

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyzikální a makromolekulární chemie

Sledování kvality vody ve vybraných tocích
CHKO Křivoklátsko

Bakalářská práce
studijního programu Chemie životního prostředí

Praha 2010

Lucie Kesnerová

Tato bakalářská práce vznikla v souvislosti s řešením výzkumného záměru MSM0021620857.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, pod vedením školitele Ing. Libuše Benešové, CSc. a že jsem všechny použité prameny řádně citovala. Jsem si vědoma toho, že případné využití výsledků, získaných v této práci, mimo Univerzitu Karlovu v Praze je možné pouze po písemném souhlasu této univerzity.

V Praze dne 26. srpna 2010

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala paní Ing. Libuši Benešové, CSc. za zadání zajímavého tématu mé bakalářské práce a za ochotu a vstřícný přístup při jejím zpracovávání. Též bych ráda poděkovala za užitečné rady a praktickou pomoc při práci v laboratoři paní Blance Popelákové a paní Sylvě Novákové.

Obsah

1. Teoretická část	9
1.1. Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko.....	9
1.2. Charakteristika oblasti [5].....	9
1.2.1 Podnebí	10
1.2.2 Vodstvo	10
1.2.3 Rostlinstvo	10
1.2.4 Živočišstvo.....	11
1.3. Sledované lokality a stanovované parametry.....	13
1.4. Charakteristiky jednotlivých parametrů [13].....	14
1.5. Sedimenty	21
2. Experimentální část.....	24
2.1. Metodiky stanovení jednotlivých parametrů	24
3. Vyhodnocování výsledků [6].....	36
4. Výsledky a diskuze	38
5. Závěr	63

Seznam použitých zkratek a symbolů

A	absorbance
c	molární koncentrace (mol/l)
f	faktor odměrného roztoku
CHSK _{Mn}	chemická spotřeba kyslíku manganistanem (mg/l)
CHSK _{Cr}	chemická spotřeba kyslíku dichromanem (mg/l)
KNK _{4,5}	kyselinová neutralizační kapacita (mmol/l)
M	molarita (mol/l)
N	normalita
NK	neutralizační kapacita (mmol/l)
t	teplota (°C)
T	tvrdost vody (mmol/l)
V	objem (ml)
V _e	spotřeba odměrného roztoku (ml)
V _o	objem vzorku použitého při stanovení (ml)
V _s	spotřeba odměrného činidla při slepém stanovení (ml)
ZNK _{8,5}	zásadová neutralizační kapacita (mmol/l)
λ	vlnová délka (nm)
κ	elektrolytická vodivost ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Úvod

Naše planeta Země bývá často označována „modrou planetou“, protože při pohledu z vesmíru tak opravdu vypadá. Tuto barvu jí propůjčují vody, které se vyskytují zemské povrchu a zaujímají jeho většinu. Hlavní zásobárnou vody jsou oceány, které zaujímají neuvěřitelné 2/3 zemského povrchu. Mnohonásobně menší ale nezanedbatelnou plochu zaujímají vody na pevnině.

Voda jako taková se vyskytuje téměř všude a život každého organismu je na ní závislý více než si uvědomuje.

Povrchové vody je možno nalézt v mnoha podobách od malých pramenů přes potoky, řeky až po velká jezera. Takřka nikde se voda nevyskytuje v naprosto čistém neznečištěném stavu. Na znečištění vody má nepochybně vliv i lidská populace, která svou činností a početností ovlivňuje složení vod po celém světě. Ročně jsou do vod vypouštěny odpadní vody a jiné znečišťující látky, které mohou kvalitu také zhoršit. Voda i bez sekundárního znečištění se nevyskytuje jako čistá látka, vždy jsou v ní obsaženy určité rozpuštěné plyny a minerální látky a soli.

Předkládaná bakalářská práce se zaměřuje na sledování kvality povrchových vod nacházejících se v CHKO Křivoklátsko. Hlavním účelem a úkolem bylo sledování kvality vod z jednotlivých odběrových míst. Měsíčně bylo u dodávaných vzorků stanovováno množství přítomných iontů a prováděno měření dalších fyzikálních ukazatelů. Podle zjištěného množství iontů a dalších ukazatelů se daný tok zařadil podle příslušné normy do třídy čistoty a aktuální stav byl porovnáván s předešlým sledováním. Kromě sledování kvality vod je součástí této práce i teoretické stanovování sedimentů.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá sledováním kvality povrchových vod v CHKO Křivoklátsko. Hlavním účelem sledování je získávání informací o stavu toku a jeho vývoj oproti předešlému období a stanovit stupeň čistoty podle příslušné normy. V teoretické části jsou popsány základní informace o lokalitě odkud pocházejí vzorky vod a základní charakteristiky stanovovaných parametrů. Součástí této části je i teoretické stanovování sedimentů.

Experimentální část uvádí praktické stanovení jednotlivých parametrů spolu s výpočtem množství přítomných látek a fyzikálních ukazatelů. Po této části následuje vyhodnocování výsledků měření, které jsou uspořádány v tabulkách zahrnující naměřené hodnoty všech požadovaných ukazatelů. Na závěr je uvedeno zhodnocení výsledků sledování kvality a porovnání aktuálního stavu oproti minulému sledovanému období v jednotlivých místech odběru.

Klíčová slova: chemické složení vod, kvalita vod, sedimenty

Abstract

This thesis deals with monitoring of surface water quality in CHKO Křivoklátsko. The main purpose of monitoring is to obtain information about a state of flow and development during the previous period and to determine the pollution stage according to relevant standards. The theoretical part describes the basic information about the locality where they come from water samples and basic characteristics of sets of parameters. This section also includes theoretical assessment of sediment.

The experimental part shows the practical determinates of each parameter, with the calculation of the quantities present and physical indicators.

This section is followed by evaluation of measurement results, which are arranged in tables, including readings of all required parameters. The paper concludes an assessment of the monitoring of quality and compare the current state compared with the previous reporting period at each sampling point.

Key words: chemical composition of water, water quality, sediments

1. Teoretická část

1.1. Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko

Území CHKO Křivoklátsko se rozkládá na jihozápadní okraji Středočeského kraje asi 50 km od Prahy. Tato část Středních Čech má nesmírnou váhu a význam z přírodovědeckého hlediska, protože se zde nacházejí místa, která člověk jsou činností neovlivňuje a díky tomuto jsou zde vhodné podmínky pro vznik řady ekosystému.[1]

Pro své mimořádné přírodní hodnoty bylo Křivoklátsko 1.března 1977 organizací UNESCO uznáno jako biosférická rezervace v rámci programu MaB – člověk a biosféra (Man and Biosphere). Dne 24. listopadu 1978 bylo Ministerstvem kultury zařazeno mezi chráněné krajinné oblasti. [2]

Koncem roku 2008 ministerstvo životního prostředí zveřejnilo návrh na změnu z CHKO na Národní park. Díky tomuto by se stalo Křivoklátsko již pátým Národním parkem v České republice a zároveň prvním NP ve středních Čechách. MŽP navrhuje, aby statut Národního parku získalo nejcennějších 102 km² Křivoklátska, což odpovídá 16 % současné chráněné krajinné oblasti. [3][4]

1.2. Charakteristika oblasti [5]

Celková rozloha tohoto území je 62 792 ha což odpovídá 628 km². Skládá se z 24 maloplošných chráněných území v kategoriích národní přírodní rezervace (NPR), přírodní rezervace (PR) a přírodní památka (PP).Křivoklátsko jak ho známe dnes je výsledkem miliony let trvajících geologického vývoje. Rozhodující vliv na podobu mělo období čtvrtohor. V této oblasti byly časté výkyvy podnebí, což velice ovlivnilo vývoj fauny a flory. Tyto změny se opakovaly v pravidelných intervalech. Nacházelo se zde mnoho vodních toků a ty mají na svědomí modelaci současné vodní sítě protkávající celé území. Hlavní řekou této oblasti je Berounka, která ji rozděluje hlubokým údolím na levobřežní Lánskou pahorkatinu a pravobřežní Zbirožskou vrchovinu.

1.2.1 Podnebí

Křivoklátsko náleží do mírně teplé a suché podnební oblasti. Vyznačuje se dlouhým, suchým a teplým létem, krátkým přechodným obdobím v podobě mírně teplého jara a podzimu a krátkou, ale velmi suchou zimou.

Průměrné roční teploty se zde pohybují mezi 6 - 8 °C. Protože tato oblast leží ve srážkovém stínu Krušných hor, je toto území suchou oblastí Čech. Srážky se zde pohybují znatelně pod předpokládaným průměrem. Průměrný roční úhrn srážek činí jen 530 mm, ve vegetačním období je to pouze 350 mm.

1.2.2 Vodstvo

Stojaté vody i tekoucí vody CHKO Křivoklátsko zaujímají přibližně 4 km², tj. asi 0,63 % celého území. Z této rozlohy řeka Berounka zaujímá asi 230 ha, potoky asi 30 ha a stojaté vody okolo 140 ha.

Osu Křivoklátska tvoří střední tok Berounky, která vzniká soutokem Úhlavy, Úslavy, Mže a Radbuzy u Plzně. Její délka je 139,1 km, celková plocha povodí činí asi 8860 km². Je největším (levobřežním) a nejvodnatějším přítokem Vltavy. Roční průměrná teplota vody je 10°C. Čistota vody je v celém toku řazena do IV. třídy (silně znečištěná voda- podle [6]). Berounka sama o sobě má mnoho pravobřežních i levobřežních přítoků převážně bystřinného charakteru. Kvalita vody všech přítomných potoků a bystřin je nejvíce závislá na prostředí, kterým protéká. Lesní bystřiny a potoky, které jsou bez vlivu obcí a zemědělské výroby vykazují vysokou čistotu. Díky geologické stavbě a listnatým lesům netrpí povrchové vody kyselostí. Reakce vody se pohybuje v rozmezí pH 7- 8,5. [2]

1.2.3 Rostlinstvo

Jedním z důvodů proč vyhlásit CHKO Křivoklátsko byla ochrana velmi bohatého a druhově rozmanitého společenstva z rostlinné i živočišné říše. Podle posledního botanického výzkumu se na jejím území vyskytuje 1800 druhů rostlin, tedy asi dvě třetiny flóry Čech.

Dominantou jsou lesy, jejichž význam je neocenitelný. Zastoupení lesů v této oblasti tvoří 64 % plochy. Na tomto území se vyskytuje více než 56 druhů dřevin rostoucích na původních stanovištích. Mezi hlavní dřeviny patří např. buk lesní, dub letní i zimní aj. Z ostatních lesů jsou nejčastější smrčiny. Také zastoupení bylinné vegetace je na Křivoklátsku velmi pestré a bohaté.

Významné a pro Křivoklátsko charakteristické jsou suťové porosty s tisem červeným (*Taxus baccata*). Křivoklátsko je jednou z mále oblastí kde se tis zachoval v přírodním prostředí. [2]

1.2.4 Živočišstvo

Oblast CHKO Křivoklátsko se vyznačuje zastoupením různých druhů živočichů. Je typickou faunou teplé lesní oblasti. Její pestrost je dána vegetační rozmanitostí a členitostí území. Vysoká druhová různorodost řadí toto území například mezi význačná ptačí území Evropy. Hnízdí zde 120 druhů a dále zde bylo zjištěno 35 druhů tažných ptáků. Dále se zde vyskytuje 110 druhů měkkýšů, 28 druhů vážek, 750 druhů motýlů, 53 druhů mravenců, 60 druhů savců, 8 druhů plazů, 12 druhů obojživelníků, 1500 druhů brouků a 30 druhů ryb. Na území chráněné krajinné oblasti se vyskytuje 20 kriticky ohrožených, 37 silně ohrožených a 44 ohrožených druhů živočichů. Vzhledem k historickému vývoji je Křivoklátsko tradičně oblastí lovné zvěře, především jelení.

Významným prvkem křivoklátské vodní fauny je rak kamenáč (*Australopotamobius torrentium*), kriticky ohrožený druh, který obývá některé menší vodní toky v poměrně velkých populacích. Tento druh raka obývá pouze velmi čisté potoky. [2]

Rak kamenáč patří mezi živočichy vyžadující zvláštní ochranu a zároveň patří mezi prioritní druhy ochrany. [7] [8] Nachází se i na červeném seznamu Mezinárodní unie pro ochranu přírody a přírodních zdrojů – IUNC. [9]

V CHKO se vyskytuje v Týřov - Oupořském potoce, který je zařazen do Evropsky významných lokalit podle soustavy NATURA 2000. [10] [11]

S Rákem kamenáčem se setkáváme pouze v Čechách, na Moravě se nevyskytuje. V současnosti je tento druh raka ohrožen zejména nevhodnými úpravami koryt a potoků, znečištěním vod a hrozbou nákazy račím morem. [12]

1.3. Sledované lokality a stanovované parametry

V CHKO Křivoklátsko bylo každý měsíc odebíráno 16 vzorků z různých toků v odlišných lokalitách. Přehled vybraných lokalit je uveden níže v tabulce č. 1 :

Tabulka 1 : Přehled lokalit

	Tok	Odběrové místo
1.	Vůznice	Skalka
2.	Vůznice	pod rezervací
3.	Úpoř	Kučerův mlýn
4.	Prostřední potok	mostek
5.	Zbizožský potok	Sýkorův mlýn
6.	Zbizožský potok	Slapnice
7.	Úpoř	pod Týřovem
8.	Skryjský potok	ústí
9.	Taterský potok	Gypsárna
10.	Ryzava	u městečka
11.	Klucná	ústí
12.	Žloupava	ústí
13.	Rakovnický potok	jez pod školou
14.	Rakovnický potok	pod ČOV
15.	Strouha	Ruda
16.	Klíčava	Myší díra

Stanovované fyzikálně chemické parametry ve vzorcích vody:

Teplota

pH

Vodivost (elektrolytická konduktivita)

Kyselinová neutralizační kapacita – celková alkalita $KNK_{4,5}$

Zásadová neutralizační kapacita – celková acidita $ZNK_{8,3}$

Chemická spotřeba kyslíku - $CHSK_{Mn}$

Celková tvrdost – celkový obsah vápníku a hořčíku

Koncentrace přítomných iontů:

Vápník – Ca^{2+}

Hořčík – Mg^{2+}

Chloridy – Cl^-

Železo – Fe

Dusitany – NO_2^-

Dusičnany – NO_3^-

Amonné ionty – NH_4^+

Mangan – Mn^{2+}

1.4. Charakteristiky jednotlivých parametrů [13]

Chemické složení povrchových vod je různorodé a závislé na lokalitě. Kromě přirozených sloučenin vyskytujících se za běžných podmínek ve vodě se do vod dostává i určité množství škodlivin jako jsou například oleje, těžké kovy aj.. Někdy bývají přítomné též výluhy z kořenů, trav, popřípadě tlející organická hmota vyskytující se v bezprostředním okolí toku. Ve stojatých i tekoucích vodách se běžně vyskytují rozpuštěné soli, ze kterých ve vodě vznikají ionty. Z tohoto důvodu se při popisu resp. při stanovování obsahu rozpuštěných látek ve vodě užívá vyjádření pomocí iontů. [14]

Teplota

Teplota je velmi důležitým ukazatelem kvality vody. Ovlivňuje chemickou i biochemickou reaktivitu a to zejména od 0 °C asi do 30 °C . V povrchových vodách má vliv na rozpustnost kyslíku, rychlost biochemických dějů, a tím i samočisticí schopnost. Při teplotách blízkých 0 °C probíhají veškeré procesy ve vodě velmi zvolna.

pH

Hodnota pH má mimořádný význam, protože ovlivňuje většinu fyzikálně-chemických, chemických i biochemických procesů, které ve vodě probíhají. Stanovení pH je součástí každého chemického rozboru vody. Umožňuje rozlišení jednotlivých forem některých prvků přítomných ve vodě. Hodnota pH se musí zjišťovat co nejdříve od odběru vzorku. V čistých přírodních vodách (povrchových a prostých podzemních) se hodnota pH pohybuje v rozmezí od 4,5 do 9,5. Povrchové vody mívají hodnoty pH v rozmezí asi 6,0 – 8,5.

Existují různé způsoby měření pH lišící se přesností. Jako příklad lze uvést měření s využitím pH papírku, které slouží spíše k orientačnímu stanovení.

Dále jsou to kolorimetrické indikátory a potenciometrická stanovení.

Potenciometre je z metod stanovení pH nejpřesnější a určí hodnotu s vysokou přesností. [15]

Vodivost (Elektrolytická konduktivita)

Vyjadřuje míru koncentrace ionizovaných anorganických a organických součástí vody. Konduktivita je závislá na koncentraci iontů, jejich nábojovém čísle, pohyblivosti a teplotě. Vzrůst či pokles teploty o pouhý 1 °C způsobí změnu konduktivity minimálně o 2 %. Obvykle se stanovuje při teplotě 25 °C. Označuje se symbolem κ a její jednotkou je $\text{mS} \cdot \text{m}^{-1}$, ale v laboratoři se měřilo v jednotkách $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$. Povrchové vody mají obvykle hodnoty konduktivity v rozmezí $50 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$ - $500 \mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$.

Elektrolytická konduktivita patří podle ČSN 75 7221 mezi základní chemické ukazatele jakosti vody. [6]

Neutralizační kapacity – NK

Neutralizační (acidobazická) kapacita je schopnost vody vázat vodíkové či hydroxidové ionty. Patří mezi obecné vlastnosti všech vod. Stanovuje se titrací dané vzorku vody kyselinou nebo zásadou. Neutralizační kapacitou (NK) se rozumí látkové množství silné jednosytné kyseliny nebo silné jednosytné zásady v mmol, které spotřebuje 1 litr vody k dosažení určité hodnoty pH. Rozděluje se na kyselinovou (KNK) a zásadovou (ZNK) kapacitu jejichž jednotky se udávají v $\text{mmol} \cdot \text{l}^{-1}$. Obvyklé hodnoty pH, do kterých se stanovuje jsou 4,5 a 8,3 jako tomu je v našem případě. Hodnota pH, se udává jako spodní index, tedy - $\text{KNK}_{4,5}$ a $\text{ZNK}_{8,3}$ což odpovídá stanovování celkových neutralizačních kapacit (celková kyselinová neutralizační kapacita resp. celková zásadová neutralizační kapacita).

Chemická spotřeba kyslíku – CHSK

Patří mezi metody používané ke stanovování veškerých organických látek vyskytujících se ve vodě. Při stanovení CHSK se koncentrace organických látek ve vodě určuje podle množství spotřebovaného kyslíku na jejich oxidaci silným oxidačním činidlem. Výsledky se vyjadřují v mg/l (hmotnost kyslíku v mg odpovídající stechiometrické spotřebě oxidačního činidla na 1 l vody). V laboratoři se využívala metoda stanovení manganistanem draselným jakožto oxidačního činidla. Tato metoda se označuje jako CHSK_{Mn}. Původní metodu CHSK_{Mn} navrhl v roce 1866 Kubel, proto je někdy označována jako Kubelova metoda. Metoda je vhodná především pro pitné a přírodní nepříliš znečištěné vody. Postupně je ale nahrazována dichromanovou metodou, kde se jako oxidační činidlo využívá dichroman draselný a je označována jako CHSK_{Cr}. Na rozdíl od CHSK_{Mn} je tato modifikace vhodná pro vody odpadní a více znečištěné přírodní vody. Hlavním důvodem záměny je, že procento oxidace organických látek je nízké.

Tvrdość vody - T

Není definována jednotným způsobem, nicméně se prosadila teorie, že tvrdość vody je dána součtem koncentrací vápníku a hořčíku přítomných ve vodě, které je pak možné stanovit komplexometrickou metodou. Stejně jako mnoho definic vzniklo i mnoho jednotek tvrdości. Vyjadřovat tvrdość lze v různých stupních (německé, francouzské nebo anglické), ale protože u nás v České republice se využívá definice sumy vápníku a hořčíku jsou jednotky udávány v mmol/l. Vápník i hořčík patří mezi ukazatele přípustného znečištění povrchových vod a jejich koncentrace by neměla překročit u Ca 300 mg/l a Mg 200 mg/l.

Vápník – Ca

Prvek patří do II. hlavní skupiny periodického systému prvků. Patří mezi kovy alkalických zemin. V přírodě je poměrně hojně zastoupen (3,4 %).

Vyskytuje se především ve formě uhličitanu v minerálech aragonitu a kalcitu, v horninách vápenci, křídě a mramoru a dále například v sádrovci. Je to šedobílý, lesklý a měkký kov. [16]

Vápník se rozpouští v téměř všech horninách a je tedy zjistitelný v mnohých vodách. Například vody spojené se žulou nebo křemičitými písky obvykle obsahují méně než 10 mg/l vápníku. Naopak vody ve vápencových oblastech mohou obsahovat 30 až 100 mg/l a existují i oblasti, kde je obsah vápníku vyšší než 100 mg/l. Přispívá k celkové tvrdosti vody. [15]

Do vody se dostává rozkladem hlinitokřemičitanů vápenatých a ve větších koncentracích rozpouštěním vápence, dolomitu, sádrovce a jiných minerálů. Převážně se vyskytuje jako jednoduchý iont Ca^{2+} . V povrchových vodách se koncentrace vápníku pohybuje řádově od desítek až do několika set mg/l.

Hořčík – Mg

Je to prvek patřící do II. hlavní skupiny periodické soustavy prvků. V přírodě je značně zastoupen (1,93%). Nachází se hlavně v magnetitu a dolomitu. Hořčík je lehký, středně tvrdý stříbrolesklý kov. Důležitá je jeho přítomnost v rostlinách, kde je součástí chlorofylu. [16]

Do vody se dostává rozkladem hlinitokřemičitanů hořečnatých a ve větších koncentracích rozpouštěním magnetitu a dolomitu. Převážně se vyskytuje jako jednoduchý iont Mg^{2+} . V povrchových vodách se koncentrace hořčíku pohybuje od jednotek do několika desítek mg/l. Obvykle je jeho zastoupení menší než předchozího vápníku. Je to dáno tím že jeho výskyt v zemské kůře je menší.

Chloridy – Cl⁻

Chlor patří do skupiny halogenů tzn. do VII. hlavní podskupiny. Je to žlutozelený, silně toxický plyn. Jeho zastoupení v přírodě je asi 0,2 %. Chlor se vyskytuje nejčastěji ve formě chloridů (NaCl a KCl), ať již pevných či rozpuštěných v mořské vodě. [16]

Chloridové anionty jsou obvykle přítomny v přírodních vodách. Vysoké koncentrace chloridů mohou naznačovat znečištění odpadními vodami nebo odpady z průmyslu, nebo vniknutím slané vody do sladkovodního koryta povodí. Ovlivňují chuť vody, která ovšem závisí na iontech, které jsou s chloridy spojeny. Ve spojení se sodíkem resp. Na⁺ propůjčují vodě slanou chuť. Vysoký obsah chloridů je škodlivý pro většina stromů a rostlin. [15]

Základní druhy hornin a půd obsahují průměrně 10 mg až 500 mg chloridů v 1 kg. Jejich zvětráváním a vyluhováním přecházejí chloridy do vody. Větší koncentrace chloridů pocházejí z ložisek kamenné soli (halitu) nebo z ložisek draselných solí. Významným zdrojem chloridů je posyp vozovek v zimním období. Chloridy jsou nejrozšířenější formou výskytu chloru ve vodách. Jsou přítomné jako jednoduchý ion Cl⁻. Patří mezi základní anionty vyskytujících se v přírodních vodách. Koncentrace dosahuje až desítek mg/l.

Železo – Fe

Prvek patří do VIII. vedlejší skupiny periodické tabulky. Spolu s kobaltem a niklem tvoří tzv. triadu železa. V přírodě velmi rozšířený kov, který tvoří 5,1 % litosféry. Mnoho minerálů mu vděčí za svou barvu. Snadno se oxiduje vlhkým vzduchem za vzniku vrstvy oxidu. Vyskytuje se ve dvou oxidačních číslech a to +II a +III . Oxidační číslo +II je stále pouze v kyselém prostředí. Železnaté soli se snadno oxidují na soli železité, které jsou mnohem stálejší. [16]

Nejrozšířenější železnou rudou je pyrit FeS_2 ale kromě něho se nachází i v krevetu, magnetovci aj.. Je také obsaženo v řadě přírodních hlinitokřemičitanů. Formy výskytu rozpuštěného a nerozpuštěného železa ve vodách závisejí na hodnotě pH, oxidačně-redukčním potenciálu a komplexotvorných látkách přítomných ve vodě. Ve vodách, které obsahují rozpuštěný kyslík je v oxidačním stupni III nejstabilnější formou. V malých koncentracích je železo běžnou součástí vod. V povrchových vodách se železo vyskytuje obvykle v setinách až desetínách mg/l. Voda většiny toků v ČR obsahuje železa méně než 0,5 mg/l.

Dusitany – NO_2^-

Pokud se vyskytují ve vodách, tak v nich vznikají zejména biochemickou oxidací amoniakálního dusíku (nitrifikací) nebo biochemickou redukcí dusičnanů (ale to je méně časté). Dusitany jsou odvozované od kyseliny dusité HNO_2 , která je středně silnou kyselinou. Z toho vyplývá, že ve vodách, které mají hodnotu pH vyšší než 5 zcela převažují ionty NO_2^- nad nedisociovanou kyselinou. Většina forem výskytu dusitanů je ve vodě dobře rozpustná. Koncentrace dusitanů je často vyjadřována jako dusitanový dusík ($\text{N} - \text{NO}_2$) a ne jako koncentrace NO_2^- . Dusitany doprovází ve vodách dusičnany a amoniakální dusík. Ve vodách jsou velmi nestálé a proto se vyskytují ve velmi malých a často jen ve stopových koncentracích. V přírodních vodách jsou poměrně rychle přeměňovány nitrifikací na dusičnany.

Dusičnany – NO_3^-

Dusičnany vznikají hlavně sekundárně při nitrifikaci amoniakálního dusíku. Jsou konečným stupněm rozkladu dusíkatých organických látek v oxickém prostředí. Mezi další zdroje patří hnojení zemědělských půd dusíkatými hnojivy. Odvozují se od silné kyseliny dusičné HNO_3 . Ve vodách se vyskytují pouze jako aniony NO_3^- . Jejich koncentrace se vyjadřuje jako dusičnanový dusík $\text{N} - \text{NO}_3^-$. Dusičnany se vyskytují téměř ve všech vodách a patří mezi 4

základní anionty. Jejich koncentrace v přírodních vodách neustále vzrůstá z důvodu rostoucího počtu obyvatel a jejich zemědělské činnosti. Nízké koncentrace N-NO₃ se vyskytují především na horních tocích řek. Za oxických podmínek jsou velmi stabilní a za anoxických podmínek podléhají denitrifikaci při které vzniká elementární dusík.

Amonné ionty – NH₄⁺

Amonné ionty lze nalézt v mnoha povrchových vodách díky mikroorganismům, které jsou schopné rozkládat dusíkatou organickou hmotu. Vyšší koncentrace se vyskytují ve vodě znečištěné odpadními vodami, dusíkatými hnojivy, odpady z průmyslu nebo zemědělství. [15]

Vznikají při rozpouštění amoniaku ve vodě z hydrátu NH₃ · H₂O, ze kterého přímo disociují ještě spolu s OH⁻. Kation NH₄⁺ má kyselý charakter. Ionty NH₄⁺ disociují za zvýšené teploty dále na NH₃. Téměř všechny amonné soli jsou ve vodě rozpustné. Amoniakální dusík se vyskytuje ve vodách jako kation NH₄⁺ (kation amonný, též známý jako amonium) a v neionické formě NH₃. Při chemických analýzách se stanovují obě formy současně tj. celkový amoniakální dusík, ten je dán součtem koncentrací N- NH₄ (dusíku amonného) a N-NH₃(dusíku amoniakového). V povrchových vodách obvykle koncentrace amoniakálního dusíku nepřevyšují 1 mg /l. Amoniakální dusík je ve vodách za přítomnosti kyslíku nestálý a velmi snadno podléhá nitrifikaci. Zdrojem amoniakálního dusíku mohou být emise amoniaku ze živočišné výroby a nebo dusíkatá hnojiva, která se splachem z polí dostávají do povrchových vod.

Mangan - Mn

Prvek patří do VII. B skupiny periodické tabulky prvků. Po železu a titanu nejrozšířenější přechodný kov v litosféře zaujímá 0,1%. V přírodě se nachází v řadě rud z nichž je nejdůležitější burel MnO₂, ze kterého se také vyrábí. Vyskytuje se v oxidačních číslech +II až +VII. Je to kov poměrně reaktivní. Jemně rozptýlen má schopnost dokonce rozkládat vodu za vývoje vodíku. [16]

Mangan obvykle doprovází železné rudy. Přechází do vod kromě jiného z půd a sedimentů. Ve vodách se může vyskytovat ve formě rozpuštěné i nerozpuštěné především v oxidačních stupních II, III a IV. Za redukčních podmínek a nepřístupu kyslíku je nestabilnější formou ve vodě Mn^{2+} . Ovšem v tomto oxidačním čísle je ve vodách obsahujících kyslík nestabilní. V alkalických podmínkách se rychle oxiduje a hydrolyzuje za vylučování málo rozpustných oxidů manganu v ox. č. III a IV. Zvýšená koncentrace železa ve vodách je velmi často doprovázena i zvýšenou koncentrací manganu přičemž manganu bývá obvykle méně. Koncentrace manganu ve vodách se pohybuje pod 1 mg/l.

1.5. Sedimenty

Sedimenty představují heterogenní polyfázový systém obsahující anorganickou krystalickou a amorfni fázi, živou a neživou organickou hmotu, v koloidním stavu a v podobě drobných částic, vodu a různé plyny v proměnlivých poměrech. Celkový obsah prvků v pevné fázi těchto systémů, zjištěný kompletní chemickou analýzou, nemůže být indikátorem potenciálního znečištění daného sedimentu. Bylo zjištěno, že dochází k mobilitě a redistribuci přítomných stopových prvků a k jejich vazbě na pevnou fázi. Spolu s poznatky o různé míře toxických účinků těchto stopových prvků na živé organismy, vedou k nutnosti analytického rozlišení, čili speciaci různých forem výskytu a způsobu vazby prvků v pevné fázi.

V průběhu 2. poloviny 20. století se vlivem zvýšeného průmyslového a i zemědělského využívání těžkých kovů narušila jejich přirozená rovnováha a pohyb v jednotlivých biogeochemických cyklech ekosystémů. Důležitá otázka pro životního prostředí zní nakolik je znečištění těžkými kovy pohyblivé, zda dochází k jejich přednostní akumulaci v nějaké složce ekosystémů a za jakých podmínek může docházet k remobilizaci akumulovaných kovů. Mezi častá místa akumulace těžkých kovů jsou sladkovodní sedimenty. Obsah toxických

prvků v sedimentech vodních toků a nádržích odráží celkovou kontaminaci dané lokality lépe, než okamžitá koncentrace těchto prvků ve vodě.[17]

Akumulace polutantů v sedimentech toků poukazuje na přítomnost a intenzitu zdrojů znečištění zejména v horních částech toků a napomáhá k jejich identifikaci.

Sedimenty lze stanovit sekvenční analýzou. Tato analýza simuluje několik možných přírodních ale i antropogenních modifikací environmentálních podmínek. Na sled extrakcí, které probíhají během samotné analýzy lze pohlížet jako na stupnici potenciální dostupnosti kovů pro biosféru. V průběhu sekvenční analýzy dochází postupným působením činidel se vzrůstající extrakční silou za různých fyzikálně-chemických podmínek k uvolňování kovů vázaných různými způsoby na různé geochemické složky sedimentu.

Přelomovou metodickou prací, kterou se stanovuje vhodná metodika sekvenční extrakce jednotlivých forem prvků dle jejich vazby na geochemické frakce sedimentu (výměnnou, karbonátovou, hydratované oxidy Fe a Mn, organickou hmotu a minerální reziduum) je práce publikovaná Tessierem [18]. Kromě Tessierova postupu existuje i řada dalších procedur, které rozlišují podobné kategorie vazeb kovů v půdách a sedimentech. Některé z nich umožňují podrobnější rozlišení, např. vazby na amorfní a krystalické oxidy železa, na oxidy manganu, vazby na rozpustné a nerozpustné organické látky. Ve snaze o harmonizaci široké škály používaných metod sekvenční analýzy byla v roce 1993 v programu SM&T (Standards, Measurement and Testing Programme) při Evropské komisi vyvinuta metoda sekvenční analýzy určená přímo pro sedimenty. Tato metoda byla po úpravě v roce 1999 [19] optimalizována společně s tím byl vydán i standardní referenční materiál sladkovodního sedimentu CRM 701 s certifikovanými hodnotami šesti extrahovatelných těžkých kovů (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb a Zn), který by měl být pro ověření přesnosti a správnosti sekvenční analýzy vždy rozkládán v několika replikách společně se vzorky sedimentu.

Přestože většina těžkých kovů obsažených v sedimentech není přímo dostupná pro vodní organismy, změna některých fyzikálních či chemických podmínek (pH, redox potenciál, přítomnost komplexotvorných činidel) ve vodním prostředí může vést ke vzniku labilnějších vazeb kovů či dokonce k jejich uvolnění do roztoku. [20] Smyslem sekvenční extrakce je charakterizovat způsob vazby jednotlivých těžkých kovů a určit tak ekotoxikologické riziko jejich uvolnění při změnách výše uvedených podmínek. V prostředí vodních toků může k těmto změnám dojít např. vznikem redukčního prostředí při pohřbení sedimentu, provzdušněním sedimentu po jeho opakovaném rozptýlu či oxidací sedimentu jeho vysušením mimo koryto řeky (po vybagrování či odnosu povodňovou vlnou). Zatímco v anoxické zóně je převážná část Cu, Cd, Pb a Zn spojena s organickou složkou, v povrchové oxidační zóně je rozdělení prvků posunuto významně k nestáljším typům vazeb s výrazným zastoupením vazeb na výměnnou složku (Cd a Zn), složku karbonátovou (Cd, Zn, Pb) event. na hydratované oxidy Fe/Mn (Pb). [21]

2. Experimentální část

2.1. Metodiky stanovení jednotlivých parametrů

pH

Stanovení se provádí podle normy ČSN ISO 10 523

Stanovuje se pH metrem s jedinou kombinovanou elektrodou (obsahuje referenční a indikační elektrodu). Před stanovením se vždy elektroda musí opláchnout destilovanou vodou a poté se ponoří do stanovovaného vzorku. Hodnotu pH odečítáme až po ustálení.

Vodivost

Stanovení se provádí podle normy ČSN EN 27 888

Vodivost se stanovuje konduktometrem. Elektroda konduktometru má v sobě zabudovaný teploměr a je nutné před každým stanovením nastavit aktuální teplotu aby nám nevznikla chybná hodnota. Měla by být stanovována co nejdříve po odebrání z toho důvodu, že se mění s dobou skladování a také s teplotou.

Neutralizační kapacity - NK

Zásadová neutralizační kapacita $ZNK_{8,3}$ – Celková acidita

Stanovení se řídí podle normy ČSN 75 7372

Princip: $ZNK_{8,3}$ se stanovuje titrací vzorku vody odměrným roztokem NaOH v koncentraci 0,1 M na indikátor fenolftalein.

Činidla: 0,1 M odměrný roztok NaOH

fenolftalein - 0,5% indikátorový roztok

Postup: Do titrační baňky se odměří 100 ml vzorku vody, přida se 3-5 kapek roztoku fenolftaleinu a titruje se roztokem 0,1 M NaOH za neustálého míchání až do vzniku stálého, slabě růžového zbarvení.

$$\underline{\text{Výpočet:}} \quad \text{ZNK}_{8,3} = \frac{V_e \cdot f_{\text{NaOH}} \cdot c_{\text{NaOH}} \cdot 10^3}{V_o} \quad (2.1)$$

V_e - spotřeba odměrného roztoku NaOH (ml)

f_{NaOH} - faktor NaOH

c_{NaOH} - koncentrace odměrného roztoku NaOH (mol / l)

V_o - objem použitého vzorku ke stanovení (ml)

$\text{ZKN}_{8,3}$ - zásadová neutralizační kapacita (mmol / l)

Kyselinová neutralizační kapacita $\text{KNK}_{4,5}$ – Celková alkalita

Stanovení se řídí podle ČSN EN ISO 9963-1

Princip: $\text{KNK}_{4,5}$ je stanovována titrací vzorku vody odměrným roztokem 0,1 M HCl na směsný indikátor.

Činidla: 0,1 M odměrný roztok HCl
směsný indikátor

Postup: Do titrační baňky se odměří 100 ml vzorku vody, přidají se asi 3 kapky směsného indikátoru a titruje se odměrným roztokem 0,1 M HCl z modrého do cibulového zbarvení.

$$\underline{\text{Výpočet:}} \quad \text{KNK}_{4,5} = \frac{V_e \cdot f_{\text{HCl}} \cdot c_{\text{HCl}} \cdot 10^3}{V_o} \quad (2.2)$$

V_e - spotřeba odměrného roztoku HCl (ml)

f_{HCl} - faktor HCl

c_{HCl} - koncentrace odměrného roztoku (mol / l)

V_o - Objem použitého vzorku (ml)

$KNK_{4,5}$ - kyselinová neutralizační kapacita (mmol / l)

Chemická spotřeba kyslíku – CHSK

Metoda stanovení podle Kubela - CHSK_{Mn}

Stanovení se provádí v souladu s ČSN EN ISO 8467

Princip: Tato metoda je založená na oxidaci organických látek silným oxidačním činidlem, v tomto případě je to manganistan draselný - $KMnO_4$. Oxidace probíhá v kyselém prostředí kyseliny sírové, v přebytku $KMnO_4$ a při desetiminutovém varu. Množství spotřebovaného manganistanu na oxidaci organických látek se zjistí tak, že se do roztoku po ukončení oxidace přidá známé množství kyseliny šťavelové - $(COOH)_2$, která je manganistanem zpětně titrována.

Činidla: H_2SO_4 zředěná v poměru 1:2

0,01 N odměrný roztok $KMnO_4$

0,01 N odměrný roztok $(COOH)_2$

destilovaná voda

Postup: Do vyvařené titrační baňky, obsahující varné kamínky se odměří 100 ml vzorku stanovované vody, přidá se 5 ml H_2SO_4 v poměru 1: 2 a 20 ml 0,01 N odměrného roztoku $KMnO_4$. Poté se baňka nechá 10 minut povařit. Po této době se ještě k horkému roztoku přidá 20 ml 0,01 N odměrného roztoku kyseliny šťavelové. Roztok se přidavkem této kyseliny odbarví a ihned se titruje roztokem 0,01 N $KMnO_4$ do slabě růžového zbarvení.

Pokud je spotřeba $KMnO_4$ větší než 12 ml stanovení se musí opakovat se naředěným vzorkem. Naředění se provádí destilovanou vodou a následná spotřeba $KMnO_4$ nesmí být nižší než 4 ml.

$$\text{Výpočet: } \text{CHSK}_{\text{Mn}} = \frac{V_e \cdot 80}{V_o} \quad (2.3)$$

V_e - Spotřeba odměrného roztoku KMnO_4 (ml)

V_o - Objem použitého vzorku ke stanovení (ml)

80 - konstanta pro přepočítání organických látek na kyslík

CHSK_{Mn} - Chemická spotřeba kyslíku (mg / l)

Tvrdość vody

Stanovené se provádí v souladu s normou ČSN ISO 6059

Princip : Tvrdość vody se stanovuje chelatometrickou titrací, při které se jako odměrného roztoku využívá disodná sůl ethylendiamintraoctové kyseliny (označované též jako chelaton 3). K určení bodu ekvivalence se používá metalochromní indikátor eriochrom čern T, který v přítomnosti amoniakálního tlumivého roztoku, při pH 10, vytvoří s vápenatými a hořečnatými ionty vínově červený komplex.

Činidla: 0,05 M odměrný roztok chelaton 3

tlumivý roztok o pH 10

eriochrom čern T

Postup: Stanovení tvrdosti vody se provádí u vzorku u kterého byla stanovena celková alkalita. Ke 100 ml vzorku po stanovení $\text{KNK}_{4,5}$ se přidá 5 ml tlumivého roztoku. Po dokonalém promíchání se přidá tolik eriochrom černi, až se roztok zabarví vínově červeně. Poté se titruje odměrným roztokem 0,05 M chelatonu 3 z vínové do tmavě modré barvy.

$$\text{Výpočet: } T = \frac{V_e \cdot f_{\text{chelaton3}} \cdot C_{\text{chelaton3}} \cdot 10^3}{V_o} \quad (2.4)$$

V_e - spotřeba odměrného roztoku chelatonu 3 (ml)

V_o - objem vzorku použitého při stanovení (ml)

$f_{\text{chelaton 3}}$ - faktor odměrného roztoku chelatonu 3

$c_{\text{chematon 3}}$ - koncentrace odměrného roztoku (mol / l)

T - tvrdost vody (mmol / l)

Vápník – Ca

Toto stanovení se provádí podle normy ČSN ISO 6058

Princip: Vápník se ve vodách stanovuje chelatometrickou titrací chelatonem 3. Toto stanovení využívá stálosti vzniklého komplexu Ca^{2+} iontů s chelatonem 3 v silně zásaditém prostředí.

Činidla: 1 N NaOH

0,05 M odměrný roztok chelatonu 3

indikátor murexid

Postup: Do titrační baňky se odměří 100 ml vzorku vody, ke kterému se přidají 2 ml 1 N NaOH. Roztok se důkladně promíchá, přidá se k němu indikátor murexid a titruje se 0,05 M odměrným roztokem chelatonu 3 z růžového do fialového zabarvení.

$$\text{Výpočet: } c_{(\text{Ca})} = \frac{V_e \cdot f_{\text{chelaton3}} \cdot c_{\text{chelaton3}} \cdot 40,08 \cdot 10^3}{V_o} \quad (2.5)$$

V_e - spotřeba odměrného roztoku chelatonu 3 (ml)

V_o - objem vzorku použitého při stanovení (ml)

$f_{\text{chelaton 3}}$ - faktor odměrného roztoku chelatonu 3

$c_{\text{chelaton 3}}$ - koncentrace odměrného roztoku (mol / l)

40,08 - atomová hmotnost vápníku

$c_{(Ca)}$ - koncentrace vápníku (mg / l)

Hořčík – Mg

Hořčík se stanovuje v rámci celkové tvrdosti vody a jeho koncentrace je dopočítávána podle níže uvedeného vzorce (2.6)

$$\text{Výpočet: } c_{(Mg)} = \left(T - \frac{C_{(Ca)}}{40,08} \right) \cdot 24,31 \quad (2.6)$$

T - tvrdost vody (mmol / l)

$c_{(ca)}$ - stanovená koncentrace vápníku (mg / l)

40,08 - atomová hmotnost vápníku

24,31 - atomová hmotnost hořčíku

$c_{(Mg)}$ - koncentrace hořčíku (mg / l)

Chloridy – Cl⁻

Stanovení chloridů argentometrickou metodou podle Mohra

Chloridy se stanovují podle normy ČSN ISO 9297

Princip: Chloridy se při tomto způsobu stanovení titrují odměrným roztokem dusičnanu stříbrného - AgNO₃ za vzniku rozpustného chloridu stříbrného.

Konec titrace je indikován chromanem draselným - K₂CrO₄, který vytváří se stříbrnými ionty velmi málo rozpustné sraženiny chromanu stříbrného -

Ag₂CrO₄.

Činidla: 0,02 N odměrný roztok AgNO₃

5% indikátor K₂CrO₄

destilovaná voda

Postup: Do titrační baňky se odměří 100 ml vzorku, přidá se 1 ml K₂CrO₄.

Roztok se promíchá a následně titruje odměrným roztokem AgNO₃ ze světla

žlutého zabarvení do oranžově hnědého zákalu. Stejný postup se provede i pro slepé stanovení se 100 ml destilované vody.

$$\text{Výpočet: } c_{(\text{Cl}^-)} = \frac{(V_e - V_s) \cdot f_{\text{AgNO}_3} \cdot c_{\text{AgNO}_3} \cdot 34,45 \cdot 10^3}{V_o} \quad (2.7)$$

V_e - spotřeba odměrného roztoku AgNO_3 (ml)

V_s - spotřeba odměrného činidla AgNO_3 při slepém stanovení (ml)

V_o - objem vzorku použitého při stanovení (ml)

f_{AgNO_3} - faktor odměrného roztoku AgNO_3

c_{AgNO_3} - koncentrace odměrného roztoku AgNO_3 (mol / l)

34,45 - atomová hmotnost chloru

$c_{(\text{Cl}^-)}$ - koncentrace chloridů (mg / l)

Železo – Fe

Stanovení veškerého železa absorpční spektrofotometrií po reakce s thiokyanatanem

Princip: Při tomto stanovení dochází k rozpouštění a následné oxidaci železa na trojmocné železo – Fe^{3+} , které reaguje v kyselém prostředí s thiokyanatanem za vzniku červeného zbarvení.

Činidla: zředěná HCl

zředěný roztok H_2O_2

20 % roztok KSCN

destilovaná voda

Postup: Do 50 ml odměrných baněk se odpipetuje 40 ml přefiltrovaného vzorku vody. K tomuto množství vzorku se přidá 1 ml zředěného roztoku HCl potom 1 ml zředěného H_2O_2 a následně se baňky důkladně promíchají aby

došlo k homogenizaci. Ne dříve, než za 5 minut se přidá 5 ml 20 % KSCN a do 1 minuty se všechny baňky doplní destilovanou vodou po rysku. Stejný postup jako u vzorků se provádí i se 40 ml destilované vody, a toto stanovení je pak použito jako slepý pokus. Množství železa v jednotlivých vzorcích se zjišťuje měřením na spektrofotometru na základě zjištěné absorbance. Měření se provádí proti slepému pokusu v intervalu od 5 do 60 minut od doplnění vodou ve 4 cm kyvetách při vlnové délce (λ) 500 nm.

Výpočet: $c_{(\text{Fe})} = \frac{50 \cdot c}{V}$ $c = A \cdot x$ (2.8) (2.9)

50 - konečný objem použitý pro stanovení na spektrofotometru (ml)

c - koncentrace železitých iontů (Fe^{3+}) odečtená z kalibrační křivky (mg / l)

V - Objem vzorku použitého pro stanovení (ml)

$c_{(\text{Fe})}$ - koncentrace Fe ve vzorku (mg / l)

A - naměřená absorbance

x – směrnice křivky $x = 1,6923$

Dusitany – NO_2^-

Stanovení se provádí podle normy ČSN EN 26 777

Princip: Ve vzorku vody přítomná kyselina dusitá způsobuje diazotaci sulfanilové kyseliny v prostředí kyseliny octové za vzniku diazoniové soli. Vzniklá diazoniová sůl je kopulována α - naftylaminem na červenofialové zabarvení azobarviva, jehož intenzita zabarvení je úměrná koncentraci obsažených NO_2^- ve vzorku.

Činidla: 0,6 % kyselina sulfanilová

0,6 % α - naftylamin

destilovaná voda

Postup: 50 ml odměrné baňky se naplní po rysku přefiltrovaným vzorkem vody. K tomuto množství se přidá 1 ml kyseliny sulfanilové a obsah se důkladně promíchá. Po 5 minutách stání se přidá 1 ml α -naftylaminu a opět se promíchají. Stejným způsobem se připraví i slepý pokus. Množství obsažených dusitanů se zjistí spektrofotometicky po 40 minutách stání proti slepému pokusu. Stanovení se provádí ve 4 cm kyvetách při vlnové délce 520 nm.

Výpočet: $C_{(NO_2^-)} = \frac{50 \cdot c}{V}$ $c = A \cdot x$ (2.10) (2.11)

50 - konečný objem použitý pro stanovení na spektrofotometru (ml)

c - koncentrace odečtená z kalibrační křivky (mg / l)

V - objem vzorku použitý pro stanovení (ml)

$C_{(NO_2^-)}$ - koncentrace NO_2^- ve vzorku (mg / l)

A - naměřená absorbance

x - směrnice křivky $x = 0,3333$

Dusičnany – NO_3^-

Stanovené se provádí podle normy ČSN ISO 7890-3

Činidla: destilovaná voda

Postup: Zjišťování množství dusičnanů ve vzorku se provádí spektrofotometricky při vlnové délce 214 nm. Stanovují se z přefiltrovaného vzorku v 1 cm kyvetách. Pokud se naměřená absorbance pohybuje nad 1,1 vzorek se naředí destilovanou vodou. Odpovídající množství přefiltrovaného vzorku se napipetuje do 50 ml odměrné baňky a doplní se destilovanou vodou po rysku, promíchá se a následně stanovuje opět při $\lambda = 214$ nm.

Amonné ionty – NH_4^+

Stanovení se provádí podle normy ČSN ISO 7150

Princip: Amonné ionty poskytují reakcí se salicylanem sodným a chlornanovými ionty, v přítomnosti nitrosopentakynoželezitanu sodného, modrou sloučeninu. Chlornanové ionty vznikají alkalickou hydrolyzou sodné soli N,N-dichloro-1,3,5-triazin-2,4,6-trionu (dichlorisokyanuratan sodný). Vznikající chloramin reaguje v přítomnosti nitroprusidu sodného se salicylanem sodným. Citronan sodný maskuje rušivé vlivy kationů, zejména vápníku a hořčíku.

Činidla: vybarvovací činidlo

- salicylan sodný
- dihydrát citronanu trisodného
- nitroprusid sodný
- destilovaná voda

roztok dichloroisokyanuratanu sodného
destilovaná voda

Postup: Do 50 ml odměrných baněk se napipetuje 40 ml přefiltrovaného vzorku vody. K tomuto množství se přidají 4 ml vybarvovacího činidla promísí se a následně se přidají 4 ml dichlorisokyanuratanu sodného a roztok se promíchá. Poté se banka doplní destilovanou vodou po rysku opět se promíchá a nechá se po dobu 1 hodiny stát při teplotě místnosti. Po této době se stanovuje obsah přítomných amonných iontů spektrofotometricky. Absorbanci měříme při vlnové délce 655 nm v 1 cm kyvetách proti slepému pokusu.

$$\text{Výpočet: } C_{(\text{NH}_4^+)} = \frac{40 \cdot c}{V} \quad c = A \cdot x \quad (2.12) \quad (2.13)$$

40 - objem, na který je spočtena koncentrace standardů (ml)

c - koncentrace odečtená z kalibrační křivky (mg / l)

V - objem vzorku použitého pro stanovení (ml)

$C_{(NH_4^+)}$ - koncentrace NH_4^+ ve vzorku (mg / l)

A - naměřená absorbance

x – směrnice křivky $x = 1,2857$

Mangan – Mn

Stanovení manganu po oxidaci persíranem

Princip: Sloučeniny manganu se v prostředí kyseliny dusičné oxidují persíranem na manganistan. Intenzita zabarvení je úměrná koncentraci manganu ve vzorku vody.

Činidla: koncentrovaná HNO_3
srážecí roztok $AgNO_3$
persíran amonný p.a. $(NH_4)_2S_2O_8$
destilovaná voda

Postup: Do větší kádinky se odměří 100 ml vzorku vody, přidají se 2 ml koncentrované kyseliny dusičné a po promíchání se přikapává srážecí roztok tak dlouho dokud vzniká zákal. Poté se přidají ještě 2 ml tohoto srážecího roztoku jako přebytek. Následně se roztok filtruje přes filtrační papír do titrační baňky. Po úplném přefiltrování se k roztoku přidá asi 0,5 g persíranu amonného a po jeho dokonalém rozpuštění se baňka nechá na vařiči mírně vařit po dobu 10 minut. Během této doby se v případě přítomnosti sloučenin manganu objeví růžové zabarvení, není-li mangan ve vzorku obsažen zůstane roztok bezbarvý. Pokud je přítomen baňka se nechá vychladnout a poté se vzorek kvantitativně převede do 100 ml odměrných baněk, doplní se destilovanou vodou po rysku. Obsah manganu je zjišťován

spektrofotometricky ve 4 cm kyvetách při vlnové délce 525 nm proti slepému pokusu.

$$\text{Výpočet: } C_{(Mn^{2+})} = \frac{100 \cdot c}{V} \quad c = A \cdot x \quad (2.14) (2.15)$$

100 - konečný objem pro měření na spektrofotometru (ml)

c - koncentrace odečtená z kalibrační křivky (mg / l)

V - objem vzorku použitého pro stanovení (ml)

$C_{(Mn^{2+})}$ - koncentrace Mn^{2+} iontů ve vzorku (mg / l)

A - naměřená absorbance

x – směrnice křivky $x = 5,5556$

Všechna spektrofotometrická stanovení byla provedena na UV spektrofotometru UNICAM SP 1800

3. Vyhodnocování výsledků [6]

Výsledky stanovení se vyhodnocují podle ČSN 75 7221 Jakost vod – Klasifikace jakosti povrchových vod.

Podle této normy se tekoucí povrchové vody řadí do jednotlivých tříd jakosti, které slouží k porovnávání jejich jakosti na různých místech a v různém čase. Klasifikace jakosti vod se podle každého ukazatele uskutečňuje srovnáním vypočtené charakteristické hodnoty tohoto ukazatele s jemu odpovídající mezní hodnotou, která je dána pro každou třídu. Mezní hodnoty jsou nejvyšší hodnoty daného ukazatele jakosti ve třídě. Jejich hodnoty jsou uvedeny níže v tabulce 2.

Charakteristická hodnota ukazatele jakosti vody je hodnota s pravděpodobností nepřekročení 90%. Výsledky se musí seřadit u daného ukazatele do vzestupné řady a z této řady se pak určí charakteristická hodnota. Pro 11 – 15 hodnot je to hodnota předposlední a pro 16 – 23 hodnot je charakteristická hodnota třetí odzadu. Při větším počtu hodnot se tato hodnota určí podle výpočtu uvedeném normě.

Výsledná třída jakosti vody se určí podle nejnepříznivějšího z ukazatelů.

Tekoucí povrchové vody se podle normy ČSN 75 7221 řadí do 5 tříd jakosti:

- I neznečištěná voda
- II mírně znečištěná voda
- III znečištěná voda
- IV silně znečištěná voda
- V velmi silně znečištěná voda

Třída I – neznečištěná voda: Stav povrchové vody není významně ovlivněn lidskou činností a ukazatele jakosti nepřesahují hodnoty odpovídající běžnému pozadí v tocích

Třída II – mírně znečištěná voda: Stav povrchové vody je ovlivněn lidskou činností, ale ukazatele dosahují takových hodnot ukazatelů jakosti vody, které umožňují existenci bohatého a udržitelného ekosystému

Třída III – znečištěná voda: Stav povrchové vody je ovlivněn lidskou činností a to tak, že hodnoty ukazatelů jakosti vody dosahují takových hodnot, které nemusí vytvořit podmínky pro existenci bohatého a vyváženého ekosystému

Třída IV – silně znečištěná voda: Stav povrchové vody je ovlivněn lidskou činností tak, že hodnoty ukazatelů jakosti vody dosahují takových hodnot, které umožňují existenci pouze nevyváženého ekosystému

Třída V – velmi silně znečištěná voda: Stav povrchové vody je natolik ovlivněn lidskou činností, že hodnoty ukazatelů jakosti vody dosahují hodnot, které vytváří podmínky umožňující existenci silně nevyváženého ekosystému.

Tabulka 2 – mezní hodnoty tříd jakosti vody podle [6]

Ukazatel	Jednoty	Třída				
		I	II	III	IV	V
Obecné, fyzikální a chemické ukazatele						
Elektrolytická konduktivita	mS/m	<40	<70	<110	<160	≥160
Chemická spotřeba kyslíku manganistanem	mg/l	<6	<9	<14	<20	≥20
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	mg/l	<0,3	<0,7	<2	<4	≥4
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	mg/l	<3	<6	<10	<13	≥13
Chloridy	mg/l	<100	<200	<300	<450	≥450
Vápník	mg/l	<150	<200	<300	<400	≥400
Hořčík	mg/l	<50	<100	<200	<300	≥300
Kovy a metaloidy						
Mangan	mg/l	<0,1	<0,3	<0,5	<0,8	≥0,8
Železo	mg/l	<0,5	<1	<2	<3	≥3

4. Výsledky a diskuze

Tato kapitola shrnuje naměřené hodnoty jednotlivých stanovovaných parametrů ze všech odběrových míst. Jak již bylo napsáno výše odběrových míst je 16 a nachází se v celé oblasti CHKO Křivoklátsko. Ukazatelé jsou uvedeny v tabulkách a pro nejdůležitější z nich jsou sestrojeny grafy s průběhy hodnot během sledování. Pro každou sledovanou lokalitu je také uvedena tabulka vyhodnocení podle [6], která udává zařazení daného toku do určité třídy jakosti.

Měření bylo prováděno od dubna 2009 do května 2010, ale k výsledkům z tohoto období byly přiřazeny i data z předchozího měření z období 2008-2009 aby získaných dat bylo více, a aby bylo možno provést dlouhodobější sledování vývoje kvality vod v daných lokalitách. Výjimkou stanovování je měsíc duben 2010, kdy byly stanovovány pouze nejdůležitější ukazatelé a dále pak prosinec 2009, kdy vzorky nebyly dovezené vůbec.

Z důvodů většího množství a rozsahu tabulek jsou v této části uvedeny pouze tabulky pro první dvě lokality a pro ostatní odběrová místa jsou příslušné tabulky uvedeny v příloze k této práci.

1.lokalita Vůznice – Skalka

období duben 2009 až květen 2010

Tabulka 3: Naměřené hodnoty ukazatelů v lokalitě Vůznice- Skalka

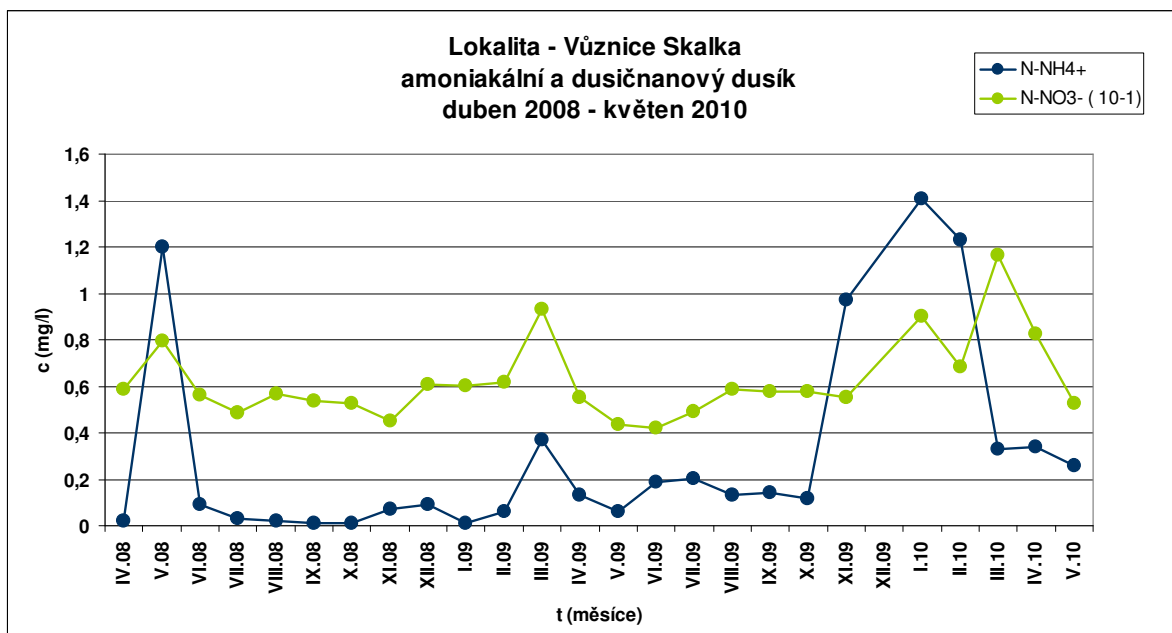
parametr	datum	04.09	05.09	06.09	07.09	08.09	09.09	10.09	11.09	01.10	02.10	03.10	04.10	05.10
	jednotky													
pH		8,30	8,27	8,56	8,56	8,44	8,03	7,75	7,99	8	8,16	8,1	8,18	8,41
KNK _{4,5}	mmol/l	3,13	2,92	3,66	3,66	3,76	3,66	3,76	3,76	2,82	3,24	1,77	2,25	2,79
ZNK _{8,3}	mmol/l	0,05	0,05	0,05	0,10	0,14	0,05	0,05	0,05	0,38	0,77	0,05	/	0,2
T	mmol/l	2,61	2,41	2,56	2,61	2,76	2,65	2,8	2,68	3,25	3,1	2,54	2,54	2,97
NO ₂ ⁻	mg/l	0,10	0,13	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,75	0,12	0,13	0,12	/	0,06
CHSK _{Mn}	mg/l	2,8	6,88	2,96	4,48	5,2	3,6	5,92	4,4	4,8	4,64	5,28	5,2	4,8
Cl ⁻	mg/l	19,85	17,73	24,82	24,82	23,40	26,94	26,23	26,68	22,46	25,97	18,25	/	20,75
Ca ²⁺	mg/l	76,34	68,31	50,23	30,14	60,27	54,11	80,16	78,95	71,21	81,38	61,03	/	49,28
Mg ²⁺	mg/l	17,26	17,26	31,85	45,22	30,63	31,60	19,45	17,26	35,74	26,01	24,73	/	42,31
Fe	mg/l	0,03	0,06	0,04	0,03	0,01	0,03	0,01	0,01	0	0,021	0,06	/	0
Mn	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	/	0
NO ₃ ⁻	mg/l	24,4	19,29	18,70	21,65	26,08	25,5	25,57	24,43	39,78	30,22	51,47	36,6	23,37
NH ₄ ⁺	mg/l	0,17	0,08	0,24	0,26	0,17	0,18	0,15	1,25	1,82	1,59	0,42	0,44	0,33
vodivost	μS/cm	453	424	489	511	515	487	471	477	479	506	481	452	443

Tabulka 4: Naměřené hodnoty ukazatelů v lokalitě Vůznice – Skalka v období duben 2008 – březen 2009 podle [22]

parametr	datum	04.08	05.08	06.08	07.08	08.08	09.08	10.08	11.08	12.08	01.09	02.09	03.09
	jednotky												
pH		8,08	8,35	7,08	8,39	7,90	8,15	8,18	7,76	7,82	7,97	8,10	8,04
KNK _{4,5}	mmol/l	3,16	3,47	3,16	3,79	3,58	3,68	3,79	3,79	2,84	3,07	2,97	1,70
ZNK _{8,3}	mmol/l	0,21	0,21	0,48	0,10	0,19	0,10	0,05	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
T	mmol/l	2,5	2,7	2,6	2,7	2,9	2,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,6	2,5
NO ₂ ⁻	mg/l	0,32	0,36	0,03	0,01	0,00	0,02	0,01	0,01	0,03	0,01	0,08	0,13
CHSK _{Mn}	mg/l	3,92	4,56	4,64	4,00	3,60	3,04	4,16	3,84	6,24	3,52	4,48	5,20
Cl ⁻	mg/l	24,1	27,0	21,9	24,1	27,8	24,9	25,6	25,6	22,7	23,6	25,0	16,7
Ca ²⁺	mg/l	68,5	72,5	74,5	68,5	68,5	74,5	72,5	78,5	68,5	54,1	60,1	74,1
Mg ²⁺	mg/l	19,5	20,8	18,3	24,4	29,3	25,7	20,8	18,3	24,4	31,6	26,7	15,8
Fe	mg/l	0	0	0,01	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,07	0,02	0,02	0,05
Mn	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NO ₃ ⁻	mg/l	25,97	35,25	24,90	21,52	25,05	23,65	23,19	19,94	26,90	26,65	27,37	41,28
NH ₄ ⁺	mg/l	0,03	1,55	0,11	0,04	0,03	0,01	0,01	0,09	0,11	0,01	0,08	0,48
vodivost	μS/cm	511	502	515	558	525	493	505	541	947	506	550	540

Tabulka 5: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Vůznice - Skalka			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	51,52	50,5	55,13	II
CHSK _{Mn}	4,49	4,48	5,97	II
Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺)	0,30	0,13	1,20	III
Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻)	6,23	5,76	9,98	III
Chloridy	23,62	24,46	26,96	I
Vápník	66,51	68,5	79,26	I
Hořčík	25,62	24,57	37,45	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,02	0,02	0,06	I
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 1: Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Vůznice - Skalka

Tok v lokalitě Vůznice- Skalka se zařazuje do III. třídy jakosti tedy mezi vody znečištěné. Do této třídy patří zejména díky zvýšeným koncentracím dusíku a to jak amoniakálního tak i dusičnanového. Mírně zvýšené jsou hodnoty $CHSK_{Mn}$ a konduktivity. V minulém sledování byl tento tok také ve III. třídě čistoty.

2. lokalita Vůznice - pod rezervací

období duben 2009 - květen 2010

Tabulka 6: Naměřené hodnoty ukazatelů v lokalitě Vůznice – pod rezervací

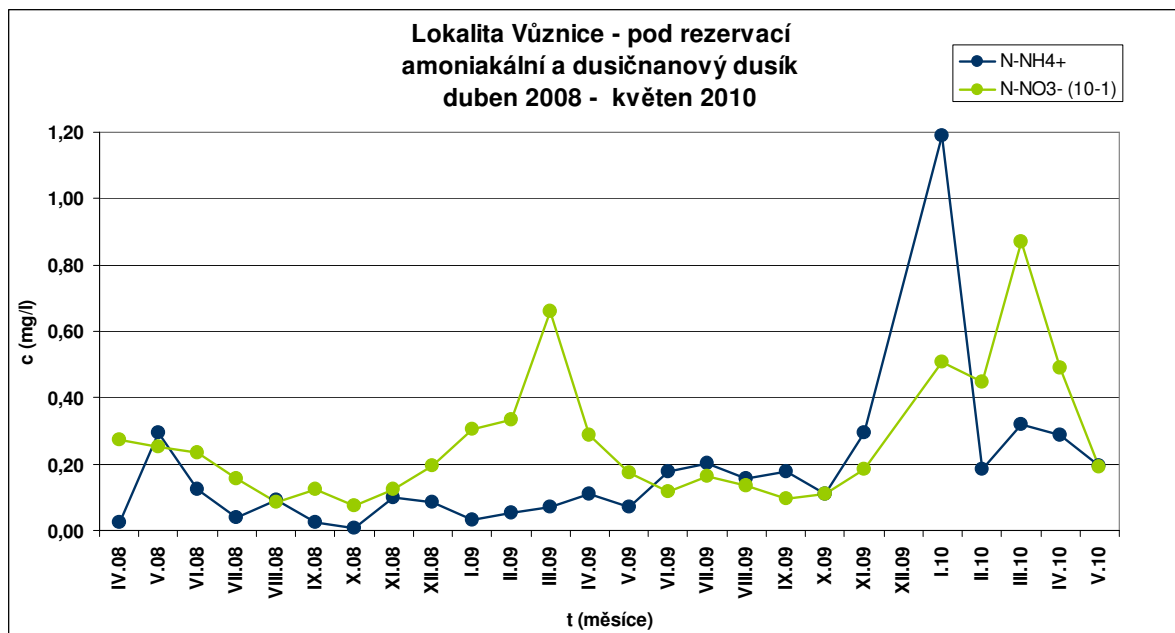
parametr	Datum	04.09	05.09	06.09	07.09	08.09	09.09	10.09	11.09	01.10	02.10	03.10	04.10	05.10
	jednotky													
pH		8,50	8,49	8,78	8,78	8,92	8,19	8,08	8,18	8,22	8,29	8	8,3	8,51
KNK _{4,5}	mmol/l	3,13	3,34	3,76	4,07	4,18	4,18	4,39	4,18	3,24	3,76	2,19	2,25	3,1
ZNK _{8,3}	mmol/l	0	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,05	0,05	0,48	0,29	0,05	/	0,2
T	mmol/l	2,56	2,31	2,51	2,51	2,46	2,6	2,8	2,78	2,84	3,05	2,79	1,93	2,77
NO ₂ ⁻	mg/l	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06	0,05	0,09	/	0,02
CHSK _{Mn}	mg/l	4,4	7,84	5,12	6,32	8,72	7,12	7,28	7,28	6,48	4,08	19,2	9,04	7,68
Cl ⁻	mg/l	12,05	17,02	14,89	14,18	12,76	17,02	15,60	16,85	14,04	16,85	25,27	/	13,83
Ca ²⁺	mg/l	62,28	56,25	42,19	22,10	64,29	22,04	62,12	70,85	46,79	32,55	22,38	/	30,8
Mg ²⁺	mg/l	24,55	22,12	35,49	47,65	20,91	49,84	30,39	24,55	40,6	54,45	54,25	/	48,66
Fe	mg/l	0,03	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,06	0	0,063	0,021	0,08	/	0,05
Mn	mg/l	0	0,16	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	/	0
NO ₃ ⁻	mg/l	12,7	7,62	5,13	7,15	5,95	4,22	4,93	8,16	22,45	19,83	38,49	21,72	8,41
NH ₄ ⁺	mg/l	0,14	0,09	0,23	0,26	0,20	0,23	0,14	0,38	1,53	0,24	0,41	0,37	0,25
vodivost	μS/cm	417	405	463	469	458	465	444	486	446	470	485	364	405

Tabulka 7: Naměřené hodnoty ukazatelů v lokalitě Vůznice – pod rezervací v období duben 2008 – březen 2009 podle [22]

parametr	datum	04.08	05.08	06.08	07.08	08.08	09.08	10.08	11.08	12.08	01.09	02.09	03.09
	jednotky												
pH		8,24	8,47	7,14	8,48	7,90	8,21	8,02	8,02	8,23	8,28	8,37	8,35
KNK _{4,5}	mmol/l	3,37	3,58	2,84	3,79	4,10	4,21	4,63	4,42	4,10	3,39	3,50	1,91
ZNK _{8,3}	mmol/l	0,11	0,21	0,39	0,05	0,10	0,10	0,19	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05
T	mmol/l	2,4	2,5	2,1	2,4	2,7	2,8	2,8	2,9	2,8	2,7	2,9	2,0
NO ₂ ⁻	mg/l	0,03	0,04	0,03	0,01	0	0,01	0,01	0,02	0,03	0,01	0,02	0,05
CHSK _{Mn}	mg/l	4,96	4,96	7,60	8,08	6,32	6,24	8,64	6,24	5,28	4,24	4,00	5,84
Cl ⁻	mg/l	16,8	14,6	11,7	12,4	9,5	15,3	16,8	16,8	17,5	20,2	21,5	12,5
Ca ²⁺	mg/l	18,1	28,2	52,4	74,5	40,3	66,5	48,3	44,3	32,2	24,0	20,0	40,1
Mg ²⁺	mg/l	46,4	42,8	19,5	12,2	40,3	26,9	39,1	42,8	48,9	51,1	58,3	24,3
Fe	mg/l	0,00	0,00	0,03	0,04	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,05
Mn	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
NO ₃ ⁻	mg/l	12,06	11,13	10,40	6,87	3,71	5,47	3,25	5,47	8,63	13,45	14,84	29,22
NH ₄ ⁺	mg/l	0,03	0,38	0,16	0,05	0,12	0,03	0,01	0,13	0,11	0,04	0,07	0,09
vodivost	μS/cm	466	418	398	482	474	479	394	531	508	498	531	444

Tabulka 8: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Vůznice – pod rezervací			
Období	duben 2008 –květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	45,6	46,5	51,17	II
CHSK _{Mn}	6,92	6,32	8,77	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,18	0,11	0,30	I
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	2,63	1,90	5,31	II
Chloridy	15,67	15,45	20,54	I
Vápník	42,65	41,25	67,63	I
Hořčík	37,75	40,45	54,3	II
Mangan	0	0	0,01	I
Železo	0,03	0,03	0,06	I
Výsledná třída jakosti				II



Obrázek 2: Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Vůznice - pod rezervací

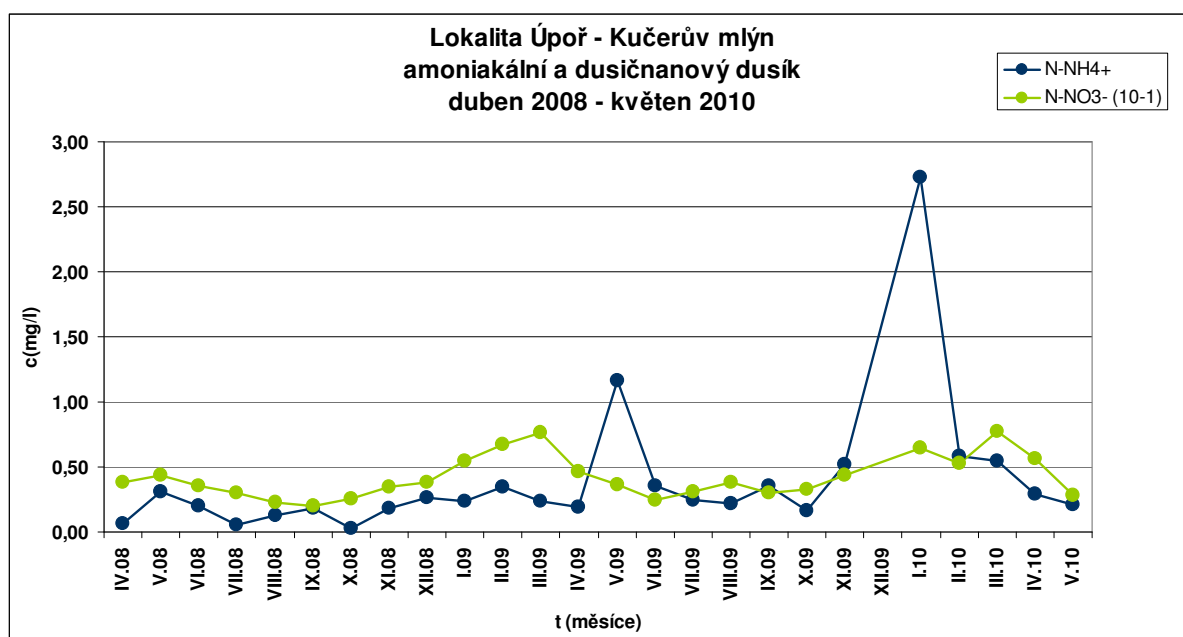
Tok v lokalitě Vůznice – pod rezervací se řadí do II. třídy čistoty tzn. patří mezi vody mírně znečištěné. Do II. třídy se řadí především díky vyšším hodnotám konduktivity, chemické spotřebě kyslíku CHSK, dusičnanovému dusíku a vyšší koncentraci hořčíku. Další z ukazatelů jakosti tento potok zařazují do I. třídy čistoty. V předešlém sledovaném období patřil též do II. třídy nicméně jsou patrné mírně stoupající hodnoty koncentrací dusičnanového a amoniakálního dusíku jak ukazuje i graf 2.

3. lokalita Úpoř – Kučerův mlýn

Tabulky s hodnotami viz příloha A

Tabulka 9: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Úpoř – Kučerův mlýn			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	Charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	38,34	39,4	43,83	II
CHSK _{Mn}	7,22	7,04	10,06	III
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,39	0,24	0,67	II
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	4,18	3,77	6,86	III
Chloridy	16,76	16,75	24,9	I
Vápník	46,35	47,22	56,68	I
Hořčík	17,19	18,27	20,8	I
Mangan	0,05	0,02	0,12	II
Železo	0,05	0,05	0,09	I
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 3: Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Úpoř – Kučerův mlýn

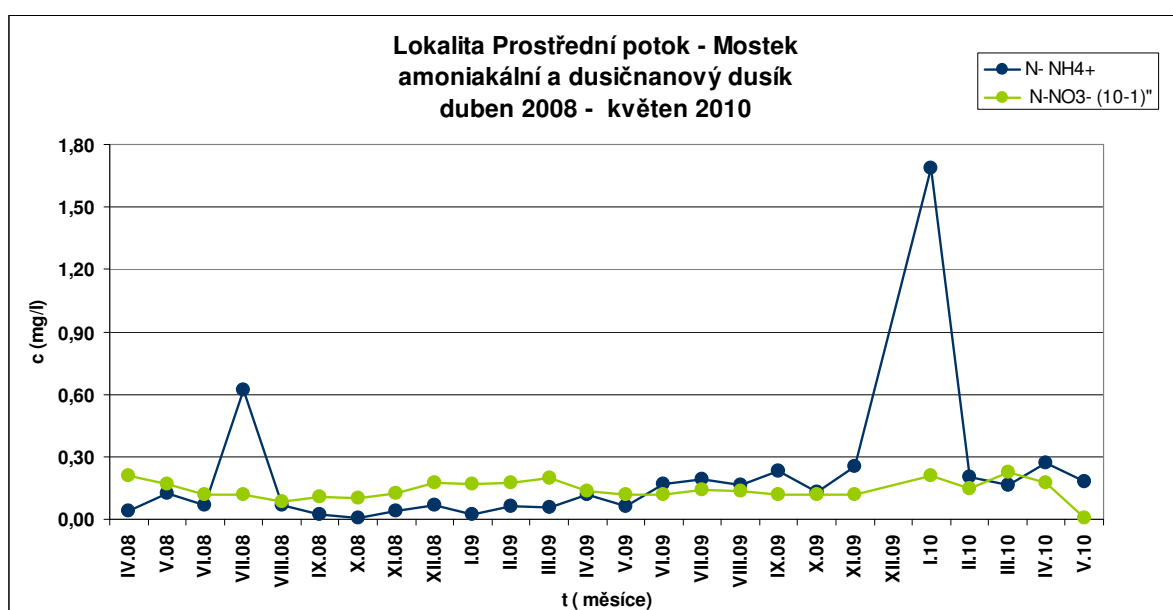
Výsledná jakost pro tok v lokalitě Úpoř - Kučerův mlýn je III. třída. Do této třídy se řadí zejména díky zvýšenému obsahu organických látek a dále pak vyšším hodnotám koncentrace dusičnanového dusíku. V minulém sledování patřil taktéž do III. třídy.

4. lokalita Prostřední potok - mostek

Tabulky s hodnotami viz příloha B

Tabulka 10: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Prostřední potok - mostek			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	31,30	32,1	38,94	I
CHSK _{Mn}	5,44	5,52	7,27	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,20	0,12	0,33	II
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	1,40	1,33	2,09	I
Chloridy	8,45	8,0	11,03	I
Vápník	35,45	36,2	48,75	I
Hořčík	20,05	17,73	39,1	I
Mangan	0,11	0,07	0,3	II
Železo	0,02	0,02	0,04	I
Výsledná třída jakosti				II



Obrázek 4 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Prostřední potok - mostek

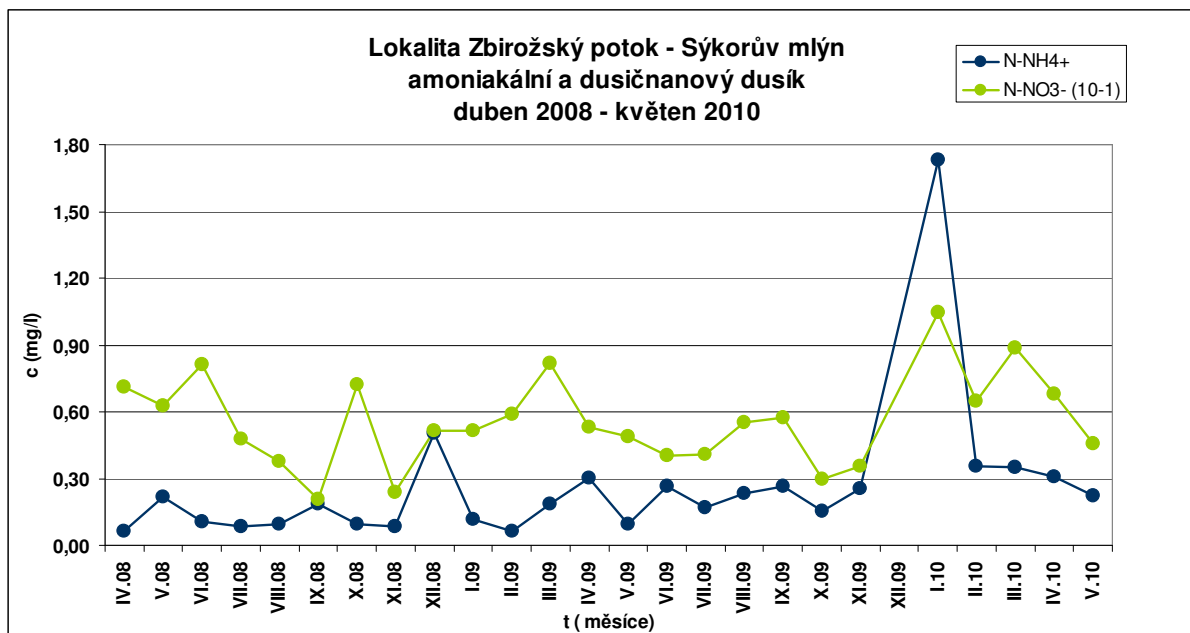
Tok v lokalitě Prostřední potok – mostek patří do II. třídy jakosti, díky mírně zvýšenému obsahu organických látek, amoniakálního dusíku a manganu. Manganu obvykle bývá méně než železa, ale u tohoto toku tomu je naopak. Ostatní ukazatele řadí tuto lokalitu do I. třídy čistoty což je velmi příznivý stav, zejména důležité jsou nízké koncentrace dusičnanového dusíku. V minulém období patřil taktéž do II. třídy.

5. lokalita Zbirožský potok – Sýkorův mlýn

Tabulky s hodnotami viz příloha C

Tabulka 11: Klasifikace jakosti vody podle[6]

Lokalita	Zbirožský potok – Sýkorův mlýn			
Období	duben 2008 –květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	39,44	40,0	42,92	II
CHSK _{Mn}	7,95	7,2	10,83	III
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,26	0,19	0,38	II
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	5,57	5,33	8,29	III
Chloridy	29,33	26,23	43,0	I
Vápník	44,23	42,25	53,72	I
Hořčík	15,54	16,52	20,28	I
Mangan	0,05	0	0,14	II
Železo	0,07	0,07	0,12	I
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 5 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Zbirožský potok - Sýkorův mlýn

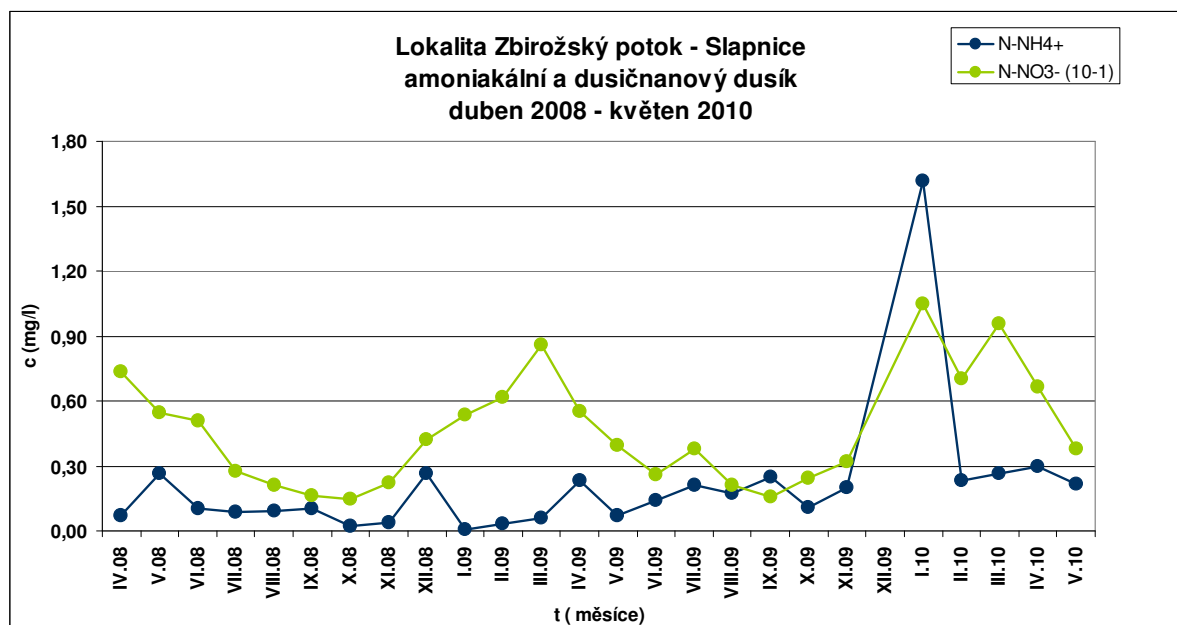
Tok v lokalitě Zbirožský potok – Sýkorův mlýn se řadí do III. třídy jakosti a to díky vysokému obsahu dusičnanového dusíku a $CHSK_{Mn}$. Oproti minulému období je zde patrné zlepšení kvality co se týče obsahu organických látek, díky kterým se tento tok řadil do IV. třídy jakosti- tedy mezi vody silně znečištěné. Nicméně obsah organických látek poklesl, ale řadí tuto lokalitu do III. třídy - vody znečištěné.

6. lokalita Zbirožský potok – Slapnice

Tabulky s hodnotami viz příloha D

Tabulka 12: Klasifikace jakosti vody podle[6]

Lokalita	Zbirožský potok – Slapnice			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	Charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	40,67	41,2	45,71	II
CHSK _{Mn}	6,86	6,48	8,76	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,21	0,14	0,27	I
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	4,60	3,92	8,74	III
Chloridy	28,34	27,30	38,52	I
Vápník	45,19	44,3	50,92	I
Hořčík	17,57	17,02	24,4	I
Mangan	0	0	0,01	I
Železo	0,05	0,05	0,11	I
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 6 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Zbirožský potok - Slapnice

Výsledná třída jakosti toku v lokalitě Zbirožský potok - Slapnice je III. třída. Do této třídy se řadí hlavně kvůli značně zvýšeným koncentracím dusičnanového dusíku, naopak koncentrace amoniakálního dusíku je zde velmi málo což tento tok řadí do I. třídy čistoty a to je velmi příznivé. Oproti

minulému sledovaného období se kvalita vody výrazně nezlepšila ani nezhoršila, protože třída čistoty je shodná ve všech ukazatelích.

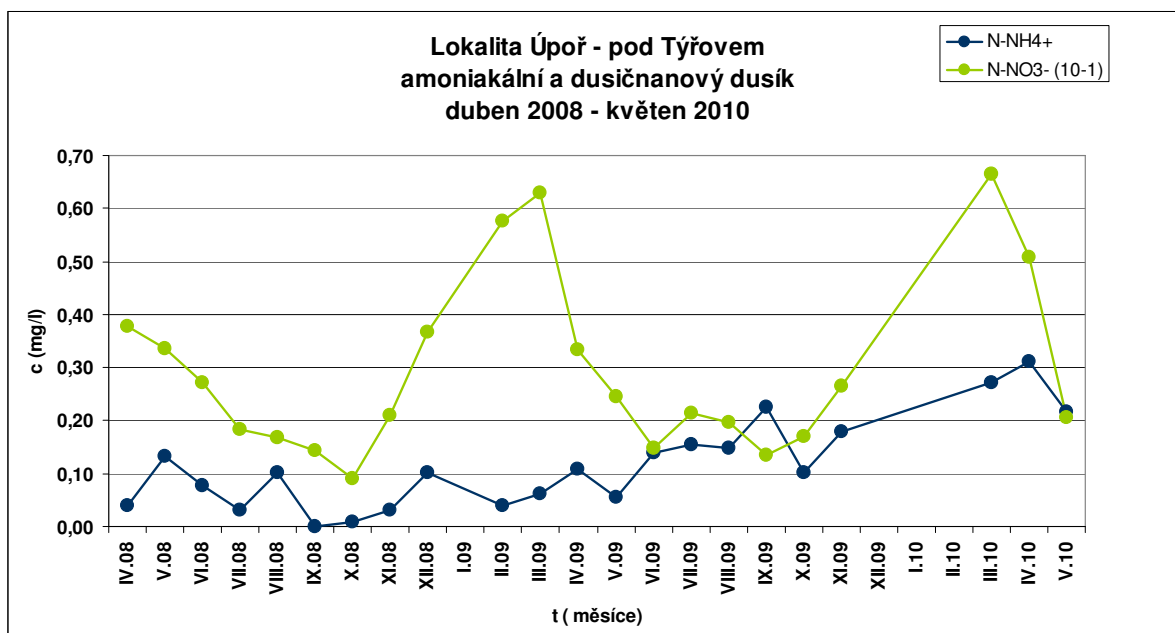
7. lokalita Úpoř – pod Týřovem

V této lokalitě chybí údaje z ledna a února 2010. Důvodem je špatná přístupnost odběrového místa v zimních měsících.

Tabulky s hodnotami viz příloha E

Tabulka 13: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Úpoř – pod Týřovem			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	22(21)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	34,64	35,25	39,3	I
CHSK _{Mn}	4,94	4,64	6,24	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,12	0,10	0,23	I
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	2,92	2,29	5,77	II
Chloridy	12,08	13,2	16,8	I
Vápník	43,74	42,3	50,4	I
Hořčík	15,29	14,83	19,85	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,01	0,01	0,03	I
Výsledná třída jakosti				II



Obrázek 7 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Úpoř- pod Týřovem

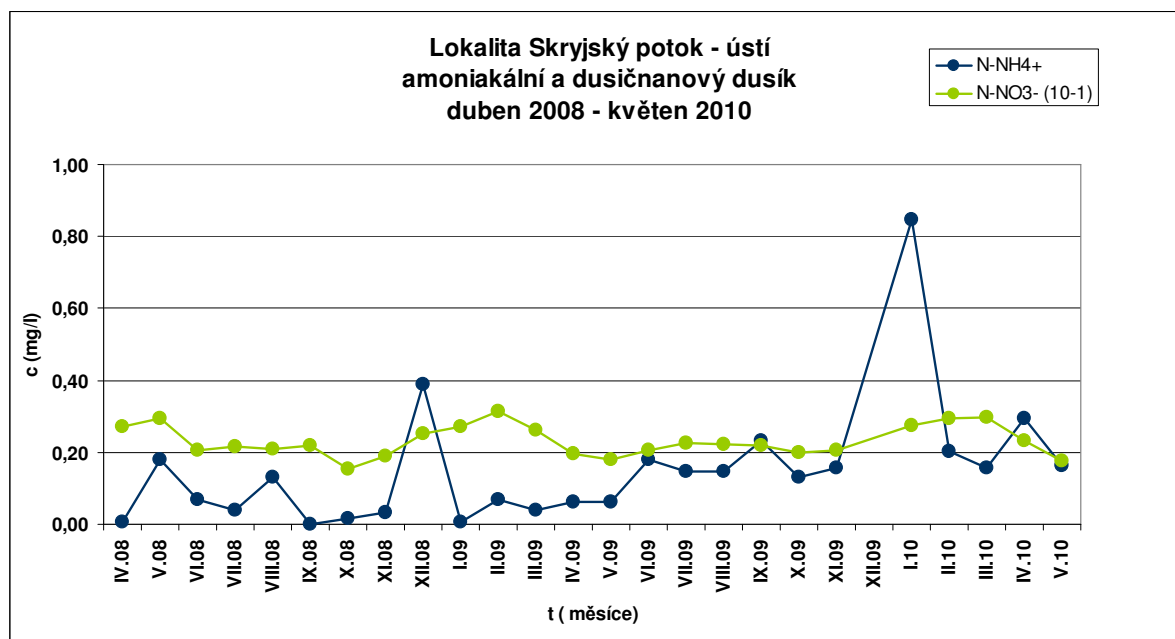
Tok se v tomto místě řadí do II. třídy jakosti tedy mezi vody mírně znečištěné. Do této třídy patří díky zvýšené koncentraci dusičnanového dusíku. V této lokalitě jsou také patrné mírně zvýšené hodnoty CHSK_{Mn} . V minulém sledovaném období patřil taktéž do II. třídy.

8. lokalita Skryjský potok - ústí

Tabulky s hodnotami viz příloha F

Tabulka 14: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Skryjský potok - ústí			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	42,45	44,0	48,54	II
CHSK_{Mn}	6,52	6,0	10,41	III
Amoniakální dusík(N-NH_4^+)	0,15	0,13	0,31	II
Dusičnanový dusík(N-NO_3^-)	2,32	2,20	2,95	I
Chloridy	12,19	12,4	15,48	I
Vápník	29,83	22,1	54,76	I
Hořčík	40,41	44,73	55,87	II
Mangan	0,06	0	0,26	II
Železo	0,02	0,02	0,05	I
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 8 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Skryjský potok- ústí

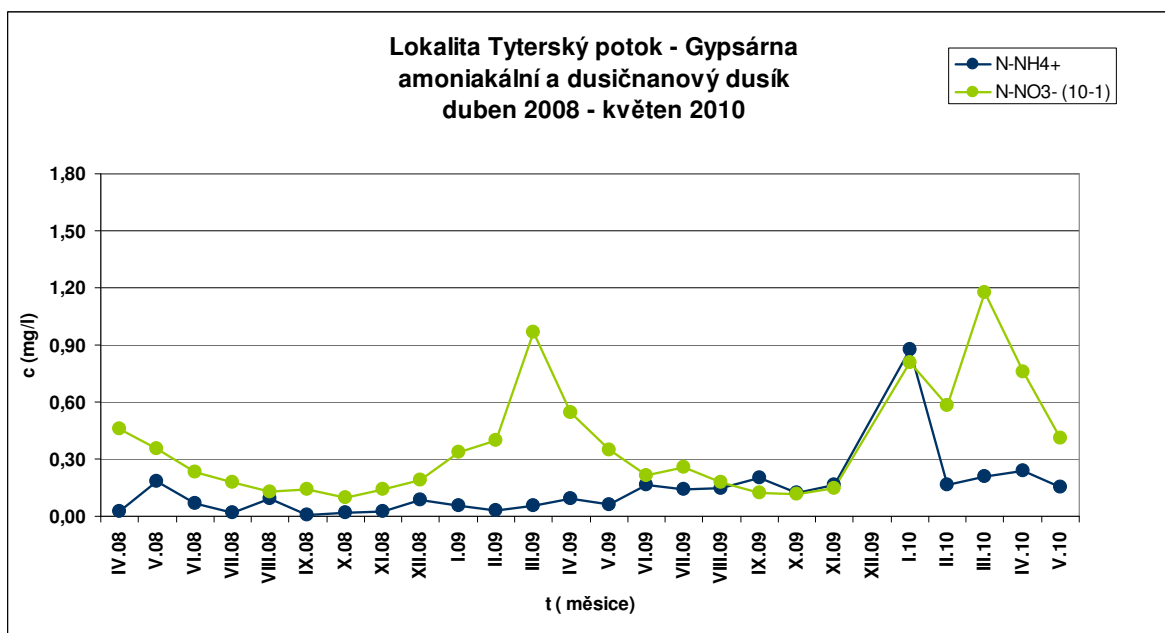
Tok v lokalitě Skryjský potok-ústí se zařazuje do III. třídy čistoty. Do této třídy patří především díky mírně zvýšeným hodnotám CHSK. Mírně zvýšené jsou i hodnoty konduktivity, amoniakálního dusíku a koncentrace hořčíku. Hořčíku obvykle bývá ve vodách méně než vápníku, proto je tato skutečnost u tohoto toku zajímavostí. V minulém sledování patřil tento tok do II. třídy, zhoršení jakosti je patrné na již zmíněném zvýšení organického znečištění.

9. lokalita Tyterský potok- Gypsárna

Tabulky s hodnotami viz příloha G

Tabulka 15: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Tyterský potok- Gypsárna			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	59,88	59,5	66,28	II
CHSK _{Mn}	3,4	3,28	4,96	I
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,14	0,09	0,21	I
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	3,72	2,54	8,35	III
Chloridy	31,14	31,05	34,88	I
Vápník	54,04	53,17	88,05	I
Hořčík	45,95	46,8	68,4	II
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,01	0	0,04	I
Výsledná třída jakosti				III



***Obrázek 9 :** Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Tyterský potok - Gypsárna*

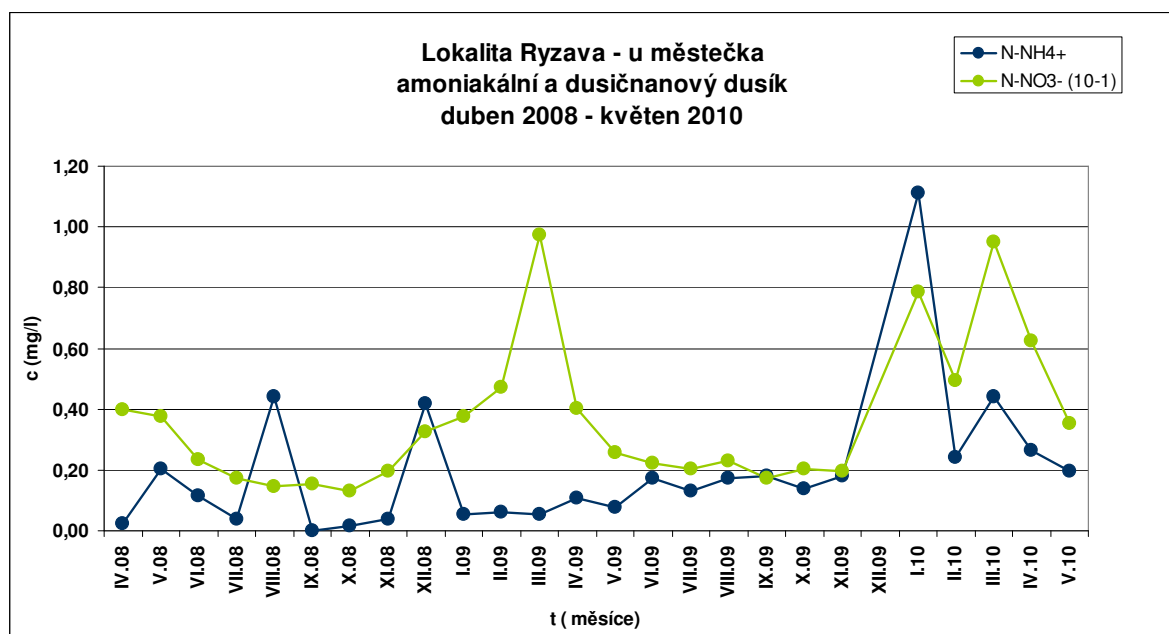
Tok v lokalitě Taterský potok - Gypsárna se řadí do III. třídy jakosti, díky zvýšené koncentraci dusičnanového dusíku. V tomto ohledu patří Tyterský potok mezi jeden z nejvíce znečištěných. Dále jsou patrné mírně zvýšené hodnoty konduktivity a koncentrace hořčičku. Během minulého období patřila tato oblast do II. třídy, došlo tedy ke zhoršení kvality.

10. lokalita Ryzava – u městečka

Tabulky s hodnotami viz příloha H

Tabulka 16: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Ryzava – u městečka			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	59,1	58,6	68,52	II
CHSK _{Mn}	4,97	4,72	6,92	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,20	0,14	0,44	II
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	3,62	2,55	8,12	III
Chloridy	25,77	23,64	28,09	I
Vápník	36,66	27,45	89,88	I
Hořčík	60,36	66,18	79,37	II
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,02	0,01	0,03	I
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 10 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Ryzava – u městečka

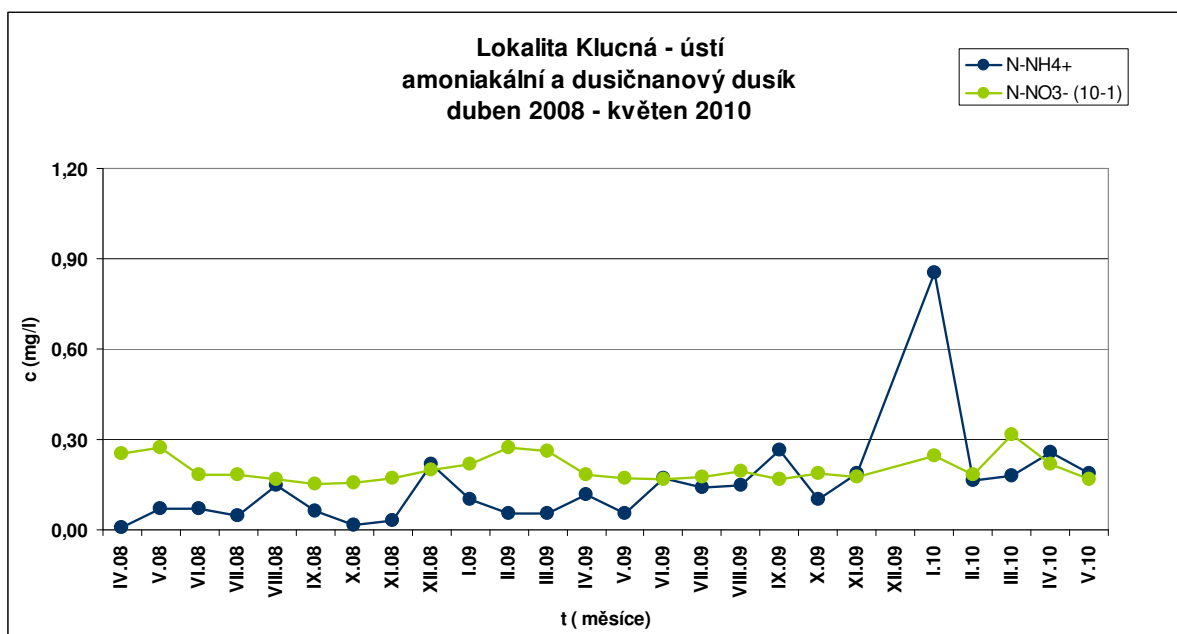
Tok v lokalitě Ryzava – u městečka se řadí do III. třídy čistoty – vody znečištěné. Opět ho do této třídy řadí vyšší obsah dusičnanového dusíku. Koncentrace amoniakálního dusíku je zvýšena jen mírně a řadí tento potok do II. třídy. Patrně jsou zvýšené i hodnoty CHSK což ukazuje na přítomnost organických látek. V minulém sledování patřil do II. třídy.

11. lokalita Klucná - ústí

Tabulky s hodnotami viz příloha CH

Tabulka 17: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Klucná - ústí			
Období	duben 2008 – květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	29,17	28,5	32,05	I
CHSK _{Mn}	4,22	4,0	6,37	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,15	0,12	0,26	I
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	2,02	1,85	2,73	I
Chloridy	12,95	11,7	18,06	I
Vápník	35,19	34,2	40,41	I
Hořčík	13,21	11,0	27,36	I
Mangan	0	0	0	I
Železo	0,01	0	0,04	I
Výsledná třída jakosti				II



Obrázek 11 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Klucná – ústí

Tok v lokalitě Klucná - ústí je ze všech lokalit sledování nejčistší, protože až na mírně zvýšený obsah organických látek, který ho řadí do II. třídy, patří

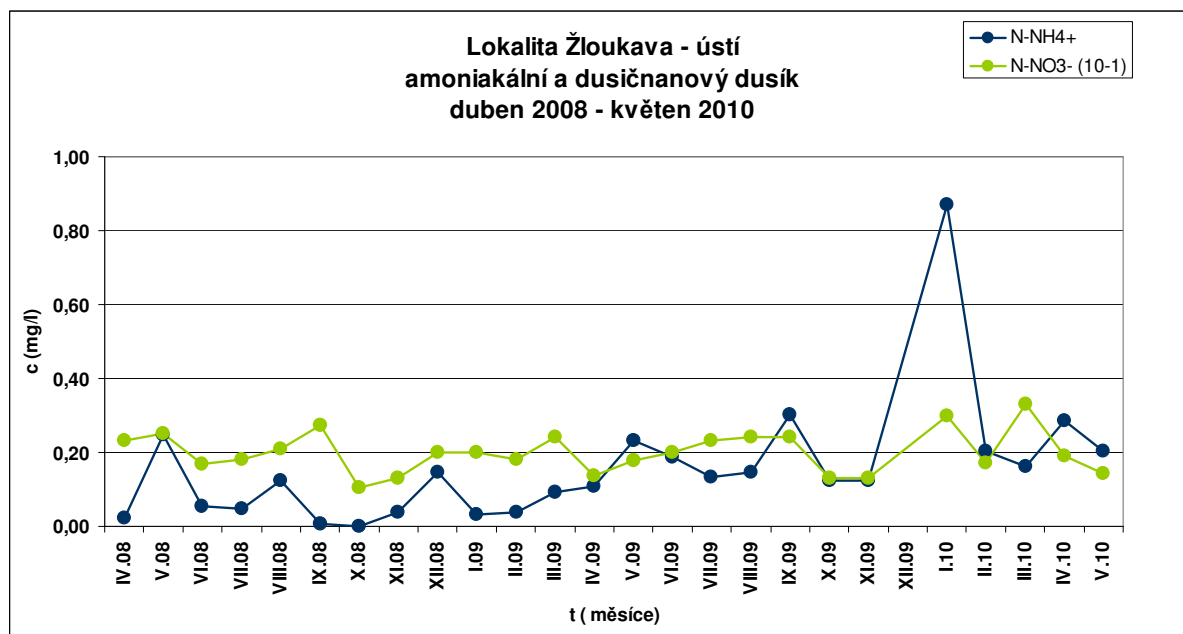
tento tok do I. třídy tedy mezi vody velmi čisté. V minulém období patřil tento tok ve všech ukazatelích do I. třídy.

12. lokalita Žloupava - ústí

Tabulky s hodnotami viz příloha I

Tabulka 18: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Žloupava - ústí			
Období	duben 2008 –květen 2010			
Počet stanovení	25(24)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	52,34	57,6	69,93	II
CHSK _{Mn}	6,58	5,52	11,25	III
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,16	0,12	0,29	I
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	1,99	1,98	2,77	I
Chloridy	14,26	14,6	17,7	I
Vápník	42,15	32,34	98,13	I
Hořčík	49,64	50,70	76,75	II
Mangan	0,01	0	0,02	I
Železo	0,02	0,01	0,05	I
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 12 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Žloupava – ústí

Tok v lokalitě Žloupava - ústí se zařazuje do III. třídy čistoty. Mírně zvýšené hodnoty konduktivity ukazují na přítomnost rozpuštěných iontů.

Zvýšené hodnoty CHSK poukazují na organické znečištění. Zajímavostí je zvýšený obsah hořčíku, který tok zařazuje do II. třídy. Koncentrace dusíku v obou formách je nízká což by celkově odpovídalo I. třídě. V minulém sledování patřil do II. třídy čistoty.

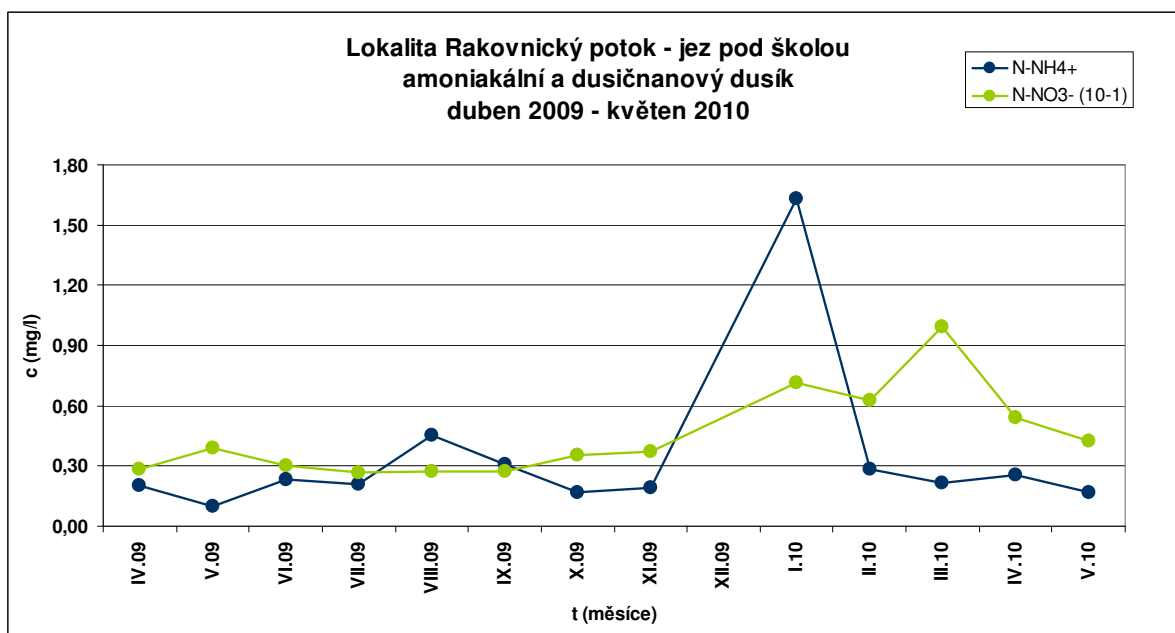
Následující 4 lokality byly do sledování kvality vod v CHKO Křivoklátsko zařazeny nově, proto pro tuto oblast nejsou k dispozici předešlá stanovení.

13. lokalita Rakovnický potok – jez pod školou

Tabulky s hodnotami viz příloha J

Tabulka 19: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Rakovnický potok – jez pod školou			
Období	duben 2009 – květen 2010			
Počet stanovení	13(12)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	70,44	72,0	82,8	III
CHSK _{Mn}	6,79	6,4	8,8	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,34	0,22	0,45	II
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	4,46	3,70	7,12	III
Chloridy	75,74	78,66	104,22	II
Vápník	58,39	64,29	82,13	I
Hořčík	41,19	35,02	69,12	II
Mangan	0,015	0	0,06	I
Železo	0,1	0,1	0,14	I
Výsledná třída jakosti				III



***Obrázek 13 :** Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Rakovnický potok – jez pod školou*

Tok v lokalitě Rakovnický potok-jez pod školou se řadí do III. třídy a to zejména díky zvýšeným hodnotám konduktivity a dusičnanového dusíku. Mírně zvýšené jsou i koncentrace hořčíku, amoniakálního dusíku, organických látek a chloridů. Chloridy pravděpodobně pochází od sezónního posypu komunikací, protože zvýšení koncentrace je patrné zejména v lednu.

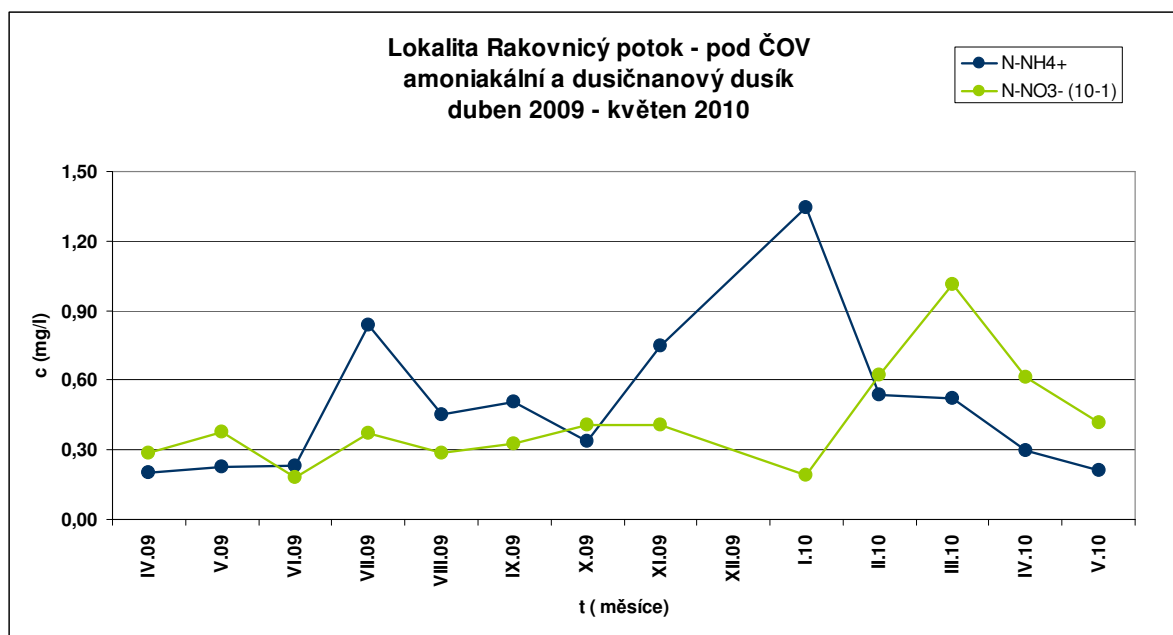
14. lokalita Rakovnický potok – pod ČOV

V březnu byla prováděna pouze objemově nenáročná stanovení, protože byla poškozena sběrná PET láhev a zbylo pouze malé množství vzorku.

Tabulky s hodnotami viz příloha K

Tabulka 20: Klasifikace jakosti vody podle[6]

Lokalita	Rakovnický potok – pod ČOV			
Období	duben 2009 - květen 2010			
Počet stanovení	13(12,11)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	70,77	73,8	81,7	III
CHSK _{Mn}	9,77	8,16	10,32	III
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,50	0,45	0,84	III
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	4,23	3,74	6,24	III
Chloridy	76,62	76,52	95,72	I
Vápník	55,98	60,12	84,19	I
Hořčík	40,26	36,21	57,37	II
Mangan	0,12	0,11	0,25	II
Železo	0,22	0,15	0,53	II
Výsledná třída jakosti				III



Obrázek 14 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Rakovnický potok – pod ČOV

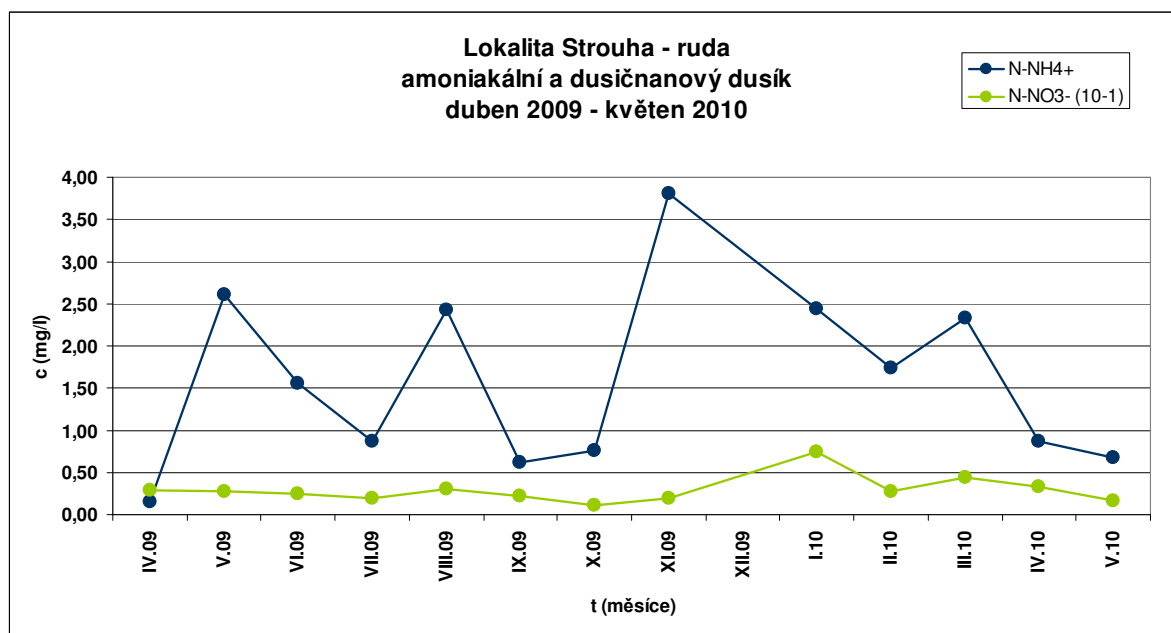
Tok v lokalitě Rakovnický potok – pod ČOV se zařazuje do III. třídy. Mezi vody znečištěné ho zařazují zvýšené hodnoty konduktivity, CHSK ale i obě formy dusíku. Mírně zvýšená je i koncentrace železa, manganu a hořčíku.

15. lokalita Strouha - Ruda

Tabulky s hodnotami viz příloha L

Tabulka 21: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Strouha - Ruda			
Období	duben 2009 – květen 2010			
Počet stanovení	13(12)			
ukazatel	průměr	medián	charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	55,15	54,5	58,0	II
CHSK _{Mn}	9,05	9,04	12,0	III
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	1,60	1,55	2,61	IV
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	2,97	2,69	4,43	II
Chloridy	62,48	51,5	64,52	I
Vápník	55,20	56,68	81,19	I
Hořčík	28,47	22,85	49,35	I
Mangan	0,19	0,19	0,32	III
Železo	0,30	0,26	0,54	II
Výsledná třída jakosti				IV



Obrázek 15 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Strouha - ruda

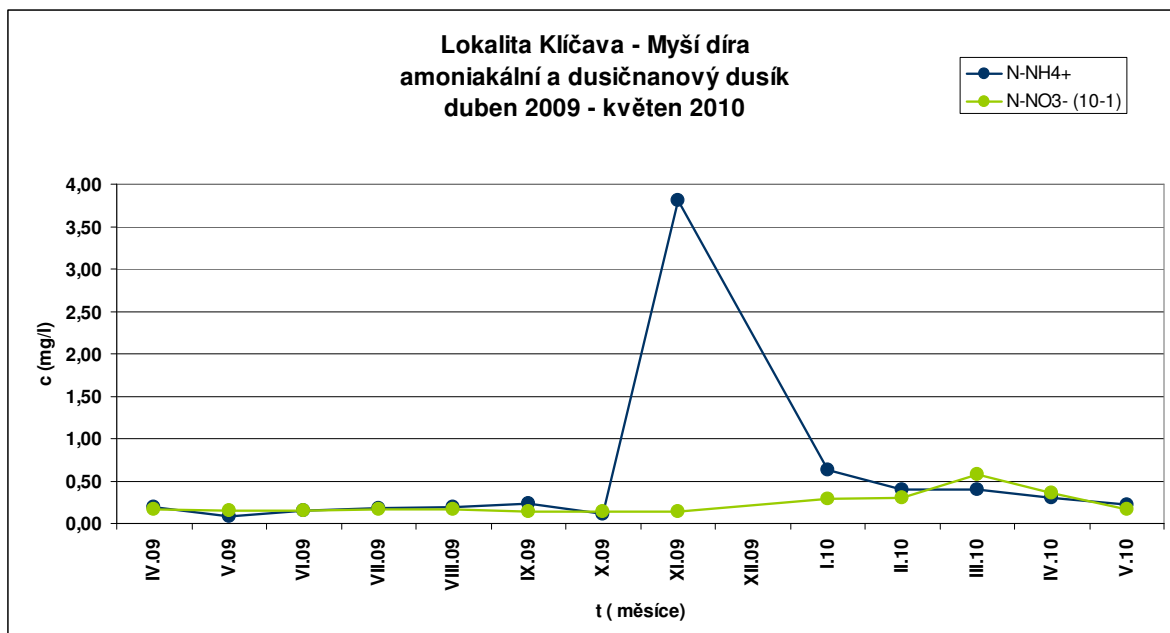
Tok v této lokalitě patří do IV. třídy tedy mezi vody silně znečištěné. Je to vůbec nejvíce znečištěná lokalita ze sledovaných. Do této třídy tok řadí vysoký obsah amoniakálního dusíku. Ke konci sledování je patrný mírný pokles. Zvýšené jsou i hodnoty chemické spotřeby kyslíku a manganu, které by tento tok řadily do III. třídy. Mírně zvýšené jsou i hodnoty železa, konduktivity a dusičnanového dusíku.

16. lokalita Klíčava – myší díra

Tabulky s hodnotami viz příloha M

Tabulka 46: Klasifikace jakosti vody podle [6]

Lokalita	Klíčava – myší díra			
Období	Duben 2009 – květen 2010			
Počet stanovení	13(12)			
ukazatel	průměr	medián	Charakteristická hodnota	třída jakosti
Elektrolytická konduktivita	44,88	45,0	48,6	II
CHSK _{Mn}	7,10	7,36	8,96	II
Amoniakální dusík(N-NH ₄ ⁺)	0,53	0,22	0,64	II
Dusičnanový dusík(N-NO ₃ ⁻)	2,22	1,65	3,58	II
Chloridy	30,55	30,81	35,1	I
Vápník	34,69	33,32	56,11	I
Hořčík	36,63	33,80	57,13	II
Mangan	0,13	0,08	0,23	II
Železo	0,15	0,15	0,23	I
Výsledná třída jakosti				II



Obrázek 16 : Průběh hodnot amoniakálního a dusičnanového dusíku v lokalitě Klíčava – Myší díra

Tok v lokalitě Klíčava – Myší díra patří mezi vody II. třídy tedy mírně znečištěné. Kromě koncentrací chloridů, vápníku a železa jsou ostatní ukazatelé mírně zvýšené.

5. Závěr

Měření bylo prováděno v období duben 2009 až květen 2010. U každé z lokalit byly sledovány nejdůležitější parametry možného znečištění a následného zhoršení kvality. Jak ukazují jednotlivé výsledky vyhodnocení, není žádný z toků v CHKO Křivoklátsko zařazen mezi vody velmi čisté tj. do I. třídy čistoty podle normy ČSN 75 7221. Z celkového stavu lze říci, že převážná většina potoků v této lokalitě je řazena mezi vody znečištěné, a to zejména díky zvýšenému obsahu organických látek a dusíku v obou přítomných formách. Zhoršující kvalitu lze přičíst právě přítomnosti amoniakálního i dusičnanového dusíku, které mají u některých sledovaných toků vzestupný charakter. Ostatní ukazatelé měli spíše průběh klesající nebo srovnatelný s obdobím minulého sledování.

Ke sledovaným potokům byly během minulého roku, tedy roku 2009, přidány 4 nové lokality. U těchto lokalit lze konstatovat, že vyžadují další sledování aby byl patrný vývoj a popřípadě se zaměřit na zvyšující se hodnoty některých ukazatelů. Mezi těmito lokalitami se nachází i Strouha-Ruda, která byla ze všech sledovaných zařazena nejhůře. Třída čistoty byla na tomto místě určena jako silně znečištěná.

Sledování vývoje stavu kvality potoků v Křivoklátsku by mělo být prováděno dále, aby výsledky pravidelného monitoringu ovlivnily rozhodování o nápravných opatřeních v povodí.

Tam kde byla zjištěna III. nebo IV. třída kvality (tedy vody znečištěné resp. velmi znečištěné) se zaměřit na možné zdroje znečištění a provést nezbytné kroky k odstranění těchto zdrojů nebo alespoň zmenšit jeho dopad na tok.

Seznam literatury

- [1] Ziegler V., Krásy i naděje české přírody (Národní parky a chráněné krajinné oblasti), 2009
- [2] CHKO Křivoklátsko, charakteristika oblasti
<http://www.krivoklatsko.ochranaprirody.cz/>
- [3] Informační leták Ministerstva životního prostředí o zřizování NP
[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_TZ_100122_krivoklatsko/\\$FILE/Letak_NP_Krivoklatsko_OK_verze.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/news_TZ_100122_krivoklatsko/$FILE/Letak_NP_Krivoklatsko_OK_verze.pdf)
- [4] Tisková zpráva MŽP o záměru zahájení vyhlášení NP
http://www.mzp.cz/cz/news_TZ_100122_krivoklatsko
- [5] Mgr. Zíková M., Průvodce po České republice – Křivoklátsko, nakladatelství Olympia, 2005
- [6] Česká technická norma ČSN 75 7221 Jakost vod- Klasifikace jakosti povrchových vod
- [7] 166/2005 Sb., Vyhláška o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů, v souvislosti s vytvářením soustavy NATURA 2000
- [8] 395/1992 Sb., Vyhláška MŽP o ochraně přírody, Příloha č. III – seznam zvláště chráněných druhů živočichů
- [9] Zařazení raka kamenáče na mezinárodní červený seznam IUNC
<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/2431/0>
- [10] NATURA 2000, Seznam evropsky významných lokalit, Týřov-Oupořský potok
http://www.nature.cz/natura2000design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=kartak&id=1000040784
- [11] 371/2009 Sb., Nařízení vlády, kterým se stanoví národní seznam evropsky významných lokalit,
Týřov-Oupořský potok : kód lokality CZO214011

- [12] Informační leták ministerstva životního prostředí o výskytu raka kamenáče
http://www.nature.cz/publik_syst2/files08/rak1.pdf
- [13] Pitter, P., Hydrochemie, VŠCHT, 2009
- [14] Živel voda, kolektiv autorů, 2005
- [15] Bartram J., Balance R., Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes, UNEP/WHO, 1996
- [16] Heslop R.B., Jones K., Anorganická chemie, 1982
- [17] Fergusson J. E., The Heavy Elements. Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, Oxford, 1990
- [18] Tessier A., Cambell P. G. C, Bisson M., Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. Analytical Chemistry 51, 844-850, 1979
- [19] Rauret,G., López-Sánchez, J.F., Sahuquillo, A., Improvemet of the BCR three-step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment reference materials, Journal of Environmental Monitoring;1: 57-31, 1999
- [20] Borovec, Z., Modelování redistribuce toxických prvků v říčních sedimentech, Chemické listy, 94, 934-945, 2000
- [21] Stephens, S.R., Alloway, B.J., Carter, J.E., Parker, A., Towards the characterization of heavy metals in dredged canal sediments nad an appreciation of availability: two examples from the UK, Environmental pollution, 113, 395-401., 2001
- [22] Udatný M., Sledování kvality toků v povodí CHKO Křivoklátsko, Diplomová práce, PřF UK