JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 – Zemědělství
Studijní obor: Trvale udržitelné systémy hospodaření v krajině
Katedra: Katedra krajinného managementu
Vedoucí katedry: doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vliv rybničního a zemědělského hospodaření na charakter odtékajících vod z modelového povodí Hamerského potoka

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martina Kobesová
Autor bakalářské práce: Dana Vlková

České Budějovice, duben 2016

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě 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.

Datum …… Podpis studenta ……

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Martině Kobesové za vedení, odbornou pomoc a velkou trpělivost. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Lubomíru Bodlákovi, Ph.D., který mi pomáhal při stanovení v laboratoři a za odbornou pomoc. A nakonec bych chtěla poděkovat svojí rodině za podporování při studiích a za pomoc při mé bakalářské práci.

Abstrakt

Cílem mé práce bylo zjistit rozdíly chemicko–fyzikálních parametrů odtékající vody z lesní, zemědělské a rybníkářské krajiny na Hamerském toku. Výsledky byly posuzovány z dat naměřených během roku 2015. Sledované parametry byly: vodivost; pH; $KNK_{4,5}$; dusičnanový dusík; fosforečnanový fosfor; celkový dusík; organický uhlík a nerozpustné látky. Podle výsledků byly u vod vytékajících z lesního hospodářství zjištěné nejnižší hodnoty pH, $KNK_{4,5}$ a nerozpustných látek. U vod ze zemědělské půdy byly nejvyšší hodnoty dusičnanového dusíku. Na odběrovém místě pod Ratmírovským rybníkem byly nejvyšší hodnoty většiny měřených parametrů, například nerozpustných látek.

Klíčová slova: povrchová voda, lesní ekosystémy, zemědělské hospodaření, rybářství, chemicko–fyzikální parametry

Abstract

The aim of this bachelor thesis was to find out the differences in chemical and physical parameters of water samples from the Hamerský grook. These samples were taken during the year 2015 from forest, agricultural and fish farming landscape. Measured parameters were: conductance, pH; KNK4,5; NO3-N; PO4-P ; N; organic C and other insoluble substances. Based on the results of samples from forest landscape the lowest values of pH; KNK4,5 and insoluble substances. The highest values of NO3-N were determined in results from agriculture landscape. The maximal values of the most measured parameters were detected at sample collection site “under the Ratmírov lake”, especially insoluble substances.

Key words: surface water, forest ecosystem, agriculture, fish farming, chemical and physical parameters

Obsah

1. Úvod 8
1.1 Dílčí cíle 8
2. Literární přehled 9
2.1 Voda 9
2.2 Vodní cyklus 9
2.3 Povrchové vody 10
2.3.1 Tekoucí vody 10
2.3.2 Složení povrchových vod 11
2.3.3 Ochrana vody 12
2.3.4 Klasifikace jakosti povrchových zdrojů 13
2.4 Znečištění povrchových vod 14
2.4.1 Lesní hospodářství 16
2.4.2 Zemědělství 16
2.4.3 Rybářství 18
2.4.4 Eutrofizace 19
2.5 Čištění vod 20
2.6 Chemicko-fyzikální parametry vody 21
2.7 Popis zájmového území 26
3. Metodika 28
3.1 Zpracování vzorků 29
4. Výsledky 31
4.1 Základní vyhodnocení dat 31
4.2 Porovnání jednotlivých odběrových míst 35
5. Diskuze 38
6. Závěr 42

7. Literatura 43
8. Přílohy 49

1. Úvod

Voda je základem společenského a přírodního bohatství na Zemi. Na planetě Zemi dochází k rychlému nárůstu lidské populace a tím také ke zvyšováním nároků na spotřebu vody. Proto bychom se měli snažit vodu chránit a předcházet jejímu znečišťování. Ke znečišťování dochází lidskou činností, především zemědělstvím a průmyslem.

Zemědělská činnost způsobuje v krajině mnoho změn, většinou negativních. Zapříčiňuje zvýšení vodní eroze, splachy minerálních látek do vodního koloběhu a dehumifikaci. Tyto procesy mají následně vliv na kvalitu vodních toků, dochází k zanášení koryt sedimenty, které na sebe mohou poutat těžké kovy, nebo k rozvoji eutrofizace. Ušetřeny nejsou ani podzemní vody, které jsou nadměrně obohacovány živinami.

Vliv lesního hospodářství na vodní toky je spíše pozitivní. Lesní plochy zadržují vodu v krajině, snižují hodnoty dusičnanů. Na druhou stranu se zde snižují hodnoty pH vody, což může způsobit uvolňování hliníku z půd do vodních toků.

Rybářství ovlivňuje časté kolísání rozpustného kyslíku ve vodě, snižování průhlednosti vody a zvyšování alkality vody. Naopak vodivost a obsah draslíku by se měly vlivem rybářství snižovat.

Hlavním cílem bakalářské práce bylo zjistit vliv lesního, zemědělského a rybničního hospodaření na kvalitu vody v zájmovém území Hamerského potoka u Jindřichova Hradce. Hlavním předpokladem bylo, že lesní ekosystémy ovlivňují chemismus vod minimálně, oproti tomu rybniční a zemědělské hospodaření výrazně mění chemické složení vod, zejména v průběhu sezóny.

1.1 Dílčí cíle

- Odběr vzorků tekoucí vody ve vybraných lokalitách zájmového území Hamerského potoka
- Zpracování vzorků v laboratoři
- Vyhodnocení získaných dat, jejich rozbor a statistické zpracování
- Porovnání hlavních parametrů v jednotlivých lokalitách

2. Literární přehled

2.1 Voda

Voda se nachází na více než dvou třetinách zemského povrchu. Její objem je odhadem okolo 1400 mil. km^3, hlavní část vody - 97 % - se nachází v mořích a oceánech (Herčík, 2004). Sladkých vod jsou 3 %, ale z toho je větší část v podobě polárního ledu, hlavně v Antarktidě a v podzemních vodách. Jen 0,27 % objemu sladké vody se nachází v řekách a jezerech (Stejskal, 2006). Podle Holoubka (1990) je voda na Zemi nerovnoměrně rozložena, jedním z důvodů je povrch země, například pohoří může znemožnit přechod srážek. Voda je za normálních podmínek bezbarvá, bez zápachu a chuti. Je základní složkou životního prostředí a nezbytnou sloučeninou pro život na Zemi.

Význam vody pro lidi je popsán v Evropské chartě o vodě, která byla sepsána roku 1968 ve Strassburgu. V evropské chartě o vodě se uvádí, proč se máme vodou zabývat a zda ji máme chránit (Herčík, 2004). Voda má různé funkce -biologickou, patří do základní složky biomasy, zdravotní a estetickou.

2.2 Vodní cyklus

Přibližně 1 % z celkového objemu vody na Zemi tvoří vodní cyklus. Koloběh vody je nepřetržitá cirkulace vody mezi zemským povrchem a ovzduším, který je způsoben slunečním zářením, zemskou gravitací a teplotou prostředí. Součástí vodního cyklu je přenos vodní páry, vypařování, kondenzace srážek, dopadání na zemský povrch hlavně v podobě dešťových a sněhových srážek a následný vsak nebo odtok (Chaplin, 2002). Voda na Zemi se vyskytuje pořád ve stejném množství, jen mění své skupenství a místo uložení (Heteša, 1994). Voda se vypařuje nerovnoměrně, kolem rovníku asi čtyřikrát více než z polárních oblastí. Vodní páry se v atmosféře nacházejí jen velmi krátce, přibližně okolo osmi dnů (Kalač, 2010). Koloběh vody se dělí na dva typy, malý a velký.

Malý koloběh vody probíhá buď nad hladinou oceánu, nebo pouze nad pevninou, kde se voda odpařuje, dále kondenzuje a padá zpět do oceánu nebo na pevninu. Velký koloběh vody je výměna vody mezi oceánem a souší. Voda se odpařuje, kondenzuje do srážek a díky gravitaci padá zpět na zemský povrch. Odtud se potoky a řekami dostává zpět do oceánů (Hartman, 1998). Vodního cyklu mezi

souší a oceánem se účastní okolo 100 tis. km^3 vody, která dopadá zpět na souš. Z toho 40 tis. km^3 odtéká do moře a zbylá část se znovu odpaří do atmosféry (Pokorný, 2009).

Odtok vody může být povrchový nebo podpovrchový. Rozdíl spočívá v tom, že při povrchovém odtoku, kdy se srážky nachází v řekách, potocích nebo vodních nádržích, dochází k vodní erozi, zatímco při podpovrchovém odtoku může docházet k odnosu rozpustných živin (Richard, 1993; Forman, 1993). Do podpovrchového odtoku patří podzemní voda, voda prosakující půdními póry z povrchu země a voda, která se do podpovrchového odtoku dostává přes zvětralé horniny.

2.3 Povrchové vody

Podle zákona o vodách č. 254/2001 Sb. se jedná o vody s přirozeným výskytem na planetě Zemi, které mohou i přechodně protékat zakrytými úseky, dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.

Podle využití se vody dělí na vody vodárenské, tato voda je určena pro pitné účely, a ostatní vody, obecně užitné, které slouží pro průmyslové účely, závlahy, chov ryb a rekreační účely (Pitter, 1999).

Vody povrchové se dělí:

1) **Tekoucí vody (lotické)**, kam spadají prameny, pramenné stružky, horské potoky, řeky, velké toky a veletoky (Lellák, 1992)
2) **Vody stojaté (lentické)**, které jsou více závislé na činnosti člověka a přírodních faktorech
    - Eustatické vody - jezera, která se vyznačují neměnnými životními podmínkami
    - Astatické - rybníky, drobné vody, bažiny, slatiny, tůňky a rašeliniště (Hartman, 1998)

2.3.1 Tekoucí vody

Jedním z hlavních znaků tekoucích vod je, že jde o jednosměrné proudění, jehož rychlost a síla závisí na velikosti spádu a množství překážek (Hartman, 1998; Sharma, 2007). Rychlost toku může být dále ovlivněna tvarem koryta, charakterem břehů a dna a nakonec i množstvím pevných částic unášených tokem (Lellák, 1991).

Tekoucí vody jsou charakteristické změnami v prostředí a čase, a to prohlubováním říčního koryta, rozšiřováním příčného profilu toku, erozí a meandry (Ambrožová, 2003). Mezi tekoucí vody můžeme zařadit i vody ze srážek, které se nevypaří ani nevsáknou do půdy, nebo vody vyvěrající na povrch země. Vodní toky mají přirozeně utvářené koryto s rozličnou délkou a šířkou (Lellák, 1991).

V tocích nedochází k velkým teplotním výkyvům, voda má skoro po celý rok konstantní teplotu, k teplotním změnám dochází jen výjimečně a jen na omezenou dobu. Podmínky pro život jsou na různých místech jednoho toku rozdílné, protože záleží na chemických, fyzikálních a biologických vlastnostech vody. Tyto vlastnosti se mění od pramene až po ústí. Změny na toku jsou například popsány v rozdělení toku na rybí pásma podle převládajícího druhu ryb podle A. Friče. Tato pásma se dělí na pstruhové, lipanové, parmové a cejnové (Hartman, 1998). Podle tohoto dělení se popisuje, kolik se nachází v toku živin, jaká je rychlost toku a jaká se zde vyskytuje vodní fauna a flora.

2.3.2 Složení povrchových vod

Látky obsažené v tekoucích vodách se dají dělit z fyzikálního hlediska na látky přítomné v pravých roztocích jako rozpuštěné, či jako látky nerozpuštěné (Heteša a Kočková, 1998). Mezi rozpuštěné látky, kam řadíme rozpuštěné organické a anorganické ionty, rozpustné plyny a sloučeniny, patří například uhličitany, sírany, dusičnany, chloridy a vápník, hořčík, sodík či draslík. Rozpustné látky se do toků dostávají z atmosférických plynů a srážek, z podloží a z podpovrchových a povrchových vodních zdrojů (Pitter, 1999).

Mezi nejvýznamnější rozpuštěné plyny můžeme zařadit CO_2, O_2 a N_2. Jejich množství je závislé na teplotě, tlaku a dalších faktorech. Množství kyslíku ve vodách je rozkolísané, na klidnějších místech toku je nižší koncentrace než v místech s výskytem peřejí a jezů. Rozpuštěný dusík ve vodách často dosahuje stoprocentního nasycení. CO_2 se ve vodách nachází v miligramovém množství na litr. Vyšší hodnoty se nacházejí u podzemních vod (Lellák, 1991).

Složení povrchových vod je ovlivněno:

a) Geologickou skladbou podloží - zda je podloží propustné a stabilní, a také složením sedimentů na dně toku

b) Hydrologicko – klimatickými poměry - složením srážek (například negativní vliv mají kyselé deště) a množstvím srážek, teplotou, ročním obdobím a přenosem škodlivých látek na velké vzdálenosti
c) Půdou a druhem půdy - zda tok protéká zalesněnou plochou nebo zemědělsky obhospodařovanou krajinou. Zalesnění půdy v blízkosti toku může ovlivnit pH vody, jehličnany způsobují kyselé pH. Zemědělská oblast může ovlivnit složení vod díky splachům organických a anorganických látek do toků.
d) Činností člověka - průmyslem, zemědělstvím a znečištěním z domácností
e) Přítokem podzemních vod a soutokem toků (Pitter, 1999)

Složení povrchových tekoucích vod se mění jak s délkou, tak s šířkou toku. V České republice ale šířka toku nemá žádný větší význam, protože se na našem území nenachází žádné veletoky. Šířka toku má vliv pouze v oblasti vypouštění znečištění nebo vyústění přítoku. Změny ve složení povrchových vod mohou být dlouhodobé nebo krátkodobé. Dlouhodobé změny jsou způsobeny hlavně používáním chemických látek v zemědělství, urbanizací a rozvojem průmyslu. Krátkodobé změny jsou způsobeny hydrologickými a klimatickými poměry. Díky postupnému znečišťování vodních toků z průmyslových, městských a zemědělských odpadů se s délkou toku zvyšuje celkový obsah organických a minerálních látek (Pitter, 1999; Kvítek, 2005).

2.3.3 Ochrana vody

Ochrana vod je činnost zabývající se ochranou, množstvím a jakostí povrchových i podzemních vod, a to v souladu s požadavky českého práva a práva EU. Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady v oblasti vodní politiky členských států je směrnice 2000/60/ES z roku 2000. Ochranou vod, jejím užíváním a úpravami se zabývá zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Ministerstvo životního prostředí společně s Ministerstvem zemědělství každý rok předkládá vládě zprávu o stavu vodního hospodářství v České republice, která se zabývá kvalitou a množstvím povrchových a podzemních vod. Dále zpráva obsahuje i související legislativní, ekonomické, výzkumné a integrační aktivity (Ministerstvo životního prostředí).

Ochrana vodních toků před erozí

Eroze půdy vzniká hlavně na svažitých pozemcích, vodní erozi ovlivňuje délka, sklon a expozice svahu. Vodní eroze nastává hlavně při intenzivních srážkách, kdy se voda nestačí vsakovat. V ČR se vyskytuje vodní eroze skoro na 54 % orné půdy. Přípustná míra eroze je taková, která výrazně neovlivní úrodnost půdy a nezhorší kvalitu vodních toků. Při vyšší míře eroze dochází k nánosům splachů na pozemky ležící pod profilem erozně ohroženého území, zanášení vodních koryt a nádrží a ovlivnění kvality vody v tocích (Kvítek, 2005).

Ochrana vodních zdrojů

Ochrana vod je uvedena ve vodním zákoně č. 254/2011 Sb. Hlavní ochrana je územní, která se zaměřuje na důležité vodní zdroje, rozděluje se na všeobecnou, zpřísněnou a speciální. Poslední dvě ochrany se týkají ochrany vodních pásem, nádrží a území, které se připravují na zatopení (Tlapák, 1992).

2.3.4 Klasifikace jakosti povrchových zdrojů

Hodnocení jakosti vody je založeno na stanovení ukazatelů vyjadřujících stav vody v toku. Výběr jednotlivých ukazatelů je založený na způsobu využití daných povrchových vod (Pitter, 1999). Přehled kritérií jednotlivých ukazatelů se dle normy dělí:

- skupina A – kyslíkový režim (rozpuštěný kyslík, BSK_5, $ChSK_{Mn}$ nebo $ChSK_{Cr}$)
- skupina B – základní chemické a fyzikální (pH, teplota vody, rozpuštěné látky či vodivost, nerozpuštěné látky, amoniakální dusík, dusičnanový dusík, veškerý fosfor)
- skupina C – doplňující chemické (vápník, hořčík, chloridy, sírany, tenziny aniontové, nepolární extrahované látky, organicky vázaný chlor)
- skupina D – těžké kovy (rtuť, kadmium, arzén, olovo)
- skupina E – biologické a mikrobiologické (sirobní index, koliformní bakterie nebo fekální koliformní bakterie)
- skupina F – radioaktivita (celkové objemové aktivity alfa a beta), (Wittlingerová a Jonáš, 1999)

Podle ČSN 75 7221 zařazujeme jakost vody do pěti tříd (Tabulka č. 1).

Tabulka č. 1: **Členění povrchových vod podle míry znečištění**

I. velmi čistá voda	využívá se pro vodárenské účely, koupaliště, chov lososovitých ryb nebo potravinářský průmysl, má vysokou krajinotvornou hodnotu
II. čistá voda	je vhodná jak pro vodárenské využití, tak i k vodním sportům nebo chovu ryb, má krajinotvornou hodnotu
III. znečištěná voda	voda je vhodná k využití v průmyslu, pro vodárenské účely se používá, jen když v okolí není vhodnější zdroj, voda má malou krajinotvornou hodnotu
IV. silně znečištěná voda	vhodná jen pro omezené využití
V. velmi znečištěná voda	většinou nevhodná pro jakýkoli účel

Staženo z: http://www.praha-priroda.cz, Zákon o vodách č. 254/2001 Sb.

2.4 Znečištění povrchových vod

Povrchové vody slouží jako zdroje pitné a užitkové vody, dále bývají využívány pro rekreační účely a chov ryb. Současně jsou ale recipientem průmyslových a odpadních vod. Kvalita vody se posuzuje podle biologických, chemických a estetických změn (pěna na toku, která značí vyšší obsah dusíku, úhyn ryb a další). V současné době se začíná více řešit problém znečišťování vodních toků, zvýšil se podíl čištěných odpadních vod na 96 %, což je nejvíce za posledních dvacet let. Vypouštění znečištění z bodových zdrojů se zásadně snížilo takto: u BSK_5 (biologické spotřeby kyslíku po dobu pěti dnů) poklesly hodnoty o 94,7 %, u $CHSK_{cr}$ (chemické spotřeby kyslíku) o 88 %, nerozpuštěné látky (NL) o 90 %. Došlo i k poklesu vypouštěného množství nebezpečných a zvlášť nebezpečných látek, kam spadají například sloučeniny rtuti, které se dříve používaly na moření osiva (cenia.cz).

Podle způsobu a druhu znečištění povrchových vod se může znečištění dělit na primární a sekundární. Primární znečištění je způsobeno přítomností některých látek ve vodě. Patří sem znečištění organickými látkami, například splašky, pesticidy

a ropnými látkami, znečištění inertními látkami, půdou a anorganickými látkami, kyselinami, sloučeninami HG, Pb, Se a dalšími. Jako další znečištění můžeme uvést bakteriální a radioaktivní.

Sekundární znečištění je vysoký rozvoj některých organizmů ve vodě způsobený nadměrným přísunem určitých látek, například živin (Herčík, 2004). Znečištění můžeme také dělit na lokální, kam spadá vypouštění vody z lidských obydlí, zemědělských podniků nebo průmyslových podniků, a na plošné, které zahrnuje splachy pesticidů a hnojiv z polí (Kvítek, 2005). Při znečištění dochází ke kontaminaci povrchové i podzemní vody, přičemž proniknutí znečišťující látky do podzemní vody trvá delší dobu (Tlapák, 1992).

Podle typů znečišťujících látek rozeznáváme biologické, chemické a fyzikální znečištění (Holoubek, 1990).

Biologické znečištění je způsobeno zejména silážními šťávami, močůvkou, fekáliemi a dalšími látkami (Tlapák, 1992).

Chemické znečištění látek proniká do vody z průmyslu, zemědělství a lidských sídel. Mezi chemické znečištění můžeme zařadit následující látky:

Ropné látky - jeden litr ropných látek je schopen znehodnotit až milion litrů vody. Znečištění vzniká při těžbě a zpracování ropy, strojírenské výrobě nebo při ropných haváriích. Jedním z největších problémů u ropných látek je, že plavou na hladině a zabraňují přístupu kyslíku do vody. Už při velmi malých koncentracích dochází k hynutí jiker a plůdků a při koncentraci 0,25 $g.dm^{-3}$ dochází k hynutí ryb. Dále je znečištění ropnými látkami nebezpečné pro vodní ptactvo, kde může docházet až k úmrtí (ztráta tepelné izolace peří), (Holoubek, 1990).

Detergenty - vyskytují se v čistících a mycích prostředcích z průmyslu i domácností. Jsou jedovaté pro vodní organismy. Vytvářejí na hladině pěnu bránící výměně plynů (Kalač, 2010).

Hnojiva a pesticidy - dostávají se do vody splachem z půdy. Z hnojiv jsou nebezpečné hlavně dusičnany a fosforečnany, které způsobují eutrofizaci vody (Tlapák, 1992).

Těžké kovy - jsou do vody vyplavovány ze vzdušných emisí nebo skládek. Jsou toxické a většinou se kumulují v tělech ryb, vodních ptáků a savců (Kalač, 2010).

Fyzikální znečištění vzniká tehdy, když zdrojem tepelného znečištění jsou chladící vody z jaderných elektráren, hutí a dalších průmyslových provozů, které nadměrně vypouštějí teplo do vodního zdroje. Následkem zvýšení teploty dochází ve vodních tocích ke snížení obsahu kyslíku, a tím k postižení organismů náročných na kyslík (Pitter, 1999).

2.4.1 Lesní hospodářství

Lesní hospodářství ovlivňuje hlavně zadržování srážek, což může mít kladný i záporný vliv. Při přívalových deštích je les schopen srážky zadržet a tím zabránit vysokému povrchovému odtoku a erozi. Naopak při mírných krátkých deštích koruny stromů zadržují skoro všechnu vodu a ta nemá možnost proniknout až do půdy (Tlapák, 1992). Podle výzkumu Podražského (2005) mají největší vodní kapacitu listnaté stromy, poté jedle obrovská a nejmenší smrk ztepilý. Vliv lesního hospodářství na znečištění vodních toků je oproti zemědělství velmi malý. Podle Bíby (2005) je kvalita vodních toků z hlediska cizorodých látek vcelku kvalitní. Z chemického hlediska vody se v lesních tocích vyskytuje málo vápníku a hořčíku, které způsobují i kyselejší pH vody. Nízké pH vody může způsobovat uvolňování hliníku z půdy, který se jinak váže v půdním prostředí. Naopak koncentrace dusičnanů jsou v lesních vodách velmi nízké a většinou nepřekračují limit 50 $mg.l^{-1}$.

2.4.2 Zemědělství

Intenzivní zemědělství významně ovlivňuje kvalitu podzemních i povrchových vod. V současnosti dochází k velkému rozvoji zemědělství. Používá se výkonná a těžká mechanizace, velkoplošně se používají chemické prostředky, hlavně pesticidy a průmyslová hnojiva, u kterých dochází k rychlejšímu uvolňování živin do půdy (Šarapatka, 2008). Pesticidy, které se využívají hlavně v intenzivním hospodaření, mají také vliv na biodiverzitu v krajině, kterou značně snižují (Boháč, 2006). U živočišné výroby dochází k chovu ve velkokapacitních stájích, kdy se hůře skladují odpadní látky a může docházet k vylouhování do podzemních vod (Tlapák, 1992). Také v posledních padesáti letech docházelo k ničení krajinných prvků, rozorávání remízků, pozemky byly scelovány a vznikala pole s vysokou rozlohou. Tyto pozemky se sice lépe obdělávají, ale také jsou náchylnější na vymývání živin z půdy a na erozi (Lipský, 1995). A to hlavně na vodní erozi, která zásadním způsobem

ovlivňuje znečištění vod. Proto bychom se měli řídit určitými zásadami, jak tyto negativní vlivy zmírnit.

Půda by měla mít co největší pokryvnost, to znamená, používat podsevy a meziplodiny, přes zimu nenechávat půdu holou. Využívat zelené hnojení a zaorávat posklizňové zbytky. Častěji používat statková hnojiva a správně střídat osevní postup se zařazením leguminóz (Šarapatka, 2006).

Hnojiva

Jako hlavní zdroje znečišťování ze zemědělství můžeme uvést průmyslová hnojiva, šťávy ze siláží a senáží, kejdu skotu a prasat, močůvku a motorové a topné oleje. Jako hnojení v zemědělství se využívají hlavně statková a průmyslová hnojiva. Z toho větší negativní vliv na vodní toky mají průmyslová hnojiva, která se ve vodě dobře rozpouštějí a následně vyplavují do povrchových a podpovrchových vod. Statková hnojiva nemají na kvalitu vody takový zásadní vliv, s výjimkou kejdy. Při špatném užívání kejdy, hlavně nadměrném přehnojování, dochází k hromadění hnojiva na povrchu půdy a následnému splachování do vodních toků. Hlavní problém při vyplavování způsobují dusíkatá hnojiva ve formě dusičnanů, která se do půd nepoutají a snadno dochází k jejich vyplavování (Tlapák, 1992). Při hnojení si také musíme dát pozor na způsob zapravení hnojiva do půdy a na dobu, kdy hnojivo aplikujeme. Také zemědělská půda nesmí být rozorána až k vodnímu toku, musí být zachován ochranný pás, který slouží jako bariéra při vyplavování živin. Tyto informace se nachází v DZES 1 (dobrý zemědělský a environmentální stav půdy, dříve nazývaný GAEC), kde je například určeno, že u zranitelných oblastí se nesmí hnojit 3 metry od břehu toku. Při sklonitosti nad 7stupňů je ochranný pás široký 25 metrů od břehu (eagri.cz).

Nitrátová směrnice

Nitrátová směrnice je předpis evropské unie (91/676/EHS) na ochranu vodních zdrojů před znečištěním dusičnany ze zemědělské činnosti. Tato směrnice platí od roku 1991, každé čtyři roky je ve zranitelných oblastech aplikován akční plán, kde jsou stanovená pravidla, jak v těchto oblastech hospodařit (Hrabánková, 2014). Pravidla obsahují protierozní opatření, střídání plodin na pozemcích, uskladnění statkových hnojiv a jejich následnou aplikaci (Hubačíková, 2008). Dále obsahují, jak používat hnojiva, a kdy je jejich použití zakázáno (Tabulka č. 2). Dále pravidla

uvádějí, jak hnojit v blízkosti vodních toků či jak používat hnojiva na svažitých pozemcích. Při používání hnojiv na svažitých pozemcích je důležité hnojiva hned po aplikaci zapravit do půdy. Na pastvinách dodržovat správný počet dobytčích jednotek na hektar, což je 2 - 3 DJ/ha a nechávat zatravněná území u vinic a chmelnic (Kvítek, 2005). Pomocí těchto a dalších postupů by se mělo docílit snížení rizika vyplavování dusíku do povrchových vod. Základem je ale celkově omezit množství dusíku aplikovaného na pozemky, a to na hodnotu 170 $kg.ha^{-1}$ (Hubačíková, 2008).

Tabulka č. 2: **Období zákazu používání dusíkatých hnojiv na zemědělské půdě**

Klimatický region (značení podle BPEJ)	Minerální hnojiva	Hnojiva s rychlým uvolňováním dusíku	Hnojiva s pomalým uvolňováním dusíku
0-5	1. 11. – 31.1. (platí pro ozimy) 15.10. - .15. 2. (ostatní plodiny)	15. 11. – 31. 1. (ozimé plodiny) 15. 11. – 15. 2. (ostatní plodiny)	1. 6. – 31. 7. 15.12 – 15.2.
6-9	15. 10. – 15. 2. (platí pro ozimy) 1. 10. – 28. 2. (ostatní plodiny)	1.11. – 15.2. (platí pro ozimy) 5. 11. – 28. 2. (ostatní plodiny)	1.6. -31. 7. (pokud se dále nepěstují ozimy) 15. 12. – 28. 2.

Staženo z: http://eagri.cz

2.4.3 Rybářství

Z historického hlediska u nás má rybníkářství poměrně dlouhou tradici. Velký rozvoj nastal v 16. století, kdy se zde nacházelo okolo 120 tis. rybníků s celkovou rozlohou 52 000 ha (Kvítek, 2005).

Správné podmínky pro chov ryb jsou rozdílné podle druhu ryb, které chováme. Proto se rozlišuje, zda se jedná o ryby kaprovité nebo lososovité. Voda by měla mít teplotu pro vývoj kaprovitých 18^0C až 28^0C a pro lososovité 8^0C až 16^0C. Voda by měla být dostatečně provzdušňována, lososovité ryby potřebují více kyslíku než kaprovité. Optimální pH by mělo být v rozmezí 6,5 – 8,5. Dále by mělo být

kontrolováno, zda se ve vodách nevyskytují látky pro ryby škodlivé, jako je například amoniakální dusík, aktivní chlór, fenoly a další látky (Pitter, 1999).

Během vývoje rybářství také došlo ke změně kvality vody. Na začátku byly vody v rybnících čisté, oligotrofní, ale s nízkými výnosy ryb. Proto se časem začaly rybníky přihnojovat a ryby dokrmovat, což vedlo k vysokému nárůstu produkce ryb, ale také ke zhoršení kvality vod. Ta se zhoršila z oligotrofní na mezotrofní, v některých oblastech až na polytrofní. Zhoršení kvality vody vede ke kolísání rozpustného kyslíku, hlavně v letních měsících, a k rozkolísanosti pH během dne, nejvyšší hodnoty jsou ve večerních hodinách. Vysoké hodnoty pH způsobují vznik amoniaku, který je pro ryby toxický. Dále dochází ke zvyšování hodnot alkality a zhoršení průhlednosti vody. Naopak hodnoty vodivosti a draslíku by se ve vodách měly snižovat. Mezi další pozitivní působení patří například zadržování živin (hlavně dusíku), snižování toxických látek a snižování bakteriálního zatížení (Kvítek, 2005; Pokorný, 2009).

2.4.4 Eutrofizace

Slovo eutrofizace pochází z řečtiny, vzniklo složením slova eu (hojný) a slova trophi (potrava nebo živná látka).

Eutrofizace je soubor přírodních a uměle vyvolaných procesů vedoucích ke zvyšování obsahu anorganických živin stojatých a tekoucích vod. Je to přírodní děj, jenž se v důsledku lidské činnosti neúměrně zvýšil. Přírodní eutrofizace je způsobena uvolňováním dusíku a fosforu, případně silikátů z půdy, sedimentů a odumřelých vodních organizmů. Umělá eutrofizace je způsobena intenzivní zemědělskou výrobou, některými druhy průmyslových odpadních vod, používáním polyfosforečnanů v pracích a čisticích prostředcích a zvýšenou produkcí komunálních odpadních vod a odpadů fekálního charakteru (Kočí, 2000). Jedná se o jednu z nejviditelnějších zátěží pro povrchové vody (Polášková, 2011). Barva eutrofizované vody je zelená, hnědá nebo hnědozelená, průhlednost vody je velmi nízká, do desítek centimetrů (Heteša, 1994).

Eutrofizaci můžeme jinak nazvat jako zvyšování organické hmoty ve vodě, ke které dochází díky vyššímu výskytu živin. Jinak se dá říci, že je vnímána jako nežádoucí degradace životního prostředí s následkem zhoršení kvality vody. Jedná se tedy o proces, kdy dochází k přesycování povrchových vod minerálními živinami,

hlavně dusíkem a fosforem. Nejvíce se eutrofizace projevuje ve stojatých vodách (Holoubek, 1990).

Množství kyslíku je ve vodách ovlivněno denní dobou. Přes den se ho ve vodách nachází velké množství, ale během noci může docházet k jeho nedostatku. Je to způsobené tím, že ve vodách se nachází bohaté společenstvo rostlin a živočichů. Ty přes noc spotřebovávají kyslík při dýchání, a tak může docházet k jeho nedostatkům. To má vliv hlavně na živočichy, může dojít až k ohrožení jejich života (Heteša, 1994).

Možným řešením eutrofizace je výběr vhodných hnojiv s minimálními ztrátami vyplavením, dodržování protierozních opatření, nehnojení v blízkosti toků. Dodatečným řešením je následné čištění odpadních vod v čistírnách. Dále provzdušnění vody, které se používá ve vodních tocích a mělkých nádržích pomocí povrchových aerátorů. Voda je ze dna nasávána ponorným čerpadlem a promíchávána s vodou při povrchu hladiny. Množství vodních řas může být snižováno i správnou rybí násadou, vysazováním býložravých ryb apod. (Tlapák, 1992).

2.5 Čištění vod

Samočisticí schopnost vody znamená, že voda po znečištění dokáže získat zpět svoji původní čistotu (Holoubek, 1990). Samočisticí kapacitou se chápe schopnost vodního objektu samovolnými biologickými a chemickými procesy zmírňovat množství znečišťujících látek za určitý čas (Pitter, 1999). Podle Hateše (1994) dochází k samočisticím schopnostem vody pomocí vodních organizmů, které rozkládají organické látky na látky jednodušší, pomocí jiných způsobů můžeme znečišťující látky odstranit z vody vysrážením nebo usazením.

Čištění vod ovlivňuje koncentrace znečišťující látky, teplota vody, hloubka, rychlost proudění, složení vody a další parametry. Samočištění můžeme rozdělit na aerobní a anaerobní. Aerobní čištění probíhá pomocí bakterií působících v procesu oxidace za přítomnosti kyslíku. Anaerobní čištění probíhá bez přístupu kyslíku a patří sem hnilobné procesy.

Samočisticí schopnost je tvořena fyzikálními, chemickými a biologickými procesy.

Fyzikální činitele samočištění vody: mezi hlavní procesy patří usazování látek, které ovlivňuje rychlost proudění toku, hloubka, teplota a další parametry.

Chemické činitele samočištění vody: patří sem okysličování vody, které probíhá pomocí deště, nárazem vody do překážek a vodními přelivy. Také se ve vodě vyskytuje kyslík z atmosféry a z fotosyntézy vodních rostlin.

Biologické činitele samočištění vody: anaerobní pochody, které jsou pomalejší než aerobní, jedná se o rozklad pomocí hnití. Aerobní čištění vzniká pomocí makro a mikroorganismů. Mikroorganismy přeměňují organickou hmotu na jednodušší organické látky, zatímco vyšší organismy vodu filtrují. Dále také mohou napomáhat vyšší rostliny, které zachycují mineralizované látky, které poté ukládají ve svém těle (Tlapák, 1992).

2.6 Chemicko-fyzikální parametry vody

Vodivost

Jinak nazývaná elektrolytická konduktivita. Jedná se o přibližnou míru koncentrace elektrolytů ve vodě. Z elektrolytů vznikají disociační ionty, pomocí kterých se přenáší elektrický proud. Vodivost nám udává, kolik se v roztoku nachází rozpustných disociovaných látek. Obsah iontů se měří vodivostní elektrodou (Křiženecká, 2014). Konduktivita je převrácenou hodnotou odporu roztoku nacházejícího se mezi dvěma elektrodami, které se vyskytují na ploše $1m^2$ a jsou od sebe vzdáleny 1m. Vodivost se udává v $S.m^{-1}$ (Horáková, 1989).

Vodivost je závislá na množství a disociačním stupni elektrolytů, na nábojovém čísle iontů a na pohybu iontů v elektrickém poli. Dále na teplotě roztoku, ve kterém vodivost měříme. Změna teploty o 1^0C může mít za následek změnu vodivosti až o 2 %, proto by se měla měření provádět při teplotě vody 25^0C nebo rozdíl teplot dopočítávat (Pitter, 1999).

Povrchové napětí

Vzniká na rozhraní plynného a kapalného prostředí zvýšenou soudržností molekul (Lellák, 1991). Je to vyšší pevnost povrchové vrstvy vody, kde vzniká „vodní blanka“. Povrchové napětí se měří v milinewtonech (mN) a je ovlivněno teplotou vody a obsahem rozpustných látek ve vodě (Hartman, 1998). Povrchové napětí umožňuje výskyt organismů na hladině nebo v blízkosti vodní blanky.

Povrchová blanka je schopná při rovnoměrném rozložení váhy unést i organismy těžší než je voda. Patří sem například vodoměrka a vírník, kteří se pohybují po vodní hladině pomocí klouzavých pohybů na nesmáčivých končetinách (Ambrožová, 2003; Heteša, 1994).

Oxidačně–redukční potenciál

Oxidačně-redukční potenciál (ORP) slouží k výpočtu oxidačních stupňů u prvků vyskytujících se ve vodě, jedná se o důležité stanovení, protože prvky mají v různých oxidačních stupních jiné chemické a biologické vlastnosti. ORP se většinou řídí množstvím rozpuštěného kyslíku. Při nízkých koncentracích kyslíku už není kyslík hlavním oxidačním činidlem a oxidačně redukční potenciál je stanovován jinými oxidačně–redukčními systémy, a to například H_2S – SO_4^{2-}, CH_4–CO_2 a dalšími. Měření oxidačně-redukčního potenciálu probíhá pozvolna, protože ustalování potenciálu a rovnovážného stavu trvá poměrně dlouho (Pitter, 1999). ORP se vyjádří jako napětí (mV) potřebné k zabránění pohybu elektronů mezi zkoušeným systémem a standartní elektrodou a je závislý na teplotě a hodnotě pH (Schlesinger, 1997).

pH

Hodnota pH má mimořádný význam, protože ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických, chemických a biochemických procesů probíhajících ve vodách. Proto se stanovení pH provádí u všech chemických rozborů (Pitter, 1999). Stanovení pH se provádí pomocí pH papírků, spektrofotometricky nebo potenciometricky (Heteša, 1997). Pomáhá určit různé formy výskytu některých prvků ve vodě, ovlivňuje účinek větší části chemických, fyzikálně–chemických a biologických procesů při úpravě vody. V přírodních vodách se pohybuje hodnota pH od 4,5 do 9,5. Hodnota závisí na uhličitanové rovnováze, kterou však mohou ovlivnit huminové látky a kationty lehce podléhající hydrolýze, například železo a hliník (Pitter, 1999). Hodnota pH může také ovlivnit život vodních organismů.

Ryby v našich podmínkách mohou žít ve vodách s pH od 4,8 do 10,5. Kyselé vody více vyhovují lososovitým rybám a alkalickou vodu lépe snášejí ryby kaprovité. Ve vodách alkalických se daří vodnímu květu sinic, zatímco nízké pH je vhodné pro kvasinky.

Nepřímé působení pH je například uvolňování určitých prvků do vody. V místech, kde se vyskytuje kyselé pH, dochází k uvolňování škodlivého

dvojmocného železa, a v zásaditém prostředí dochází k uvolňování čpavku ze sloučenin amonných solí (Heteša, 1994).

Neutralizační kapacita

Neutralizační kapacitu můžeme rozdělit na zásadovou neutralizační kapacitu (acidita - ZNK) a kyselinovou neutralizační kapacitu (alkalita – KNK). ZNK může být způsobená kyselými odpadními vodami. Vyskytuje se ale i v rybnících, kde dochází k rozkladu organických zbytků rostlin. ZNK má pH pod 4,5. Stanovení probíhá titrací hydroxidem sodným do pH 4,5 ($ZNK_{4,5}$), toto stanovení se nazývá acidita zjevná. Dále se stanovuje acidita celková, což je stanovení pH k 8,3 ($ZNK_{8,3}$), (Heteša, 1997).

KNK vody je schopnost neutralizovat kyselinu nebo vázat určité množství kyseliny nebo zásady do předem stanovené hodnoty pH (Křiženecká, 2014). Odborně je to míra pufrační kapacity vody. Nejúčinnější pufrační látkou je kyselina uhličitá, uhličitany. Ostatní slabé anorganické kyseliny, jako třeba kyselina fosforečná, mají v přírodních vodách zanedbatelný vliv (Lellák, 1992). Stanovení alkality se provádí pomocí titrace 0,1 $mol.l^{-1}$ HCl do pH 4,5 ($KNK_{4,5}$). Hodnota alkality nám nepřímo říká, kolik se ve vodách vyskytuje vápníku a hořčíku, které ovlivňují hodnotu pH. Při nízké hodnotě alkality pod 1 $mol.l^{-1}$ je možné nebezpečí náhlého poklesu pH. Při alkalitě 1 - 2 $mol.l^{-1}$ dochází ještě k častému kolísání pH, tyto vody jsou obvykle chudé na živiny. Při hodnotě alkality 2 - 5 $mol.l^{-1}$ už nedochází k výkyvům pH, voda bývá bohatá na živiny a při alkalitě nad 5 $mol.l^{-1}$ se pH už skoro vůbec nemění, ale tyto vody se vyskytují jen velmi málo (Heteša, 1997).

Nerozpustné látky (NL)

Hlavním zdrojem nerozpustných látek ve vodě jsou půdní částice splachované ze zemědělských pozemků vodní erozí (Mikšíková, 2010). Velikost nerozpustných látek je různě velká, od koloidních jílů až po části rostlin. Část NL je unášená tokem a další část se usazuje na dně (Kalač, 2010). Nejvíce látek se usazuje v nádržích nacházejících se na toku, protože rychlost vody se zde značně snižuje. Do sedimentů se také ukládají ionty železa, manganu, niklu a dalších. Proto bychom si měli dávat pozor, když sedimenty odstraňujeme (například vytěžením z rybníků), kam je dále

využijeme. Problém splachů sedimentů se může zmírnit travními pásy podél břehů řek a rybníků (Mikšíková, 2010; Kalač, 2010).

Sloučeniny dusíku

Dusík patří mezi nejdůležitější biogenní prvky. Patří mezi ukazatele čistoty vod (Heteša, 1998). Z pohledu hydrosféry jsou nebezpečné hlavně sloučeniny NH_3, NO_3^- a NO_2^-.

Dusitany (NO_2^-)

Nachází se ve všech typech vod, vznikají biochemickou oxidací amoniakálního dusíku nebo redukcí dusičnanů. Dusitany se ve větší míře nacházejí ve vodách, kde jsou splachy ze strojírenského průmyslu nebo z výroby barviv (Pitter, 1999). Dusitany se nacházejí hlavně v podzemních vodách, protože jsou velmi nestálé a snadno oxidují na dusičnany. Pro jejich nestálost by se stanovení dusitanů mělo provádět hned po odběru vzorků. Dusitany se stanovují spektrofotometrickou metodou (Horáková, 1989). V povrchových vodách jsou jejich koncentrace v rozmezí 0,01 – 0,1 $mg.l^{-1}$ (Heteša, 1998).

Dusičnany (NO_3^-)

Dusičnany se nacházejí ve všech typech vod. Jedná se o konečný produkt biochemické oxidace organicky vázaného dusíku, za aerobních podmínek se jedná o stabilní látku (Hetaša, 1998). Hodnoty dusičnanů se v přírodních vodách stále zvyšují, a to díky vzrůstajícímu počtu obyvatel a zemědělské činnosti (Pitter, 1999). Dusičnany jsou pro člověka primárně málo nezávadné, ale sekundárně po bakteriální redukci v gastrointestinálním traktu mohou způsobovat methemoglobinemii, která je nebezpečná hlavně pro kojence. Proto jsou dané limity dusičnanů u pitné vody, kde by koncentrace neměla překročit 50 $mg.l^{-1}$. Další problém u dusičnanů je ten, že způsobují eutrofizaci (Horáková, 1989).

Hlavním zdrojem dusičnanů je hnojení zemědělských půd dusíkatými hnojivy. Dalším zdrojem jsou například dusičnany v atmosférických vodách, kde vznikají oxidací NO a nachází se v emisích ze spalování paliv. V přírodních vodách se mění množství dusičnanů také podle ročního období. Největší koncentrace dusičnanů jsou ve vodách v zimních měsících, kdy se vyluhují z půdy, protože jsou velmi slabě

vázány v sorpčním půdním komplexu. Naopak v letních měsících jsou odčerpávány vegetací (Pitter, 1999).

Amoniak (NH_3)

Ve vodách je velmi nestálý, snadno se pomocí oxidace mění na dusitany a dále na dusičnany, proto se ho lehko zbavíme, budeme-li vodu provzdušňovat.

Amoniakální dusík toxicky působí na ryby. Je ovlivněn hodnotou pH, toxický účinek totiž vyvolává NH_3, ne sloučenina NH_4^+. Amoniakální dusík je jedním z prvních produktů organického rozkladu dusíkatých látek. Jeho vyšší koncentrace poukazuje hlavně na fekální znečištění (Heteša, 1997). Podle Pittera (1999) se v povrchových vodách koncentrace amoniakálního dusíku pohybují do hodnoty 1 $mg.l^{-1}$. Pro porovnání, průměrné hodnoty pitné vody v České republice byly okolo 0,12 $mg.l^{-1}$.

Celkový dusík

Je to součet organických a anorganických sloučenin dusíku. Je to důležitý parametr pro sledování množství dusíkatých látek ve vodách.

Fosfor

Fosfor je biogenní prvek, který zásadně ovlivňuje primární produkci zelených rostlin. Má vliv na urychlování zrání, podporuje kvetení a přispívá k tvorbě pevných pletiv. Je využíván především pro tvorbu nukleových kyselin a sloučeniny ATP. Společně s dusíkem patří mezi základní prvky pro výživu sinic a řas. Poměr těchto prvků pro správný růst organizmů je okolo 100:1, kde má hlavní podíl dusík. Fosfor je tedy limitující prvek pro nárůst vodní biomasy (Kočí, 2000; Manahan, 2010).

Přírodním zdrojem fosforu ve vodních tocích je vyluhování a rozpouštění některých zvětralých hornin a minerálů, například apatit $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$. Naopak antropogenním zdrojem fosforu jsou hlavně fosforečná hnojiva v zemědělství a odpadní vody z prádelen a domácností, kde je fosfor vyluhován z pracích prášků. Dalším zdrojem je rozklad biomasy zooplanktonu a fytoplanktonu, které se usazují na dně vodních nádrží a toků (Pitter, 1999).

Rozpuštěný organický uhlík (DOC)

Celkový organický uhlík (TOC) je množství organických látek přítomných v daném vzorku. Koncentrace TOC přefiltrovaného vzorku odpovídá hodnotě DOC. DOC se nachází ve všech ekosystémech (Jason, 2001).

Koncentrace DOC se v přírodních vodách vyskytují v rozmezí 1 - 50 $mg.l^{-1}$. Kronberg (1999) uvádí, že ve většině vod je okolo 50 % organického uhlíku tvořeno huminovými látkami. V poslední době dochází k jeho zvyšování vlivem globálního oteplování. Vysoké koncentrace mohou poškodit funkci vodního prostředí a ovlivnit chemicko–fyzikální složení vod (Wen Liu a kol, 2014). Nižší koncentrace jsou naopak ve vodách kyselých (Sedell a Dahm, 1990). Vyšší množství rozpuštěného organického uhlíku se nacházejí v chladných místech a v oblastech mírného podnebného pásu, kde nedochází k tak rychlé oxidaci organické hmoty (Kortelainen, 1999).

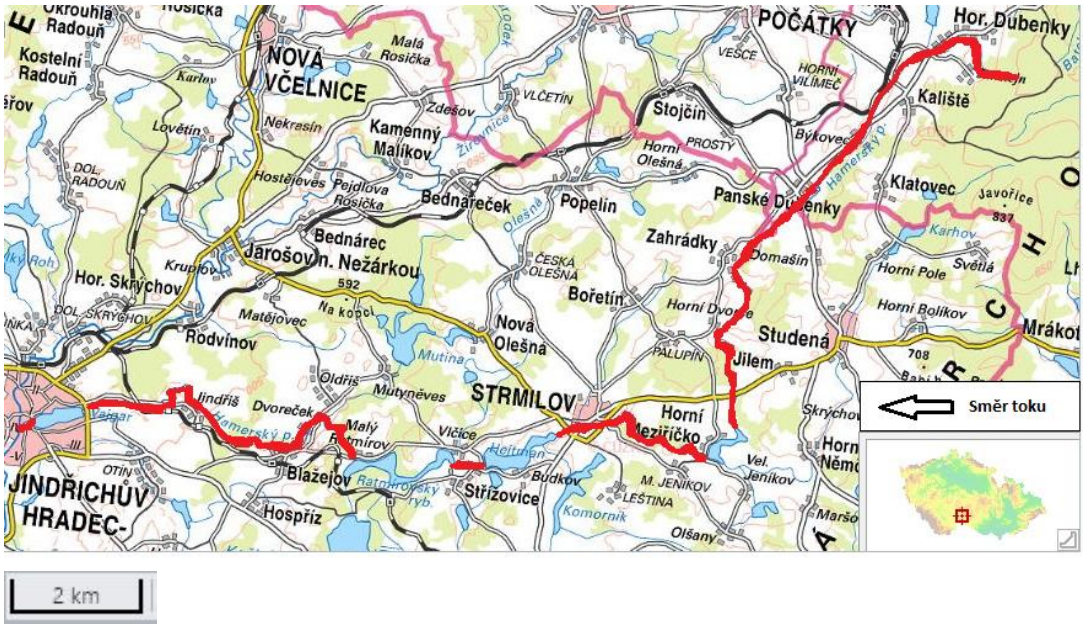
2.7 Popis zájmového území

Hamerský potok protéká dvěma kraji, Vysočinou a Jihočeským krajem. Pramení na Vysočině nad vesnicí Horní Dubenky ve svahu Skeleckého vrchu (786 m. n. m.). Poté dále pokračuje přes rybníky Nadýmač a Panský (jinak zvaný Býkovec) do Panských Dubenek. Za vsí Doubravou vtéká do Jižních Čech, kde teče územím vesnic Zahrádky, Horní Meziříčko, Strmilov, Střížovice a Blažejov. Poté se v Jindřichově Hradci vlévá do řeky Nežárky (Obrázek č. 1).

V kraji Vysočina protéká tok hlavně zemědělskou krajinou s nadmořskou výškou kolem 650 m. n. m. V jižních Čechách se na toku nachází více obhospodařovaných rybníků a nadmořská výška se snižuje na 500 – 550 m. n. m.

Obrázek č. 1: **Mapa území Hamerského toku**

(Červená barva znázorňuje Hamerský potok)



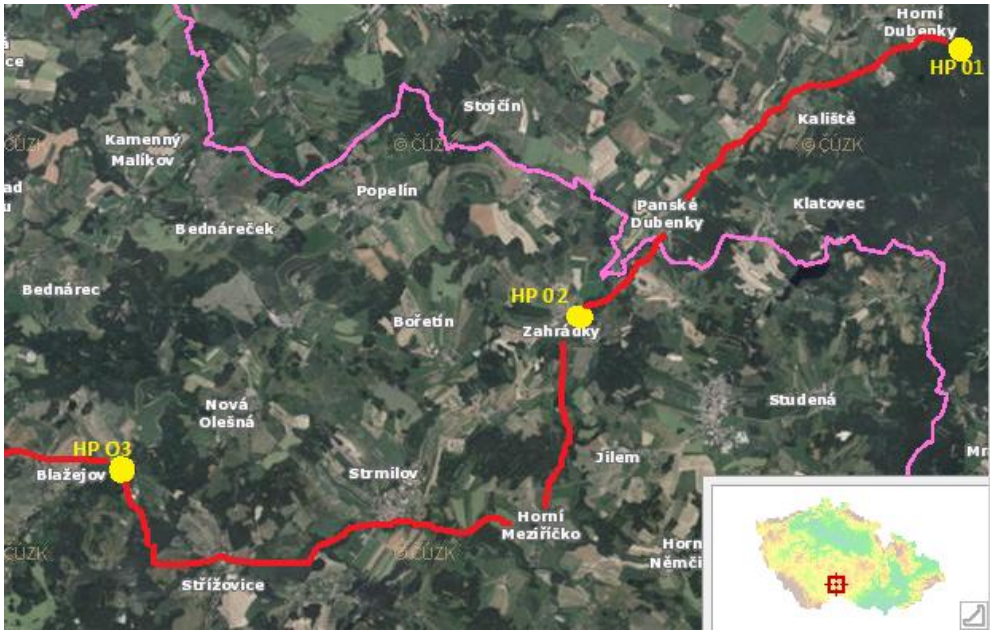
Upraveno dle: https://geoportal.gov.cz

Hamerský potok vzniká soutokem Studenského a Dvoreckého potoka. Na toku se nachází několik velkých rybníků, jako je Hejtman, Ratmírovský, Krvavý a Vajgar v Jindřichově Hradci, kde se Hamerský potok vlévá do Nežárky. Směr toku je převážně západní, celková rozloha povodí je 222,19 km^2 a celková délka toku je 46,319 km (CHábera, 1998).

3. Metodika

Základním krokem pro samotný odběr vzorků byl výběr reprezentativních území tak, aby se jednalo o oblasti s odlišnými způsoby hospodaření. Vzorky vody byly odebírány na vodním toku Hamerského potoka na třech odběrových místech (Obrázek č. 2).

Obrázek č. 2: **Mapa odběrových míst**
(Červená barva znázorňuje Hamerský potok)



Upraveno dle: https://geoportal.gov.cz
HP 01 – Odběrové místo Horní Dubenky
HP 02 – Odběrové místo Zahrádky
HP 03 – Odběrové místo pod Ratmírovským rybníkem

První odběrové místo (Příloha č. 1) je v grafech značené jako HP 01. Nachází se nad vesnicí Horní Dubenky pod rybníkem Nadýmač, který je prvním rybníkem na Hamerském potoku. Dle vzhledu okolí rybníka lze usuzovat, že byl zbudovaný poměrně nedávno, pravdivost této domněnky se mi však nepodařilo dohledat. Odběrové místo se nachází přibližně 2 km pod pramenem Hamerského potoka, který pramení v lesích poblíž Skelného vrchu. V místě odběru je tok z jedné strany lemován podmáčenou loukou a z druhé remízkem s různými druhy stromů. Tok je zde široký okolo 40 cm a jeho hloubka se pohybuje přibližně kolem 20 cm. Koryto

toku je zde vydlážděné betonovými deskami. První odběrové místo bylo zaměřeno na vliv lesního hospodářství.

Druhé odběrové místo (Příloha č. 2) je značené HP 02. Nachází se v blízkosti vesnice Zahrádky, před rybníkem Korytník. Odběr byl prováděn v místě, kde se z jedné strany toku nachází louka a z druhé jehličnatý les. Krajina před druhým odběrem má zemědělský charakter s menšími rybníky na toku. Tok je v místě odebírání široký přibližné 2 – 2,5 m. Jeho hloubka je okolo 40 cm. Druhé odběrové místo bylo zaměřeno na zemědělskou činnost.

Třetí odběrové místo (Příloha č. 3) je značené HP 03 a nachází se pod rybníkem Ratmírov. Ten je jedním z nejdelších a nejstarších rybníků na Jindřichohradecku. Tento rybník se využívá hlavně k rekreaci a rybaření. Odběr byl prováděn přímo pod výpustí rybníka, kde se z jedné strany nachází smíšený les a z druhé louka. Průtok a hloubka vody byl v tomto místě ovlivněn upouštěním vody z rybníka. Šířka koryta byla podobná jako u druhého odběru, a to 2,5 - 3 m. Třetí odběrové místo bylo zaměřeno na vliv rybníkářství.

Vzorky byly odebírány v pravidelných měsíčních intervalech od 22. 3. 2015 do 12. 12. 2015 do polyethylenových lahví o objemu 2 litry a následně laboratorně zpracovány.

3.1 Zpracování vzorků

U vzorků se stanovovaly následující parametry: pH, vodivost, alkalita ($KNK_{4,5}$), nerozpustné látky (NL_{105}), amoniakální dusík (NH_4-N), dusičnanový dusík (NO_3-N), fosforečnanový fosfor (PO_4-P), celkový uhlík (TC), celkový organický uhlík (TOC), anorganický uhlík (IC), celkový dusík (TN).

Stanovení pH a $KNK_{4,5}$ se provádělo pomocí potenciometrické titrace roztokem HCl o koncentraci 0,1M. Měření se provádělo pomocí přístrojů WTW (MultiLab P5, P4 a 720), které měří jak pH, tak vodivost. Vzorky byly dále filtrovány přes filtr, který má skleněná vlákna Whatman GF/C o průměru 55 mm. Dále se vzorky papírových filtrů sušily na 105^0C a podle sušiny se určoval obsah NL_{105}.

Stanovení PO_4-P, NO_3-N a NH_4-N probíhalo na přístroji FIAstar 5000 Foss-Tecator, který funguje na principu spektrofotometrické detekce. Jedná se o vstřikování vzorků do proudu jednotlivých rentgenů. Vzniklý roztok se nakonec stanovuje na fotometrickém detektoru, kde každá veličina je stanovovaná za jiné vlnové délky: NO_3-N při 540 nm, NH_4-N 590 nm a PO_4-P při 720 nm.

Stanovení uhlíku a TN se prováděla pomocí přístroje FORMACS^{HT} TOC/TN ANALYZER, zde se určovaly hodnoty TC a IC. Hodnota TOC byla dopočítávána z rozdílů TC a IC, které jsou měřené při vysoké a nízké teplotě. Přefiltrovaný vzorek TOC (TOC GF/C) ve skutečnosti odpovídá hodnotám DOC.

Zpracování základních dat (Příloha č. 4, 5, 6) bylo provedeno v programu Statistika CZ 12, kde byl určený medián, minimum, maximum a směrodatná odchylka a následně byly vytvořeny jednotlivé grafy porovnávající odběrová místa v programu Microsoft Office Excel 2007.

4. Výsledky

4.1 Základní vyhodnocení dat

Vodivost

Hodnoty vodivosti byly od 100 do 325 mS.cm-^{1}, obě hodnoty byly stanoveny na prvním odběrovém místě Horní Dubenky (HP 01), kde obecně byly naměřené hodnoty nejvíce rozkolísané. Na odběrovém místě Zahrádky (HP 02) a Ratmírovský rybník (HP 03) už byly hodnoty bez vyšších výkyvů. Podle hodnot mediánu se vodivost s délkou toku zvyšovala. Na prvním odběrovém místě byla hodnota 156,1 mS.cm$^{-1,}$ na druhém 167,6 mS.cm^{-1} a na posledním 199,95 mS.cm^{-1}.Vodivost měla ze všech parametrů nejvyšší hodnoty směrodatné odchylky a to hlavně na prvním odběrovém místě, kde hodnota dosahovala 69, 12 mS.cm^{-1} (Tabulka č. 3).

Tabulka č. 3: **Základní vyhodnocení vodivosti**

Místo odběru	vodivost (mS.cm^{-1})			
	medián	min.	max.	sm. odchylka
1	**156,1000**	**100,0000**	**325,0000**	**69,12041**
2	**167,6000**	147,9000	201,0000	14,89370
3	**199,9500**	184,8000	225,0000	14,66023

pH

Hodnoty pH se pohybovaly v rozmezí od 4,17 do 7,2, nejnižší hodnota byla naměřena nad Horními Dubenkami (HP 01) a nejvyšší pod Ratmírovským rybníkem (HP 03). Na odběrovém místě Horní Dubenky byly hodnoty značně rozkolísané, stejně jako u hodnot vodivosti. Na dalších odběrových místech se hodnoty nejčastěji pohybovaly okolo 6,6. Medián u odběrového místa Zahrádky (HP 02) byl 6,6 a u Ratmírovského rybníka 6,7. Směrodatné odchylky u pH byly velmi malé, ani na jednom odběrovém místě nepřesáhly hodnotu 1 (Tabulka č. 4).

Tabulka č. 4: **Základní vyhodnocení pH**

Místo odběru	pH			
	medián	min.	max.	sm. odchylka
1	6,045	**4,17**	6,7	0,79691
2	**6,6**	6,3	7	0,23087
3	**6,7**	6,5	**7,2**	0,22529

$KNK_{4,5}$

$KNK_{4,5}$ měla rozmezí hodnot od 0 $mmol.l^{-1}$ do 1,52 $mmol.l^{-1}$. Hodnoty se s délkou toku zvyšovaly, nejnižší byly na odběrovém místě Horní Dubenky (HP 01), kde byl rozptyl hodnot od 0,0 $mmol.l^{-1}$ do 0,76 $mmol.l^{-1}$. Nejvyšší hodnoty byly stanoveny pod Ratmírovským rybníkem (HP 03). Zde byl i nejvyšší medián, a to 0,84 $mmol.l^{-1}$. Směrodatná odchylka se u stanovení $KNK_{4,5}$ pohybovala okolo 0,3 $mmol.l^{-1}$ (Tabulka č. 5).

Tabulka č. 5: **Základní vyhodnocení $KNK_{4,5}$**

Místo odběru	$KNK_{4,5}$ ($mmol.l^{-1}$)			
	medián	min.	max.	sm. odchylka
1	0,135	**0**	**0,76**	0,27532
2	0,65	0,33	1,36	0,2906
3	**0,84**	0,55	**1,52**	0,34811

Dusičnanový dusík

Rozmezí hodnot NO_3-N je 0,0 $mg.l^{-1}$ až 8,72 $mg.l^{-1}$. Nejnižší hodnota byla naměřená pod Ratmírovským rybníkem (HP 03) a nejvyšší u Horních Dubenek (HP 01). Medián byl nejvyšší na odběrovém místě Zahrádky (HP 02), kde hodnota byla 1,91 $mg.l^{-1}$. Nízké rozdíly hodnot byly mezi odběrovým místem Horní Dubenky s mediánem 0,94 $mg.l^{-1}$ a Ratmírovský rybníkem s mediánem 0,80 $mg.l^{-1}$. Směrodatná odchylka byla nejvyšší na prvním odběrovém místě a nejnižší na druhém odběrovém místě v Zahrádkách (Tabulka č. 6).

Tabulka č. 6: **Základní vyhodnocení NO_3-N**

Místo odběru	NO_3-N ($mg.l^{-1}$)			
	medián	min.	max.	sm. odchylka
1	**0,9460**	0,2070	**8,7240**	2,64728
2	**1,9105**	1,0910	3,6570	0,86123
3	**0,7985**	**0,0000**	3,6770	1,27481

Fosforečnanový fosfor

Dalším měřeným parametrem byl PO_4-P. Zde byly hodnoty naměřeny v rozmezí od 0,0 $mg.l^{-1}$ do 0,145 $mg.l^{-1}$. Na odběrovém místě Horní Dubenky (HP 01) byla dokonce pětkrát naměřena nulová hodnota. Nejvyšší medián byl pod Ratmírovským potokem (HP 03), kde je hodnota 0,0123 $mg.l^{-1}$ a nejnižší v Horních Dubenkách, kde hodnota byla 0,0013 $mg.l^{-1}$. Směrodatná odchylka byla v Horních Dubenkách a pod Ratmírovským rybníkem velmi malá - od 0,020 do 0,055, zatímco v Zahrádkách (HP 02) byla její hodnota 31,93 $mg.l^{-1}$ (Tabulka č. 7).

Tabulka č. 7: **Základní vyhodnocení PO_4-P**

Místo odběru	PO_4-P ($mg.l^{-1}$)			
	medián	min.	max.	sm. odchylka
1	**0,0013**	**0,0000**	**0,1450**	**0,05549**
2	0,0038	0,0000	0,0550	**31,93663**
3	**0,0123**	0,0000	0,0619	**0,02011**

Celkový dusík

TN bylo v rozpětí od 0,85 $mg.l^{-1}$ do 13,86 $mg.l^{-1}$. Nejvíce TN bylo na odběrovém místě Horní Dubenky (HP 01), kde byl medián výrazně vyšší než na ostatních odběrových místech. Jeho hodnota byla 4,67 $mg.l^{-1}$ a na zbylých dvou odběrových místech se pohybovala přes 2 $mg.l^{-1}$. Směrodatná odchylka byla také nejvyšší na prvním odběrovém místě, kde její hodnota byla 4,60388 $mg.l^{-1}$ (Tabulka č. 8).

Tabulka č. 8: **Základní vyhodnocení TN**

Místo odběru	TN ($mg.l^{-1}$)			
	medián	min.	max.	sm. odchylka
1	**4,6700**	1,0200	**13,8600**	**4,60388**
2	2,7200	1,9000	4,4500	0,78572
3	2,1500	**0,8500**	4,6800	1,10760

Organický uhlík

DOC měl hodnoty v rozmezí 0,0 $mg.l^{-1}$ - 13,06 $mg.l^{-1}$. Nejvyšší medián byl na druhém odběrovém místě Zahrádky (HP 02), kdy hodnota byla 10,21 $mg.l^{-1}$. Nejvyšší naměřené hodnoty byly v červenci, kdy se výsledky pohybovaly okolo 12 $mg.l^{-1}$ a listopadu, kde byly v rozmezí 10,06 $mg.l^{-1}$ – 13,06 $mg.l^{-1}$. Směrodatná odchylka se pohybovala v rozmezí od 2,8 do 3,9 $mg.l^{-1}$ (Tabulka č. 9).

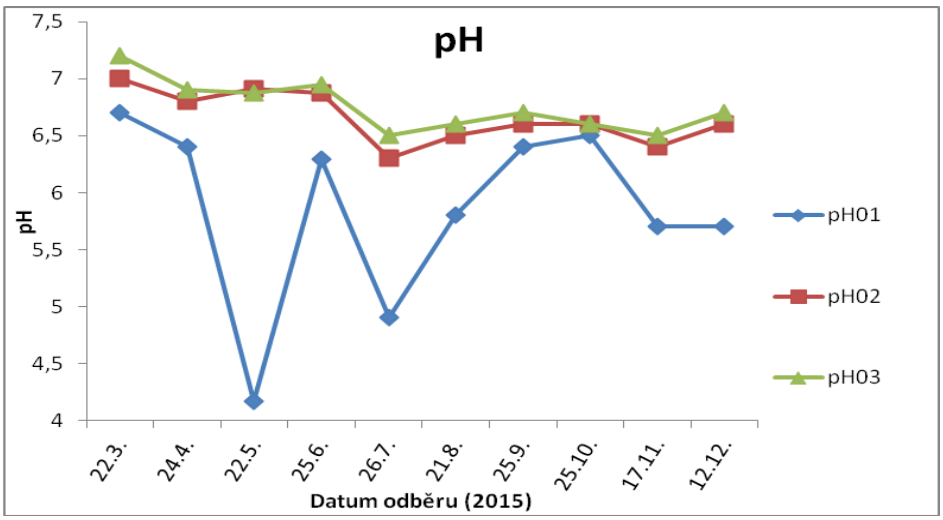
Tabulka č. 9: **Základní vyhodnocení organického uhlíku**

Místo odběru	TOC ($mg.l^{-1}$)			
	medián	min.	max.	sm.odchylka
1	6,8800	**0,0000**	12,7400	3,93368
2	**10,2050**	2,4800	12,3600	3,45974
3	9,5200	3,6500	**13,0600**	2,86630

4.2 Porovnání jednotlivých odběrových míst

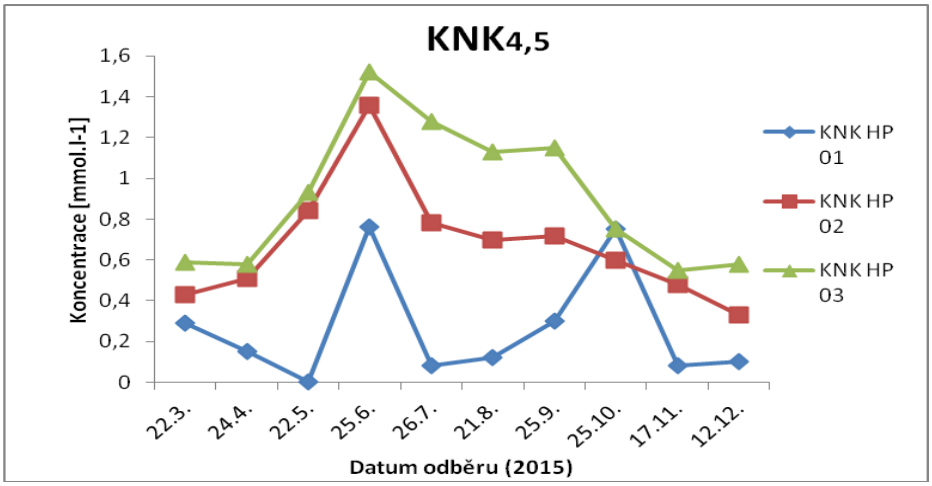
Naměřené hodnoty pH byly nejvíce rozkolísané na odběrovém místě Horní Dubenky, kde nejnižší hodnota byla naměřená v měsíci květnu, a to 4,17. Hodnoty z druhého a třetího odběrového místa byly téměř shodné. Nejvyšší naměřená hodnota na druhém odběrovém místě byla 7 a nejnižší 6,4. Na třetím odběrovém místě byla nejvyšší hodnota 7,2 a nejnižší 6,5 (Graf č. 1).

Graf č. 1: **Rozdíly naměřených hodnot pH na všech odběrových místech**



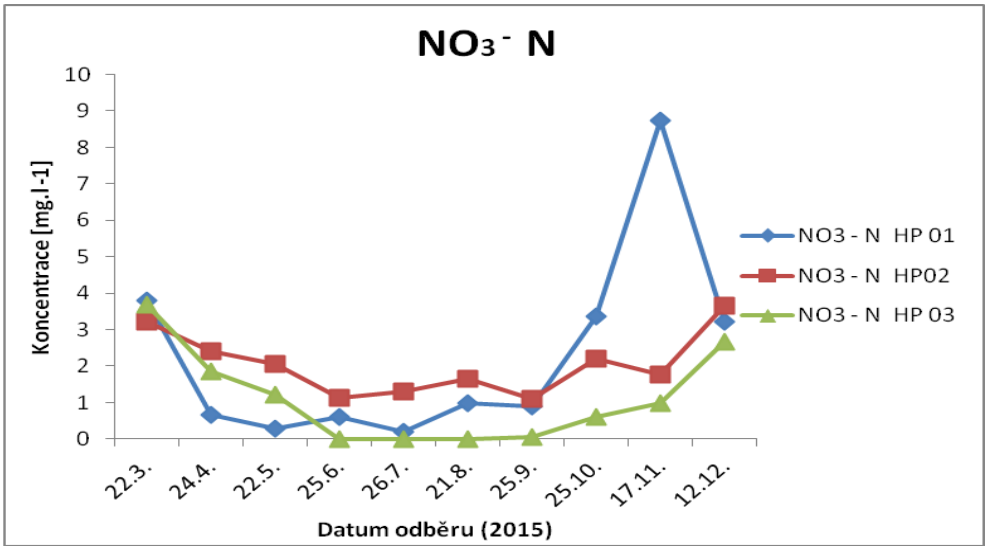
Hodnoty $KNK_{4,5}$ se pohybovaly od 0 $mmol.l^{-1}$ do 1,52 $mmol.l^{-1}$. Nejvyšší hodnoty na všech odběrových místech byly naměřené v měsíci červnu. Poté hodnoty mírně klesaly až do konce měření, kromě jednoho výkyvu u prvního odběrového místa v měsíci říjnu, kdy hodnota byla 0,75 $mmol.l^{-1}$ (Graf č. 2).

Graf č. 2: **Porovnávání hodnot naměřeného $KNK_{4,5}$**



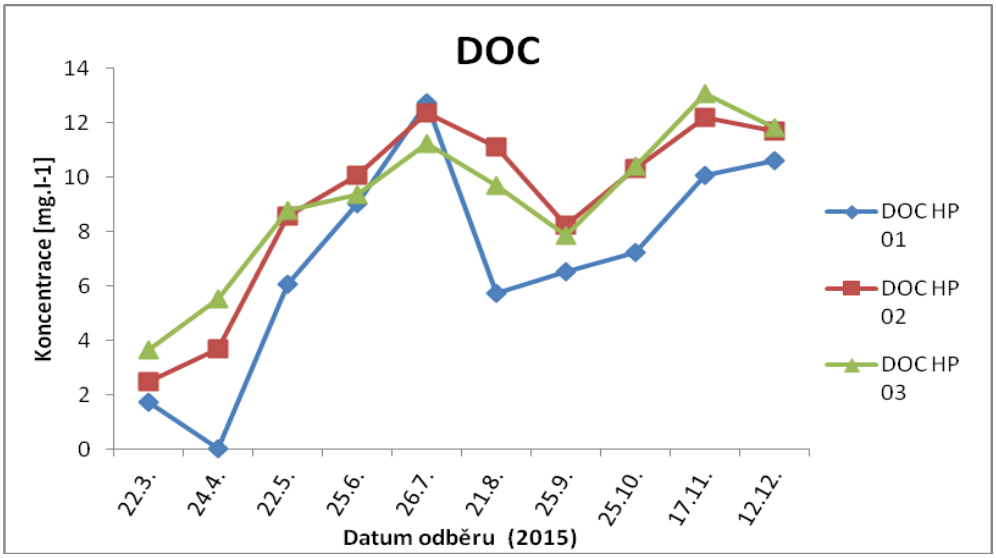
Hodnoty NO_3-N byly po celou dobu měření u všech odběrových míst velmi podobné. Na prvním odběrovém místě byly hodnoty ze začátku velmi nízké, ale v měsíci listopadu došlo k výkyvu na hodnotu 8,7 $mg.l^{-1}$. Na druhém odběrovém místě byly hodnoty po většinu měření nejvyšší a na posledním odběrovém místě byly třikrát po sobě naměřené nulové hodnoty (Graf č. 3).

Graf č. 3: **Porovnání hodnot NO_3-N v čase a mezi odběrovými místy**



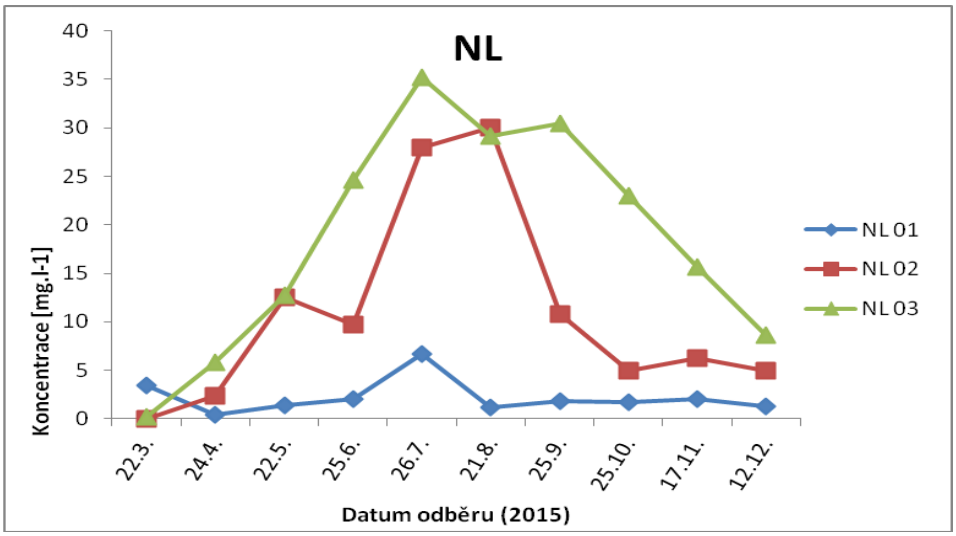
Hodnoty DOC byly u všech odběrových míst velmi podobné. Nejnižší naměřená hodnota byla v Horních Dubenkách, 0 $mg.l^{-1}$ a nejvyšší 12,74 $mg.l^{-1}$ na stejném odběrovém místě (Graf č. 4).

Graf č. 4: **Porovnávání DOC mezi odběrovými místy a v čase**



V posledním grafu jsou znázorněny hodnoty NL_{105}, které se pohybovaly v rozmezí 0,0 – 35,2 $mg.l^{-1}$. Hodnoty se postupně zvyšovaly. Nejnižší hodnoty byly naměřené na prvním odběrovém místě v Horních Dubenkách (HP 01) a nejvyšší pod Ratmírovským rybníkem (Graf č. 5).

Graf č. 5: **Porovnání NL_{105} v čase a mezi odběrovými místy**



5. Diskuze

U většiny měřených parametrů byl zjištěn rozdíl mezi odběrovými místy. Nejnižší hodnoty u většiny parametrů byly naměřeny na prvním odběrovém místě v Horních Dubenkách, kde se jednalo o vody z lesního hospodářství.

Vodivost

Hodnoty vodivosti se v povrchových vodách pohybují v rozmezí 50 $mS.cm^{-1}$ až 500 $mS.cm^{-1}$ (Pitter, 1999). V zájmové oblasti se pohybovaly hodnoty od 100 $mS.cm^{-1}$ do 325 $mS.cm^{-1}$. Vodivost měří obsah rozpustných iontů ve vodě. Konduktivita byla nejvíce rozkolísaná na prvním odběrovém místě v Horních Dubenkách, kde na malém průtoku mohlo dojít k největšímu ovlivnění hodnot, a to snížením průtoku způsobeným dlouhodobým suchem nebo naopak intenzivními srážkami. Díky suchům dochází ke zvyšování vodivosti, naopak při deštích se hodnoty vodivosti snižují (Procházka, 2007). Na druhém odběrovém místě byly hodnoty po celou dobu odběrů velmi podobné, nedocházelo k výraznějším změnám. Na třetím odběrovém místě pod Ratmírovským rybníkem byly hodnoty vyšší než na druhém odběrovém místě v Zahrádkách. Zvýšená vodivost může být způsobená intenzivním hospodařením.

pH

Podle Hartmana (1998) se hodnoty pH v povrchových vodách pohybují v rozmezí 6,5 – 8,3. Hodnoty, které byly naměřené na Hamerském toku, hlavně na odběrovém místě Horní Dubenky, do tohoto rozmezí nespadají. Voda odebíraná v Horních Dubenkách má celkově nižší pH, jedná se o vodu z lesního hospodářství. U lesních vod je pH kyselejší (hlavně u vod vytékajících ze smrkových porostů). A to díky srážkovým vodám, se kterými se do vod dostávají SO_2 a NO_X, které dále oxidují na kyselinu sírovou (H_2SO_4) a dusičnou (HNO_3). Množství těchto sloučenin je v jehličnatých lesích zhruba 2x až 3x vyšší než v lesích listnatých, kde nedochází k tak vysokému zadržení těchto látek. Díky těmto látkám ve vodách dochází k poklesu pH až na hodnotu 4 (Bíba, 2005; Hruška, 2006). Odběry ze zemědělské a rybářské oblasti byly v rozmezí od 6,3 do 7,2. Nejvyšší naměřené hodnoty jsou z rybníkářské části. Zvýšení hodnoty pH může být díky intenzivní fotosyntéze zelených organismů, které vyčerpávají volný oxid uhličitý (Pitter, 1999).

$KNK_{4,5}$

Alkalita se pohybovala v rozmezí od 0,00 $mmol.l^{-1}$ do 1,52 $mmol.l^{-1}$. Hodnota $KNK_{4,5}$ se dle normy pro pitnou vodu (ČSN 75 7111) doporučuje nad 0,8 $mmol.l^{-1}$. Hodnota alkality nám nepřímo říká, kolik se ve vodách vyskytuje hydrogenuhličitanů, které mají příznivý vliv na chuť vody. Dále ovlivňují hodnoty pH (Heteša, 1997; Lewin a kol., 2012). To se potvrdilo i při měření na Hamerském toku, kdy při naměření nízké hodnoty alkality byly nízké i naměřené hodnoty pH, hlavně na prvním odběrovém místě v Horních Dubenkách. Podle Heteše (1997) se uvádí, že když klesne alkalita pod 1 $mmol.l^{-1}$, tak hrozí nebezpečí nečekaného poklesu u pH, tohoto jevu si můžeme všimnout při třetím odběru vody v Horních Dubenkách, kde při naměření nulové alkality nám pH nečekaně kleslo z hodnoty 6,4 na 4,17. Jinak se hodnoty alkality s délkou toku zvyšovaly. Nejvyšší hodnoty na všech odběrových místech byly při čtvrtém odběru, kdy byl velmi malý průtok vody v důsledku sucha, což mohlo způsobit zvýšení hodnot.

Dusičnanový dusík

Nejvyšší hodnoty NO_3-N byly naměřené na odběrovém místě zaměřeném na zemědělskou činnost, kde se dá předpokládat, že dochází ke splachům dusíkatých hnojiv ze zemědělských půd. Podle vyhlášky 401/2015 Sb. je přípustné znečištění ve vodách $N\text{-}NO_3^-$ 5,4 $mg.l^{-1}$. U hodnot z měření se do tohoto přípustného znečištění vešly všechny odběry, kromě odběru ze 17. 11. v Horních Dubenkách. Zde byla hodnota značně vyšší, podle mého úsudku to bylo způsobené hnojením louky nacházející se v blízkosti toku. Nejnižší hodnoty byly naměřené pod Ratmírovským rybníkem, kde dochází ke snižování NO_3-N usazováním v rybníku (Pokorný, 2009). Nízké hodnoty byly naměřené i v Horních Dubenkách, kde se jedná o vody tekoucí z lesních ekosystémů, u kterých bývají hodnoty dusičnanů obecně nižší a nedochází k překročení přípustného znečištění (Bíba, 2005).

Fosforečnanový fosfor

Hodnoty PO_4-P jsou u měřených hodnot velmi rozkolísané, hlavně na prvním odběrovém místě. Pohybují se od 0,000 $mg.l^{-1}$ do 0,145 $mg.l^{-1}$. Množství PO_4-P může být ovlivněno úhrnem srážek a intenzitou srážek (Fiala, 2012). To by mohlo vysvětlovat výkyvy na prvním odběrovém místě, kde dochází ke znečištění komunálními odpady jen minimálně nebo vůbec. Na druhém odběrovém místě, kde

jsou vody ovlivněné zemědělskou činností, byly naměřené velmi nízké hodnoty. A na třetím odběrovém místě pod Ratmírovským rybníkem byly hodnoty vyšší než v zemědělské oblasti, ale nižší než z prvního odběrového místa. Zvýšený obsah fosforečnanů může být způsoben aplikací fosforečných hnojiv v blízkosti toku nebo komunálním znečištěním (Kočí, 2000).

Celkový dusík

Hodnoty přípustného znečištění pro TN by měly být podle vyhlášky 401/2015 Sb. 6 $mg.l^{-1}$. Tento parametr splňuje odběrové místo Zahrádky a Ratmírovský rybník, kde jsou hodnoty do 4,65 $mg.l^{-1}$, na prvním odběrovém místě jsou hodnoty velmi rozkolísané a dosahují až 13,86 $mg.l^{-1}$. Celkový dusík je součet anorganicky a organicky vázaného dusíku. Mezi ně patří hlavně dusík dusičnanový, dusitanový, amoniakální a organický. To znamená, že výkyvy celkového dusíku na prvním odběrovém místě mohou být způsobené tím, že ve vodě kolísal obsah amoniakálního dusíku a dusičnanového dusíku (Vícha, 2012). Když porovnáme grafy těchto dvou parametrů s měřením celkového dusíku, tak se nám vychýlení hodnot shoduje.

Organický uhlík

Podle vyhlášky 401/2015 Sb. je nejvyšší přípustné znečištění organickým uhlíkem 10 $mg.l^{-1}$. V prováděném měření byly nejvyšší naměřené hodnoty v měsíci červenci, kdy bylo naměřeno 13,06 $mg.l^{-1}$ pod Ratmírovským rybníkem. Jinak ve výsledcích tohoto ukazatele nebyly zjištěny žádné významné změny mezi odběrovými místy. Zvýšení organického uhlíku v letních měsících může souviset s nárůstem fytoplanktonu (Kašpar, 2012) nebo s dlouhodobým suchem. Podle normy ČSN 757221 o jakosti vody by všechna odběrová místa spadala do třetí třídy vod – znečištěná voda s ukazatelem organického uhlíku do 16 $mg.l^{-1}$.

Nerozpustné látky

NL_{105} mají být podle vyhlášky 401/2015 Sb. 20 $mg.l^{-1}$. Na Hamerském toku byly naměřené hodnoty až 35,2 $mg.l^{-1}$. Tyto hodnoty jsou naměřené v letních měsících, které v roce 2015 byly extrémně suché. Obsah NL105 se s délkou toku také zvyšuje, což se uvádí například v rybích pásmech podle Friče. U měření na Hamerském toku byly výrazně nejnižší hodnoty na prvním odběrovém místě v Horních Dubenkách, kde na lesních půdách nedochází k tak výrazným splachům částic do vodních toků.

Vyšší hodnoty poté byly naměřené na druhém odběrovém místě v Zahrádkách, které je zaměřené na vliv zemědělství. Zde mohlo docházet k vodní erozi, která způsobuje splachy rozpustných i nerozpustných látek do vodních toků (Jůva, 1984). A nejvyšší hodnoty byly zjištěné na posledním odběrovém místě, které zkoumá vliv rybničního hospodářství na tok. Podle Kalače (2010) by měl být obsah NL_{105} pod rybníkem Ratmírov nižší, protože snížením rychlosti toku v rybnících by mělo dojít k částečnému usazování sedimentu, což se v měření na Hamerském toku nepotvrdilo.

6. Závěr

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo porovnat kvalitu vody odtékající z lesního, zemědělského a rybničního hospodářství.

Očekávala jsem, že nejčistší vody se budou vyskytovat v části toku, který protéká lesy, kde se intenzivně nepřihnojují půdy a nemělo by tedy docházet ani k významnému vymývání živin. Tento předpoklad se splnil pouze částečně, například u parametru pH. Zde, jak se předpokládalo, byly nejnižší hodnoty naměřené pod lesním ekosystémem a nejvyšší pod Ratmírovským rybníkem. Naopak u vodivosti, kde se z odtoků z lesních vod očekávaly také velmi nízké výsledky, byly naměřené hodnoty vysoké.

U vod ze zemědělské činnosti, kde dochází k častým splachům živin z půdy, byly naměřené nejvyšší hodnoty NO_3-N a nejnižší hodnoty PO_4-P.

U posledního odběrového místa, které je zaměřené na vliv rybničního hospodářství, byly naměřené nejnižší hodnoty NO_3-N a TN, u kterých dochází v rybnících ke snižování a ukládání. Naopak zde byly naměřené nejvyšší hodnoty pH, $KNK_{4,5}$ a NL_{105}.

Na závěr můžeme říci, že ve vodách odtékajících z lesních ekosystémů byly většinou hodnoty nízké, ale často také docházelo k výrazným výkyvům. Oproti tomu vody odtékající ze zemědělských a rybničních ekosystémů měly hodnoty vyšší, ale nedocházelo k tak výrazným výkyvům. Zemědělství i rybářství povrchové vody ovlivňují, ale v porovnání s lesními ekosystémy se nejedná o výrazný vliv. Většina měřených parametrů na těchto územích splňovala normy dané vyhláškou, až na NL_{105} a DOC.

7. Literatura

ADÁMEK Z., HELEŠIČ J., MARŠÁLEK B., RULÍK M., Aplikovaná hydrobiologie, Jihočeská univerzita v ČB, Fakulta rybářství a ochrany vod, 2010

AMBROŽOVÁ J., Aplikovaná a technická hydrobiologie, Vysoká škola chemicko – technická v Praze, 2003

BÍBA M., Poznatky z monitoringu jakosti drobných vodních zdrojů v zalesněných povodích, Zprávy lesnického výzkumu, svazek 50, číslo 1/2005

BOHÁČ J., MOUDRÝ J. A KOL., Biodiverzita v zemědělství, Katedra agroekologie Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity V Českých Budějovicích, 2006

BULÍČEK A KOL. Voda v zemědělství, Státní zemědělské nakladatelství, 1977

FIALA D., ROSENDORF P., Variabilita odnosu fosforu ze zemědělské půdy v měřítku mikropovodí, 2012

HARTMAN P., PŘIKRYL I., ŠTĚDRONSKÝ E., Hydrobiologie, Informatorium, Praha 1998

HETEŠA J., KOČKOVÁ E., Hydrochemie, Vydala Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 1998

HETEŠA J., SOUKUP I., Ekologie vodního prostředí, Vydala Vysoká škola zemědělská v Brně, 1994

HERČÍK M., 111 otázek a odpovědí O ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ, vydal MONTANEX, 2004

HOLOUBEK I., Chemie a společnost – chemie životního prostředí, Vydavatel Masarykova univerzita v Brně, 1990

HORÁKOVÁ M., LISCHKE P., GRUNWALD A., Chemické a fyzikální metody analýzy vod, Vydalo SNTL – Nakladatelství technické literatury, 1989

HRABÁNKOVÁ A., Zdroje pitné vody ve vztahu k Nitrátové směrnici, HG a IG kongresy, XIV. hydrogeologický kongres a II. inženýrskogeologický kongres, 2014

HRUŠKA J. A KOL., Vliv kyselé depozice na chemismus povrchových vod v Krkonosích/The influence of acid rain on surface waters in the Giant Mountains, Správa KRNAP 2006

CHAPLIN F. S. III., MATANSON P. A., MOONEY H. A., Principles of terrestrial ecosystem ecology. Springer Science and Business Media, New York, 2002

HUBAČÍKOVÁ V., OPPELTOVÁ P., Úpravy vodních toků a ochrana vodních zdrojů, Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008

CHÁBERA S., Fyzický zeměpis Jižních Čech přehled geologie, geomorfologie, horopisu a vodopisu, vydavatel Jihočeská univerzita České Budějovice, 1998

JASON C. A KOL., Dissolved Organic Carbon in Terrestrial Ecosystems: Synthesis and a Model, Californie a Colorado USA, 2001
Kronberg, L. ,Content of Humic Substances in Freshwater in Keskitalo, J.,
Eloranta, P. (eds). Limnology of Humic Waters. Backhuys Publishers, Leiden

JŮVA K., HRABAL A. A KOL., Malé vodní toky, Státní zemědělské nakladatelství v Praze,. 1984

KALAČ P., TŘÍSKA J. A KOL, Chemie životného prostředí, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2010

KAŠPAR M., Distribuce anorganického a organického uhlíku v rybnících s různou aplikací krmiv, České Budějovice, 2012

KOČÍ V. A KOL, Eutrofizace na přelomu tisíciletí, Ústav chemie ochrany prostředí VŠCHT, 2000

KORTELAINEN, P., Source of Aquatic organic Carbon in Keskitalo, J., Eloranta, P. (eds). Limnology of Humic Waters. Backhuys Publishers, Leiden, 1999

KŘIŽENECKÁ S., SYNEK V., Základy analytické chemie, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně Fakulta životního prostředí, 2014

KVÍTEK T. A KOL., Využití a ochrana vodních zdrojů, vydala Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích Zemědělská fakulta, 2005

LELLÁK J., KUBÍČEK F., Hydrobiologie, Univerzita Karlova, Praha 1992

LEWIN, SZOSZKIEWICZ, Krzysztof: *Drivers of macrophyte development in rivers in an agricultural area: indicative species reactions.* Cent. Eur. J. Biol., 2012

LIPSKÝ Z., The changing face of the Czech rural landscape. Landscape and Urban Planning, 1995

MANAHAN S. E., Environmental chemismy. Boca Raton, 2010

MIKŠÍKOVÁ K., DOSTÁL T. A KOL, Transport sedimentů a fosforu v malých vodních nádržích, Fakulta stavební ČVUT a VÚV T.G. Masaryka, Praha 2010

PITTER P., Hydrochemie, VŠCHT, Praha 1999

PODRAŽSKÝ V., REMEŠ J., Retenční schopnost svrchní vrstvy půd lesních porostů s různým druhovým složením, zprávy lesnického výzkumu, svazek50 číslo1/2005

POKORNÝ J., Vodní hospodářství stavby v rybářství, Střední rybářská škola a vyšší odborná škola vodního hospodářství, 2009

POLÁŠKOVÁ A., Úvod do ekologie a ochrany životního prostředí. Vyd. 1. V Praze: Karolinum, 2011,

PROCHÁZKA J., BROM J., Porovnání a dlouhodobý trend látkových toků tří malých povodí na Šumavě, 1 Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2007

RICHARD T., FORMAN, GORDEN M., Krajinná ekologie, vydalo nakladatelství Academia ve spolupráci s ministerstvem, 1993

SEDELL, J.R., DAHM, C.N. Spatial and Temporal Scales of Dissolved Organic Carbon in Streams and Rivers in Perdue, E. M., Gjessing, E.T. (eds). Organic Acids in Aquatic Ecosystems. Dahlem Workshop Reports, Berlin, 1990

SHARMA B. K., Water pollution. GOEL Publishing House, Meerut, New Delhi, 2005

SCHLESINGER, W. H.**,** Biochemistry: An analylysis of global change. Academic Press, San Diego, California, 1997

STEJSKAL V., Úvod do právní úpravy ochrany přírody a péče o biologickou rozmanitost, vydalo Linde Praha a.s., 2006

ŠAFARČÍKOVÁ S., KOUŘIL M., Živiny v krajině. České Budějovice: DAPHNE ČR – Institut aplikované ekologie, 2006

ŠARAPATKA B. NIGGLI U. A KOL., Zemědělství a krajina cesty k vzájemnému souladu, Univerzita Palackého v Olomouci, 2008

ŠARAPATKA B., URBAN J. A KOL, Ekologické zemědělství v praxi, vydal PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, Šumperk 2006

TLAPÁK V. A KOL., Voda v zemědělské krajině, vydalo Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s ministerstvem prostředí ČR

VÍCHA Z., LOCHMAN V. A KOL., Depozice dusíku v lesních porostech a jejich vliv na obsah nitrátů v odtékající vodě a na okyselování půdy, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i, 2012

WEN L., XIANLI X. A KOL, Spatial and Seasonal Variation of Dissolved Organic Carbon(DOC) Concentrations in Irish Streams: Importance of Soil and Topography Characteristics, Media New York 2014

WITTLINGEROVÁ Z., JONÁŠ F., Ochrana životního prostředí, Česká zemědělská univerzita v Praze, 1999

Internetové zdroje

http://www.cenia.cz/web/www/cenia-akt-tema.nsf/$pid/MZPMSFT33PSN resort životního prostředí, 20. 2. 2016

http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/kontroly-podminenosti-cross-compliance-1/dobry-zemedelsky-a-environmentalni-stav/shrnuti-informaci-k-podminkam-standardu.html
Shrnutí informací k podmínkám standartů dobrého zemědělského a anviromentálního stavu půdy DZES, 25.3.2016

http://hydrobiologie.upol.cz/uploads/files/02_metody_stanoveni_obsahu_toc_chlorofylu.pdf Stanovení organického uhlíku (TOC) a chlorofylu, Aplikace analytických metod do výuky hydrobiologie, FRVŠ/G4/1506/2009

http://www.irz.cz/node/19, Celkový dusík, 28. 3. 2016

http://www.mzp.cz/cz/ochrana_vod Ministerstvo životního prostředí - ochrana vod, 23. 2. 2016

https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=75437
eutrofizace vodních nádrží, vysoké technické učení v Brně, KUKOL J., Brno 2013, staženo 18. 2. 2016

Zákony, normy

Vyhláška 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

Normy ČSN 757221 - Jakost vod - Klasifikace jakosti povrchových vod

Zákon o vodách č. 254/2001 Sb.

8. Přílohy

Příloha č. 1: **Odběrové místo HP 01 - nad Horními Dubenkami**

Foto: Vlková D., 25. 10. 2015

Příloha č. 2: **Odběrové místo HP 02 - Zahrádky**

Foto: Vlková D., 25. 10. 2015

Příloha č. 3: **Odběrové místo HP 03 pod Ratmírovským rybníkem**

Foto: Vlková D., 25. 10. 2015

Příloha č. 4: **Základní měřené parametry z prvního odběrového místa v Horních Dubenkách**

								ANIONTY, AMMONIUM		síto				GF/C			
místo	odběr	datum	vodivost	pH	KNK $_{4,5}$	NL 105	NH_4-N	NO_3-N	PO_4-P	TC	IC	TOC	TN	TC	IC	TOC	TN
			$\mu S.cm^{-1}$		$mmol.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$
PH 01	1	22. 3. 2015	146,2	6,70	0,29	3,40	0,0000	3,788	0,0140	1,36	0,00	1,36	4,47	1,71	0,00	1,71	4,27
HP 01	2	24. 4. 2015	**100,0**	6,40	0,15	0,40	0,0000	0,664	0,0026	0,00	0,00	**0,00**	0,00	0,00	0,00	**0,00**	1,02
HP 01	3	22. 5. 2015	218,0	**4,17**	**0,00**	1,40	3,4360	0,289	**0,1450**	6,74	0,00	6,74	9,99	6,08	0,00	6,08	9,68
HP 01	4	25. 6. 2015	134,2	6,29	**0,76**	2,00	0,5780	0,610	0,0000	10,79	1,00	9,97	2,94	9,65	0,63	9,02	2,72
HP 01	5	26. 7. 2015	258,0	4,90	0,08	6,67	3,2360	0,207	0,115	14,59	0,00	14,59	13,13	12,74	0,00	12,74	12,84
HP 01	6	21. 8. 2015	**325,0**	5,80	0,12	1,20	0,6640	0,986	0,0000	5,93	0,00	5,93	14,00	5,73	0,00	5,73	**13,86**
HP 01	7	25. 9. 2015	157,2	6,40	0,30	1,80	0,203	0,906	0,075	11,16	4,58	6,58	2,54	10,80	4,26	6,54	2,22
HP 01	8	25. 10. 2015	155,0	6,50	0,75	1,67	0,344	3,352	**0,000**	8,40	1,11	7,27	5,11	8,45	1,23	7,22	5,07
HP 01	9	17. 11. 2015	191,1	5,70	0,08	2,00	0,113	**8,724**	0,000	11,15	0,85	10,30	9,72	11,22	1,16	10,06	9,70
HP 01	10	12. 12. 2015	120,5	5,70	0,10	1,33	0,1962	3,229	0,000	12,01	1,01	11,00	3,99	11,57	0,94	10,63	3,97

Příloha č. 5: **Základní měřené parametry na druhém odběrovém místě v Zahrádkách**

								ANIONTY, AMMONIUM		síto				GF/C			
místo	odběr	datum	vodivost	pH	KNK $_{4,5}$	NL 105	NH_4-N	NO_3-N	PO_4-P	TC	IC	TOC	TN	TC	IC	TOC	TN
			$\mu S.cm^{-1}$		$mmol.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$
HP 02	1	22. 3. 2015	147,9	7,00	0,43	0,00	0,0200	3,226	0,0090	3,32	0,58	2,74	3,98	2,90	0,42	2,48	3,81
HP 02	2	24. 4. 2015	157,8	6,80	0,51	2,40	0,0890	2,400	0,0024	4,83	1,04	3,79	3,79	4,85	1,16	3,69	3,11
HP 02	3	22. 5. 2015	163,8	6,91	0,84	12,50	0,0000	2,048	0,0395	16,56	6,66	9,90	2,93	14,82	6,24	8,58	2,80
HP 02	4	25. 6. 2015	161,3	6,88	1,36	9,67	0,0000	1,131	0,0010	18,87	7,82	11,05	2,22	17,76	7,69	10,07	2,00
HP 02	5	26. 7. 2015	175,1	6,30	0,78	28,00	0,1650	1,297	0,0550	26,07	9,80	16,27	4,15	22,02	9,66	12,36	2,68
HP 02	6	21. 8. 2015	171,4	6,50	0,70	30,00	0,0000	1,654	0,0000	21,47	6,54	15,34	3,76	18,02	6,91	11,11	2,76
HP 02	7	25. 9. 2015	179,9	6,60	0,72	10,80	0,0000	1,091	0,0093	20,91	10,41	10,50	2,47	17,94	9,70	8,24	1,90
HP 02	8	25. 10. 2015	201,0	6,60	0,60	5,00	0,0000	2,201	**0,0000**	18,79	8,60	10,19	2,79	18,88	8,54	10,34	2,68
HP 02	9	17. 11. 2015	178,8	6,40	0,48	6,30	0,0000	1,773	0,0052	20,30	7,45	12,85	2,55	19,64	7,43	12,21	2,29
HP 02	10	12. 12. 2015	161,0	6,60	0,33	5,00	0,0020	3,657	0,0013	17,81	4,64	13,17	4,58	16,54	4,83	11,71	4,45

Příloha č. 6: **Základní měřené parametry na třetím odběrovém místě pod Ratmírovským rybníkem**

								ANIONTY, AMMONIUM		síto				GF/C			
místo	odběr	datum	vodivost	pH	KNK $_{4,5}$	NL 105	NH_4-N	NO_3-N	PO_4-P	TC	IC	TOC	TN	TC	IC	TOC	TN
			$\mu S.cm^{-1}$		$mmol.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$	$mg.l^{-1}$
HP 03	1	22. 3. 2015	195,9	**7,20**	0,59	0,25	0,2580	3,677	0,0121	7,37	1,18	6,19	5,14	5,28	1,63	3,65	4,68
HP 03	2	24. 4. 2015	184,8	6,90	0,58	5,80	0,0350	1,865	0,0034	5,27	1,38	3,89	3,89	7,09	1,57	5,52	2,84
HP 03	3	22. 5. 2015	188,8	6,88	0,93	12,75	0,0020	1,226	0,0619	17,63	7,45	10,18	2,13	16,18	7,39	8,79	2,00
HP 03	4	25. 6. 2015	198,9	6,95	**1,52**	24,67	0,0000	**0,000**	0,0024	23,07	10,04	13,03	1,77	19,34	9,99	9,35	**0,85**
HP 03	5	26. 7. 2015	217,0	6,50	1,28	35,20	1,3980	0,000	0,0204	28,06	13,48	14,58	4,25	24,47	13,22	11,25	2,30
HP 03	6	21. 8. 2015	220,0	6,60	1,13	29,20	0,3750	0,000	0,0124	24,01	11,98	12,03	4,30	21,93	12,24	9,69	2,98
HP 03	7	25. 9. 2015	225,0	6,70	1,15	30,40	0,1140	0,064	0,0039	23,18	12,92	10,26	3,32	19,43	11,58	7,85	1,75
HP 03	8	25. 10. 2015	201,0	6,60	0,75	23,00	0,0260	0,600	0,0000	20,88	9,89	10,99	2,43	21,13	10,74	10,39	1,62
HP 03	9	17. 11. 2015	185,3	6,50	0,55	15,69	0,0000	0,997	0,0434	22,01	7,99	14,02	2,27	21,01	7,95	**13,06**	1,90
HP 03	10	12. 12. 2015	210,0	6,70	0,58	8,67	0,1353	2,656	0,0135	20,55	8,40	12,15	3,75	20,15	8,33	11,82	3,62