

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



KVALITA VODY V PRAŽSKÝCH POTOCÍCH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Lucie Krejčová

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Libuše Benešová, CSc.

Květen 2013

Děkuji paní Ing. Libuši Benešové, Csc. za vedení této bakalářské práce a výpomoc při odběru vzorků. Také děkuji RNDr. Jaroslavovi Tonikovi, CSc. za výpomoc při odběru vzorků a paní Blance Popelákové a Sylvě Novákové za výpomoc při chemických analýzách. V neposlední řadě také děkuji své rodině za podporu v průběhu celého mého bakalářského studia.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací na něž odkazuji.

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá kvalitou vody v pěti největších pražských potocích, jimiž jsou Rokytky, Botič, Litovicko-Šárecký potok, Dalejský potok a Kunratický potok. Kvalitu vody lze hodnotit na základě fyzikálně-chemických ukazatelů, nebo biologických ukazatelů. Ve své práci používám k hodnocení kvality vody pouze fyzikálně-chemické ukazatele.

V této práci jsem se zaměřila hlavně na kvalitu vody v Kunratickém potoce, kterou hodnotím na základě výsledků pravidelného monitorování podniku Lesy hl. m. Prahy a také na základě svých krátkodobých rozborů vody z tohoto potoka.

Hlavními zdroji znečištění Kunratického potoka a dalších pražských potoků jsou zemědělství v horních částech toků (zdroj sloučenin dusíku a fosforu), odpadní vody (zdroj organických látek, sloučenin dusíku a fosforu) a dešťové vody (zdroj těžkých kovů a chloridů). Z výsledků je zřejmé, že tyto zdroje mají vliv na kvalitu vody v pražských potocích. Mezi nejhorší ukazatele kvality vod v Kunratickém potoce patří hlavně celkový fosfor, CHSK a BSK₅ a v ostatních pražských potocích je to podobné. Pražské potoky jsou také významně zatíženy těžkými kovy.

ABSTRACT

This work deals with water quality in five Prague's biggest streams, which are Rokytky, Botič, Litovicko-Šárecký stream, Dalejský stream and Kunratický stream. Water quality can be evaluated on the basis of physico-chemical indicators or biological indicators. In my work I use only physico-chemical indicators to evaluate water quality.

In this work I focused mainly on water quality in Kunratický stream which is based on the results of regular monitoring of Lesy hl. m. Praha and also on the basis of my short-term analysis of water from the stream.

The main sources of pollution of Kunratický stream and other streams in Prague are agriculture in the upstream area (source of nitrogen and phosphorus compounds), wastewater (source of organic matter, nitrogen and phosphorus compounds) and rainwater (source of heavy metals and chlorides). It is evident from the results that these resources have an impact on water quality in streams of Prague. Among the worst indicators of water quality in the Kunratický stream there is mainly aggregate phosphorus, COD and BOD₅ and it is similar in other Prague's streams. Prague streams are significantly burdened with heavy metals.

OBSAH:

1. ÚVOD	4
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	5
3. CHARAKTERISTIKA UKAZATELŮ KVALITY VOD A JEJICH HODNOCENÍ	8
3.1. Fyzikálně – chemické ukazatele kvality vod	8
3.2. Hodnocení kvality vod	15
4. PRAŽSKÉ POTOKY A JEJICH HLAVNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ	16
4.1. Zemědělství	17
4.2. Odpadní a dešťové vody	17
5. KUNRATICKÝ POTOK	19
5.1. Popis toku	19
5.2. Využití a funkce toku	20
5.3. Zdroje znečištění toku	21
5.4. Kvalita vody v Kunratickém potoce – vlastní monitorování	22
5.5. Kvalita vody v Kunratickém potoce v letech 2001 až 2012	28
5.6. Těžké kovy v sedimentu Kunratického potoka	31
6. OSTATNÍ PRAŽSKÉ POTOKY A JEJICH KVALITA VOD	32
6.1. Rokytka	32
6.2. Botič	33
6.3. Litovicko-Šárecký potok	35
6.4. Dalejský potok	36
7. DISKUZE	38
8. ZÁVĚR	42
9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	43
10. PŘÍLOHY	

1. ÚVOD

Územím hlavního města Prahy protéká 99 potoků, což činí celkem téměř 374 km. Ve své práci se podrobně zaměřuji na kvalitu vody v Kunratickém potoce a okrajově na kvalitu vody v dalších velkých pražských potocích, jimiž jsou Rokytky, Botič, Litovicko-Šárecký potok a Dalejský potok.

Kunratický potok se nachází v jižní až jihovýchodní části území hlavního města Prahy. Přestože Kunratický potok leží na území hl. m. Prahy, poměrně velká část jeho povodí se nachází v zemědělsky obdělávané, nebo zalesněné oblasti a velká část toku je zachována v přirozeném stavu. Mezi hlavní zdroje znečištění Kunratického potoka a dalších sledovaných pražských potoků patří zemědělská činnost a odpadní a dešťové vody.

V úvodních kapitolách této bakalářské práce uvádím základní informace o fyzikálně-chemických ukazatelích a o zdrojích znečištění, které mohou mít vliv na kvalitu vody v pražských potocích. V následujících kapitolách se již podrobně věnuji Kunratickému potoku a dalším pražským potokům. Kvalitu vod hodnotím na základě fyzikálně-chemických ukazatelů. Toto hodnocení je založeno na pravidelném monitoringu střediska Vodní toky podniku Lesy hl. m. Prahy a u Kunratického potoka je doplněno také mými vlastními rozbory vody, které probíhaly od března do června roku 2011.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

Kvalita vody v pražských potocích byla již v minulosti sledována, nejstarší prameny sahají dokonce až do roku 1958 (Říha, 1958; Zapletal, 1960; Maštalíř, 1966). V těchto letech však sledování kvality vody probíhalo velmi nepravidelně. S postupem času se sledování kvality vod pražských potoků stává pravidelnějším a nyní existuje celá řada prací na toto téma. Velká část prací se zaměřuje na obsah těžkých kovů v pražských potocích. Uvádím zde např. (Komínková 2009), kde bylo sledováno množství kovů jak ve vodě, tak v sedimentu Botiče, Rokytky, Kunratického potoka a Zátíšského potoka. Výsledky ukazují, že se ve vodě vyskytují pouze minimální koncentrace těžkých kovů, ale sediment těchto potoků je jimi značně zatížen. Tato práce se také zabývá uvolňováním těžkých kovů ze sedimentů. Kadmium se při změně podmínek uvolňuje nejlépe, naproti tomu olovo se téměř neuvolňuje. Další prací je (Benešová 2003), kde jsou sledovány kromě těžkých kovů, také organické látky v sedimentu Botiče, Rokytky, Dalejského, Kunratického potoka a ve čtyřech rybnících ležících v jejich povodí. Z této práce vyplývá, že z organických polutantů jsou zde nejvýznamnější polychlorované aromatické uhlovodíky (PAU) a polychlorované bifenyly (PCB), kterými je nejvíce zatížen Dalejský potok, Botič a Rokytky, tyto potoky mají také největší zatížení těžkými kovy. Poslední prací, kterou zde zmíním na toto téma je (Benešová, 2009), kde jsou sledovány potoky Botič, Rokytky a Kunratický potok a opět jsou v jejich sedimentu nalezeny vysoké koncentrace těžkých kovů. Jako hlavní zdroj těchto kovů jsou zde uvedeny výpusti dešťových kanalizací a odlehčovacích komor jednotných kanalizací. Zvýšené koncentrace těžkých kovů v sedimentu mohou být velmi nebezpečné, protože se mohou uvolňovat do vodní fáze při změně pH, salinity, redoxního potenciálu, množství určitých organických látek a hydrodynamických parametrů, jak uvádí (Revitt, 1987).

Hlavními zdroji znečištění v pražských potocích jsou zemědělská činnost v horních částech toků a odpadní a dešťové vody. Vlivům jednotlivých zdrojů na rozložení znečišťujících látek v podélném profilu toku se zabývá studie (Mouri, 2011). V této studii se sleduje množství organických látek, celkového dusíku a celkového fosforu nejen ve vodě, ale také v sedimentu řeky Shigenobu v Japonsku. V horních částech této řeky je hlavním zdrojem znečištění zemědělství a vyskytují se zde vysoké koncentrace celkového fosforu. Se zvyšující se zástavbou v podélném profilu řeky se koncentrace celkového fosforu snižují a naopak se zvyšují koncentrace organických látek, což je dáno vyšším počtem splaškových a průmyslových odpadních vod vypouštěných do řeky. Koncentrace dusičnanů si udržuje vysoké hodnoty v celém podélném profilu řeky.

Vlivem zemědělství a dalších zdrojů na koncentrace dusíku a fosforu se zabývá článek (Carpenter, 1998), který připisuje těmto sloučeninám zásadní vliv na eutrofizaci vod a ukazuje negativní vlivy eutrofizace na vodní toky a nádrže. Dalším zdrojem dusíku a fosforu mohou být také odpadní vody. Vliv odpadních vod byl sledován na Slovinsku (Cotman, 2008), kde výsledky vzorků vody a sedimentu v malé říčce Ljubljanica dokládají vliv odpadních vod na množství organických látek a sloučenin dusíku a fosforu v tocích. Odpadními vodami se také zabývá článek (Almeida, 1999), kde jsou různé přípravky používané v domácnostech, zbytky jídla a lidské exkrementy určeny jako hlavní zdroje nerozpuštěných látek, organických látek a sloučenin dusíku a fosforu v odpadních vodách z domácností. Odpadní vody před vypouštěním do toků často míří na čističku odpadních vod (ČOV), kde většinou nedochází k odstranění znečišťujících látek, ale pouze ke snížení jejich koncentrace, takže stále mohou mít negativní vliv na vodní toky, jak ukazují články (Cotman 2001; Prat, 2000). Článek (Cotman 2001) pojednává o sledování řeky Krky v Chorvatsku, kde byly odebírány vzorky vody a sedimentu před a za ČOV a z výsledků je zřejmé, že přestože je tato voda vyčištěna má vliv na zvýšené koncentrace organických látek, sloučenin dusíku a fosforu a v tomto případě i zinku ve vodě a sedimentu řeky Krky. Článek (Prat, 2000) je zaměřen na sledování potoků a řek ve středomoří. Kromě sledování kvality vody v tocích, sleduje také účinnost jednotlivých ČOV. Opět zde dochází k ovlivnění potoků a řek vypouštěnými odpadními vodami z ČOV a to hlavně díky nízkým průtokům v těchto tocích. Dalším významným zdrojem znečištění v potocích jsou dešťové vody, o kterých pojednávají články (Aryal, 2010; Hrabovská, 2009). Soustředí se hlavně na znečišťující látky, které se do dešťových vod dostávají povrchovým odtokem dešťových vod. Těmito znečišťujícími látkami jsou hlavně nerozpuštěné látky, PAU, lehké kapaliny (benzín, nafta, oleje,...) a těžké kovy. Také poukazují na to, že většina znečišťujících látek vyskytujících se v dešťových vodách pochází z dopravy. O dešťových vodách pojednává také článek (Marsalek, 2003), který se zabývá negativním vlivem solení v zimních měsících na množství chloridů v tocích. Kromě povrchového odtoku se znečišťující látky do toků dostávají také mokrou atmosférickou depozicí, jak je vidět z článků (Menz, 2004) a (Malmqvist, 2002), tyto články hodnotí vliv sloučenin síry a dusíku na acidifikaci vod a také poukazují na to, že kromě acidifikace mohou mít dešťové vody vliv na eutrofizaci, vzhledem k tomu, že obsahují sloučeniny dusíku. Článek (Driscoll, 2008) popisuje hlavní vlivy acidifikace, kterými jsou přímé a nepřímé toxické účinky na vodní organismy. Do potoků jsou zaústěny také výpusti odlehčovacích komor jednotných kanalizací, v článku (Chebbo, 2001) je na základě výzkumu v Paříži popsán vliv těchto jednotných kanalizačních systémů na kvalitu vody v toku. Vzorky byly odebírány nejen z toku, ale také z kanalizační sítě a hodnotilo se zde také množství usazených látek v kanalizační síti za bezdeštných období. Z výsledků vyplývá, že vypouštění odlehčovacích

komor do toků má vliv na zvýšené koncentrace nerozpuštěných látek, organických látek a těžkých kovů. Výzkum také potvrdil, že se tyto látky usazují v kanalizační síti a při dalších silných deštích mohou být uvolňovány ve zvýšené koncentraci do recipientu.

Z provedené rešerše je patrné, že voda a její kvalita jsou velmi sledovaným problémem prakticky ve všech zemích světa.

3. CHARAKTERISTIKA UKAZATELŮ KVALITY VOD A JEJICH HODNOCENÍ

Při hodnocení kvality vod je důležité znát základní informace o daných ukazatelích kvality vod, které přispívají k celkové charakterizaci toku a povodí.

3. 1. FYZIKÁLNĚ – CHEMICKÉ UKAZATELE KVALITY VOD

3. 1. 1. Teplota

Teplota je jedním z významných ukazatelů jakosti a vlastností vody. Teplota v povrchových vodách ovlivňuje zejména rozpustnost kyslíku, rychlost biochemických pochodů a tím i celý proces samočištění. Při teplotách pod 5°C probíhají biochemické procesy velmi pomalu (Pitter, 2009).

U povrchových vod se teplota značně mění v průběhu ročních období i během dne. Nejnižší teplota vody bývá u nás lednu a únoru, nejvyšší v červnu a červenci, v tocích pod nádržemi až v srpnu. Denní teploty se v průběhu roku pohybují od 0 do 34°C. Denní teplotní změny jsou u malých vodních toků 3-6°C, u větších řek kolem 1°C. U malých a mělkých toků se v zimě vytváří ledová pokrývka, která způsobuje změnu světelného režimu a zabraňuje výměně plynů. Tvoření ledu a zamrzání koryta do dna zvyšují negativní účinek na organismy toku (Lellák, 1991).

S teplotou souvisí pojem tepelné znečištění vod, kdy jsou vypouštěny oteplené (odpadní) vody do vod povrchových. Při vypouštění odpadních vod do vod povrchových teplota v povrchových vodách nesmí překročit 25°C (Pitter, 2009).

3. 1. 2. Hodnota pH

Hodnota pH je definována jako záporný dekadický logaritmus aktivity vodíkových iontů (Grünvald, 1993).

V přírodních vodách se hodnota pH pohybuje v rozmezí od 4,5 do 9,5 a je obvykle dána uhličitanovou rovnováhou. Pokles pH pod 4,5 značí přítomnost anorganických a organických kyselin, vyšší hodnota pH než 8,3 je způsobena uhličitany a při hodnotě pH nad 10 se již na pH významně podílejí i ionty OH⁻ (Pitter 2009). Hodnota pH významně ovlivňuje chemické a biochemické procesy ve vodách a má vliv na oživení toku (Lellák, 1991).

Některé biologické procesy přírodních vod mohou ovlivnit pH, např. fotosyntéza, denitrifikace a desulfatace způsobují zvýšení pH a naopak respirace, nitrifikace, oxidace síry a methanizace vedou ke snížení pH (Pitter, 2009).

3. 1. 3. Neutralizační kapacita (NK)

Neutralizační kapacita je schopnost vody vázat vodíkové, nebo hydroxidové ionty. Je významnou obecnou vlastností všech vod a je způsobena různými protolytickými systémy. U přírodních vod zpravidla převažuje uhličitanový systém.

Neutralizační kapacitou se rozumí látkové množství silné jednosytné kyseliny, nebo silné jednosytné zásady v mmol., které spotřebuje 1 litr vody k dosažení určité hodnoty pH. Rozeznává se proto kyselinová neutralizační kapacita (KNK) a zásadová neutralizační kapacita (ZNK) v $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Pro přírodní a užitkové vody se pracuje zpravidla s hodnotami pH bodů ekvivalence 4,5 (KNK_{4,5} – celková alkalita) a 8,3 (ZNK_{8,3} – celková acidita), které odpovídají průměrné koncentraci veškerého oxidu uhličitého v těchto typech vod. (Pitter, 2009).

3. 1. 4. Elektrolytická konduktivita (vodivost)

Elektrolytická konduktivita je definována jako převrácená hodnota elektrického odporu roztoku, mezi dvěma vloženými platinovými elektrodami (Grünvald, 1993). Je to míra koncentrace ionizovatelných anorganických a organických součástí vody, tedy iontů. Její jednotkou je Siemens na metr ($\text{S} \cdot \text{m}^{-1}$) v hydrochemii jsou hodnoty konduktivity malé, proto se obvykle používá spíše $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$. Konduktivita závisí na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě. Měří se při konstantní teplotě 25°C. Vzrůst, nebo pokles teploty o 1°C vyvolá změnu konduktivity nejméně o 2% (Pitter, 2009).

3. 1. 5. Vápník a hořčík

V povrchových vodách se převážně vyskytují ve formě jednoduchých iontů Ca^{2+} a Mg^{2+} . Spolu se sodíkem a draslíkem patří mezi čtyři základní kationty přírodních vod. Zastoupení vápníku je obvykle větší než hořčíku. V povrchových vodách se koncentrace vápníku pohybuje v řádu desítek až stovek $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ a koncentrace hořčíku v řádu jednotek až desítek $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Grünvald, 1993).

Do vod se přirozeně dostávají rozkladem hlinitokřemičitanů vápenatých a hořečnatých a rozpouštěním minerálů. Antropogenními zdroji mohou být některé průmyslové odpadní vody.

Ve spojitosti s vápníkem a hořčíkem se často hovoří o tzv. „tvrdosti vody“. Od tohoto názvu se však v poslední době upouští, protože pojmem „tvrdost vody“ jsou vápníku i hořčíku přisouzeny stejné vlastnosti, avšak pozitivní či negativní vlivy „tvrdosti vody“ nejsou ve většině případů ve vztahu k celkové koncentraci vápníku a hořčíku, ale ve vztahu ke koncentraci jen jednoho z nich. Větší význam než celková koncentrace vápníku a hořčíku má v některých případech spíše jejich poměrné zastoupení. Zvýšená koncentrace vápníku a hořčíku v přírodních vodách nemá přílišný význam (Pitter, 2009).

3. 1. 6. Rozpuštěný kyslík

Přítomnost či nepřítomnost kyslíku indikuje stav jakosti vod a rozhoduje o tom, zda ve vodě budou probíhat aerobní či anaerobní pochody. Anaerobní pochody jsou ve vodách nežádoucí, oproti tomu aerobní pochody jsou velmi důležité především při procesu samočištění povrchových vod. Kyslík je velmi důležitý pro život vodních organismů.

Kyslík se do vody dostává difúzí z atmosféry a při fotosyntetické asimilaci vodních rostlin a řas. Množství adsorbovaného kyslíku z ovzduší přímou difúzí závisí nejen na teplotě, koncentraci rozpuštěných látek a atmosférickém tlaku (Pitter, 2009), ale také na pohybu a turbulenci povrchových vrstev vody vyvolaných větrem. Kyslík je spotřebováván při dýchání (respiraci) živočichů a rostlin ve vodě (Lellák, 1991). Koncentrace kyslíku závisí na organickém znečištění vody, protože biochemickými rozkladnými procesy se kyslík z vody vyčerpává. Pokles koncentrace kyslíku ve vodách je jedním z prvních příznaků organického znečištění povrchových vod. Nasycení povrchových vod kyslíkem se pohybuje mezi 85% až 95% (Pitter, 2009)

3. 1. 7. Organické látky

Organické látky se do vod dostávají přirozeně výluhem z půd a sedimentů, činností organismů, tlením rostlinných zbytků a rozkladem odumřelých organismů. Většinou jde o látky biogenního původu, především o huminové látky. Organické látky antropogenního původu pocházejí hlavně ze splaškových a průmyslových odpadních vod, z odpadů ze zemědělství a ze skládek.

Organické látky významně ovlivňují chemické a biologické vlastnosti vod. Řada organických látek má toxické, karcinogenní, mutagenní, alergenní a teratogenní účinky. Mohou ovlivňovat barvu vody (huminové látky, barviva), pach, chuť vody (uhlovodíky, chlorfenoly, látky produkované řasami a sinicemi) a pěnivost vody (tenzidy, ligninosulfonany). Dále mohou vytvářet povrchový film na hladině a tím zhoršovat přístup kyslíku do vody (ropa, oleje). Organické látky také ovlivňují desorpci toxických kovů ze sedimentů.

Organických látek je široké spektrum a jejich zjišťování je obtížné, proto pokud není nutná podrobná identifikace jednotlivých organických látek, zjišťuje se jejich obsah souhrnně. K tomu slouží nepřímé stanovení, které je nejčastěji založeno na chemické nebo biochemické oxidaci těchto látek. (Pitter, 2009).

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK)

CHSK je definována jako množství kyslíku, které se za určitých podmínek spotřebuje na oxidaci ve vodě přítomných organických látek (Grünvald, 1993). Výsledky se přepočítávají na

kyslíkové ekvivalenty a udávají se v mg · l⁻¹. Jako oxidační činidlo se v současné době používá dichroman draselný a výjimečně manganistan draselný (Pitter, 2009).

Biochemická spotřeba kyslíku (BSK)

Je definována jako množství rozpuštěného kyslíku spotřebovaného aerobními mikroorganismy za stanovených podmínek při biochemické oxidaci organických látek ve vodě (Grünvald, 1993). BSK je mírou znečištění vody organickými látkami biologicky rozložitelnými na rozdíl od CHSK, která postihuje látky biologicky rozložitelné i nerozložitelné (Pitter, 2009).

3. 1. 8. Sloučeniny dusíku

Dusík je důležitým makrobiogenním prvkem. Ve vodách se vyskytuje anorganicky i organicky vázaný (Pitter, 2009).

Přírodním zdrojem dusíku ve vodách je na dusík bohaté geologické podloží, vzdušný dusík, který je fixován některými prokaryoty a biologický rozklad organické hmoty (Camargo, 2005). Antropogenním zdrojem dusíku jsou hlavně atmosférické depozice, zvláště v oblastech se znečištěným ovzduším. Dalším zdrojem jsou odpady ze zemědělství a živočišné výroby, splachy ze zemědělské půdy hnojené dusíkatými hnojivy, splaškové odpadní vody a některé průmyslové odpadní vody (Carpenter, 1998).

Amoniakální dusík

V závislosti na teplotě a hodnotě pH je amoniakální dusík ve vodě zastoupen v disociované formě jako NH₄⁺ a nedisociované formě jako NH₃, NH₃·H₂O. Další formou výskytu amoniakálního dusíku jsou aminokomplexy. V povrchových vodách koncentrace amoniakálního dusíku většinou nepřesahuje hodnotu 1 mg · l⁻¹ (Pitter, 2009). Za aerobních podmínek je oxidován nitrifikačními bakteriemi na dusitany a dusičnany (Grünvald, 1993).

Amoniakální dusík působí velmi toxicky na ryby a zooplankton. Toxicita je však značně ovlivněna hodnotou pH vody, protože toxický účinek má hlavně nedisociovaná molekula NH₃ (Pitter, 2009).

Dusitany

Dusitany jsou odvozeny od kyseliny dusité (HNO₂) a ve vodách se vyskytují ve formě jednoduchého aniontu NO₂⁻. Jsou velmi nestálé, proto jejich koncentrace bývá velmi nízká. V aerobních podmínkách jsou nitrifikovány na dusičnany.

Dusitany mohou působit toxicky na ryby a jiné vodní organismy. Toxicita však značně závisí na celkovém složení vod (Grünvald, 1993).

Dusičnany

Dusičnany jsou odvozeny od kyseliny dusičné (HNO_3) a vznikají nitrifikací amoniaku. Za určitých podmínek podléhají chemické redukci na dusík a oxid dusný, ve výjimečných případech vznikají dusitany a amoniakální dusík (Grünvald, 1993).

Dusičnany jsou při vyšších koncentracích toxické pro vodní organismy. U ryb se však tato toxicita projevuje velmi slabě a až při vysokých koncentracích v řádu desítek $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Camargo, 2005).

3. 1. 9. Sloučeniny fosforu

Fosfor se ve vodách dělí na rozpuštěný a nerozpuštěný a tyto formy se dále dělí na fosfor anorganicky a organicky vázaný. Nejvíce se ve vodách vyskytuje ve formě fosforečnanů. Koncentrace fosforečnanů se v povrchových vodách pohybuje v setinách až desetínách $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Přírodním zdrojem fosforu je rozpouštění a vyluhování některých půd, minerálů a zvětralých hornin. Přírodním zdrojem je také rozkládající se biomasa planktonu (Grünvald, 1993). Antropogenním zdrojem jsou hlavně fosforečná hnojiva, používaná v zemědělství, živočišný odpad a splaškové odpadní vody, obsahující fosforečnany z různých prostředků používaných v domácnostech (Edwards, 2008).

Sloučeniny fosforu mají velký význam při přírodním koloběhu látek, kdy vyšší organismy anorganické formy fosforu přeměňují na formy organické, a když tyto organismy uhynou, fosforečnany se uvolní do prostředí. Fosfor ve vysoké koncentraci způsobuje eutrofizaci vod, která vede k masovému rozvoji řas (Pitter, 2009).

3. 1. 10. Sloučeniny síry

Síra se ve vodách vyskytuje anorganicky a organicky vázaná. Přírodním zdrojem síry ve vodách je vyluhování minerálů, oxidace sulfidických rud a sopečná činnost. Antropogenním zdrojem jsou hlavně odpadní průmyslové vody např. z mořiren kovů, koželužen, tepelného zpracování uhlí a barvíren (Pitter, 2009). Dalším významným zdrojem jsou městské a průmyslové exhalace obsahující oxidy síry, vznikající spalováním fosilních paliv a pronikající do atmosférických vod (Menz, 2004).

Sírany

Ve vodách se vyskytují hlavně ve formě jednoduchého síranového aniontu SO_4^{2-} a ve vodách s vysokou koncentrací síranů, se mohou vyskytovat i ve formě iontových asociátů, tzv. sulfatokomplexů. V povrchových vodách je koncentrace síranů většinou v řádu desítek $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Pitter, 2009). Vysoké koncentrace síranů ve vodách ovlivňují hlavně hodnotu pH a přispívají

k acidifikaci vod, která má přímý a nepřímý toxický vliv na vodní organismy. Nepřímý vliv je způsoben uvolněním těžkých kovů ze sedimentu díky nízkým hodnotám pH (Menz, 2004).

3. 1. 11. Chloridy

Chloridy jsou nejčastějším zastoupením chloru ve vodách. Ve vodách jsou přítomny ve formě jednoduchého iontu Cl^- . Koncentrace chloridů se v tocích obvykle pohybuje v rozsahu jednotek až desítek $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (Grünvald, 1993).

Chlor je obsažen v základních druzích hornin a půd. Jejich zvětráváním a vyluhováním se dostávají chloridy do vod. Hlavním antropogenním zdrojem jsou splaškové a některé průmyslové odpadní vody a v zimních měsících také splachy ze silnic (Pitter, 2009).

Vysoké koncentrace chloridů jsou nebezpečné pro vodní organismy svou přímou a nepřímou toxicitou. Chloridy způsobují vyplavování některých kovů a vytváří s nimi komplexy (Marsalek, 2003). Chlor také může reagovat s řadou organických látek ve vodách a vzniklé chlorované organické látky jsou obvykle toxické, biologicky stabilní a ovlivňující sensorické vlastnosti vod. Velmi nebezpečný je aktivní chlor (formy chloru, které v kyselém prostředí oxidují jodidy na jod), který působí toxicky na vodní organismy včetně ryb (Pitter, 2009).

3. 1. 12. Železo

Železo se ve vodách vyskytuje v rozpuštěné i nerozpuštěné formě a v oxidačních stupních II nebo III. Formu výskytu ovlivňuje hodnota pH, oxidačně redukční potenciál a komplexotvorné látky přítomné ve vodě. V bezkyslíkatém prostředí vod převládá Fe^{II} , naopak za přítomnosti rozpuštěného kyslíku, dominuje Fe^{III} . Železo v malých koncentracích je obvyklou součástí přírodních vod a v povrchových vodách se vyskytuje v řádu setin až desetin $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$.

Přirozeným zdrojem železa ve vodách je rozpouštění železných rud a přírodních hlinitokřemičitanů. K antropogenním zdrojům železa patří některé průmyslové odpadní vody.

Obsah železa nad $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ negativně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody. Již při nízkých koncentracích Fe^{II} ve vodě dochází k rozvoji železitých bakterií, při jejichž odumírání voda zapáchá. Vysoké koncentrace Fe^{II} mohou být nebezpečné pro ryby (Pitter, 2009).

3. 1. 13. Mangan

Mangan se ve vodách vyskytuje v rozpuštěné i nerozpuštěné formě, organicky i anorganicky vázaný především v oxidačních číslech II, III a IV. Za nepřítomnosti rozpuštěného kyslíku se vyskytuje hlavně v oxidačním čísle II.

K přirozeným zdrojům manganu patří manganové rudy. Mangan může do vod přecházet také z půd, sedimentů a některých odumřelých rostlin. Antropogenními zdroji jsou některé průmyslové vody.

Mangan je esenciální prvek nezbytný pro rostliny a živočichy Jeho zvýšená koncentrace nemá žádné negativní účinky, kromě zhoršení organoleptických vlastností. Hydratované oxidy manganu barví přírodní vodu do hněda (Grünvald, 1993).

3. 1. 14. Těžké kovy

Při hodnocení znečištění prostředí kovy či polokovy se často kovy rozdělují do samostatných skupin kovů zvaných těžké nebo toxické kovy. Do těžkých kovů se řadí kovy, které mají objemovou hmotnost větší než $5000 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-3}$, také se sem řadí kovy, jejichž soli se srážejí se sulfidem sodným za vzniku málo rozpustných sulfidů. Často se název těžké kovy používá jako synonymum pro kovy toxické, to však není úplně správné, např. berylium je toxický kov, ale není těžký (Pitter, 2009).

Těžké kovy patří mezi nejrizikovější škodliviny vyskytující se v prostředí. Nepodléhají rozkladným procesům, což vede k tomu, že značný podíl těžkých kovů, které se dostávají do prostředí z různých zdrojů, přechází dříve či později do ekosystému povrchových vod. Z vodního prostředí jsou přijímány vodními rostlinami a živočichy, jejich největší podíl se však ukládá v sedimentech vodních toků a nádrží (Komínková, 2009). Těžké kovy uložené v sedimentech nejsou dostupné pro organismy, ale změna pH, salinity, redoxního potenciálu, množství určitých organických látek a hydrodynamických parametrů, mohou způsobit uvolnění ze sedimentů do vodního prostředí, kde již jsou těžké kovy dostupné organismům (Revitt, 1987).

Nejvýznamnějšími kovy vyskytujícími se ve vodních tocích urbanizovaných oblastí a negativně ovlivňujícími kvalitu vodních ekosystémů jsou chrom (Cr), nikl (Ni), zinek (Zn), měď (Cu), olovo (Pb), kobalt (Co), kadmium (Cd), rtuť (Hg) a Arsen (As).

Hlavní nebezpečí těžkých kovů spočívá v tom, že jsou již při nízkých koncentracích toxické (hlavně Hg, Cd, Pb a As), akumulují se v organismu a mohou působit karcinogeně (Cd, As, Cr^{VI} , Ni). Navíc se přes potravní řetězec mohou dostat až k člověku (Aryal, 2010).

Do vody se těžké kovy dostávají hlavně z hornin, půdy a méně vulkanickou činností. Antropogenními zdroji jsou různé odpadní vody (hlavně z těžby a zpracování rud, z hutí, válcoven, povrchových úpraven kovů, z fotografického, textilního a kožedělného průmyslu). Dalším zdrojem mohou být různé agrochemikálie (Hg, Zn, Be, As), algicidní preparáty (Cu, Ag) a vyluhování kalových deponií (Pitter, 2009). Doprava je také významným zdrojem těžkých kovů, konkrétně např. brzdy (hlavně Cu, Zn, Pb), pneumatiky (hlavně Zn), povrch vozidla (hlavně Cr^{VI}) a díky odtoku dešťových vod se tyto kovy dostávají do potoků (Aryal, 2010).

3. 2. HODNOCENÍ KVALITY VOD

Hodnocení kvality vod se v České republice řídí normou ČSN 75 7221: Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod a Nařízením vlády č. 229/2007 Sb.

3. 2. 1 Norma ČSN 75 7221: Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod

Tato norma byla vypracována k porovnání jakosti povrchových vod na různých místech a v různém čase. Norma byla novelizacemi zpřesněna a přiblížila se klasifikaci jakosti povrchových vod používané v členských státech Evropské unie. Tuto normu lze použít, pokud je k dispozici minimálně 11 hodnot za období jednoho roku. Jakost vod se vyhodnocuje zvlášť pro každý jednotlivý ukazatel.

Norma při klasifikaci jakosti vod řadí vody do pěti tříd jakosti:

Třída I – neznečištěná voda: stav povrchové vody, který nebyl významně ovlivněn lidskou činností, při kterém ukazatele jakosti vody nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému přirozenému prostředí v tocích.

Třída II – mírně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které umožňují existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

Třída III – znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého, vyváženého a udržitelného ekosystému.

Třída IV – silně znečištěná voda: stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze nevyváženého ekosystému.

Třída V – stav povrchové vody, který byl ovlivněn lidskou činností tak, že ukazatele jakosti vody dosahují hodnot, které vytvářejí podmínky, umožňující existenci pouze silně nevyváženého ekosystému.

3. 2. 2. Nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

Nařízení vlády č. 229/2007 Sb. je novelou nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech. Pro účely hodnocení kvality potoků je toto nařízení důležité, protože obsahuje imisní standardy přípustného znečištění povrchových vod. Hodnoty, které jsou v nařízení uvedeny, by neměly být překračovány.

4. PRAŽSKÉ POTOKY A JEJICH HLAVNÍ ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ

Nejvýznamnějšími potoky hlavního města Prahy ústícími do Vltavy jsou Rokytky, Botič, Litovicko-Šárecký potok, Dalejský potok a Kunratický potok. Tyto potoky pramení mimo hl. m. Prahu a jsou proto ovlivněny jak znečištěním typickým pro venkov, tak znečištěním typickým pro město.

V horních částech toků je hlavním zdrojem znečištění zemědělská činnost, díky které se do vod dostávají hlavně sloučeniny dusíku a fosforu. Ve střední a dolní části potoků se již projevují jiné zdroje znečištění. Se zvyšující se zástavbou a počtem obyvatel se zvyšuje množství splaškových a průmyslových vod odváděných do potoků, což je spojeno s větším znečištěním a může to mít vliv na změnu všech parametrů kvality vody, např. lze předpokládat vyšší koncentrace organických látek (Mouri, 2011).

4. 1. ZEMĚDĚLSTVÍ

Vzhledem k neustálé intenzifikaci zemědělství a velkému množství používaných hnojiv dochází ke znečištění potoků hlavně sloučeninami dusíku a fosforu, které se do potoků dostávají s odtokem dešťových vod (Carpenter, 1998). Vlivem používání různých pesticidů a fungicidů se do vod mohou také dostávat různé toxické látky a hlavně těžké kovy, které jsou součástí těchto přípravků (Hřebíková, 2007).

Dusík a fosfor jsou živiny a při jejich vysokých koncentracích dochází k eutrofizaci, která vede k rychlému a nadměrnému rozvoji primárních producentů (autotrofních organismů schopných fotosyntézy), hlavně fytoplanktonních organismů (sinic a řas). Zvýšená biomasa fytoplanktonu má významný vliv na toxicitu vody a kyslíkový režim ve vodách. K přesycení rozpuštěného kyslíku dochází v horní vrstvě za dne v důsledku fotosyntézy, naopak k rychlému vyčerpání rozpuštěného kyslíku dochází v noci, kdy převládá respirace (Carpenter, 1998). Pokud dojde k vyčerpání kyslíku ve spodních vrstvách, dochází k uvolňování dalšího fosforu ze sedimentu do vody, což vede k ještě větší eutrofizaci (Lellák, 1991). Eutrofizace může mít v důsledku výše zmíněných důvodů vliv na změnu v druhovém složení a může způsobit úmrtí ryb a dalších vodních organismů (Carpenter, 1998).

4. 2. ODPADNÍ A DEŠŤOVÉ VODY

4. 2. 1. Odpadní vody

Odpadní vody lze dělit na průmyslové odpadní vody a splaškové odpadní vody. Průmyslové odpadní vody zahrnují plnou škálu znečišťujících látek, záleží na tom, o jaké průmyslové odvětví se jedná (těžké kovy, organické látky, sloučeniny fosforu, dusíku a síry). Splaškové odpadní vody obsahují vysoké koncentrace nerozpuštěných látek, organických látek a sloučenin fosforu a dusíku (Cotman, 2008). Hlavními zdroji těchto látek jsou různé přípravky používané v domácnostech, zbytky jídla a samozřejmě také lidské exkrementy (Almeida, 1999). Ke snížení množství látek v odpadních vodách slouží čistírny odpadních vod (ČOV), ty však neodstraní dokonale všechny látky. Vyčištěná voda má sice nižší koncentrace znečišťujících látek, přesto tyto koncentrace mohou být dost vysoké, aby ovlivnily kvalitu vody v recipientu, hlavně v období nízkých průtoků. Vyčištěné odpadní vody mohou být stále zatíženy vyšším množstvím organických látek, sloučenin fosforu a dusíku a některé vyčištěné vody také těžkými kovy (Cotman, 2001; Prat, 2000).

Jak již bylo zmíněno, odpadní vody vypouštěné do toku mají největší vliv na kvalitu vody při nízkých průtocích a při vysoké biologické aktivitě (Cotman, 2008).

4. 2. 2. Dešťové vody měst

Během dešťů a povodní může docházet ke změnám základních parametrů chemické kvality vody a následně k negativnímu akutnímu ovlivnění vodní bioty (Pollert a kol, 2004). V dešťových vodách je velké množství látek, které se do vod dostává nejen z povrchového odtoku dešťových vod, ale také z ovzduší díky mokré atmosférické depozici. Nejdůležitějším antropogenním zdrojem většiny znečišťujících látek v dešťových vodách je doprava. (Aryal, 2010).

Hlavními znečišťujícími látkami z povrchového odtoku dešťových vod ve městech jsou nerozpuštěné látky, polycyklické aromatické uhlovodíky, lehké kapaliny (benzín, nafta a různé oleje) a těžké kovy (Aryal, 2010; Hrabovská, 2009). V důsledku solení silnic v zimě, mohou být významnými znečišťujícími látkami v těchto vodách také chloridy (Marsalek, 2003).

Hlavními znečišťujícími látkami z mokré atmosférické depozice jsou sloučeniny dusíku (hlavně NO_3^- a NH_4^+) a síry (hlavně SO_4^{2-}). Do atmosféry se sloučeniny síry dostávají spalováním fosilních paliv, zdrojem je tedy hlavně průmysl. Zdroji sloučenin dusíku v atmosféře je doprava a průmysl. Vysoké koncentrace NO_3^- a SO_4^{2-} mohou způsobovat acidifikaci vod, do kterých se dostávají (Menz, 2004). Acidifikace má negativní vliv na většinu vodních organismů a navíc způsobuje uvolňování některých kovů ze sedimentu toků (Driscoll, 2008). Kromě acidifikace mají

mokrý atmosférické deponice vliv také na eutrofizaci vod, jelikož obsahují sloučeniny dusíku (Malmqvist, 2002).

4. 2. 3. Odpadní a dešťové vody v Praze

Na území Prahy existují dva kanalizační systémy: oddílný systém, který nesměšuje splaškové a dešťové vody a odvádí je odděleně a jednotný systém, který odvádí splaškové a dešťové vody jedním potrubím. Jednotný kanalizační systém v době silných dešťových přívalů vypouští přes odlehčovací komory část smíšené dešťové vody se splašky přímo do recipientů, jimiž jsou pražské potoky. Poměr ředění u malých toků je 1:4. Všechny odlehčovací komory na území hl. m. Prahy splňují podmínky stanové vodoprávním úřadem, a proto přepadlé vody nejsou považovány za vody odpadní, přestože tyto vody obsahují (Ročenka ŽP - Praha, 2009). Vzhledem k tomu, že vody z odlehčovacích komor jsou smíšené, obsahují znečištění jak z vod dešťových, tak z vod splaškových a do recipientu se dostává větší množství nerozpuštěných a organických látek. Tyto látky se také usazují v kanalizační síti a v době silných dešťů se uvolňují a jsou vypouštěny ve zvýšené koncentraci přes odlehčovací komoru do recipientu (Chebbo, 2001).

Do potoků v Praze je zaústěno velké množství dešťových kanalizací. Kromě dešťových kanalizací jsou do potoků zaústěny také velké ČOV a malé domovní ČOV. Hlavně v obcích mimo Prahu je velkým problémem odvádění splaškových vod do potoků ze žump a septiků, které vodu pořádně nevyčistí (Čermáková, 2000; Hřebíková, 2007; Jánošková, 2004).

5. KUNRATICKÝ POTOK

5. 1. POPIS TOKU

Povodí Kunratického potoka má protáhlý tvar a nachází se v jižní až jihovýchodní části území hlavního města Prahy. Kunratický potok pramení u obce Vestec ve výšce 320 m.n.m. a ústí do Vltavy v Braníku ve výšce 187 m.n.m. na 58,8 km jejího toku (Pollert a kol, 2004). Celková plocha povodí činí 31,56 km² a délka toku je 11,8 km. Kunratický potok má tři hlavní přítoky Olšanský potok, Kateřinský potok a Roztylský potok (Musil a kol., 2002).

Kunratický potok v horní části povodí není výrazně ovlivněn zástavbou a není souvisle upraven, je zde spíše zachován jeho přírodní charakter. Leží zde přírodní památka Hrnčířské louky. V ostatních částech horní části protéká koryto potoka plochým územím, které je z větší části zemědělsky obděláváno (Anonym, 2000). V této horní části povodí, protéká Kunratický potok Hrnčířským rybníkem, rybníkem Brůdek, Šeberovským rybníkem, Novým rybníkem (retenční nádrž) a rybníkem Šeberák. Mezi Hrnčířským rybníkem a rybníkem Brůdek přijímá Kunratický potok zprava přítok ze Sladkovského rybníku a rybníku Jordán a přítok z rybníku Jordánek. Do Šeberovského rybníka zaústíuje Kateřinský potok. Na něm jsou situovány Kovářský rybník a rybník Šmejkal. Do rybníku Šeberák zaústíuje Vestecký potok, který protéká Vesteckým a Olšanským rybníkem. Vestecký potok přijímá zleva přítok, který je někdy označován jako druhá větev Vesteckého potoka a na něm je situován rybník Rezerva (retenční nádrž) a jeho přítokem je Hodkovický potok (Musil a kol., 2002).

Dále po toku Kunratického potoka pod rybníkem Šeberák jsou rybníky Hornomlýnský, Dolnomlýnský (do něj je přes dešťovou usazovací nádrž Kunratice zaústěn rybník Ohrada), Labuť, Pivovarský, Sýkorka a pod ústím Roztylského potoka Zámecký a Podzámecký rybník (Musil a kol., 2002).

Od rybníka Šeberák až po Dolnomlýnský rybník protéká potok údolím zahloubeným až 30m s úzkou údolní nivou. Mezi Hornomlýnským a Dolnomlýnským rybníkem protéká potok zahrádkami a zástavbou rodinných domů a vil. Koryto potoka je zde upraveno a opevněno (Anonym, 2000). Pod Dolnomlýnským rybníkem protéká potok údolní nivou s lesním porostem, kde se nachází přírodní památka Údolí Kunratického potoka. Koryto je zde v přirozeném stavu, bez souvislých úprav, pouze bylo provedeno místní zpevnění koryta kamennými zídkami v místech nádrží. Dále potok protéká areálem Thomayerovi nemocnice a za ní opouští potok Kunratický les, obtéká rybník Labuť a protéká pod Vídeňskou ulicí (Musil a kol., 2002). V dolní části toku od křížení s ulicí Vídeňskou je již potok upraven. V upraveném korytě protéká propustkem pod tělesem železniční tratě ČSD do Krčského parku. V Krčském parku se do něj

vlévá Roztylský potok, do kterého je odkanalizována rozsáhlá oblast depa Kačerov a na kterém je vybudován Roztylský poldr. Do Vltavy se potok vlévá v Braníku (Musil a kol., 2002).

Stručná charakteristika Kunratického potoka:

Číslo hydrologického pořadí toku:	1–12–01–006
Řád toku:	III
Délka toku:	11,8 km
Plocha povodí:	31,56 km ²
Průměrný roční průtok u ústí do Vltavy:	90 l/s
Katastrální území:	Kunratice, Krč, Braník, Michle, Chodov, Libuš, Šeberov

Hlavní přítoky Kunratického potoka:

Levostranné přítoky:	
Vestecký potok	
Délka toku:	1,5 km
Plocha povodí:	8,3 km ²
Pravostranné přítoky:	
Roztylský potok	
Délka toku:	2 km
Plocha povodí:	2,11 km ²
Kateřinský potok	
Plocha povodí:	1,76 km ²

5. 2. VYUŽITÍ A FUNKCE TOKU

Hledisko využívání toku je možno rozdělit do několika funkcí:

- Odvodňovací prvek – do potoka jsou dešťovou kanalizací odvodněny některé části Prahy.
- Rekreační využití oblasti – dominantní postavení má Krčský les, jako oddechová vycházková oblast. Pro letní rekreační koupání je využíván rybník Šeberák a Olšanský rybník.
- Rybochovná funkce – všechny nádrže slouží k chovu ryb a tato funkce je označována u některých rybníků jako hlavní.
- Závlahy – z rybníka Šeberák a Olšanského rybníka je odebírána voda pro závlahy, ty jsou však v letním období omezeny maximálním možným poklesem hladiny.
- Retenční funkce – transformace přívalových průtoků. Všechny nádrže mají určitý retenční účinek, ale u většiny z nich to není jejich hlavní účel.
- Významný krajinný prvek (Musil a kol., 2002).

5. 3. ZDROJE ZNEČIŠTĚNÍ TOKU

Hlavními zdroji znečištění v povodí Kunratického potoka jsou tyto:

- Odtoky ze zemědělsky využívaných ploch
- Odtoky z velkých ČOV a malých domovních ČOV
- Přepady ze septiků, nebo černé vypouštění odpadních vod do toku
- Odtoky z dešťové kanalizace

5. 3. 1. Zemědělství

Mezi hlavní zdroje znečištění patří zemědělská činnost v horní části toku, která je provozována hlavně v blízkosti rybníka Šeberák a pod Olšanským rybníkem.

5. 3. 2. Odpadní a dešťové vody v povodí Kunratického potoka

Na řešeném území jsou čtyři kanalizační sběrače kmenové stoky, které jsou zaústěny do ÚČOV na Císařském ostrově (Musil a kol). Kunratický potok přijímá 6 jednotných kanalizačních systémů a několik výstupů dešťové kanalizace (Benešová, 2009).

Z areálů vyskytujících se na zájmovém území v Praze mají vlastní funkční ČOV areál Thomayerovy nemocnice a Institutu klinické a experimentální medicíny (IKEM). Tyto ČOV jsou zaústěny do centrálního stokového systému (Musil a kol., 2002).

Velký vliv na kvalitu vody v Kunratickém potoce může mít ČOV Vestec. Recipientem ČOV Vestec je Vestecký potok a přes rybník Šeberák se látky vypouštěné z ČOV mohou dostávat až do Kunratického potoka. Do ČOV Vestec je napojen průmyslový areál Safína Vestec, ve kterém dochází ke zpracování kovů, což může mít vliv na koncentraci těchto kovů v Kunratickém potoce.

V některých částech Šeberova, Kunratic a Hrnčír splašková kanalizace stále chybí a likvidace odpadních vod je řešena lokálně (žumpy, septiky, výjimečně domovní čistírny odpadních vod). V Šeberově také chybí soustavná dešťová kanalizace, nachází se zde pouze několik samostatných stok a otevřených příkopů, které ústí do Kovářského rybníka, nebo přímo do Kunratického potoka (Musil a kol., 2002).

5. 3. 3. Havarijní znečištění

Havárie je definována jako náhlé, nepředvídatelné znečištění toku, zpravidla krátkodobé a přechodné. Zhoršení jakosti vody v toku, má vliv na zhoršení užitných vlastností vody a způsobuje biologické, hygienické, estetické a technické závady. Příčinou může být únik

znečišťující látky např. z ČOV, při silničních nebo železničních nehodách, z průmyslových objektů atp. (Musil a kol., 2002)

5. 4. KVALITA VODY V KUNRATICKÉM POTOCE – VLASTNÍ MONITOROVÁNÍ

V této kapitole je popsán vlastní monitoring toku, kde byla sledována teplota, hodnota pH, vodivost, $\text{KNK}_{4,5}$, $\text{ZNK}_{8,3}$, tvrdost vody, vápník, hořčík, rozpuštěný kyslík, BSK, CHSK_{Mn} , amonné ionty, dusičnany, dusitany, fosforečnany, chloridy, železo a mangan. Všechny naměřené výsledky jsou uvedeny v příloze bakalářské práce.

5. 4. 1. Charakteristika odběrových míst:

OM č. 1: Šeberák - říční kilometr 10,4

Voda byla odebírána přímo z rybníka Šeberák, který má rybochovnou, retenční a rekreační funkci.

OM č. 2: U krále Václava IV. - říční kilometr 6,7

Odběr byl prováděn v ohybu Kunratického potoka z levého břehu. OM leží v chráněném území PP Údolí Kunratického potoka při jeho západním okraji. Koryto je zde velmi mělké, přirozeného charakteru a kamenité.

OM č. 3: Na tý louce zelený - říční kilometr 5,6

Odběr byl prováděn poblíž silničního mostu z pravého břehu, poblíž je zaústěna DUN IKEM. OM leží také v chráněném území PP Údolí Kunratického potoka na jeho západním okraji. Koryto je velmi mělké, přirozeného charakteru, spíše kamenité.

OM č. 4: Nad Labutí - říční kilometr 4,35

Voda byla odebírána v malé vzdálenosti nad nápusným objektem rybníka Labuť. OM leží těsně za hranicemi PP Údolí Kunratického lesa. Koryto má přírodní charakter, je hlubší a více bahnité. V úseku mezi OM-3 a OM-4 zaústíuje hned několik dešťových výpustí.

OM č. 5: U Labutě - říční kilometr 4,2

Voda byla odebírána před místem, kde se do Kunratického potoka dostává tok z rybníka Labuť. Koryto je zde hlubší.

5. 4. 2. Metodika analýzy vzorků

Analýzu vzorků vody jsem prováděla v chemické laboratoři Ústavu pro životní prostředí Př. F. UK v Praze. Přednostně jsem stanovila parametry, u kterých je nutné, aby se stanovily do 24 hodin od odběru (KNK_{4,5}, ZNK_{8,3}, tvrdost, CHSK_{Mn}, amonné ionty, dusičnany, dusitany a fosforečnany). Ostatní parametry jsem stanovila během následujících 24 hodin.

Teplota: teplota byla měřena rtuťovým teploměrem, ponořením do potoka v místě odběru.

Hodnota pH: hodnota pH byla stanovena potenciometricky pomocí pH metru (per – HQ 30d značky HACH).

Vodivost: vodivost byla měřena konduktometrem typu GRYF 107 L.

Zásadová neutralizační kapacita: ZNK_{8,3} (celková acidita) byla stanovena titrací vzorku vody odměrným roztokem NaOH o koncentraci 0,1 mol l⁻¹ na indikátor fenolftalein do stálého slabě růžového zbarvení.

Kyselinová neutralizační kapacita: KNK_{4,5} (celková alkalita) byla stanovena titrací vzorku vody odměrným roztokem 0,1M HCl na směsný indikátor z modrého do růžového zbarvení.

Tvrdost vody: tvrdost vody byla stanovena chelatometrickou titrací vzorku odměrným roztokem 0,05M chelatonu 3 (disodné soli ethylendiamintetraoctové kyseliny) v prostředí amoniakálního tlumivého roztoku při pH 10 na indikátor erichromová čerň T z vínově červeného do jasně modrého zbarvení.

Vápník: vápník byl stanoven chelatometrickou titrací vzorku odměrným roztokem 0,05M chelatonu3 v silně alkalickém prostředí vzniklém přidáním 1N NaOH na indikátor murexid z růžového do jasně fialového zbarvení.

Hořčík: hořčík byl zjištěn pomocí výpočtu z rozdílu spotřeb odměrného roztoku 0,05M chelatonu3 při stanovení tvrdosti vody a stanovení vápníku:

$$\text{Mg}^{2+}[\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}] = \left[\left(\frac{a \cdot f \cdot 1000}{V_1} \right) - \left(\frac{b \cdot f \cdot 1000}{V_2} \right) \right] \cdot 1,216$$

a = spotřeba odměrného roztoku při stanovení tvrdosti [ml];

b = spotřeba odměrného roztoku při stanovení vápníku [ml];

V₁ = objem vzorku při stanovení tvrdosti [ml]; V₂ = objem vzorku při stanovení vápníku [ml]

Chloridy: chloridy byly stanoveny titrací vzorku odměrným roztokem 0,02N AgNO₃ do prvního trvalého přechodu barvy ze světle žluté do oranžově hnědé indikovaný chromanem draselným.

Chemická spotřeba kyslíku (CHSK_{Mn}): CHSK byla stanovena tzv. Kubelovou metodou, při které se organické látky obsažené ve vzorku vody oxidují 0,01N KMnO₄ v kyselém prostředí H₂SO₄ při 10 minutovém varu. Množství KMnO₄ spotřebované na oxidaci organických látek se stanoví manganometrickou titrací, po přidání standardního odměrného roztoku 0,01N kyseliny šťavelové, která se titruje KMnO₄ do slabě růžového zabarvení.

Rozpuštěný kyslík: rozpuštěný kyslík byl stanoven titračně. Vzorek se nejprve fixuje srážecím roztokem MnSO₄ a roztokem KOH s azidem sodným. Poté se vzorek promíchá, vznikne sraženina a nejdříve za 24 hodin se roztok nad sraženinou odsaje a přidá se zředěná H₂SO₄ (1:4) a 15% roztok KI. Po reakci se vyloučený jód titruje 0,05N Na₂S₂O₃ do světle žlutého zbarvení a pak na škrobový indikátor do odbarvení.

Biochemická spotřeba kyslíku: BSK₅ se stanovuje tak, že v jedné kyslíkové láhvi se vzorkem se provede stanovení množství rozpuštěného kyslíku. Druhá kyslíková láhev s tímž vzorkem se uchová 5 dní ve tmě při 20°C, bez přístupu vzduchu. Po 5 dnech se i u tohoto vzorku provede stanovení množství rozpuštěného kyslíku (obojí stanovení probíhá podle postupu popsaného výše – pro rozpuštěný kyslík). Hodnota BSK₅ se pak získá jako rozdíl obsahu rozpuštěného kyslíku před inkubací a po ní.

Amonné ionty, dusitany, dusičnany, fosforečnany, železo a mangan: byly stanoveny kolorimetricky na přístroji Unicam SP 1800 Ultraviolet Spectrophotometr Měřily se vždy proti slepému vzorku (s výjimkou dusičnanů., kde je slepým vzorkem deionizovaná voda) v křemenných kyvetách při daných vlnových délkách:

Amonné ionty	655 nm
Dusitany	520 nm
Dusičnany	214 nm
Fosforečnany	700 nm
Železo	500 nm
Mangan	525 nm

5. 4. 3. Výsledky analýzy

Hodnoty stanovovaných parametrů jsou v podobě tabulek a grafů uvedeny v příloze bakalářské práce (tabulka č. 1 až 5, graf č. 1 až 7). Kapitola je rozdělena na dvě části. V první hodnotím ukazatele kvality vody na jednotlivých odběrových místech a v druhé je vyhodnocení vybraných ukazatelů v podélném profilu Kunratického potoka. Vzhledem k nedostatečnému počtu odběrů, nemohu své výsledky hodnotit podle normy ČSN 75 7221.

Hodnocení kvality vody na jednotlivých odběrových místech (OM)

OM – 1: Šeberák

Na tomto OM patří mezi problematické ukazatele kvality vod hlavně pH, BSK₅, CHSK, fosforečnany a mangan. Hodnoty pH se na tomto místě pohybují v zásadité oblasti a lze sledovat postupný růst pH, kdy na konci června byla hodnota pH 9,2. Takto vysoké pH je mimo jiné způsobeno fotosyntetickou aktivitou vodních rostlin a fytoplanktonu. Fotosyntetickou aktivitou lze také vysvětlit až dvojnásobné přesytení kyslíkem, ke kterému došlo na konci března a června. Hodnoty BSK₅ a CHSK se během sledovaného období postupně zvyšují. Hodnoty BSK₅ byly během celého sledovaného období vysoké a překračovaly imisní limit přípustného znečištění dle Nařízení vlády č. 229/2007 (dále už jen imisní limit). Koncentrace CHSK dosahují vysokých hodnot od poloviny května. Koncentrace fosforečnanů měly ve sledovaném období rostoucí trend a vysokých hodnot nabývají až v červnu. Vysoké koncentrace jsou zde u manganu na konci května a v polovině června, kdy překračují imisní limit.

OM – 2: U krále Václava IV.

Na tomto OM jsou hodnoty pH lepší než na OM-1, přesto se stále pohybují v zásadité oblasti. Mírné zlepšení je na tomto OM u koncentrací BSK₅, ale tyto koncentrace jsou stále vysoké a překračují imisní limit. U koncentrací CHSK zde dochází také k mírnému zlepšení. Nejvyšší koncentrace CHSK zde byly od půlky května do půlky června. Vysokou koncentraci zde měly i fosforečnany, ale pouze při jednom odběru v červnu. Koncentrace manganu jsou zde sice nižší, přesto opět překračují imisní limit na konci května a v polovině června.

OM – 3: Na tý louce zelený

Na tomto OM jsou problematické zejména kyslíkové ukazatele. Nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku byly na tomto místě zjištěny při všech stanoveních v květnu a jednom v červnu, kdy nesplnily imisní limit. BSK₅ zde má opět vysoké koncentrace s rostoucím průběhem během sledovaného období. Koncentrace BSK₅ zde při všech stanoveních překročily imisní limity. Koncentrace CHSK byly nejvyšší na konci května a v půlce června. Vysoké

koncentrace zde měly fosforečnany od poloviny května do konce června. Vysoké koncentrace zde také dosáhly amonné ionty při posledním stanovení na konci června.

OM – 4: Nad Labutí

Na tomto odběrovém místě jsou kromě března koncentrace rozpuštěného kyslíku nízké, a nesplňují imisní limit. Koncentrace BSK₅ zde jsou nižší než na OM-3, ale přesto tyto koncentrace ještě stále překračují imisní limit. Vysoké koncentrace CHSK se objevují od začátku května do poloviny června. Opět zde můžeme sledovat vysoké koncentrace amonných iontů na konci června a vysoké koncentrace fosforečnanů od poloviny května.

OM – 5: U Labutě

Na tomto odběrovém místě jsou kromě března nízké koncentrace rozpuštěného kyslíku a nesplňují imisní limit. Při posledním stanovení byly koncentrace rozpuštěného kyslíku dokonce jen 1,2 mg · l⁻¹. Nízké hodnoty jsou nejspíš způsobeny únikem organických látek z nedaleké benzínové pumpy. Při posledním odběru i vzhledem k nízkému průtoku byly vidět v potoce skvrny pravděpodobně od benzínu a nafty. Tyto látky vytváří na povrchu vody film, který zabraňuje pronikání vzdušného kyslíku do vody. Hodnoty BSK₅ a CHSK jsou zde nižší než na OM-4. Koncentrace BSK₅ překračují imisní limit v březnu a od poloviny května do poloviny června. Vysoké koncentrace jsou zde u CHSK na konci května a v půlce června. Také amonné ionty zde mají při posledním stanovení na konci června vysoké koncentrace a dosahují hodnoty 1,01 mg · l⁻¹. Takto vysoká koncentrace amonných iontů je nejspíše způsobena již zmíněnými špatnými kyslíkovými poměry na konci června, tomu nasvědčuje i nízká koncentrace dusičnanů ve srovnání s ostatními odběry na tomto OM. Vysoké koncentrace zde byly zjištěny také u fosforečnanů od poloviny května do poloviny června.

Hodnocení kvality vody v podélném profilu

Hodnocení kvality vody v podélném profilu jsem nedělala pro všechny ukazatele, ale pouze pro rozpuštěný kyslík, BSK₅, CHSK, amonné ionty, dusitany, dusičnany a fosforečnany.

Rozpuštěný kyslík

Nejvyšší hodnoty rozpuštěného kyslíku, můžeme sledovat na OM-1 s maximální hodnotou 19,1 mg · l⁻¹. Vysoké hodnoty rozpuštěného kyslíku jsou způsobeny fotosyntetickou aktivitou vodních organismů, které jsou zde hojně rozšířeny. Na ostatních OM jsou průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku poměrně nízké. Nejhorší situace je na OM-5, kde jsou průměrné hodnoty rozpuštěného kyslíku pod 6 mg · l⁻¹ a nejnižší hodnota je 1,2 mg · l⁻¹.

BSK₅

Průměrné hodnoty BSK₅ se v podélném profilu snižují, výjimkou je OM-3, kde jsou hodnoty o něco vyšší než na OM-2. Nejvyšších hodnot dosahují koncentrace BSK₅ na OM-1, kde je maximální koncentrace 12,75 mg · l⁻¹ a nejnižší koncentrace neklesne pod hodnotu 8,3 mg · l⁻¹. Nejnižší koncentrace jsou na OM-5, kde nejvyšší hodnota BSK₅ činí 7,45 mg · l⁻¹.

CHSK_{Mn}

Hodnoty CHSK mají v podélném profilu kolísavý průběh. Průměrné nejvyšší hodnoty CHSK jsou na OM-1. Průměrné nejnižší hodnoty jsou na OM-2 a OM-5. Maximální koncentrace CHSK je na OM-4, kde má hodnotu 33,9 mg · l⁻¹.

Fosforečnany

Průměrné koncentrace fosforečnanů jsou v podélném profilu poměrně konstantní, pokud se však podíváme na jejich maximální koncentrace, ty se v podélném profilu snižují do OM-4. Na OM-5 dochází opět k mírnému zvýšení maximálních hodnot. Nejvyšší hodnoty fosforečnanů jsou na OM-1, kde nejvyšší naměřená koncentrace je 1,3 mg · l⁻¹. Nejnižší maximální koncentrace jsou na OM-4, kde nejvyšší zjištěná koncentrace je 0,79 mg · l⁻¹.

Amonné ionty

Průměrné koncentrace amonných iontů, mají v podélném profilu kolísavý průběh. Maximální koncentrace amonných iontů se však v podélném profilu zvyšují. Nejvyšší maximální koncentrace jsou na OM-5, kde dosahují hodnoty 1,01 mg · l⁻¹. Na tomto OM můžeme také sledovat velké rozpětí koncentrací. Nejnižší koncentrace jsou na OM-1, kde nejvyšší koncentrace amonných iontů nepřesahují 0,52 mg · l⁻¹.

Dusitany

Průměrné nejnižší koncentrace dusitanů jsou na OM-3, kde nejvyšší hodnoty nepřekračují 0,34 mg · l⁻¹. Průměrné nejvyšší koncentrace a zároveň také nejvyšší maximální koncentrace 0,66 mg · l⁻¹ je na OM-5.

Dusičnany

Koncentrace dusičnanů se v podélném profilu postupně zvyšuje do OM-4. Na OM-5 můžeme sledovat pokles koncentrace dusičnanů. Průměrné nejnižší koncentrace a také celkově nejnižší koncentrace jsou na OM-1, kde nejvyšší koncentrace dosahuje hodnoty 21,18 mg · l⁻¹. Nejvyšší koncentrace jsou na OM-4 s maximální hodnotou 28,7 mg · l⁻¹.

5. 5. KVALITA VODY V KUNRATICKÉM POTOCE V LETECH 2001 - 2012

Správu Kunratického potoka zajišťuje Povodí Vltavy s. p. (úsek 0,00 – 0,05km) a Odbor ochrany prostředí Magistrátu hl. m. Prahy ve spolupráci s Lesy hl. m. Prahy (úsek 0,05 – 11km). Odběry vody zajišťuje a zpracovává středisko Vodní toky podniku Lesy hl. m. Prahy od roku 2001. V průběhu let se sledované profily na Kunratickém potoce měnily a nyní podnik Lesy hl. m. Prahy sleduje kvalitu vody jak v Kunratickém potoce, tak i v jednom z jeho přítoků.

V roce 2012 byla kvalita vody sledována na těchto profilech:

- Kunratický potok – nad Šeberákem (říční kilometr 10,7 km)
- Vestecký potok – K Šeberáku (říční kilometr 0,05 km)
- Kunratický potok – nad Dolnomlýnským rybníkem (říční kilometr 8,5 km)
- Kunratický potok – u ústí do Vltavy (říční kilometr 0,4)

Pouze na profilu Kunratický potok – u ústí do Vltavy probíhá sledování obecných, fyzikálních a chemických ukazatelů kvality vody 12x ročně, na ostatních profilech probíhá sledování kvality vody 6x ročně, proto lze na těchto profilech hodnotit podle normy ČSN 75 7221 pouze orientačně. Koncentrace těžkých kovů ve vodě Kunratického potoka jsou zjišťovány na všech profilech pouze jednou ročně.

5. 5. 1. Vývoj kvality vody v Kunratickém potoce v letech 2001 až 2012

Do hodnocení vývoje kvality vody v Kunratickém potoce od roku 2001 do roku 2012 jsem zahrнула pouze profil Kunratický potok – u ústí do Vltavy, protože jako jediný zůstal v průběhu let stejný. Tabulka č. 6 v příloze bakalářské práce ukazuje zařazení ukazatelů kvality vod do jakostních tříd dle normy ČSN 75 7221 v jednotlivých letech a v příložených grafech č. 8 až 16 jsou zobrazeny průměrné roční koncentrace vybraných ukazatelů a jejich vývoj v letech 2001 až 2012.

Na základě zařazení jednotlivých sledovaných ukazatelů kvality vod do jakostních tříd dle normy ČSN 75 7221 lze říci, že kvalita vody v Kunratickém potoce byla nejhorší v letech 2002, 2004, 2005 a 2006. V těchto letech se některé sledované ukazatele řadí až do V. třídy jakosti vod, jsou jimi celkový organický uhlík (TOC) v roce 2002, vodivost v letech 2004 a 2006 a nerozpuštěné látky v roce 2005. Velmi špatnou kvalitu vody měl Kunratický potok také v roce 2010, kdy se čtyři sledované ukazatele svými hodnotami řadily do IV. třídy jakosti vod (vodivost, nerozpuštěné látky, CHSK a celkový fosfor). Nejlepší kvalitu vody měl Kunratický

potok v roce 2012, kdy se ani jeden ze sledovaných ukazatelů neřadil do V. ani do IV. třídy jakosti vod.

Sledované období lze z hlediska kvality vody rozdělit na dvě poloviny. V první polovině sledovaného období, tedy v letech 2001 až 2006 většina ukazatelů kvality vod nabývala vyšších koncentrací, než v období let 2007 až 2012. V jednotlivých letech 2001 až 2005 byly pravidelně minimálně jednou ročně překročeny imisní limity nerozpuštěných látek, BSK₅, CHSK, TOC, amoniakálního dusíku, dusičnanového dusíku a celkového fosforu. Své imisní limity překročily v tomto období také chloridy v letech 2001, 2003 a 2004, sírany v roce 2004 a mangan a železo v roce 2005. V roce 2006 byly překročeny imisní limity u BSK₅, CHSK, amoniakálního dusíku, celkového fosforu a chloridů.

V letech 2007 a 2008 dochází ke zlepšení kvality vody v Kunratickém potoce. V těchto letech se pouze jeden z ukazatelů řadí do IV. třídy jakosti vod (v roce 2007 vodivost, v roce 2008 BSK₅). Imisní limity jsou v obou letech překročeny u BSK₅, TOC a celkového fosforu. Dále jsou překročeny imisní limity u CHSK v roce 2007.

V roce 2009 se kvalita vody mírně zhoršila ve srovnání s předchozími dvěma lety. V roce 2009 byly imisní limity překročeny u BSK₅, dusičnanového dusíku, celkového fosforu a síranů. Vysokých hodnot nabývala také vodivost, která se společně s BSK₅ řadila do IV. třídy jakosti vod. Velmi špatná kvalita vody byla v Kunratickém potoce v roce 2010, kdy se čtyři sledované ukazatele svými hodnotami řadily do IV. třídy jakosti vod, byly jimi vodivost, nerozpuštěné látky, CHSK a celkový fosfor. V tomto roce byly také překročeny imisní limity u nerozpuštěných látek, BSK₅, CHSK, TOC, amoniakálního dusíku, dusičnanového dusíku, celkového fosforu, chloridů a železa.

V letech 2011 a 2012 se kvalita vody v Kunratickém potoce opět zlepšuje. V roce 2011 se do IV. třídy jakosti vod řadí už jen vodivost a imisní limit překračuje BSK₅, CHSK, dusičnanový dusík a celkový fosfor. V roce 2012 se ukazatele kvality vod řadí nanejvýš do III. třídy jakosti vod. Imisní limity jsou v roce 2012 překročeny u BSK₅, CHSK, TOC a celkového fosforu. Celková kvalita vody se v letech 2011 a 2012 sice zlepšuje, ale u některých ukazatelů dochází ke zhoršení a to hlavně u kyslíkových ukazatelů v roce 2012. Nízké koncentrace měl rozpuštěný kyslík, který se poprvé za sledované období řadí do III. třídy jakosti vod. Průměrné roční koncentrace BSK₅ a CHSK mají v roce 2012 druhé nejvyšší hodnoty za celé sledované období. Naopak ke zlepšení dochází v roce 2012 u koncentrací amoniakálního dusíku a dusičnanového dusíku. Průměrné roční koncentrace obou ukazatelů jsou v tomto roce nejnižší za celé sledované období a dusičnanový dusík se poprvé za sledované období řadí do I. třídy jakosti vod.

5. 5. 2. Kvalita vody v Kunratickém potoce v roce 2012

Koncentrace sledovaných ukazatelů kvality vod v roce 2012 na jednotlivých profilech jsou zobrazeny v tabulkách č. 7 až 10 a v tabulce č. 26 v příloze bakalářské práce. Roční průběh koncentrací vybraných ukazatelů v profilech Kunratického potoka je graficky znázorněn v grafech č 17 až 25.

Kunratický potok – nad Šeberákem

V tomto profilu jsou nejhrošími ukazateli kvality vody nerozpuštěné látky a kyslíkové ukazatele. Nejvyšší koncentrace nerozpuštěných látek byly zjištěny v březnu a v červenci, kdy překročily imisní limit. Koncentrace rozpuštěného kyslíku byly ve sledovaných měsících od května do konce roku velmi nízké a nesplnily imisní limit. Koncentrace BSK₅ byly nejvyšší v lednu a v září, kdy překročily imisní limit. Koncentrace CHSK byla nejvyšší v září a překročila imisní limit. Zvýšené koncentrace se zde objevily také u manganu v květnu a v září.

Vestecký potok – K Šeberáku

Ve Vesteckém potoce patří mezi problematické ukazatele kvality vody nerozpuštěné látky, BSK₅, CHSK, amoniakální dusík a celkový fosfor. Koncentrace nerozpuštěných látek a CHSK zde dosahovaly nejvyšších hodnot od března do září, kdy překračovaly imisní limity. Hodnoty BSK₅ zde překračovaly imisní limit od ledna do května a také v listopadu. Amoniakální dusík zde měl nejvyšší koncentrace v lednu a květnu. V lednu překročil svůj imisní limit dokonce více než 20x a v květnu 3x. V ostatních sledovaných měsících jsou koncentrace amoniakálního dusíku nízké a nepřesahují hodnotu 0,2 mg · l⁻¹. Vysoké koncentrace celkového fosforu zde byly od března do konce roku a překračovaly imisní limit. Imisní limit zde byl mírně překročen u TOC v březnu a květnu. Nízké koncentrace zde měl rozpuštěný kyslík v květnu a červenci.

Kunratický potok – nad Dolnomlýnským rybníkem

V tomto profilu je kvalita vody nejhroší ze všech sledovaných profilů na Kunratickém potoce. Vysokých koncentrací zde dosahuje BSK₅, CHSK, TOC a celkový fosfor. Hodnoty BSK₅ a CHSK zde překračovaly imisní limity v každém sledovaném měsíci kromě září. Velmi vysoké koncentrace TOC jsou zde v březnu, kdy je překročen imisní limit. Imisní limit je pro TOC mírně překročen také v květnu a září. Koncentrace celkového fosforu přesahovaly imisní limit od března v každém ze sledovaných měsíců. Vysoké koncentrace se objevily také u nerozpuštěných látek v březnu, kdy překročily imisní limit.

Kunratický potok – u ústí do Vltavy

V tomto profilu je nejhorším ukazatelem kvality vody BSK₅, CHSK a celkový fosfor. Tyto ukazatele se zde společně s vodivostí, rozpuštěným kyslíkem, TOC a sírany řadí do III. třídy jakosti vod. Koncentrace BSK₅ překračují imisní limit od února do dubna, v září a říjnu. Koncentrace CHSK překračují imisní limit v březnu a dubnu. Celkový fosfor dosahuje svých nejvyšších koncentrací od dubna do srpna a také překračuje imisní limit. Koncentrace TOC mírně překročily imisní limit v březnu. Nízké koncentrace zde měl rozpuštěný kyslík v letních měsících. Do II. třídy jakosti vod se zde řadí chloridy a mangan. Další sledované ukazatele se řadí do I. třídy jakosti vod.

Těžké kovy

Při sledování těžkých kovů ve vodě všech profilů Kunratického potoka, nebyly koncentrace kovů vysoké (viz tabulku č. 26). Těžké kovy však patří k těm látkám, které ve vodním prostředí neochotně zůstávají v kapalně fázi a upřednostňují vazbu do pevné matrice. Proto je důležité monitorovat také jejich koncentrace ve dnovém sedimentu (Komínková, 2009).

5. 6. TĚŽKÉ KOVY V SEDIMENTU KUNRATICKEHO POTOKA

Sediment Kunratického potoka je velmi silně zatížen vysokými koncentracemi kadmia, a to hlavně v horních částech toku. Vysoké koncentrace kadmia pravděpodobně souvisí s dlouhou historií zpracování drahých kovů v okolí obce Vestec od roku 1950. Sediment Kunratického potoka je také středně zatížen mědí, zinkem a olovem, které si v podélném profilu potoka zachovávají poměrně stálé koncentrace (Benešová, 2009).

6. OSTATNÍ PRAŽSKÉ POTOKY A JEJICH KVALITA VOD

V této kapitole se zabývám dalšími významnými potoky v Praze, jimiž jsou Rokytka, Botič, Litovicko-Šárecký potok a Dalejský potok.

Ve všech těchto potocích zajišťuje pravidelné monitorování kvality vod středisko Vodní toky podniku Lesy hl. m. Prahy. V každém z těchto potoků jsou sledovány 4 profily, výjimkou je Dalejský potok, na kterém se sledují pouze 3 profily. Profil u ústí do Vltavy je ve všech potocích sledován 12x ročně, ostatní profily jsou sledovány 6x ročně, proto je lze hodnotit podle normy ČSN 75 7221 pouze orientačně. Těžké kovy jsou monitorovány na všech profilech jednou ročně.

Na základě monitorování potoků Lesy hl. m. Prahy za rok 2012, hodnotím kvalitu vody v těchto potocích. Koncentrace sledovaných ukazatelů kvality vod v roce 2012 na jednotlivých profilech potoků jsou zobrazeny v příloze bakalářské práce v tabulkách č. 11 až 25 a 27 až 30.

6. 1. ROKYTKA

Rokytka pramení jihovýchodně od Říčán ve výšce 453 m.n.m. Postupně protéká jihovýchodní a východní částí Prahy a ve 182 m.n.m. ústí zprava do Vltavy v Praze Libni. Celková délka toku činí 36,2 km a celková plocha povodí je 139,98 km². Horní část povodí má přirozený charakter tvořený loukami a lesními porosty. Dolní povodí je z velké části urbanizováno, jen těsně podél Rokytky je úzký pás vegetace. Průměrný průtok u ústí do Vltavy je 0,39 m³ · s⁻¹. Rokytka má 11 přítoků, z nichž nejvýznamnějšími jsou Říčanský potok, Běchovický potok, Svěprávnický potok a Štěrboholský potok. Na potoku Rokytky a jeho přítocích je situováno mnoho vodních nádrží a rybníků (Čermáková, 2000).

6. 1. 1. Kvalita vody v Rokytce

Sledované profily:

- Rokytka – před soutokem s Říčanským potokem (říční kilometr 19,8)
- Rokytka – pod Počernickým rybníkem (říční kilometr 15,7)
- Rokytka – pod suchým poldrem Čihadla (říční kilometr 13,0)
- Rokytka – u ústí do Vltavy (říční kilometr 1,2)

Nejlepší kvalitu vody měla Rokytka před soutokem s Říčanským potokem, kde byly pro všechny ukazatele splněny imisní limity. Nejhorší kvalita vody byla v profilu pod Počernickým rybníkem.

Mezi problémové ukazatele v potoce Rokytka patří hlavně nerozpuštěné látky, kyslíkové ukazatele a celkový fosfor. Nerozpuštěné látky mají vysoké koncentrace hlavně pod Počernickým rybníkem a pod suchým poldrem Čihadla, kde několikrát překročily imisní limit a řadí se zde do IV. třídy jakosti vod. Koncentrace kyslíku koncem jara a v létě byly velmi nízké, řadí se do III. třídy jakosti vod a ve dvou profilech v červenci nesplnily imisní limit. BSK₅ a CHSK se v Rokytce řadí do III. až IV. třídy jakosti vod. Imisní limity byly u BSK₅ překročeny ve dvou a u CHSK ve třech sledovaných profilech. Celkový fosfor se v Rokytce řadí do III. až IV. třídy jakosti vod a jeho imisní limity jsou překračovány na třech sledovaných profilech.

Imisní limit zde byl také překračován u amoniakálního dusíku v profilu pod Počernickým rybníkem od března do července a u ústí do Vltavy v únoru. Dusičnanový dusík překročil imisní limit pouze v září pod suchým poldrem Čihadla. Amoniakální dusík a dusičnanový dusík se v Rokytce řadí do II. až III. třídy jakosti vod. TOC a sírany se v Rokytce řadí do III. třídy jakosti vod. Mangan a železo nabývaly nejvyšších koncentrací v profilech pod Počernickým rybníkem a pod suchým poldrem Čihadla, kde se řadí až do III. třídy jakosti vod. V jiných profilech se mangan řadí do II. třídy jakosti vod a železo do I. třídy jakosti vod. Ostatní sledované ukazatele se v Rokytce řadí do I. nebo II. třídy jakosti vod.

Nejvyšší koncentrace těžkých kovů byly zjištěny pod Počernickým rybníkem. Vysoké koncentrace se zde objevují hlavně u mědi, ale nepřesahují imisní limit.

6. 1. 2. Těžké kovy v sedimentu Rokytky

V podélném profilu dochází ke zvyšování těžkých kovů v sedimentu Rokytky. Velmi silně je Rokytka zatížena kadmíem a olovem. Dále se zde vyskytují vysoké koncentrace mědi a zinku, u kterých je zatížení sedimentu střední až silné (Benešová, 2009) a vysoké koncentrace arzenu (Benešová, 2003).

6. 2. BOTIČ

Botič pramení asi 1 km severovýchodně od Křižického Újezdce pod lesem Okrouhlík v nadmořské výšce 478 m. n. m. Teče západním směrem a u železničního mostu pod Vyšehradem ústí Botič zprava do Vltavy v nadmořské výšce 186 m. Délka celého toku je 33,4 km a plocha povodí činí 134, 8 km². Průměrný průtok u ústí do Vltavy je 0,44 m³ · s⁻¹. Tok má přirozené koryto až do poslední části toku v délce 6,4 km, odkud je již souvisle upraveno. Mezi jeho nejvýznamnější přítoky patří Jesenický potok, Dobřejovický potok, Pitkovický potok a Milíčovský potok. Na Botiči je situováno několik rybníků a nádrží, z nichž nejvýznamnější je nádrž Hostivař (Uhlířová, 1999).

6. 2. 1. Kvalita vody v Botiči

Profily sledování:

- Botič – před soutokem s Pitkovickým potokem (říční kilometr 17,6)
- Botič – nad Hostivařskou přehradou (říční kilometr 15,2)
- Botič – pod Hostivařskou přehradou (říční kilometr 12,0)
- Botič – u ústí do Vltavy (říční kilometr 0,9)

Kvalita vody v Botiči má v podélném profilu kolísavý průběh. Celkově nejlepší kvalitu vody má Botič pod Hostivařskou přehradou a nejhorší u ústí do Vltavy.

Nejhorším ukazatelem kvality vody v Botiči je celkový fosfor, který se zde řadí do III. až IV. třídy jakosti vod a jeho koncentrace na všech profilech překračují imisní limit přípustného znečištění.

Vodivost se zde řadí do III. třídy jakosti vod. Koncentrace nerozpuštěných látek se v podélném profilu Botiče zvyšují a u ústí do Vltavy se řadí až do IV. třídy jakosti vod. Koncentrace nerozpuštěných látek minimálně jednou ročně překračují imisní limit na všech sledovaných profilech. Nízké koncentrace můžeme sledovat u rozpuštěného kyslíku v letních měsících, díky kterým se řadí do III. třídy jakosti vod. BSK₅ a CHSK se v Botiči také řadí do III. třídy jakosti vod a překračují své imisní limity pouze výjimečně. TOC se zde řadí do II. až III. třídy jakosti vod a imisní limit překračuje pouze v září v profilu ústí do Vltavy. Nízké koncentrace zde mají amoniakální dusík (I. třída jakosti vod) a dusičnanový dusík (II. třída jakosti vod). Dusičnanový dusík překračuje pouze mírně imisní limit v únoru u ústí do Vltavy. Koncentrace železa se v podélném profilu zvyšují a řadí se do II. až III. třídy jakosti vod. Ostatní sledované ukazatele kvality vod se zde řadí do I. a II. třídy jakosti vod.

Nejvyšší koncentrace těžkých kovů byly zjištěny v profilu u ústí do Vltavy, ale nepřekračují imisní limit přípustného znečištění.

6. 2. 2. Těžké kovy v sedimentu Botiče

Koncentrace těžkých kovů v sedimentu Botiče se v podélném profilu zvyšují. Nejhorší koncentrace jsou v dolní části toku, kde je Botič silně zatížen vysokými koncentracemi olova, zinku a kadmia a středně zatížen mědí (Benešová, 2009).

6. 3. LITOVICKO – ŠÁRECKÝ POTOK

Litovicko-Šárecký potok pramení v polích západně od obce Chýně v nadmořské výšce 380 m. n. m. Teče východním směrem a zleva ústí do Vltavy v Praze-Podbabě. Délka toku činí 23,43 km a jeho povodí zaujímá plochu 62,93 km². Koryto je na území Prahy převážně upraveno a odtok z povodí je ovlivněn městskou zástavbou. Průměrný roční průtok u ústí do Vltavy je 0,14 m³ · s⁻¹. Hlavními přítoky Litovicko-Šáreckého potoka jsou Jenečský potok, Nebušický potok, Zličínský potok a potok Housle. Na Litovicko-Šáreckém potoce je situováno několik nádrží a rybníků, z nichž nejvýznamnější jsou nádrž Jiviny, Džbán, Strnad a Vokovický rybník (Hřebíková 2007).

6. 3. 1. Kvalita vody v Litovicko – Šáreckém potoce

Sledované profily:

- Litovický potok – nad Strnadem (říční kilometr 15,1)
- Litovicko-Šárecký potok – pod Džbánem (říční kilometr 9,3)
- Šárecký potok – K Dubovému mlýnu (říční kilometr 4,4)
- Šárecký potok – u ústí do Vltavy (říční kilometr 0,2)

Nejhorší kvalita vody je v profilu nad Strnadem, kde osm sledovaných ukazatelů minimálně jednou nesplnilo imisní limity. Nejlepší kvalitu vody má Litovicko – Šárecký potok v profilu u ústí do Vltavy.

Mezi problematické ukazatele kvality vody v tomto potoce patří hlavně kyslíkové ukazatele a celkový fosfor. Nízkých koncentrací dosahuje rozpuštěný kyslík hlavně v letních měsících a řadí se zde do III. třídy jakosti vod. V profilu nad Strnadem koncentrace rozpuštěného kyslíku nesplnily v červenci a září imisní limit. Koncentrace BSK₅ a CHSK byly nejvyšší v první polovině roku a řadí se do III. až IV. třídy jakosti vod. Koncentrace BSK₅ a CHSK minimálně v jednom měsíci překračují imisní limit na každém ze sledovaných profilů. Koncentrace celkového fosforu se zde řadí do III. až IV. třídy jakosti vod a překračují imisní limit ve všech profilech. Nejvyšších koncentrací dosahuje celkový fosfor v profilu nad Strnadem, kde v každém ze sledovaných měsíců překračuje minimálně 3x svůj imisní limit.

Nerozpuštěné látky se řadí v Litovicko-Šáreckém potoce do II. třídy jakosti vod, přesto jejich nejvyšší koncentrace spadají na některých profilech až do IV. a V. třídy jakosti vod a překračují imisní limit. Velmi vysoké koncentrace měl amoniakální dusík v profilu nad Strnadem, kde překročil imisní limit ve všech sledovaných měsících kromě září a řadí se zde do IV. třídy jakosti vod. V dalších profilech se koncentrace amoniakálního dusíku snižují a u ústí do

Vltavy se řadí do I. třídy jakosti vod. Dusičnanový dusík se řadí do II. až III. třídy jakosti vod. Dusičnanový dusík měl nejvyšší koncentrace v zimních měsících a imisní limit překročily v profilu nad Strnadem v lednu a k Dubovému mlýnu v prosinci. TOC se řadí do III. třídy jakosti vod a také překročil imisní limit na dvou profilech v lednu. Mangan se zde řadí do II. a III. třídy jakosti vod. Vysokou koncentraci měl mangan v profilu k Dubovému mlýnu, kde v květnu překročil imisní limit. Do III. třídy jakosti vod se řadí také vodivost a sírany. Ostatní ukazatele se zde řadí do I. a II. třídy jakosti vod.

Koncentrace těžkých kovů ve vodě Litovicko-Šáreckého potoka nebyly příliš vysoké. Zvýšené koncentrace byly zjištěny u arsenu v profilu nad Strnadem, ale všechny sledované kovy splňovali imisní limit.

6. 3. 2 Těžké kovy v sedimentu Litovicko-Šáreckého potoka

Koncentrace těžkých kovů se v podélném profilu Litovicko-Šáreckého potoka snižují, nebo mají konstantní koncentrace. Jedinou výjimkou je kadmium, jehož koncentrace v podélném profilu rostou. Sediment Litovicko-Šáreckého potoka je zatížen hlavně zinkem, olovem, mědí a rtutí (Hřebíková 2007).

6. 4. DALEJSKÝ POTOK

Dalejský potok pramení v Chrástanech ve výšce 384 m. n. m. a ústí zleva do Vltavy v Hlubočepch ve 187 m. n. m. Délka toku je 13,5 km a plocha povodí činí 36,8 km³. Průměrný průtok u ústí do Vltavy je 0,05 m³ · s⁻¹. Dalejský potok má částečně zachovaný přírodní charakter, ale na mnohých místech je opevněn. Největšími přítoky Dalejského potoka jsou Prokopský potok a Jinočanský potok (Buchal, 2001).

6. 4. 1. Kvalita vody v Dalejském potoce

Sledované profily:

- Dalejský potok – konec ulice Ve Výrech (10,4)
- Dalejský potok – K Třebonicům (říční kilometr 9,9)
- Dalejský potok – u ústí do Vltavy (říční kilometr 0,2)

Kvalita vody je v jednotlivých sledovaných profilech Dalejského potoka přibližně stejná. U některých ukazatelů dochází v jednotlivých profilech k postupnému snižování koncentrací, u některých ukazatelů naopak k postupnému zvyšování koncentrací.

Mezi nejhorší ukazatele kvality vody v Dalejském potoce patří vodivost celkový fosfor a sírany. Vodivost se v Dalejském potoce řadí do IV. třídy jakosti vod a jen výjimečně její hodnoty klesají pod $100 \text{ mS} \cdot \text{m}^{-1}$. Celkový fosfor se v Dalejském potoce řadí do III. třídy jakosti vod. Koncentrace celkového fosforu překročily imisní limit v květnu v prvních dvou profilech a v profilu u ústí do Vltavy překračovaly koncentrace fosforu imisní limit ve všech měsících kromě dubna a prosince. Sírany v Dalejském potoce sice nepřekračují imisní limit, ale jejich koncentrace se v prvních dvou profilech řadí do IV. třídy jakosti vod.

Koncentrace BSK_5 se zde řadí do II. až III. třídy jakosti vod a jejich koncentrace se v podélném profilu snižují. Koncentrace CHSK se v Dalejském potoce řadí do III. třídy jakosti vod a na prvních dvou profilech překračují imisní limit v lednu a u ústí do Vltavy v červenci. Amoniakální a dusičnanový dusík se řadí do II. až III. třídy jakosti vod. Vysokých koncentrací nabývá amoniakální dusík v prvních třech měsících a na všech profilech minimálně jednou ve sledovaném období překračuje imisní limit. Dusičnanový dusík překračuje imisní limit pouze v říjnu v profilu u ústí do Vltavy. Vysoké koncentrace se v Dalejském potoce objevují u vápníku, který se řadí do II. až III. třídy jakosti vod. Ostatní sledované ukazatele se zde řadí do I. a II. třídy jakosti vod. Za zmínku stojí nerozpuštěné látky, jejichž koncentrace jsou zde ve srovnání s ostatními potoky velmi uspokojivé a řadí se do I. třídy jakosti vod.

Koncentrace těžkých kovů ve vodě Dalejského potoka byly v každém ze sledovaných profilů nízké.

6. 4. 2. Těžké kovy v sedimentu Dalejského potoka

Koncentrace většiny těžkých kovů jsou v sedimentu Dalejského potoka nejvyšší v jeho střední části. Dalejský potok je zatížen kadmíem a arzenem (Benešová, 2003).

7. DISKUZE

Cílem práce je, jak již bylo uvedeno, zhodnocení kvality vody v pražských potocích, se zvláštním zřetelem na Kunratický potok.

Kvalita vody v Kunratickém potoce je hodnocena jednak z vlastních výsledků monitoringu, tak z převzatých výsledů (Vodní toky podniku Lesy hl. m. Prahy).

Vzhledem k tomu, že organické látky a sloučeniny dusíku a fosforu mohou pocházet z různých zdrojů, je obtížné stanovit, jaký zdroj se na znečištění podílí více. Z výsledků je ale zřejmé, že tyto zdroje mají vliv na kvalitu vod ve sledovaných potocích.

Z dokumentů střediska Vodní toky podniku Lesy hl. m. Prahy a z mého stanovení vyplývá, že v Kunratickém potoce jsou problematické hlavně hodnoty BSK₅, CHSK a sloučenin fosforu. Nejvyšší koncentrace BSK₅ a CHSK se objevují v profilu nad Dolnomlýnským rybníkem na jaře a v létě, což může být způsobeno zvýšenou biologickou produktivitou vod v tomto období, která je podpořena vysokým množstvím živin (sloučenin fosforu a dusíku). Během vlastních analýz vody Kunratického potoka jsem zjistila, že se na třech odběrových místech od začátku května do konce června postupně zvyšují hodnoty BSK₅ a CHSK, což také svědčí o možném vlivu biologické produktivity vod na množství organických látek v toku. Vysoké koncentrace BSK₅ a CHSK mohou být v letních měsících způsobeny také nízkými průtoky, kdy mají zdroje organických látek větší vliv na kvalitu vody, kvůli nízkému ředění těchto látek v toku. Nejvyšší koncentrace celkového fosforu byly v Kunratickém potoce zjištěny opět v profilu nad Dolnomlýnským rybníkem na jaře a v létě.

Pokud porovnáme koncentrace BSK₅, CHSK, TOC a celkového fosforu na jednotlivých profilech Kunratického potoka sledovaných Lesy hl. m. Prahy zjišťujeme, že v profilu nad Dolnomlýnským rybníkem dochází k výraznému vzrůstu koncentrací těchto ukazatelů oproti předchozímu profilu před Šeberákem. Vliv na koncentrace BSK₅, CHSK, TOC a celkového fosforu v profilu nad Dolnomlýnským rybníkem může mít Vestecký potok, kde se také objevují vysoké koncentrace těchto ukazatelů. Vestecký potok přijímá odtok z ČOV Vestec a také další malé odtoky z domovních ČOV, septiků a žump, navíc se v jeho okolí provozuje zemědělská činnost. Všechny uvedené zdroje znečištění mají vzhledem ke zjištěným hodnotám daných ukazatelů velký vliv na kvalitu vody ve Vesteckém potoce. Vestecký potok přitéká do rybníka Šeberák mezi profily nad Šeberákem a nad Dolnomlýnským rybníkem a může tedy ovlivňovat kvalitu vody v Kunratickém potoce. K výraznému zhoršení koncentrací BSK₅, CHSK, TOC a celkového fosforu nad Dolnomlýnským rybníkem mohou přispívat také rybníky Šeberák a Hornomlýnský rybník. Tyto rybníky jsou značně eutrofizované a mohou Kunratický potok zásobovat organickými látkami díky již zmíněné vysoké biologické produktivitě. Rybníky mohou být také zdrojem fosforu, který se může uvolňovat ze sedimentů u dna rybníků.

Kvalita vody v Kunratickém potoce je sledována lesy hl. m. Prahy od roku 2001. Vysoké hodnoty koncentrací se po celé sledované období objevují u BSK₅, CHSK a celkového fosforu. V období let 2001 až 2012 můžeme sledovat pokles koncentrací u nerozpuštěných látek, TOC, amoniakálního dusíku, chloridů a vodivosti. Koncentrace chloridů mají velký vliv na hodnoty vodivosti. Chloridy a vodivost dosahují nejvyšších hodnot vždy v zimních měsících, což bylo způsobeno solením silnic v zimě. Je uspokojivé, že se v letech 2007 až 2009, 2011 a 2012 solení silnic v zimě příliš neprojevovalo na hodnotách chloridů a vodivosti v Kunratickém potoce. Ke zhoršení ve sledovaném období dochází u koncentrací rozpuštěného kyslíku od roku 2010.

Při porovnání svých stanovení v Kunratickém potoce s historickými údaji z let 1958, 1960 a 1966 (Říha, 1958; Zapletal, 1960; Maštalíř, 1966) ze stejných ročních období, zjišťují, že ke vzrůstu koncentrací došlo u BSK₅, CHSK a mírně také u dusitanů. Při svých stanoveních byly také vyšší koncentrace dusičnanů na OM-1 a OM-5, u dalších odběrových míst došlo k poklesu koncentrací dusičnanů. K výraznému zlepšení dochází u koncentrací fosforečnanů při mém stanovení na OM-1 a OM-5, kde nejvyšší koncentrace dříve přesahovaly až 2,5 mg · l⁻¹. Výrazně lepší jsou také koncentrace chloridů na OM-3. U ostatních ukazatelů kvality vod zůstávají koncentrace přibližně stejné.

Na Kunratickém potoce je situováno několik rybníků. Zvláštní pozornost patří rybníku Labuť, který byl vytvořen na okraji Kunratického lesa a může mít vzhledem ke své vysoké eutrofizaci vliv na kvalitu vody v Kunratickém potoce. První zmínky o existenci rybníka sahají až do 18. století. V roce 1960 bylo postaveno betonové opevnění břehů rybníka a rybník byl upraven jako boční (tedy obtékaná) nádrž napájená vodou z Kunratického potoka. V dalších letech proběhlo několik dalších úprav, z nichž největší význam mělo zanesení rybníka cca 3 000 m³ sedimentu v roce 2008, což částečně způsobilo i zhoršenou kvalitu vody. V rámci následné revitalizace rybníka bylo provedeno celkové odbahnění, kdy část sedimentu byla odvezena a část použita na vymodelování mělčin, které byly osázeny mokřadními rostlinami. Tyto mělčiny jsou důležité pro hnízdění ptáků a rozmnožování obojživelníků. Podemleté břehy rybníka byly opraveny pomocí velkých balvanů umístěných do břehu, betonové opevnění nad hladinou bylo nahrazeno kamennou dlažbou a bylo vybudováno nové napouštěcí zařízení z kamenného zdiva. Z přírodního hlediska je rybník Labuť ekologicky podprůměrnou vodní plochou. Rybník je ze všech čtyř stran zastíněn porosty vzrostlých olší a břehy jsou silně devastovány velkým množstvím kachen, které se na rybník stahují díky pravidelnému krmení. Na rybníce se nevyskytují žádné zajímavé rostliny ani zvířata.

U ostatních sledovaných pražských potoků, jsou stejně jako u Kunratického potoka problematické ukazatele CHSK, BSK₅ a sloučenin fosforu. Botič a Dalejský potok mají ve srovnání s ostatními potoky nejlepší kvalitu vod. Naopak nejhorší kvalita vody je v Litovicko-Šáreckém potoce.

Těžké kovy se ve vodě pražských potoků vyskytují v nízkých koncentracích. Tyto kovy však mají vysoké koncentrace v sedimentech potoků, které se při změně podmínek (např. změně pH, salinity, redoxního potenciálu), mohou uvolnit do vody. Vysoké koncentrace těžkých kovů v sedimentu značí vliv dešťových vod na tyto potoky. Obecně jsou pražské potoky nejvíce zatíženy kadmíem a olovem.

Pro lepší představu o kvalitě pražských potoků v porovnání s potoky jiných států EU, zde uvádím pár příkladů:

Potok Gliscica protéká východní částí Lublaně ve Slovinsku. Na tomto potoce byly sledovány koncentrace rozpuštěného kyslíku, amoniakálního dusíku a dusičnanového dusíku. V potoce Gliscica byly dobré kyslíkové poměry a na některých místech docházelo k přesycení vody kyslíkem. Také zde byly zjištěny zvýšené koncentrace dusičnanového dusíku (Brilly 2006). Pražské potoky mají ve srovnání s potokem Gliscica vyšší koncentrace amoniakálního dusíku. Koncentrace dusičnanového dusíku jsou v pražských potocích podobné jako v potoce Gliscica a v Kunratickém potoce dokonce nižší.

Potok Rákos protéká severní částí Budapeště v Maďarsku. Nejhoršími ukazateli v tomto potoce jsou vodivost, amoniakální a dusičnanový dusík a celkový fosfor (Halász, 2007). Když porovnáme jednotlivé ukazatele kvality vod v potoku Rákos s pražskými potoky, zjišťujeme, že koncentrace amoniakálního dusíku, dusičnanového dusíku a celkového fosforu jsou v pražských potocích nižší. Hodnoty vodivosti jsou také nižší v pražských potocích, kromě Dalejského potoka, ve kterém byly zjištěny podobné hodnoty vodivosti jako v potoce Rákos. Výrazně vyšší koncentrace mají pražské potoky u hodnot CHSK. Vyšší koncentrace se v některých pražských potocích objevují také u síranů, vyjma Botiče a Kunratického potoka, kde jsou koncentrace síranů přibližně stejné.

Potoky regionálního parku Appia Antika v jižním předměstí Říma. Potoky se velmi liší v koncentracích jednotlivých ukazatelů. Vysoké koncentrace byly zjištěny u CHSK, dusičnanů a celkového fosforu na polovině odběrových míst a tyto koncentrace překračují italské právní normy. Na některých místech jsou také velmi vysoké koncentrace amonných iontů (Mancini et. al, 2004). Při porovnání koncentrací celkového fosforu mají pražské potoky stejné, nebo nižší koncentrace. Koncentrace CHSK jsou v pražských potocích podobné jako v potocích Říma.

Potok Charlton Brook v Sheffieldu v Anglii. Byly zde sledovány ukazatele BSK₅, CHSK, amoniakálního dusíku a také těžkých kovů. Vysokých koncentrací zde nabývaly ukazatele CHSK a amoniakálního dusíku. V sedimentu Charlton Brook byly také zjištěny zvýšené koncentrace některých kovů, hlavně kadmia a hliníku (Robson, 2006). Pražské potoky mají ve srovnání s potokem Charlton Brook vyšší koncentrace BSK₅ a CHSK. Koncentrace amoniakálního dusíku jsou v pražských potocích podobné.

Z výše uvedených informací vyplývá, že znečištění typické pro pražské potoky se vyskytuje i v jiných urbanizovaných oblastech států EU, pražské potoky jsou však většinou více zatíženy organickými látkami ve srovnání s ostatními evropskými potoky.

8. ZÁVĚR

Kunratický potok je dlouhodobě a téměř po celé délce toku zatížen celkovým fosforem. Hlavními zdroji fosforu jsou zemědělská hnojiva a odpadní vody vypouštěné do toku. Problematickými ukazateli vod jsou zde také organické látky, vyjádřené jako BSK₅ a CHSK. Hlavním zdrojem organických látek jsou odpadní vody. Na jednotlivých profilech Kunratického potoka byly několikrát zjištěny vysoké koncentrace chloroformu a trichlorethylenu (TCE). V obou případech jde o velmi nebezpečné chemické sloučeniny, jejichž obsah by měl být pravidelně sledován.

Ostatní sledované pražské potoky, jsou stejně jako Kunratický potok nejvíce znečištěny především sloučeninami fosforu a organickými látkami.

Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem, navrhuji tyto nápravná opatření pro zlepšení kvality vod v pražských potocích:

- Snižovat a monitorovat množství hnojiv používaných v zemědělsky obdělávaných oblastech.
- Zamezit vypouštění odpadních vod důsledným odkanalizováním sídel, výstavbou nových ČOV a intenzifikací stávajících ČOV.
- Lokalizace, zdokumentování a postihy černých kanalizačních přípojek.
- Zachovat pravidelný monitoring kvality vod a rozšířit ho o monitorování sedimentu v potocích

9. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- Anonym (2000):** Povodňový plán městské části Praha – Kunratice, 23s.
- Almeida, M., C., Butler, D., Friedler, E., (1999):** At-source domestic wastewater quality, *Urban water*, 1, 49-55s.
- Aryal, R., Vigneswarm, S., Kandasamy, J., Naidu, R. (2010):** Urban stormwater quality and treatment, *Korean journal of chemical engineering*, 27, 1343-1359s.
- Benešová, L., Hnat'uková, P., Komínková, D. (2009):** Impact of urban drainage on metal distribution in sediment of urban streams, *Water science & technology*, 59, 1237-1246s.
- Benešová, L., Komínková, D., Pivokonský, M. (2003):** Organické látky a těžké kovy v sedimentech potoků a nádrží pražské aglomerace, *Zborník prednášok z konferencie so zahraničnou účasťou: Sedimenty vodních tokov a nádrží*, vydavatelství SVHS ZSVTS, 171-182s.
- Brilly, M., Rusjan, S., Vidmar, A. (2006):** Monitoring the impact of urbanisation on the Glincica stream *Physics and Chemistry of the Earth*, 31, 1089–1096s.
- Buchal, R. (2001):** Hodnocení kvality Dalejského potoka, ÚŽP PřF UK, Praha
- Camargo, J., A., Alonso, A., Salamanca, A. (2005):** Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates, *Chemosphere*, 58, 1255-1267s.
- Carpenter, S., R., Caraco, N., F., Corell, D., L., Howarth, R., W., Sharpley, A., N., Smith, V., H. (1998):** Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen, *Ecological applications*, 8, 559-568s.
- Cotman, M., Droic, A., Končan, J.Z. (2001):** Study of impacts of treated wastewater to the Krka River, Slovenia. *Water Science Technology*, 44, 47-54s.
- Cotman, M., Droic, A., Končan J., Z. (2008):** Assessment of Pollution Loads from Point and Diffuse Sources in Small River Basin: Case Study Ljubljana River, *Environmental Forensics*, 9, 246-251s.
- Čermáková, Z. (2000):** sledování kvality vody v Rokytce, ÚŽP PřF UK, Praha
- Driscoll, C., T. (2008):** Ecological Effects of Acidic Deposition, *Encyclopedia of Ecology*, 1012-1019s.
- Edwards, A.,C., Withers P., J., A., (2008):** Transport and delivery of suspended solids, nitrogen and phosphorus from various sources to freshwaters in the UK, *Journal of Hydrology*, 350, 144-153s.
- Grünvald, A. (1993):** *Hydrochemie*, vydavatelství ČVÚT, Praha, 176s.

- Halász, G., et al. (2007):** Application of EU Water Framework Directive for monitoring of small water catchment areas in Hungary, II. Preliminary study for establishment of surveillance monitoring system for moderately loaded (rural) and heavily loaded (urban) catchment areas, *Microchemical Journal*, 85, 72 –79
- Hrabovská, M., Hlavínek, P. (2009):** Problematika nakládání s dešťovými vodami z komunikací, *Vodní hospodářství* 59, Příloha Čistírenské listy, 7s.
- Hřebíková, M. (2007):** Kvalita vody ve vybraných malých povodích: Litovicko-Šárecký potok, ÚŽP PřF UK, Praha
- Chebbo, G., Gromaire, M., C., Ahyerre, M., Garnaud, S. (2001):** Production and transport of urban wet weather pollution in combined sewer systems: the “Marais” experimental urban catchment in Paris, *Urban Water*, 3, 3-15s.
- Jánošková, G. (2004):** Sledování kvality vody v povodí Kunratického potoka, ÚŽP PřF UK, Praha, 96s.
- Komínková, D., (2006):** Vliv městského odvodnění na bioakumulaci těžkých kovů, Habilitační práce, ČVUT, FS, Katedra zdravotního inženýrství, Praha
- Komínková, D., Nábělková, J. (2009):** Těžké kovy v drobných městských tocích a jejich význam, *Vodní hospodářství* 59, 217 – 220s.
- Lellák, J., Kubiček, F., (1991):** Hydrobiologie, vydavatelství Karolinum, Praha, 257s.
- Malqvist, B., Rundle, S. (2002):** Threats to the running water ecosystems of the World, *Environmental Conservation*, 29, 134-153s.
- Mancini, L., et. al (2004):** Freshwater quality in urban areas: a case study from Rome, Italy, *Microchemical Journal*, 79, 177– 183s.
- Marsalek, J. (2003):** Road salts in urban stormwater: an emerging issue in stormwater management in cold climates, *Water Science and technology*, 48, 61-70s
- Maštaliř, M., (1966):** Kvalita vody v koupalištích – přehled chemických ukazatelů – průběžná zpráva, Hydroprojekt, Praha
- Menz F., C., Seip, H., M. (2004):** Acid rain in Europe and the United States: an update, *Environmental Science & Policy*, 7, 253–265s.
- Mouri, G., Takizawa, S., Oki, T., (2011):** Spatial and temporal variation in nutrient parameters in stream water in a rural-urban catchment, Shikoku, Japan: Effects of land cover and human impact, *Journal of Environmental Management* 92, 1837-1848s.
- Musil, J. a kol. (2002):** Generel odvodnění Kunratic a Šeberova – situační zpráva o povodí, o vodních tocích a o kanalizaci, Hydroprojekt CZ, a.s., Praha
- Pitter, P. (2009):** Hydrochemie, Vydavatelství VŠCHT, Praha, s.?

Petruck, A., Jäger, D., Sperling, F. (1999): Dynamic simulation of the effects of combined sewage overflow on small urban streams, *Water Science and Technology*, 39, 235-242s.

Pollert a kol. (2004): Závěrečná zpráva projektu GAČR – Dopad povodní na technickou a ekologickou stabilitu drobných městských toků, laboratoř ekologických rizik městského odvodnění ČVÚT, Praha, 84s.

Prat, N., Munné, A. (2000): Water use quality and stream flow in a mediterranean stream, *Water Research*, 34, 3876-3881 st.

Revitt, D. M. & Morrison, G. M. P. (1987): Methal speciation variations within separate stormwatersystems, *Environmental Technology Letters*, 8, 361 – 372.

Robson, M., Spence, K., Beech, L. (2006): Stream quality in a small urbanised catchment, *Science of the Total Environment*, 357, 194 – 207s

Říha, J., (1958): Ochrana životního prostředí při realizaci projektů odvodnění . Edice VÚV, Praha

Uhlířová, E. (1999): Vegetace a vybrané parametry kvality vody v povodí Botiče, ÚŽP PřF UK, Praha

Zapletal, Z., (1960): Kvalita vody v potocích pražské aglomerace – závěrečná zpráva, Hydroprojekt, Praha

Ročenky:

Ročenka životního prostředí – Praha, 2009, 312s.

Legislativa:

Nařízení vlády č. 229/2007 Sb.

ČSN 75 7221: Jakost vod – klasifikace jakosti povrchových vod

Internetové stránky:

www.lesypraha.cz