

Porovnání vlivu ČOV a kořenově - sedimentárního systému na kvalitu vod Drahanského potoka

Karel Kudláček

vedoucí práce: Marek Matura

8. listopadu 2010

Obsah

Obsah.....	2
Poděkování.....	3
Úvod	4
Odpadní a povrchové vody.....	5
Čistírny odpadních vod a možnosti čištění	6
Materiál a metodika	8
Popis lokality.....	8
Metody měření fyzikálně-chemických parametrů	Error! Bookmark not defined.
Výsledky a diskuse	11
Kvalita vod Dražanského potoka na jednotlivých odběrových bodech	11
Vliv klimatických podmínek na kvalitu vody v potoce.....	13
Závěr	18
Seznam literatury	20
Přílohy.....	21
Příloha č. 1	21
Příloha č. 2	23
Příloha č. 3	29

Poděkování

Velké díky patří vedoucímu a konzultantovi této práce Marku Maturovi. Dále bych rád poděkoval panu ing. Luboši Němcovi z ČHMÚ, který mi poskytl data o srážkách za období, ve kterém proběhla měření. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat i ing. Janě Krygelové za poskytnutí emisních norem pro vypouštění přečištěných odpadních vod z čistíren odpadních vod do povrchových vod.

Úvod

Během posledních desetiletí začíná být znečišťování životního prostředí diskutovaným problémem. Nejde jen o vypouštění emisí do ovzduší, ale také třeba o vracení zužitkované vody zpět do přírody. Pro čištění odpadních vod jsou dnes budovány složité čistírny odpadních vod (dále v textu uváděno jako ČOV). ČOV mají za úkol odpadní vodu vyčistit do takové míry, aby mohla být vrácena zpět do vodního koloběhu. V poslední době se začínají stavět i kořenové čistírny, které fungují podobně, jako některé přírodní systémy – například nivní sedimenty v kombinaci s kořenovými baly přítomných rostlin (dále v textu uváděno jako mokřad).– nejen pro soukromé účely. Tyto systémy mohou totiž částečně nahradit současné ČOV. Jak vyplývá ze statistických údajů MŽP ČR, je znečištění povrchových toků odpadními vodami stále značné (1 970 220 mil. m³)^[8]. Protože se nelze zcela vyhnout vypouštění odpadních vod do povrchových toků (legálním i ilegálním způsobem), je vhodné se zabývat studiem systémů, které se v korytech toků vyskytují přirozeně a které by byly schopny (na základě analogie s kořenovými čistírnami) snižovat míru kontaminace bez výrazných investic a zásahů člověka.

Drahánský potok pramení pod uzavřenou skládkou tuhého komunálního odpadu (dále v textu uváděno jako TKO) v Dolních Chabrech a je výrazně kontaminován skládkovým výluhem^[7]. Zároveň se lze v jeho korytě setkat s možným přírodním (kořenovým) čištěním v rámci průtočné nivy v místě bývalého rybníka a na jiném místě jsou do stejného toku vypouštěny přečištěné odpadní vody z obce Dolní Chabry. Za bývalým rybníkem, nyní mokřadem, vede koryto potoka kolem chatářské kolonie. Lokalita tak poskytuje možnost studovat vliv přečištěných vod na kvalitu toku a současně zhodnotit význam přírodních průtočných kořenových systémů na kvalitu povrchových vod.

Následující kapitoly obsahují výsledky měření fyzikálně-chemických parametrů vod Drahánského potoka v úseku kolem ČOV a mokřadu. Pro tuto práci byly stanoveny následující cíle:

- Pokusit se definovat základní odchylky ve fyzikálně-chemických parametrech různých druhů vod (pramenné, povrchové, přečištěné) v závislosti na klimatickém období.
- Pokusit se vysledovat vliv vod vytékajících z ČOV v Drahánském údolí na kvalitu vody potoka metodou opakovaného měření fyzikálně-chemických parametrů (pH, Eh, κ , T) v místě před soutokem, za soutokem a v místě soutoku potoka s přečištěnou vodou.
- Pomocí opakovaného měření fyzikálně-chemických parametrů (pH, Eh, κ , T) nad a pod mokřadem zjistit, zda a do jaké míry dochází k pročištění vod Drahánského potoka v systému podobném kořenovým čistírnám.

Závěrečná zpráva bude k dispozici nejen zájemcům o problematiku znečištění povrchových vod a čištění odpadních vod, ale také ČOV v Dolních Chabrech a MÚ v Dolních Chabrech.

Odpadní a povrchové vody

Odpadními vodami se rozumí vody použité na sídlištích, obcích, domech, závodech, zdravotnických zařízeních a jiných objektech či zařízeních, pokud mají po použití změněné složení nebo teplotu.^[1] Patří sem i jiné vody vytékající z těchto zařízení, které mohou ohrozit jakost povrchových a podzemních vod (např. odtoky srážkových vod, pokud byly po jejich spadnutí znečištěny). Odpadní vody se dělí na tři skupiny:

- splaškové odpadní vody (splašky)
- městské odpadní vody
- průmyslové odpadní vody

Splaškové odpadní vody jsou odpadní vody z domácností, objektů společného stravování, ubytoven, apod. Městské odpadní vody jsou směsí splašků a průmyslových odpadních vod, případně i vody dešťové a jiných vod (např. z čištění ulic), odváděné veřejnou kanalizací. Průmyslové odpadní vody jsou vody použité a znečištěné při výrobním procesu (vč. vod chladicích), které jsou ze závodu vypouštěny a pro daný proces už nejsou použitelné. Patří mezi ně i odpadní vody ze zemědělství.^[3]

V České Republice se za rok vyprodukuje 901 mil. m³ odpadních vod. Z toho 382 mil. m³ jsou srážkové vody (42%), splaškové vody činí 340 mil. m³ (38%) a 179 mil. m³ tvoří průmyslové a ostatní vody (20%). Spadnutých přivedených srážek do ČOV se čistí 344 mil. m³. Celkem „jen“ 60 mil. m³ (22 mil. m³ odpadní vody a 38 mil. m³ srážkové vody) odpadních vod neprojde skrz čistící procesy ČOV a jsou vypuštěny přímo do přírody.^[1]

Odpadní vody obsahují látky rozpuštěné i nerozpuštěné. Mezi rozpuštěné patří organické látky – biologicky rozložitelné (cukry, mastné kyseliny a další) a biologicky nerozložitelné (např. azobarviva) – a látky anorganické (např. amonné ionty, fosforečnany). Mezi nerozpuštěné látky patří: organické látky – biologicky rozložitelné (škrob, bakterie), biologicky nerozložitelné (papíry, plasty), usaditelné (celulosová vlákna), neusaditelné (koloidní, např. bakterie, a plovoucí, např. papír) – a látky anorganické (usaditelné, např. hlína, písek, atd., a neusaditelné, např. brusný prach).^[1]

Limity pro vypouštění odpadních vod jsou dány nařízením vlády České Republiky (zákon č. 229/2007)^[5] a jejich přehled je uveden v příloze č. 3 (viz Tab. 2).

Za povrchovou vodu je považována každá voda přirozeně se vyskytující na zemském povrchu. Hodnota pH povrchových vod závisí zejména na geologickém podloží – u neznečištěných povrchových vod se pohybuje v rozmezí od 6,0 do 8,5 a je dána uhličitánovým systémem, naopak u povrchových vod z rašeliníšť klesá hodnota pH někdy i pod 4,0.^[3]

Čistírny odpadních vod a možnosti čištění

V době průmyslové revoluce se mj. také začala rozvíjet kanalizace.^[1] Zejména u velkých měst se začaly budovat kanalizační sítě (stoky), které měly za úkol odvádět odpadní vodu do centrální čistírny odpadních vod. Do té doby se problém odpadních vod řešil decentralizovaně, tedy byly vody čištěny v místě jejich vzniku, nebo se nečistily vůbec. Několika výjimkami je například na svou dobu neuvěřitelně vyspělý vodohospodářský systém královského paláce Knossos na Krétě (1700 př. n. l.), nebo centrální stokový systém pro Řím, budovaný zejména pro odvodnění bažinatých částí města okolo 800 př. n. l.^[1]

Procesy čištění odpadních vod v ČOV se dělí podle jeho charakteru na mechanické, biologické a fyzikálně-chemické čištění. Mezi mechanické procesy patří například lapání písku přineseného odpadní vodou, mezi biologické procesy patří například aktivací procesy. Příkladem fyzikálně-chemického procesu čištění může být neutralizace, nebo oxidačně redukční procesy.^[1] V kořenových čistírnách (dále v textu uváděno jako KČOV) dochází k procesům zejména biologického rázu.^[4]

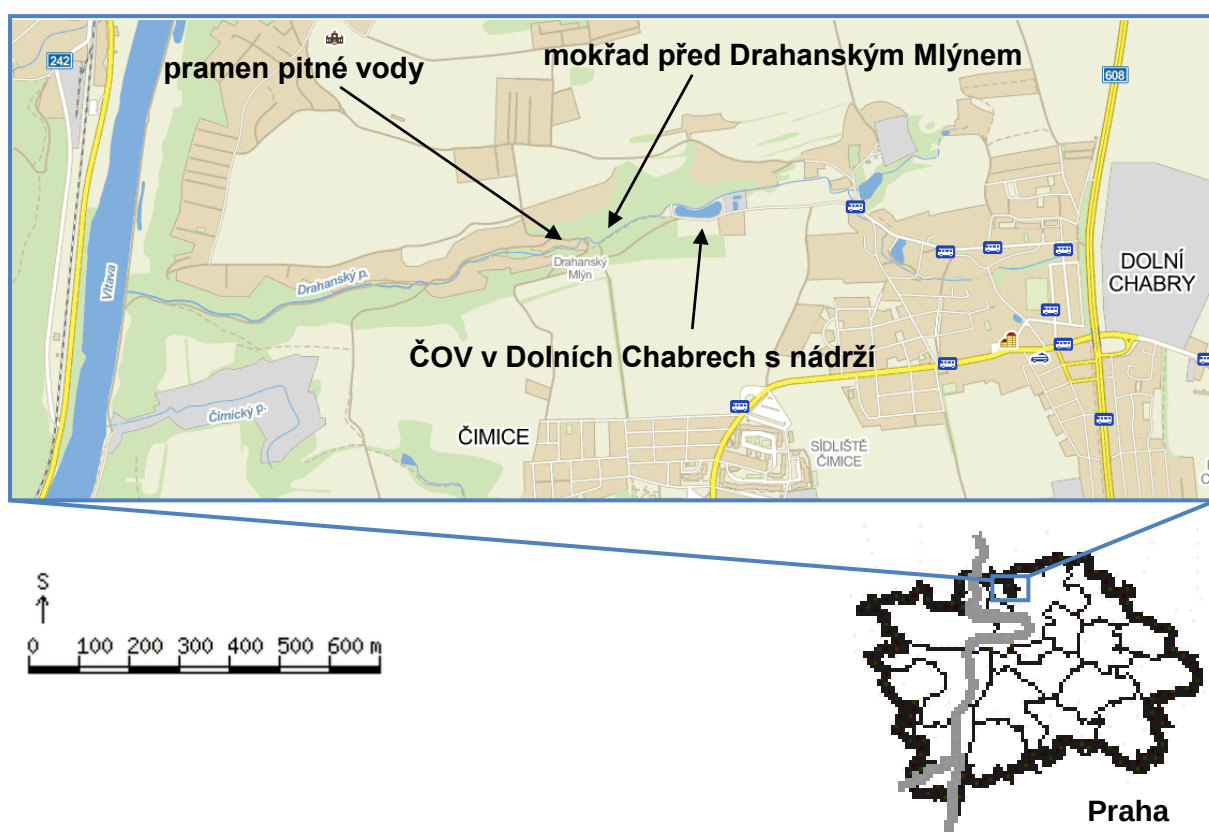
Centralizované čistírny musejí vyčistit všechny látky, jimiž je voda kontaminována, aby mohla být voda opět vypuštěna do přírodního koloběhu. Podle složení odpadních vod (viz kapitola “Odpadní vody”) je zřejmé, že nemůže existovat jednotný, univerzální čistící proces. Každá látka, která vodu znečišťuje, je odstraňována specifickým způsobem. Centrální čistírny jsou velmi energeticky náročné na provoz, mohou si je dovolit provozovat pouze vyspělé státy. Kromě ekonomické náročnosti je k dopravení odpadní vody do čistírny nutný složitý stokový systém (např. Praha = 3431 km)^[1]. Pro transport znečištění je používána voda (vysoce kvalitní, tedy pitná voda!) a čistírny se vystavují určitým rizikům, protože jde o strategické objekty (např. hrozba terorismu). Na druhou stranu je centralizované čištění vysoce účinné. Pro odlehčení centralizovaného systému je nutné, aby nové alternativní způsoby čištění splňovaly určité požadavky. Především musí být nová koncepce levnější. Převažující část investičních nákladů v centralizovaných systémech připadá na zabezpečení transportu vody, tedy na kanalizační (stokovou) síť. Alespoň částečným zpracováním odpadních vod v místě jejich vzniku mohou být kanalizační sítě odlehčeny. Tím pádem může být výsledné řešení levnější. Na to navazují i další požadavky na minimální ředění odpadních vod čistou vodou, maximální využití (recyklace) cenných látek. Kromě toho je vysoce kvalitní voda je z velké části jen transportním médiem pro znečišťující látky a její spotřebu lze snížit různými technickými zásahy, které nesníží životní komfort, tedy například úsporné splachovací systémy WC, úsporné pračky a myčky, apod. Kromě kvalitní vody obsahují odpadní vody i další užitečné látky, například nutriční prvky (zejména dusík a fosfor), které jsou využitelné jako součást hnojiv. Decentralizované čištění šetří tedy recyklovatelné suroviny, kterých může být v budoucnosti nedostatek.^[1]

Jednou možnou alternativou pro odlehčení centrálního čistícího systému může být např. již zmiňovaná KČOV. Jde o vytvoření mokřadu, který je podložený nepropustnou vrstvou (aby odpadní vody neprosakovaly před pročištěním do podzemních vod), s vysázenými mokřadními druhy rostlin, které vodu čistí. Před přítok odpadní vody do vytvořeného mokřadu je vhodné umístit biofiltry (pro zvýšení účinnosti) a sýta k zachytávání nerozpustných částí, které voda s sebou přináší (písek, šterk, atd.). KČOV je prostorově náročnější, než normální ČOV, ale její výstavba a provoz není tak nákladný.

Materiál a metodika

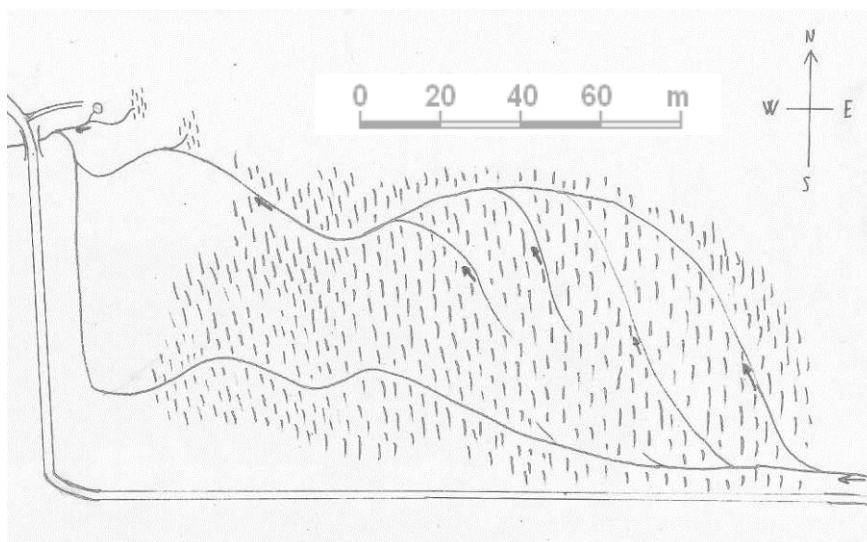
Popis lokality

Drahanský potok začíná svůj tok přibližně na východním okraji Dolních Chabř, těsně pod hlavní komunikací Ústecká (viz Obr. 1). Délka toku je 3,3km.^[2] Jeho zvláštností je, že pramení v místech bývalé skládky komunálního odpadu v Dolních Chabřech a zároveň asi v jedné třetině jeho koryta jsou do něj vypouštěny přečištěné odpadní vody z chaberské ČOV. Kromě toho leží na potoce také jeden (dnes už zaniklý) rybník, kde se voda rozlévá do velké plochy i pod kořeny rostlin. Tento mokřad by mohl vodu Drahanského potoka přečišťovat.



Obr. 1 mapa Drahanského potoka – pramen v blízkosti skládky odpadu (na východě), soutok s Vltavou (na západě), zdroj: www.mapy.cz

Koryto Drahanského potoka prochází skrze obytnou část obce Dolní Chabry, kde je místy svedeno trubkami pod zem. Z velké části protéká přes soukromé pozemky místních obyvatel. Drahanský potok také napájí rybník. U konečné stanice autobusu (162), asi 400 m od pramene, se do potoka vlévá z pravé strany menší přítok. Potok dále pokračuje (již za obcí) kolem čistírny odpadních vod, kolem nádrže, jejíž přečištěná voda se vlévá níže do Drahanského potoka (cca 1,1 km od pramene). Voda potoka se za nádrží rozlévá do mokřadu (bývalý rybník - viz Obr. 2). Za mokřadem se do potoka vlévá pramen pitné vody (zprava) a tok vede dále přes Drahanský Mlýn (cca 1,7 km od pramene) a chatovou osadu, poté se noří do úzkého zářezu Drahanského údolí na jehož konci se vlévá zprava do Vltavy.



Obr. 2 schematická mapa mokřadu, rozlévání toku, autor: Karel Kudláček

Odběrové body a analytické postupy

Během deseti měsíců s třicetidenními rozestupy byly odebírány vzorky na sedmi odběrových bodech. Celkem proběhlo 138 odběrů a měření fyzikálně-chemických parametrů. Body byly rozmístěny rovnoměrně po měřeném úseku (viz Obr. 3) a byly označeny římskými číslicemi I – VII (rozmístění viz mapa na Obr. 3 a 5, fotografie odběrových bodů v příloze č. 2). Následuje jejich popis:

I – odběrový bod situován před zatrubněním (betonovým mostkem), koryto je uměle upraveno - vyloženo betonovými tvárnicemi, rychle tekoucí voda (viz Obr. 9 - 11, příloha č. 2)

II – odběrový bod cca 5 m před soutokem s přešičtěnou vodou z ČOV, koryto uměle upravené, mírně tekoucí voda (viz Obr. 20, příloha č. 2)

III – výtok přečištěné vody z ČOV (cca 50 cm za vyústěním ze zatrubnění o průměru cca 30 cm), rychle tekoucí voda s lehkým zápachem (viz Obr. 12 -14 a 20, příloha č. 2)

IV – odběrový bod cca 5 m za soutokem s přečištěnou vodou z ČOV, uměle upravené koryto, občasné hromadění odpadků, mírně tekoucí voda (viz Obr. 20, příloha č. 2)

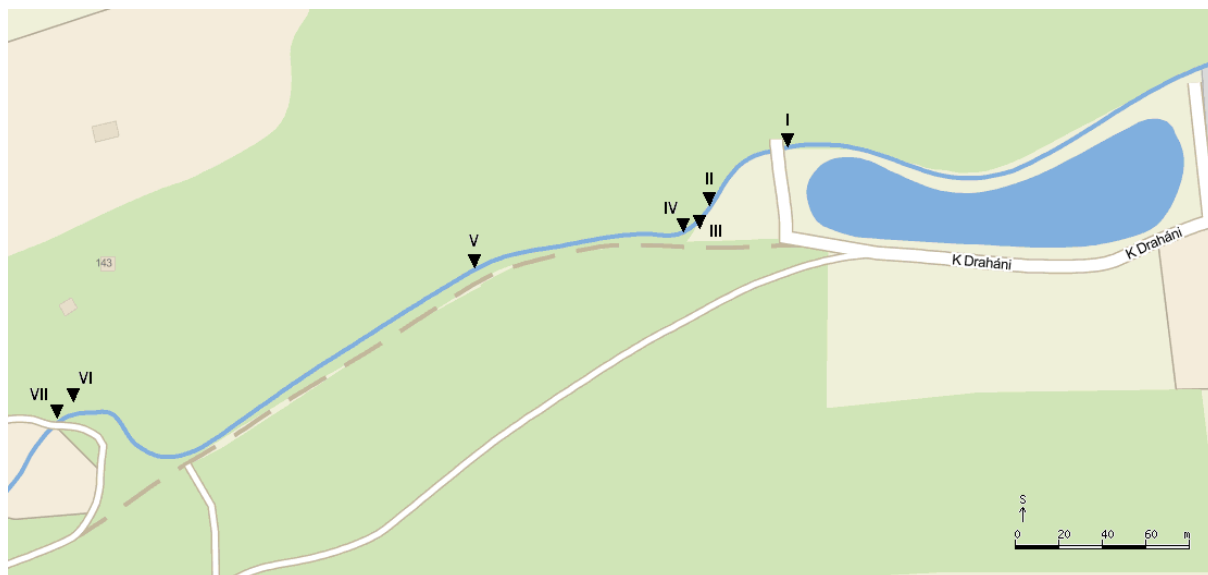
V – odběrový bod situován cca 2 m za přepadem vody z betonové jímky o obdélníkovém profilu, voda mírně tekoucí, velký výskyt vodních řas (viz Obr. 18, příloha č. 2)

VI – Pramen, svedený do zkorodované trubky o průměru cca 10 cm, vydatnost cca $0,067 \text{ l.s}^{-1}$, výtok ze zakryté betonové skruže (viz Obr. 15 -17, příloha č. 2)

VII – odběrový bod před mostkem z betonových panelů při výtoku potoka z mokřadu, přírodní neupravené koryto, rychle tekoucí voda (viz Obr. 19, příloha č. 2)

Na každém odběrovém bodu byly odebírány tři vzorky (kromě vývěru pramene, kde postačoval odběr jediný) do plastových lahvíček o objemu 100ml. Lahvičky byly tepelně izolované, pro uchování stejné

teploty (viz Obr. 4) během měření. U každého vzorku byla postupně proměřena konduktivita, teplota a zároveň pH a nakonec opět teplota a zároveň Eh. Změřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky včetně aktuální venkovní teploty a počasí.



Obr. 3 mapa odběrových bodů, zdroj: www.mapy.cz, upraveno

Fyzikálně-chemické parametry byly měřeny přístroji značky Greisinger GMH3530 s elektrodou Greisinger GE105 (měření pH) a externím teploměrem, nebo s elektrodou GE014 (Eh) a Greisinger 3410 s vestavěnou elektrodou (konduktivita) (viz Obr. 4).



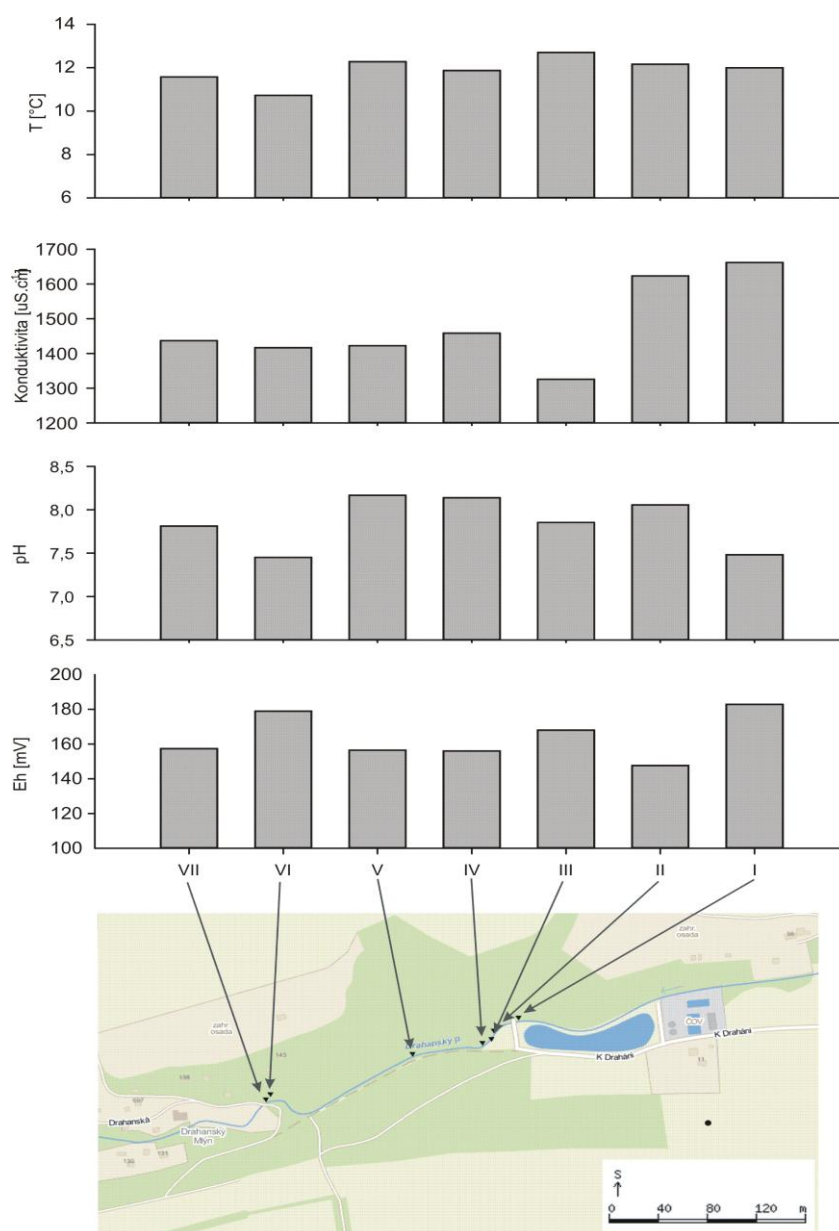
Obr. 4 měření odebraných vzorků (odběrový bod I) přístroji značky Greisinger

Výsledky a diskuse

Naměřená data jsou shrnuta do grafů a rozdělena podle vlivu srážek a podle rozmístění odběrových bodů. V popisu jednotlivých grafů jsou také diskuse týkající se daného výsledku.

Kvalita vod Dražanského potoka na jednotlivých odběrových bodech

Fyzikálně-chemické parametry (Eh, pH, konduktivita a teplota) jsou rozděleny na jednotlivé grafy, umístěné pod sebou (viz Graf 1 - 4). Pod jednotlivými sloupci měřených hodnot jsou označeny odběrové body (římskými číslicemi). Jejich umístění je v detailní mapě lokality (viz Obr. 5). Měřené hodnoty, které jsou vyneseny do grafu, jsou průměry hodnot jednotlivých parametrů ze sedmi měření.



Obr. 5 mapa odběrových bodů na Dražanském potoce (zdroj: www.mapy.cz, upraveno) a hodnoty fyzikálně-chemických parametrů: [A] = T, [B] = Konduktivita, [C] = pH, [D] = Eh na jednotlivých odběrových bodech

Voda tekoucí v potoce je v přímém kontaktu s okolním vzduchem. Teplota vody potoka, pohybující se v rozmezí 11,5 – 12,3°C (viz Obr. 5 A) je tedy pravděpodobně ovlivňována teplotou okolního vzduchu. Výjimku tvoří odběrový bod č. III a VI. (viz Obr. 5 A). Jde o:

- Výtok přečištěné vody z ČOV má vyšší teplotu (12,7°C) (viz Obr. 5 A), než okolní tekoucí voda v potoce. Teplota tohoto přítoku může být ovlivněna pravděpodobně čistírenskými procesy a průtokem kanalizační sítě (vedoucí také v podzemí).
- Vyvěrající pramen, jehož zdroj není v přímém kontaktu se vzduchem, ale je ukryt v podzemí, kde nejsou teplotní výkyvy tak prudké a zároveň je zde teplota spíše nižší (10,7°C) (viz Obr. 5 A).

Konduktivita potoka před soutokem s přečištěnou vodou z ČOV (odběrové body I a II) se pohybuje kolem 1650 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (viz Obr. 5 B). Vysoká konduktivita je pravděpodobně způsobena kontaminací v oblasti pramene, tj. pod uzavřenou skládkou odpadu v Dolních Chabrech.

Za soutokem s přečištěnou vodou z ČOV (odběrový bod III) konduktivita potoka (v následujících odběrových bodech IV, V, VII) klesá téměř o 200 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ (na průměrných 1325 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ – (viz Obr. 5 B). Pokles konduktivity za soutokem s přečištěnou vodou (odběrové body IV a V) konduktivita ukazuje na to, že čistírna produkuje vody, které mají v porovnání s vodami Dražanského potoka velmi nízkou mineralizaci. Na nízkou konduktivitu několik set metrů od soutoku za mokřadem (odběrový bod VII) (1437 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ - viz Obr. 5 B) může mít vliv naředění vodou z čistírny, ale také průtok vody skrz mokřad. Voda se v mokřadu rozlévá do velké podmáčené plochy a sbírá se opět na konci do jednoho hlavního koryta. Mokřad tak může mít podobnou čistící funkci KČOV.

V blízkosti odběrového bodu VII vyvěrá i pramen (odběrový bod VI), který má podobnou hodnotu konduktivity (1416 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ – viz Obr. 5 B), jako voda v potoce opouštějící mokřad. Voda tohoto pramene se vlévá do potoka několik metrů nad odběrovým bodem VII. Vysoká konduktivita pramene může být způsobena dotací podzemní vodou kontaminovanou hnojením polí nad údolím a také průsakem blízko protékajícího potoka. Bylo by vhodné provést detailnější chemickou analýzu tohoto pramene, který je patrně používán jako zdroj pitné vody, protože tak vysoké konduktivity nedosahují v průměru ani minerálky.

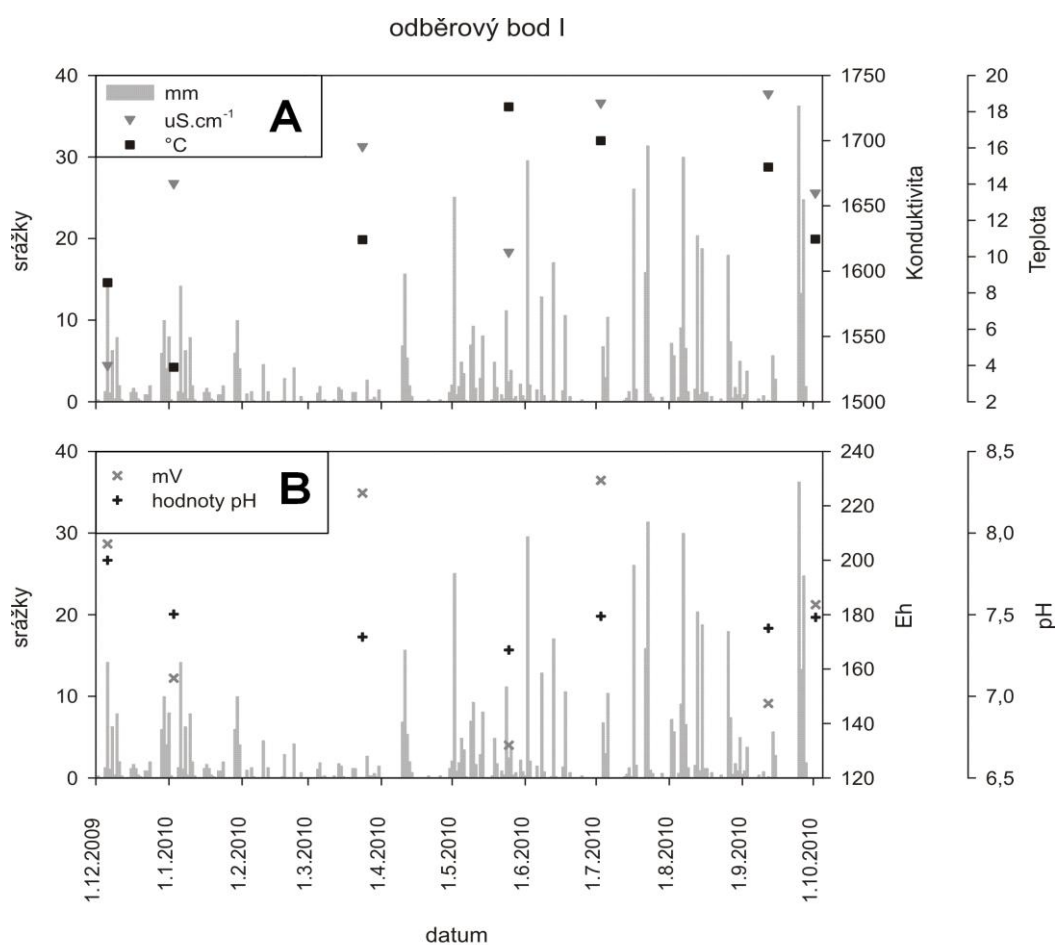
Hodnoty pH potoka a jeho přítoků se pohybují v rozmezí 7,5 – 8,2. Nejnížší hodnoty 7,5 (viz Obr. 5 C) dosahuje pramen (odběrový bod VI) vyvěrající na kraji mokřadu. Naopak nejvyšších hodnot dosahují odběrové body IV a V (8,1 a 8,2 – viz Obr. 5 C).

Voda tekoucí v potoce má pouze slabě oxidační charakter (hodnoty Eh v rozmezí 148 – 182 mV – viz Obr. 5 C). Důvodem může být rozklad organického materiálu v okolí potoka. Oxidace tohoto materiálu spotřebovává rozpuštěný kyslík a důsledkem je pokles oxidačních schopností vod.

Podrobně rozepsané hodnoty jednotlivých měření teploty jsou uvedeny v příloze č. 1 (viz Tab. 1).

Vliv klimatických podmínek na kvalitu vody v potoce

V následujících grafech jsou shrnuty naměřené hodnoty fyzikálně-chemických parametrů v období prosinec 2009 až říjen 2010 (pro ilustraci fotografie odběrových bodů I, III a VI v jednotlivých ročních obdobích a fotografie ostatních odběrových bodů v příloze č. 2). Grafy jsou rozděleny, podle odběrových bodů, na tři celky (odběrové body I, III, VI). Byly vybírány odlišné typy odběrových bodů pro lepší srovnávání jednotlivých částí potoka: tok na úrovni nádrže objektu ČOV (I), přečištěná voda z ČOV vlévající se do potoka (III) a vyvěrající pramen ústící do potoka za mokřadem (VI). Pro zhodnocení vlivu srážkové aktivity na kvalitu vody potoka byly do grafů zahrnuta také data o denních srážkových úhrnech (období zima 2009 – podzim 2010). Údaje o úhrnech srážek pocházejí z hydrometeorologické stanice v Praze – Suchdolu (ČHMÚ).



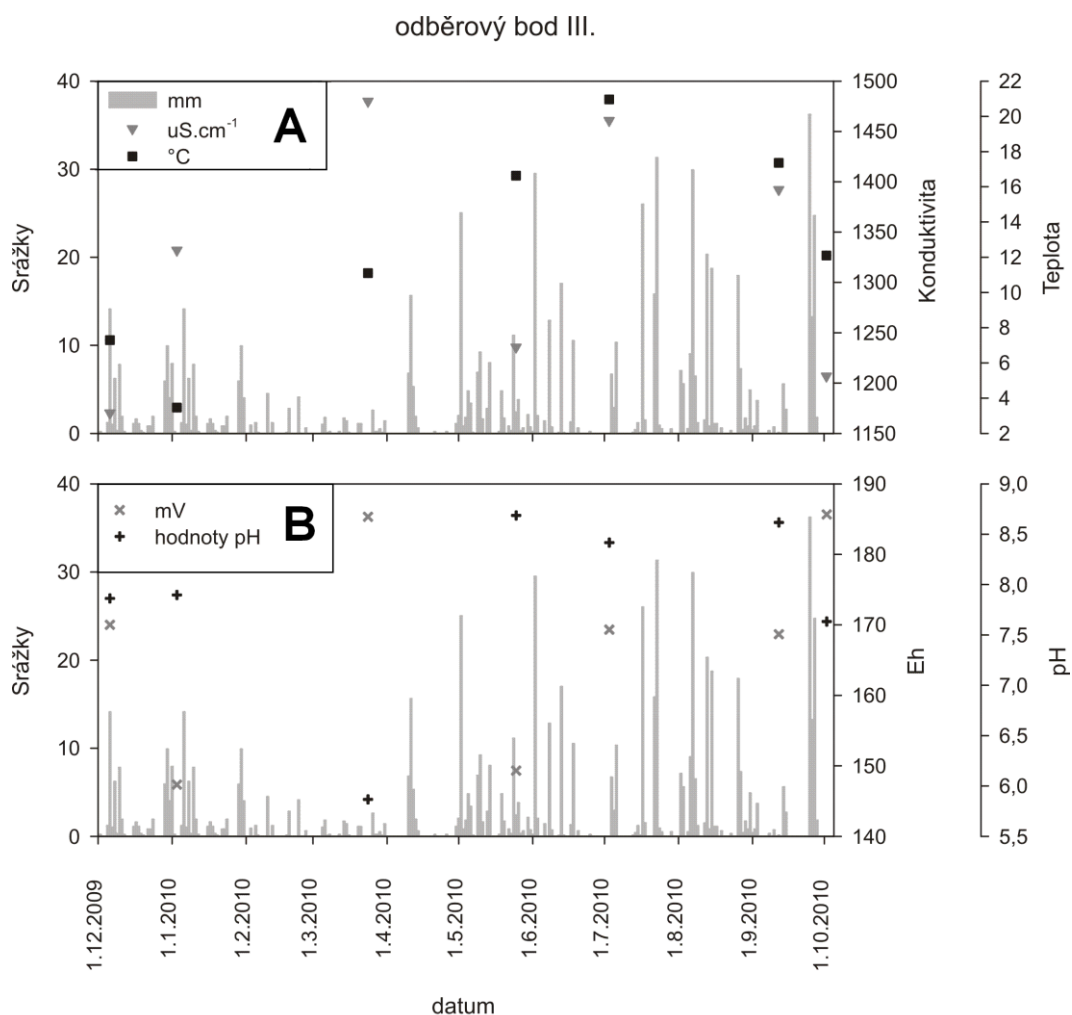
Obr. 6 Grafy [A] = konduktivita a teplota, [B] = Eh a pH

Teplota vody potoka v prvním odběrovém bodu se pohybuje spíše v závislosti na aktuálních teplotních podmínkách, než na množství srážek. Nejnížší teploty tak lze očekávat v zimních měsících (prosinec, leden, viz Obr. 6 A) a naopak nejvyšší teploty dosahuje voda potokav letních měsících (květen, červen, viz Obr. 6 A).

Naopak hodnoty konduktivity jsou na spadnutých srážkách evidentně závislé. Obecně vyšší konduktivity nabývá voda v potoce během delšího období s nízkým úhrnem srážek (např. únor a březen, viz Obr. 6 A). V období, kdy je úhrn srážek vyšší (květen a první polovina června, viz Obr. 6 A) je také hodnota konduktivity nižší. Důvodem je pravděpodobně naředění vody potoka srážkovými vodami – čím více v daném období spadne srážek, tím více je konduktivita na konci daného období nižší a naopak.

Z grafu (viz Obr. 6 B) vyplývá, že hodnoty Eh srážkami příliš ovlivněny nejsou. Malý vliv na hodnoty Eh mají spíše teplotní rozdíly, ačkoliv toto také nelze říci ve všech případech. Hodnoty Eh se pohybují mezi 130 a 230 mV (slabě oxidační charakter), pravděpodobně je potoční voda chudá na organické (oxidovatelné) látky.

Hodnoty pH jsou víceméně podobné po celou dobu během roku. Vliv srážek na tento parametr je tedy minimální (viz Obr. 6 B). Hodnoty pH mohou být ovlivněny geologickým podložím okolí Dražanského potoka. Pramenná oblast prořezává, mimo jiné, také asi 50 m mocnou vrstvu druhohorních opuk, které obsahují významné množství CaCO_3 a mohou tedy pufovat kyselé reakce srážek a tak posouvat pH vod Dražanského potoka směrem k mírně zásaditým hodnotám.^[6]



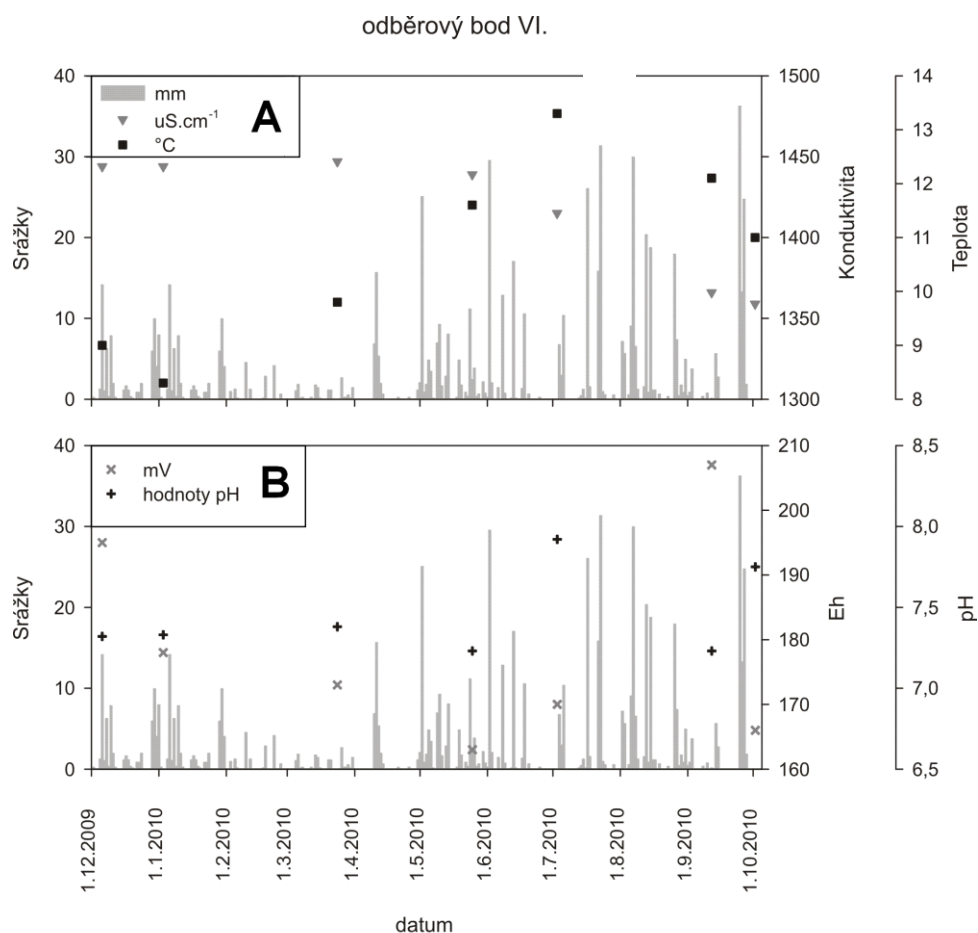
Obr. 7 Grafy [A] = konduktivita a teplota, [B] = Eh a pH

Teplota vody potoka ve třetím odběrovém bodě je ovlovňována, podobně jako v prvním odběrovém bodě, venkovní teplotou vzduchu. I když teče přečištěná voda spíše v podzemí, teplota okolního vzduchu má vliv na vodu zejména v nádrži, která je v objektu ČOV, před vypuštěním do potoka. Nejnižších teplot dosahuje voda v zimních měsících (prosinec, leden, viz Obr. 7 A). Naopak nejvyšších hodnot voda dosahuje v letních měsících (červen, červenec, viz Obr. 7 A).

Konduktivitu ovlivňují nejen srážky, které jsou svedeny kanalizací až do čistírny a vodu tak ředí, ale také aktuální konduktivita odpadní vody u jejího zdroje. Záleží tedy pravděpodobně také na tom, co do čistírny přitéká za znečištěné vody (jak moc jsou vody znečištěny při výtoku z domácností či jiných zařízení). Přesto je z grafů vidět, že největší vliv na konduktivitu má intezita srážek. V období, kdy spadlo minimum srážek (březen, viz Obr. 7 A) je hodnota konduktivity vysoká, naopak během měsíce května a června (viz Obr. 7 A), kdy úhrn srážek je značně vyšší, než v předchozích měsících, je hodnota konduktivity mnohem nižší.

Hodnoty Eh ve třetím odběrovém bodu jsou spadnutými srážkami ovlivněny minimálně (například po deštivém měsíci květnu je hodnota Eh nižší, než po podobně srážkové bohatém měsíci červnu, kdy je hodnota Eh o mnoho vyšší, viz Obr. 7 B). Halvní oxidující látkou může být například kyslík, který se používá v čistírenském procesu jako oxidační činidlo organických látek při CHSK (až 200 g.l⁻¹ při separačních metodách)^[1].

Nejvyšší naměřené hodnoty pH dosahovala voda v potoce v měsíci květnu a to při vyšším úhrnu srážek (viz Obr. 7 B). Hodnota pH je pravděpodobně výrazně ovlivněna čistírenským procesem, při kterém se do čištěné vody přidávají činidla, která ovlivňují pH^[1]. Hodnota pH je srovnatelná například s ČOV v Přerově (rozmezí pH 7,25 – 9,16)^[3], naopak oproti ÚČOV (ústřední čistírna odpadních vod) v Praze (rozmezí pH 6,0 – 8,0)^[3] je hodnota pH Chaberské ČOV poněkud vyšší. Srážky mají na měřené hodnoty pH minimální vliv (viz Obr. 7 B), protože vyšších hodnot potok dosahuje jak při deštivých měsících (květen, červen), tak i během méně deštivého měsíce ledna. Vliv spadnutých srážek nemůže být ale zcela zanedbatelný, protože v méně deštivém měsíci březnu je hodnota pH velmi nízká (oproti ostatním hodnotám) (viz Obr. 7 B).



Obr. 8 Grafy [A] = konduktivita a teplota, [B] = Eh a pH

Teplota pramene (odběrový bod VI) se během roku pohybuje v nižším rozmezí, oproti vodám tekoucím částečně nebo zcela na povrchu (odběrové body I a III) (viz Obr. 8 A). Přesto nejnižších teplot dosahuje podzemní zdroj vody v zimních měsících (prosinec a leden, viz Obr. 8 A), ačkoliv neklesá na tak nízké teploty jako voda v předchozích odběrových bodech. Naopak nejvyšších teplotních hodnot pramen dosahuje v letních měsících (květen a červen, viz Obr. 8 A). Tyto nejvyšší teploty jsou ale podobné teplotám např. ve třetím odběrovém bodu, který takovýchto hodnot dosahoval už v měsíci březnu. Je to pravděpodobně způsobeno tím, že zemská půda se ohřívá v letních měsících pomaleji, než vzduch, který je v přímém kontaktu s povrchovými vodami. Studovaná voda pramene vykazuje výrazně menší teplotní výkyvy v průběhu roku, než vody povrchové (pro srovnání Obr. 6 A, 7 A, 8 A).

Hodnoty konduktivity jsou během roku velice podobné. Od druhé poloviny měsíce května až do konce roku konduktivita pramene postupně klesá. Evidentně má na tuto veličinu vliv opět množství spadnutých srážek, které podzemní vodu naředí a konduktivitu tak sníží. Začátkem května nastává deštivé období, které trvá s malými přestávkami až do konce září. Z grafu (viz Obr. 8 A) je patrné, že konduktivita klesá s delší časovou prodlevou, než u povrchových vod (odběrové body I a III). Zpoždění, které vykazují poklesy konduktivity v podzemní vodě, je pravděpodobně způsobeno zpomaleným průtokem vody skrz půdní a horninové prostředí.

Studovaná pramenná voda má spíše oxidační charakter. Oproti hodnotám Eh vody potoka (odběrový bod I) jsou hodnoty Eh poněkud nižší (viz Obr. 8 B). Důvodem může být to, že voda pramene byla odebírána až z železné (Fe) trubky, do které je vývěr sveden. Tato trubka je již značně zkorodovaná, a je zřejmé, že na sebe váže část kyslíku obsaženého ve vodě za vzniku Fe oxidů a hydroxidů. Hodnoty Eh mohou být tak o něco nižší, než u vod tekoucích v potoce. Vliv srážek na oxidačně-redukční podmínky v prameni bude zřejmě minimální, protože vyšší hodnoty Eh (březen, říjen, viz Obr. 8 B) jsou naměřeny po různě srážkově vydatných obdobích.

Hodnoty pH pramene jsou si během roku relativně podobné, výjimku tvoří odběry v měsících červenci a říjnu, kdy byly naměřeny vyšší hodnoty pH (viz Obr. 8 B). Vliv srážek na pH pramenné vody je pravděpodobně opět zanedbatelný, nebo těžko zachytitelný. V měsících prosinci a lednu, kdy byl úhrn srážek vyšší než v březnu, jsou hodnoty pH velmi podobné (viz Obr. 8 B).

Závěr

V souladu s tím, jak byly definovány cíle této práce, lze závěry formulovat následovně:

Vody Dražanského potoka jsou silně kontaminovány a to patrně (i) v pramenné oblasti pod skládkou tuhých komunálních odpadů (TKO) Dolní Chabry a (ii) při průtoku obcí Dolní Chabry. Povrchové vody (např. odběrové body I a III, tedy potok a výtok z ČOV) vykazují podobné hodnoty konduktivity a tyto hodnoty také podobně reagují na srážkové události výrazným poklesem. U vývřeru podzemní vody reagovala vodivost na srážky výrazně pomaleji. Podobně se lišily povrchové a podzemní vody v reakci na sezónní teplotní výkyvy v atmosféře. Podzemní zdroj vody reaguje na změny teploty v atmosféře velmi pomalu a teplotní výkyvy jsou maximálně $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Povrchové vody vykazují oproti tomu značné teplotní rozdíly ($\pm 10^{\circ}\text{C}$). Hodnoty pH se liší u všech tří odběrových bodů. Nejvíce odlišný je třetí odběrový bod – přečištěná voda z ČOV, kdy jsou hodnoty pH během roku velmi rozdílné. Podle srovnání s ČOV v Přerově a s ÚČOV v Praze se však nejedná o výjimečný jev a změny pH nejsou závislé na meteorologických a klimatických podmínkách, ale na procesu čištění (viz kapitola „**Vliv spadnutých srážek na kvalitu vody v potoce**“). Podzemní i povrchové vody nabývají slabě oxidačního charakteru patrně v důsledku kontaktu s atmosférou a přítomností oxidovatelných (pravděpodobně organických) látek. Nejvíce redukční podmínky vykazovala voda pramene (odběrový bod VI), patrně vzhledem k podzemnímu původu a v důsledku kontaminace splachem z okolních polí.

Přečištěná voda z ČOV v Dolních Chabrech jednoznačně ovlivňuje kvalitu vody Dražanského potoka. Vliv se odráží zejména v masivním poklesu konduktivity vody potoka za soutokem s vodou přečištěnou v ČOV (viz kapitola „**Kvalita vod Dražanského potoka na jednotlivých odběrových bodech**“). Vysoké hodnoty konduktivity povrchových vod pod soutokem Dražanského potoka a výtoku z ČOV klesají o cca $300\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Lze usuzovat, že voda přečištěná v ČOV ředí vody potoka, a snižuje tak kontaminaci, ke které dochází pod skládkou komunálního odpadu a při průtoku obcí Dolní Chabry. Na druhou stranu lze konstatovat, že konduktivita vod upravených ČOV je poměrně vysoká ($1326\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) ve srovnání s přírodními vodami ($125 - 625\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)^{[3], [9]} a v případě, že by ústily tyto vody do neznečištěného toku, nebylo by možné považovat jejich vliv za pozitivní.

Na základě konduktivity je možné konstatovat, že voda za mokřadem (bývalým rybníkem) je „čistější“, tj. vykazuje nižší hodnoty konduktivity, která přímo odráží množství rozpuštěných látek v roztoku. Pro detailnější poznání vlivu mokřadu na kvalitu vody v Dražanském potoce by bylo nutné provést detailní prvkovou analýzu. Je možné, že vliv na nižší konduktivitu vod potoka pod bývalým rybníkem nemá čištění v kořenovém systému a v sedimentech, ale významné naředění vodou z ČOV, která vykazuje nižší hodnoty konduktivity (viz kapitola „**Výsledky a diskuse**“). Během dalších měření by bylo zajímavé zkusit porovnat průtokové bilance Dražanského potoka a výtoku z ČOV těsně před jejich soutokem. Z těchto dat by bylo možné odhadnout, kolikrát by se měla teoreticky snížit vodivost po smísení a porovnat tento odhad s reálnými daty.

Tato závěrečná zpráva zabývající se problematikou vlivu přírodního čištění na kvalitu vody Drahanského potoka by neměla být určena nadšencům, kteří se zabývají kvalitou vod, ale také lidem, kteří kolem Drahanského potoka ať už jen procházejí, nebo se i zastavují u pramene, aby se osvěžili. Práce by měla být určena také pro ČOV v Dolních Chabrech a obecnímu úřadu v obci, kterou potok protéká, jako informativní zpráva.

Seznam literatury

- [1] BINDZAR, Jan. *Základy úpravy a čištění vod*. 1. Praha : VŠCHT, 2009. 251 s. ISBN 978-80-7080-729-3
- [2] STACH, Jiří. *Po Praze podél potoků : Dražanský potok* [online]. srpen 2008 [cit. 2010-10-25]. ENVIS - informační servis. Dostupné z WWW: <<http://envis.praha-mesto.cz/%28znznjzznakoaig45js4s1055%29/default.aspx?id=64186&sh=-989440424>>
- [3] PITTER, Pavel. *Hydrochemie*. 2. Praha : VŠCHT, 1999. 568 s. ISBN 80-03-00525-6.
- [4] *Kořenové čistírny odpadních vod pro obce* [online]. 2010 [cit. 2010-10-25]. Obecní kořenové čistírny. Dostupné z WWW: <<http://www.rybnikar.cz/obecni-korenove-cistirny/>>
- [5] Česká Republika. Sbírka zákonů č. 229/2007: nařízení vlády. In *Sbírka zákonů, Česká Republika*. 2007, 73, s. 2776-2777. Dostupný také z WWW: <<http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2007/sb073-07.pdf>>
- [6] *Geologické a geovědní mapy : Geologické mapy Dolní Chabry k prohlížení on-line* [online]. 2007 [cit. 2010-11-04]. Dostupné z WWW: http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50zj&y=740400&x=1036400&s=1
- [7] MATURA, Marek. *Vazba stopových prvků na koloidy ve výluzích ze skládek TKO*. Praha, 2010. 73 s. Dizertační práce. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta.
- [8] Ministerstvo Životního Prostředí. Užívání vody, nakládání s vodami, zdroje znečištění . *ČESKÉ REPUBLIKY 2009* [online]. 2009, 1, [cit. 2010-11-08]. Dostupný z WWW: <http://rocenka.cenia.cz/stat_rocenka_2009/index.htm#b2>
- [9] SOBOL, Petr. *Analyzavody.cz* [online]. 2010 [cit. 2010-11-08]. Testování a analýza vody. Dostupné z WWW: <<http://www.analyzavody.cz/konduktivita/>>

Přílohy

Příloha č. 1

1)

6.12.2009	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S.cm}^{-1}$]	1528	1525,333	1170,333	1231,667	1229,667	1444	1313
	Eh [mV]	206	55,33333	170	147,6667	172,3333	195	150,3333
	pH	7,833333	8,04	7,863333	7,913333	6,803333	7,32	7,556667
	T(pH) [C°]	8,566667	8,633333	7,3	7,6	6,766667	9	7,833333
	T(Eh) [C°]	8,566667	8,633333	7,3	7,6	6,766667	9	7,833333

2)

3.1.2010	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S.cm}^{-1}$]	1667,333	1662,333	1332	1341	1340,667	1444	1386,333
	Eh [mV]	156,6667	136,6667	147,3333	133	160,3333	178	169
	pH	7,503333	8,066667	7,896667	7,893333	7,97	7,33	7,883333
	T(pH) [C°]	3,9	4,266667	3,466667	3,8	3,6	8,3	4,633333
	T(Eh) [C°]	3,9	4,266667	3,466667	3,8	3,6	8,3	4,633333

3)

13.2.2010	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S.cm}^{-1}$]	1921,667	1472	1481	1977			
	Eh [mV]	198,3333						
	pH	7,893333						
	T(pH) [C°]	4,933333						
	T(Eh) [C°]	4,566667						

4)

24.3.2010	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S.cm}^{-1}$]	1695,667	1700,667	1480	1504,333	1526,667	1447	1541,667
	Eh [mV]	224,6667	180,6667	185,3333	157,3333	116	173	165
	pH	7,363333	8,086667	5,866667	8,79	8,703333	7,38	7,76
	T(pH) [C°]	10,93333	10,3	11,1	10,73333	10,46667	9,8	9,7
	T(Eh) [C°]	10,83333	10,13333	11	10,6	10,43333	9,6	9,7

5)

25.5.2010	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S.cm}^{-1}$]	1614,667	1608	1235,667	1391	1385	1439	1406
	Eh [mV]	132	151,3333	149,3333	176,6667	143	163	147
	pH	7,283333	7,936667	8,686667	8,413333	8,223333	7,23	7,633333
	T(pH) [C°]	18,26667	14,9	16,63333	15,9	17,26667	11,6	14,83333
	T(Eh) [C°]	16,63333	15,06667	16,73333	15,8	16,63333	12,7	15,6

6)

3.7.2010	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S.cm}^{-1}$]	1729	1458,667	1461	1707,333	1457	1415	1465

Eh [mV]	229,3333	181,6667	169,3333	167	190	170	167
pH	7,49	8,666667	8,416667	7,876667	8,556667	7,92	8,196667
T(pH) [C°]	16,4	21,86667	20,96667	17,46667	20,63333	13,3	17,9
T(Eh) [C°]	16,83333	22,33333	21,26667	16,8	20,4	12,3	17,83333

7)

12.9.2010	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	1736	1746,333	1392,333	1561	1558,667	1366	1510,333
	Eh [mV]	147,3333	163	168,6667	153,3333	164,3333	207	169,3333
	pH	7,416667	7,663333	8,616667	8,236667	8,243333	7,23	7,736667
	T(pH) [C°]	14,93333	14,46667	17,36667	16,13333	15,9	12,1	15
	T(Eh) [C°]	16,16667	14,7	17,3	16,13333	15,93333	12,6	15,16667

8)

2.10.2010	odběrové body	I	II	III	IV	V	VI	VII
	κ [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$]	1660	1659,667	1207	1472,333	1456	1359	1434
	Eh [mV]	183,6667	164,3333	185,6667	157	149	166	133,3333
	pH	7,483333	7,936667	7,633333	7,846667	8,67	7,75	7,923333
	T(pH) [C°]	10,96667	10,66667	12,1	11,43333	11,3	11	11,13333
	T(Eh) [C°]	11	10,56667	12,03333	11,23333	11,03333	11	11

Tab. 1 Průměrované hodnoty (měřených parametrů) tří vzorků z daného odběrového bodu (I-VII) Pozn k měření z (13.2.2010).: Chybné měření, nesprávná funkčnost měřících přístroj, pravděpodobně z důvodu příliš nízké teploty

Příloha č. 2

Autor fotografií: Karel Kudláček



Obr. 9 odběrový bod I ve večerních hodinách, v horní části fotografie kolo autora s měřicími přístroji prosinec 2009



Obr. 10 odběrový bod I pod sněhovou pokrývkou, leden 2010



Obr. 11 odběrový bod I,
v levé části fotografie měřicí
přístroje autora, květen 2010



Obr. 12 odběrový bod III pod sněhovou
pokrývkou, výtok z ČOV, leden
2010



Obr. 13 odběrový bod
III koncem léta, výtok
z ČOV, září 2010



Obr. 14 odběrový bod
III (cca 5 m nad přítokem
odběrový bod II),soutok
s přečištěnou vodou z
z ČOV, říjen 2010



Obr. 15 odběrový bod VI, pramen pitné vody, prosinec 2009



Obr. 16 odběrový bod VI, pramen pitné vody, leden 2010



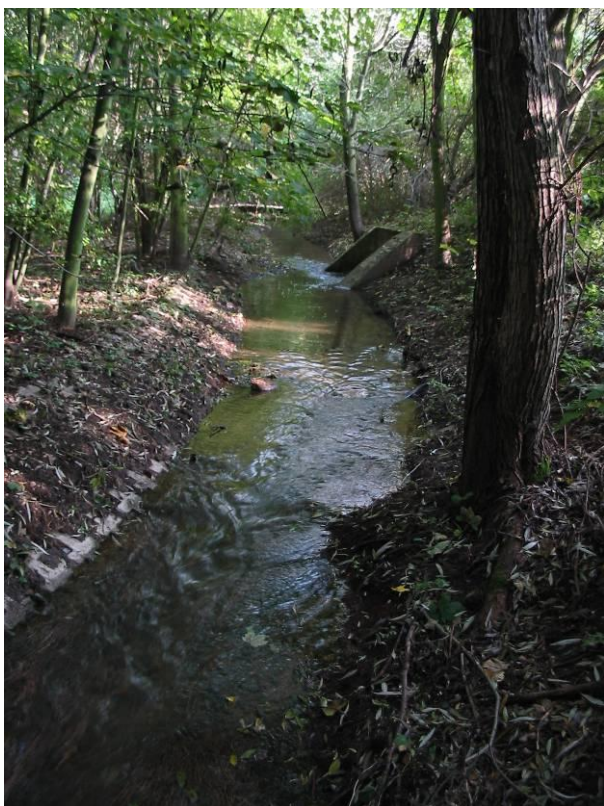
Obr. 17 odběrový bod VI, pramen pitné vody, v pravé horní části fotografie cedule s prozbou o nepoškození pramene, září 2010



Obr. 18 odběrový bod V, betonová jímka vody potoka, leden 2010



Obr. 19 odběrový bod VII, potok opouštějící mokřad před mostkem, následně vtékající na soukromý pozemek Dražanského mlýna , září 2010



Obr. 20 odběrový bod II (před soutokem), III (přítok), IV (cca 5 m po soutoku), říjen 2010

Příloha č. 3

Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod

A. Městské odpadní vody

(hodnoty pro citlivé oblasti a ostatní povrchové vody)

Tabulka 1a: Emisní standardy: přípustné hodnoty (p)³⁾, maximální hodnoty (m)⁴⁾ a hodnoty průměru⁵⁾ koncentrace ukazatelů znečištění vypouštěných odpadních vod v mg/l

Kategorie ČOV (EO) ^{1) 7)}	CHSK _{Cr}		BSK ₅		NL		N-NH ₄ ⁺		N _{celk} ^{2), 8), 9)}		P _{celk} ⁹⁾	
	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	p ³⁾	m ⁴⁾	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ^{4), 6)}	průměr ⁵⁾	m ⁴⁾
< 500 ¹¹⁾	150	220	40	80	50	80	-	-	-	-	-	-
500 - 2 000	125	180	30	60	40	70	20	40	-	-	-	-
2 001 - 10 000	120	170	25	50	30	60	15	30	-	-	3 ¹⁰⁾	8 ¹⁰⁾
10 001 - 100 000	90	130	20	40	25	50	-	-	15	30	2	6
> 100 000	75	125	15	30	20	40	-	-	10	20	1	3

- Rozumí se kategorie čistírny odpadních vod vyjádřená v počtu ekvivalentních obyvatel. Ekvivalentní obyvatel (EO) je definovaný produkcí znečištění 60 g BSK₅ za den. Počet ekvivalentních obyvatel se pro účel zařazení čistírny odpadních vod do velikostní kategorie vypočítává z maximálního průměrného týdenního zatížení na přítoku do čistírny odpadních vod během roku, s výjimkou neobvyklých situací, převalových dešťů a povodní.
U kategorií ČOV pod 2000 EO lze použít pro účel zařazení čistírny do velikostní kategorie (v tabulce 1a nebo 1b v příloze č. 1 a v tabulce 1 v příloze č. 4 k tomuto nařízení) výpočet z bilance v ukazateli BSK₅ v kg za kalendářní rok na přítoku do čistírny vyčleněný hodnotou 21,9.
- Celkový dusík je ukazatel, který zahrnuje všechny formy dusíku.
- Uváděné přípustné koncentrace „p“ nejsou aritmetické průměry za kalendářní rok a mohou být překročeny v povolené míře podle hodnot uvedených v příloze č. 5 k tomuto nařízení. Vodoprávní úřad stanoví typ vzorku A nebo B nebo C podle poznámky 3) k tabulce 1 v příloze č. 4 k tomuto nařízení.
- Uváděné maximální koncentrace „m“ jsou nepřekročitelné. Vodoprávní úřad stanoví typ vzorku uvedený v tabulce 1 přílohy č. 4 k tomuto nařízení v souladu se stanovením hodnoty „p“.
- Uváděné hodnoty jsou aritmetické průměry koncentrací za kalendářní rok a nesmí být překročeny. Počet vzorků odpovídá ročnímu počtu vzorků stanovenému vodoprávním úřadem. Vodoprávní úřad stanoví typ vzorku A nebo B nebo C podle poznámky 3) k tabulce 1 v příloze č. 4 k tomuto nařízení.
- Hodnota platí pro období, ve kterém je teplota odpadní vody na odtoku z biologického stupně vyšší než 12°C. Teplota odpadní vody se pro tento účel považuje za vyšší než 12°C, pokud z pěti měření provedených v průběhu dne byla tři měření vyšší než 12°C.
- Rozbory odtoků z biologických dočišťovacích nádrží, u nichž kolaudační rozhodnutí nabylo právní moci do dne účinnosti tohoto nařízení, se provádějí ve filtrovaných vzorcích, koncentrace celkových nerozpuštěných látek však nesmí přesáhnout hodnotu 100 mg/l.
- Požadavky na dusík je možno kontrolovat pomocí denních průměrů, jestliže se prokáže, že je takto zajištěna stejná úroveň ochrany vod. V tomto případě denní průměr nesmí přesáhnout 20 mg/l celkového dusíku pro všechny vzorky, jestliže teplota na odtoku biologického stupně čistírny odpadních vod je vyšší nebo rovná 12°C. Zohlednění požadavků na funkci biologického odstranění dusíku a plnění limitů při teplotách na odtoku nižších než 12°C může být nahrazeno zohledněním pro časově určené zimní období podle oblastních klimatických podmínek, které stanoví vodoprávní úřad u tohoto ukazatele znečištění.
- Při stanovení limitů pro dusík a fosfor vezme vodoprávní úřad v úvahu harmonogram výstavby a rekonstrukce technologických stupňů odstraňování dusíku a fosforu pro konkrétní aglomerace České republiky schválený vládou, na základě dohody ČR s EU o přechodném období pro implementaci směrnice 91/271/EHS, v rámci „Strategie financování implementace směrnice Rady 91/271/EHS o čištění městských odpadních vod“. Pro tam uvedené konkrétní aglomerace a do stanovené doby ukončení výstavby nebo rekonstrukce, maximálně však do 31. prosince 2010, stanoví vodoprávní úřad emisní limity podle následujících emisních standardů:

Kategorie ČOV (EO)	N _{anorg} ⁶⁾		P _{celk}	
	průměr	m	průměr	m
10 001 - 100 000	20	30	3	6
> 100 000	15	20	1,5	3

N_{anorg} je suma dusíku amoniakálního, dusičnanového a dusitanového. Význam ostatních parametrů je identický jak výše.

- Tento emisní limit stanoví vodoprávní úřad pro čistírny odpadních vod vybavenou technologickým stupněm pro odstraňování fosforu. U ostatních čistíren odpadních vod stanoví tento limit s platností od 31. prosince 2010 v případě, že to tak vyplývá ze stanovení emisních limitů kombinovaným přístupem.
- Přípustné limity ukazatelů CHSK_{Cr}, BSK₅ a NL pro mechanické čistírny odpadních vod, u nichž kolaudační rozhodnutí nabylo právní moci do dne účinnosti tohoto nařízení, stanoví vodoprávní úřad přiměřeně k tomuto nařízení, na základě jakosti a stavu vody v toku a místních podmínek.

Tab. 2 Emisní standardy ukazatelů přípustného znečištění odpadních vod (zdroj: viz citace^[5], kapitola „Seznam literatury“)