nejnižší naměřená koncentrace 0,018 mg/l byla při průtoku 92,1 l/s. V dolní části byla jednou zaznamenána vyšší koncentrace, a to 0,190 mg/l při průtoku 451,3 l/s. Naopak nejnižší 0,036 mg/l pak při průtoku 52,8 l/s.



Obr. 12: Průtok vody horním a dolním profilem sledovaného vodního toku a koncentrace fosforečnanového fosforu při významné dubnové srážkové epizodě v hydrologickém roce 2017/2018.

4.1.7 Vodivost

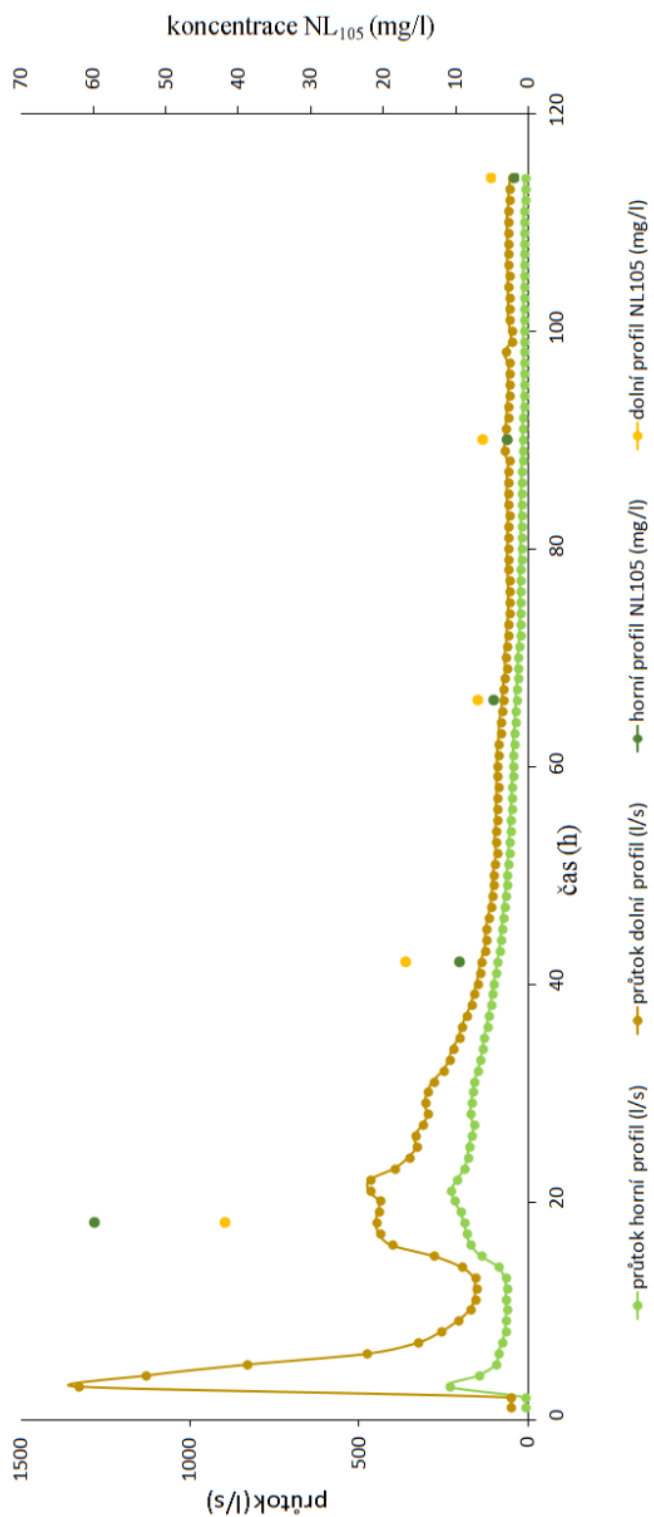
Vodivost se výrazně nemění, průměrná vodivost na horním měřeném profilu byla $60,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Přičemž nejvyšší naměřená hodnota byla $69,7 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ při průtoku $36,3 \text{ l/s}$ (obr. 13). Na dolním potoku to bylo zase o něco vyšší a to $114,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ při průtoku $66,9 \text{ l/s}$ a ty samé vyšší hodnoty byly zaznamenány i při průtoku $52,8 \text{ l/s}$. Průměrně se vodivost v dolním měřeném pohybovala v hodnotách $104,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.



Obr. 13: Průtok vody horním a dolním profilem sledovaného vodního toku a koncentrace vodivosti při významné dubnové srážkové epizodě v hydrologickém roce 2017/2018.

4.1.8 Nerozpuštěné látky NL₁₀₅

Na obrázku 15 můžeme vidět, jak se se zvyšujícím průtokem zvyšuje i koncentrace nerozpuštěných látek. V horním stanovišti to bylo 60,00 mg/l při průtoku 191,3 l/s. Naopak při průtoku 10,3 l/s byla zaznamenána koncentrace 2 mg/l nerozpuštěných látek. V dolní části měřeného profilu při průtoku 451,3 l/s byla koncentrace až 42 mg/l. Při průtoku 52,8 l/s byla koncentrace NL₁₀₅ výrazně nižší, a to 5,2 mg/l.



Obr. 14: Průtok vody horním a dolním profilem sledovaného vodního toku a koncentrace nerozpustných látek při významné dubnové srážkové epizodě v hydrologickém roce 2017/2018.

5 Diskuze

5.1 Popis jednotlivých parametrů

5.1.1 Dusičnanový dusík NO_3^-

Stanovení dusičnanů je významné z hygienického hlediska. Dusičnany vznikají po oxidaci N-látek. Nejsou jedovaté přímo, ale po přeměně v zažívacím traktu. Může dojít k methemoglobinémii, potvrdily se i karcinogenní účinky. Dusičnany, které jsou ve vodě, se poté mohou dostat do potravy člověka nebo zvířat. Většinou je to způsobeno starými fekálními zbytky v půdě a neustálým dodáváním dalšího hnojiva. U povrchových vod jsou dusičnany jedním z hlavních ukazatelů kvality vody (Javorský, Krečmer, 1990).

Výsledky ukázaly, že se dusičnanový dusík NO_3^- v letech 2003/2004 a 2017/2018 na horním uzávěrovém profilu, tedy v lesnaté části, pohyboval ve velmi nízkých hodnotách (obr. 3 a 4). Splach dusičnanů z dolní části povodí je vyšší, protože se zde vyskytuje orná půda a jsou do ní dodávána anorganická hnojiva. V období, kdy je půda bez vegetace, jsou pak snadněji dusičnany a fosforečnany vyplavovány do vodních toků. Koncentrace dusičnanů je pozorovatelně vyšší ve vodách z území s ornou půdou v roce 2004 než v roce 2017 (obr. 3 a 4), kdy již byla rozloha orné půdy mnohem menší (tab. 5 a 6), orná půda byla převedena na trvalý travní porost. Hodnoty koncentrací dusičnanového dusíku v roce 2017/2018 také mnohem méně kolísaly v průběhu vegetační sezóny. V době klidového vegetačního stádia, tedy pokryvu půdy téměř bez vegetace, byl vyšší splach dusičnanového dusíku i z lesa, a postupně klesal s přibývajícím vegetací, zatímco u orné půdy byla koncentrace dusičnanového dusíku víceméně konstantní. Nařízení vlády č. 401/2015 Sb. stanovuje průměrné roční limity pro dusičnanový dusík na 5,4 mg/l. Tuto podmínku splňuje i potok protékající přes zemědělsky obhospodařované pozemky, tedy dolní měřený profil protékající přes ornou půdu. V letech 2003/2004 byla na dolním profilu největší naměřená hodnota v březnu, a to 5,218 mg/l, která se již dotýká průměrné roční hodnoty. Ukazuje to na fakt, že i v horním povodí na počátku dráhy vodního toku může být znečištění dusičnanovým dusíkem rizikové. Vyšší hodnoty byly celkově zaznamenány v měsících únor, březen a duben. Potok v dolním

uzávěrovém profilu s průměrným obsahem sledovaných látek, sice již vyšším, ale přesto pořád splňujícím limity dané legislativou, tedy Nařízením vlády 401/2015 Sb.

Tabulka č. 5. V tabulce je vidět změna pokryvnosti půdy v horním profilu v roce 2004 a poté jak se změnila vegetace v roce 2018.

typ krajinného pokryvu nad horním profilem	rozloha 2004 (ha)	rozloha 2018 (ha)
orná půda	6,1	0
travní porost	26	31,3
mokřady	0	0
křoviny a lada	0	2,3
lesy	273,4	271,3
vodní plochy	0	0
zastavěné plochy	1,3	1,9
celkem	306,8	306,8

Tabulka č. 6. V tabulce je vidět změna pokryvnosti půdy v dolním profilu v roce 2004 a poté jak se změnila vegetace v roce 2018.

typ krajinného pokryvu nad dolním profilem	rozloha 2004 (ha)	rozloha 2018 (ha)
orná půda	154,9	47,9
travní porost	56,4	139,8
mokřady	7,5	9,2
křoviny a lada	0	17
lesy	138,1	139,5
vodní plochy	0	0
zastavěné plochy	6	9,5
celkem	362,9	362,9

5.1.2 Fosforečnanový fosfor – P-PO₄³⁻

Fosfor je důležitým ukazatelem kvality vody. Na Bedřichovském potoce se fosforečnanový fosfor (P-PO₄³⁻) vyskytuje v nízkých hodnotách, v roce 2003/2004 to bylo průměrně 0,019 mg/l v dolním měřeném profilu

(orná půda), v horním (lesní část) 0,02 mg/l. V roce 2017/2018 byla koncentrace na dolním profilu zaznamenána v průměru 0,0624 mg/l. Na horním měřeném profilu byla koncentrace fosforečnanového fosforu 0,056 mg/l. Přičemž jak lze pozorovat na obrázku č. 5, průměr zvýšilo měření během vegetační sezóny, v dubnu se koncentrace zvýšila, kdy byla i větší srážková epizoda a to 0,1717 mg. Přičemž i tato čísla zůstávají z hlediska obsaženého fosforu pořád nízká. Jak se uvádí v nařízení vlády 401/2015 jsou dány imisní standardy ukazatelů přípustného znečištění povrchových vod, kde obecný požadavek pro celkový fosfor je 0,15 mg/l. I přesto se v průběhu srážkové epizody této hranice ukazatel fosforečnanového fosforu dotknul. Na tom lze ukázat, že fosforečnany, obecně velmi málo rozpustné, se prostředím pohybují nikoliv v roztoku, ale se sedimentem. Ten může být dán do pohybu erozním pochodem při významné srážkové epizodě, jak ukazuje náš případ.

5.1.3 Vodivost

Vodivost je jednou ze základních charakteristik roztoků elektrolytů, udává informaci o množství rozpuštěných disociovaných látek. Stanovená vodivost také udává kontrolu o stupni minerálního znečištění vody (Javorský, Krečmer, 1990).

V roce 2017/2018 se vodivost pohybovala v horním měření profilu průměrně $67,09 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, na dolním to bylo $115 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (obr. 7 a 8). V roce 2003/2004 byla naměřená vodivost v horním profilu v průměru $71,29 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a v dolním $130,42 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. I tady lze sledovat závislost na vegetačním pokryvu, v obou měřených letech byla nižší naměřená vodivost v části protékající přes les. Vodivost v dolní části povodí je poměrně vysoká, ukazuje to na vyšší splach pohyblivých iontů z orné půdy. V roce 2017, kdy se na zemědělsky využívané ploše objevily pastviny namísto pole, se vodivost taktéž snížila oproti roku 2003.

5.1.4 Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky jsou důležitým chemickým ukazatelem kvality vody. Patří tedy k nezbytným rozborům vod (Horáková, 1986). Nerozpuštěné látky se v roce 2017/2018 pohybovaly v průměru v horním měřeném profilu 1,94 mg/l, na dolním profilu to bylo 3,49 mg/l. V roce 2003/2004 byla naměřená hodnota na horním profilu 1,10 mg/l a na dolním 3,22 mg/l. Během měření docházelo k výkyvům hodnot (obr. 9 a 10). Je zřejmé, že k výkyvům dochází na základě blíže nespecifikovatelných podmínek při odběru. Nicméně přestože na grafech vypadají rozdíly, je třeba si uvědomit, že na horním i dolním úseku jde o rozdíly v jednotkách mg/l, tedy o malé rozdíly. Až výrazná srážková epizoda ukazuje, jak je odnos látek splachem vody významný. Na lesní půdě dokonce v nejintenzivnější fázi splachu předčí odnos ze zemědělských ploch. Otázkou je, co jej způsobuje, pravděpodobně se jedná o volný detrit z lesní půdy, lehké snadno odplavitelné partikule z lesní půdy bez podrostu, který by bránil rychlému odnosu. V další fázi epizody pak však rychle opět předčí odnos z lesních pozemků splach z orné půdy.

5.1.5 Ohrožení mihule v Bedřichovském potoce

Jak uvádí Hanel a kol. (2015), pro přežití mihule potoční jsou ještě možné obsahy měřených látek následovné: dusičnanový dusík do 3,4 mg/l, z výše popsaného vyplývá, že v lesnaté části nedochází k ohrožení výskytu mihule vyšším obsahem dusičnanů, v dolním měřeném profilu se dá říct, že se hodnoty vyskytují na hraně, v roce 2004, kdy se prováděla na pozemcích orba, se hodnoty vyšplhaly až na 5,18 mg/l, což pro výskyt mihule příznivé není, v roce 2018 hodnoty měřené koncentrace dusičnanů klesly i tady. Veškerý fosfor je podle Hanela a kol. vhodný do 0,15 mg/l a v případě nerozpuštěných látek (NL₁₀₅) do 40 mg/l. Bedřichovský potok neohrožuje výskyt mihulí v případě fosforu. Nerozpuštěné látky neohrožují výskyt mihule v žádné části potoka, v roce 2018 došlo k maximální naměřené hodnotě 9,40 mg/l v dolním uzávěrovém profilu.

6 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo zhodnotit a vyhodnotit jakost čtyř stanovených ukazatelů kvality vody – dusičnany, fosforečnany, vodivost a přítomnost nerozpuštěných látek – s ohledem na místo, kterým protékají, tedy na vegetační pokryv, který, jak bylo potvrzeno, značně ovlivňuje kvalitu vody. Velký důraz je také kladen na přítomnost kriticky ohroženého druhu – mihuli potoční, která se vyskytuje po celé délce toku.

Byla zvolena 2 odběrná místa, ve kterých se provádí odlišný způsob hospodaření, a následně mezi sebou srovnávána. Jedná se o část potoka protékající přes lesní oblast, s tedy menším zásahem člověka do krajiny a s vegetačním pokryvem. Druhé místo je již zemědělsky obdělávané pásmo. Měření potvrdila hypotézu, že část potoka protékající přes zemědělsky obdělávanou půdu podléhá erozivnímu splachu živin z půdy do vody a byla tedy potvrzena vyšší koncentrace téměř všech měřených hodnot. Potvrzuje to tedy teorii o tom, že pokryv půdy a obhospodařování jsou důležitými činiteli na vliv čistoty okolních vod. Tato teorie se potvrdila u všech měřených hodnot z průměrných výsledků.

Jak popisuje jedna rakouská zpráva (Umweltökologisches symposium, 2016), zemědělství je bezesporu velký zásah do krajiny a neovlivňuje ji zrovna příznivě, ale v souvislosti s potřebou jídla nemůžeme ani moc argumentovat proti němu. Tak bychom se alespoň měli snažit hospodařit co možná nejšetrněji. Velkým problémem pro zemědělství bývají plevele, proto se v konvenčním zemědělství používají tak často různé pesticidy, také se používá nadměrné hnojení; tyto činnosti významně ohrožují okolní přírodu, splachem se dostávají zbylé látky do vody a tím ji znehodnocují.

Způsobem hospodaření v krajině lze ovlivnit výskyt prvků, dostávajících se erozí do vody. Pro lepší zachování krajiny v případě orných půd je potřeba dodržovat určitá pravidla, ta popisuje např. Šarapatka ve svých publikacích. Šarapatka a Urban (2006) popisují, jak správně hospodařit na půdě, a s tím spojenou potřebu menšího dohnojování a používání pesticidů. Jsou to např. tato pravidla: dbaní na střídání plodin

s mohutně kořenícím systémem, mělce a hluboce kořenící systémem, zařazování meziplodin do osevních postupů, zapojování jetelovin i luskovin do osevního postupu, osevní postup by měl bránit erozi půdy a s tím spojenému splachu živin do vod, střídání plodin s malou konkurenční schopností s plodinami s vyšší konkurenční schopností proti plevelům, volba odrůd odpovídajících podmínkám daného stanoviště. Svou roli mají také zatravněné pásy kolem polí, stromy a keře v blízkosti vod.

Na úplný závěr bych konstatovala, že míra znečištění zatím neohrožuje výskyt kriticky ohroženého druhu mihule potoční ani v jedné části potoka, i když se někdy měřené hodnoty vyšplhají i nad rámeček.

7 Seznam literatury

- Adámek Z., Helešic J., Maršálek B., Rulík M. (2004): Applied Hydrobiology: Aplikovaná hydrobiologie. Vodňany: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Výzkumný ústav rybářský a hydrobiologický
- Adámek Z., Helešic J., Maršálek B., Rulík M. (2010): Aplikovaná hydrobiologie, Vodňany
- Agentura ochrany přírody a krajiny ČR: Souhrn doporučených opatření pro evropsky významnou lokalitu Bedřichovský potok. Správa CHKO Blanský les a krajské středisko České Budějovice, b. r.
- Bericht, (2016): 5 Umweltökologisches symposium 2016: Landwirtschaft 2030 auswirkungen auf Boden, Wasser und Luft, Höhere Bundeslehr – und Forschungsanstalt für Landwirtschaft Raumberg-Gumpenstein,
- Dungal J., Řehák Z. (2005): Atlas ryb, obojživelníků a plazů České a Slovenské republiky. Academia, Praha
- Dvořák L., (2018): Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí – 2. vydání
- Hanel L., Andreska J., Bořek D.; Hartvich P., Lusk S., (2015); Biologie a ochrana mihulí. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- Hanel, L. a Muler, U. (1998): Anmerkungen zur Methodik der Ermittlung der Bachneunaugenlarvenanzahl in Bächen mittels Elektrofangerät. Bull. Lampetra, ZO ČSOP Vlašim,
- Hartman, P., Příkryl, I., Štědranský, E. (2005): Hydrobiologie. Třetí přepracované vydání. Praha, Informatorium.
- Harvey J., and Cowx I., (2003): Monitoring the River, Brook and Sea Lamprey, Conserving Natura 2000. Rivers Monitoring Series No. 5
- Harvey, J. & Cowy I. (2003): Monitoring the River, Brook and Sea Lamprey. Conserving Natura 2000. Rivers Conservation Techniques Series No. 5. English Nature, Peterborough
- Hlavínek P., Říha J. (2004): Jakost vody v povodí, Akademické nakladatelství cerm., s.r.o. Brno

- Horáková M., Lische, P., Grünwald, A. (1989): Chemické a fyzikální metody analýzy vod. 2. vyd. Praha, SNTL – Nakladatelství technické literatury
- Horáková, M. a kol. (2003): Analytika vody. VŠCHT, Praha
- Hrabanová, A. (2016): Ochrana vod před dusičnany ze zemědělství, Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i.
- Javorský P., Krčmer F., (1990): Rozbory vod a ovzduší v zemědělství, Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR ve Státním zemědělském nakladatelství v Praze
- Jenny H., (1980): The Soil Resource: Origin and Behavior. Ecol. Stud. 37., Springer Verlag, New York, Heidelberg
- Kalač P., (1998): Chemie životního prostředí, 1. vyd, česky, anglicky, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice
- Kočí V. a kol. (2000): Eutrofizace na přelomu tisíciletí, s. 3-8. In: KOČÍ V. (ed.): Eutrofizace 2000. Sborník semináře 10.10.2000. Praha: Vydavatelství VŠCHT
- Kvítek T., Tippl M. (2003): Ochrana povrchových vod před dusičnany z vodní eroze a hlavní zásady protierozní ochrany v krajině. Praha, Ústav zemědělských a potravinářských informací
- Marček A., Honza J. (2005): CHEMIE pro čtyřletá gymnázia, 3. díl, Olomouc s.r.o.
- Merta, L. (2008): Vzácné druhy mihulí a ryb Olomouckého kraje. Rozšíření a ochrana. AOPK ČR, Olomouc
- Novotný I. a kol. (2017): PŘÍRUČKA OCHRANY PROTI EROZI ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY: Ministerstvo zemědělství a Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.
- Oppeltová, P., Novák J., Kotovicová J. (2012): Vzdělávací modul Ochrana životního prostředí voda. Vyd. 1. Náměšť nad Oslavou: ZERA – Zemědělská a ekologická regionální agentura
- Papáček M., a kol. (2002): Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor. České Budějovice, Jihočeská univerzita

- Papáček, M., a kol. (2003): Biodiverzita a přírodní podmínky Novohradských hor II. České Budějovice, Jihočeská univerzita
- Pitter, P. (1999): Hydrochemie. VŠCHT, Praha. 568 s.
- Pivokonský M. (2012): Hydrochemie 2 přednáška, dostupné na: <http://www.pivokonsky.wz.cz/HCh/Hydrochemie2.pdf>
- Smol J. P. (2008): Pollution of lakes and rivers: apaleoenvironmental perspective, Malden
- Sobol P. (2016): Analýza a úprava vody – poznejte rozdíl v kvalitě vody; dostupné na <http://www.analyzavody.cz/vlastnosti-vody/konduktivita/>
- Šafaříková, S., Kouřil, M. (2006): Dusík, fosfor. Živiny v krajině. In: Hrázský, Z., Šafaříková, S. (ed.): Živiny v krajině: dusík, fosfor, eutrofizace půdy a vody, indikace dusíku. DAPHNE ČR - Institut aplikované ekologie
- Šarapatka B., Niggli U. a kol. (2008): Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu, Univerzita Palackého v Olomouci
- Šarapatka, B., Urban, J. a kol. (2006): Ekologické zemědělství v praxi, PROBIO, Šumperk
- Velíšek, J., Svobodová, Z., Blahová, J., Máchová, J., Stará, A., Dobšíková, R., Široká, Z., Modrá, H., Valentová, O., Randák, T., Štěpánová, S. Kocour, Kroupová, H., Maršálek, P., Grabic, R., Zusková, E., Bartošková, E., Stancová, V. (2014): Vodní toxikologie pro rybáře, Fakulta rybářství a ochrany vod
- Veselá T. (2017): Diplomová práce: Metody analýzy hydrochemických dat v prostředí statistického softwaru na příkladu modelového území Novohradsko

Internetové zdroje:

- www.eagri.cz
- www.daphne.cz
- www.ochranaprirody.cz
- <http://drusop.nature.cz>

Citované normy a zákony

- Směrnice Rady 91/676/EHS o ochraně vod před znečištěním způsobeném dusičnany ze zemědělských zdrojů) vytvořený pro ochranu vod před znečištěním dusičnany ze zemědělství
- Zákon 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
- Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů.
- Zákon č. 254/2011 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
- Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky

