

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ  
ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY ŽIVOTNÍHO  
PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY  
INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF ENVIRONMENTAL PROTECTION

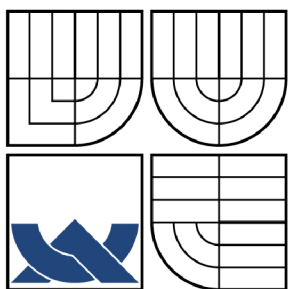
ZMĚNY JAKOSTI PITNÉ VODY V DISTRIBUČNÍ SÍTI ÚPRAVNY VODY  
ŠTÍTARY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

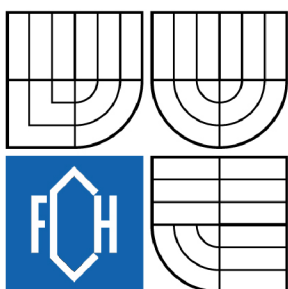
RENÁTA PETEROVÁ

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE A TECHNOLOGIE OCHRANY  
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY OF  
ENVIRONMENTAL PROTECTION

## ZMĚNY JAKOSTI PITNÉ VODY V DISTRIBUČNÍ SÍTI ÚPRAVNY VODY ŠTÍTARY

CHANGES OF DRINKING WATER QUALITY IN DISTRIBUTION SYSTEM  
OF DRINKING WATER TREATMENT PLANT ŠTÍTARY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

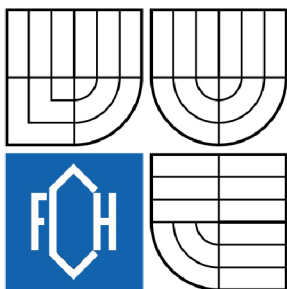
RENÁTA PETEROVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. JAROSLAV MEGA, Ph.D.

BRNO 2008



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce	<b>FCH-BAK0215/2007</b>	Akademický rok: <b>2007/2008</b>
Ústav	Ústav chemie a technologie ochrany životního prostředí	
Student(ka)	<b>Peterová Renáta</b>	
Studijní program	Chemie a chemické technologie (B2801)	
Studijní obor	Technická chemie (2802R007)	
Vedoucí bakalářské práce	<b>RNDr. Jaroslav Mega, Ph.D.</b>	
Konzultanti bakalářské práce		

### Název bakalářské práce:

Změny jakosti pitné vody v distribuční síti úpravny vody Štítary

### Zadání bakalářské práce:

Shromáždit a zpracovat informace o vývoji jakosti surové i upravené vody na úpravně vody ve Štítarech a v její distribuční síti v minulých letech.

Shromáždit a zpracovat informace o technologii úpravy a jejích změnách na úpravně vody ve Štítarech od jejího uvedení do provozu.

Shromáždit a zpracovat informace o technologii úpravy povrchové vody obdobných vlastností jako v dané lokalitě a o změnách jakosti vody ve vodárenských distribučních sítích srovnatelných svým rozsahem i jakostí vody s distribuční sítí úpravny vody ve Štítarech.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 30.5.2008

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

---

Renáta Peterová  
student(ka)

---

RNDr. Jaroslav Mega, Ph.D.  
Vedoucí práce

---

Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2007

---

doc. Ing. Jaromír Havlica, CSc.  
Děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

V obecné části práce jsou soustředěny informace o technologii úpravy vody a jejích změnách v úpravě vody Štítary. V experimentální části jsou prezentovány zpracované údaje o jakosti pitné vody v distribuční síti úpravny vody Štítary za období 1997 až 2008.

## **ABSTRACT**

General part of bachelor thesis deal with information on technology of water treatment and its changes at drinking water treatment plant Štítary. In experimental part of the document are treated data on water quality in distribution system of drinking water treatment plant Štítary for period since 1997 to 2008.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

úprava vody, změny jakosti vody, úpravna vody Štítary

## **KEYWORDS**

drinking water treatment, changes of drinking water quality, water treatment

PETEROVÁ, R. Změny jakosti pitné vody v distribuční síti úpravny vody Štítary. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2008. 49 s. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Jaroslav Mega, Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že všechny použité zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>OBECNÁ ČÁST</b> .....	<b>7</b>
2.1	STŘEDISKO ŠTÍTARY – TECHNOLOGIE ÚPRAVY A JEJÍ ZMĚNY .....	7
2.1.1	Úpravna vody Štítary od roku 1982 do konce roku 1999 .....	9
2.1.2	Rekonstrukce úpravny vody Štítary (stav po roce 1999) .....	10
2.2	ÚDOLNÍ NÁDRŽ A ÚPRAVNA VODY MOSTIŠTĚ .....	11
2.2.1	První úvahy o vybudování přehrady .....	12
2.2.2	Úpravna vody Mostišť .....	13
2.3	POŽADAVKY NA JAKOST PÍTNÉ VODY .....	15
<b>3</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>16</b>
3.1	PŘÍSTROJE, ZAŘÍZENÍ A CHEMIKÁLIE .....	16
3.2	POUŽITÉ METODY .....	17
3.2.1	Stanovení amonných iontů - fotometrická metoda .....	17
3.2.2	Stanovení barvy – spektrofotometrické stanovení .....	17
3.2.3	Stanovení dusitanů – fotometrickou metodou .....	17
3.2.4	Stanovení zákalu – turbidimetrickou metodou .....	17
3.2.5	Stanovení železa - metoda fotometrická dipyridylem .....	17
3.3	ZPRACOVÁNÍ HODNOT VYBRANÝCH UKAZATELŮ JAKOSTI VODY .....	18
<b>4</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</b> .....	<b>46</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>48</b>

# 1 ÚVOD

Podstatná část třebičského okresu je zásobována pitnou vodou z oblastního vodovodu Vranov - Třebíč, který byl uveden do provozu v roce 1982. Zdrojem vody pro oblastní vodovod Vranov - Třebíč je Vranovská údolní nádrž s úpravnou vody Štítary. Nádrž jako zásobárna vody pro úpravu na pitnou vodu jistě není ideální, ale okres Třebíč nedisponoval (a nedisponuje, kromě několika lokálních) zdrojem vody s kapacitou řádově  $100 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$  s použitelným pro úpravu. Rychlý rozvoj okresního města a celého okresu v souvislosti s výstavbou jaderné elektrárny Dukovany v sedmdesátých letech si však takový zdroj vyžádal – vzhledem k spotřebě vody tehdy činila přes 100 litrů na osobu a den a plánovaly se hodnoty ještě daleko vyšší. Tomu stavu odpovídaly tehdejší projekty kapacit budovaných úpraven, akumulací a rozvodných řadů. Surová voda z Vranovské nádrže je po úpravě v ÚV Štítary dodávána do obcí na okrese Třebíč a zčásti i na okrese Znojmo. Distribuci vody řídí oblastní vodárenský dispečink v Třebíči. Z přechodem na nákladovou cenu vody došlo k výraznému poklesu její spotřeby. Tato skutečnost se negativně projevila i v kvalitě dodávané pitné vody [1]. Větší doba zdržení v potrubí, nárůst obsahu železa, nevyužívání mnohdy pracně vybudovaných vodárenských zařízení a snaha o využívání alternativních zdrojů (často nevyhovující kvality) spotřebiteli, se stále častěji objevují v různých podobách a žádají řešení.

Mezi tři základní příčiny, které vedou ke změnám jakosti vody v distribučních sítích patří dezinfekce(chlorace), kdy vznikají vedlejší produkty dezinfekce(chloroform). V dnešní době lidé šetří vodou a ta setrvává příliš dlouho v síti a má čas „pracovat“ na korozivních procesech potrubí. V trubních sítích rovněž dochází ke vzniku produktů koroze materiálu. Chlor se spotřebovává na oxidaci železnatých iontů na železité a tím chlor „tzv. rozpouští“ potrubí. Pak v domovních potrubích, kde se světlost materiálu pohybuje od 80-90 mm může dojít až k úplné perforaci potrubí. Korozi je voda zbavována chloru. Např. v koncové části Bzence došlo k tomu, že voda byla téměř bez chloru a rozmohly se železité bakterie, které se intenzivně podílely na korozi. Korozi je tedy voda zbavována velké části chloru a nastupuje nebezpečí biologické mikrobiální činnosti – bakteriální oživení. Na trase provedené dochlorování potom opět vede ke zvýšeným hodnotám chloroformu v síti. Úplně nové světlo vrhnuło asi zhruba před deseti lety na klasickou chloraci problematika parazitických prvoků *Cryptosporidium* a *Giardia*. Postupně se ukázalo, že chlorace je na tyto organismy naprosto neúčinná. Výsledky poskytuje razantní ozonizace, případně tzv. pokročilé oxidační procesy, avšak ani v nich není možné hledat konečné řešení tohoto rozporu mezi upřímnou technologickou snahou a jejím výsledným účinkem. Klasická chemická dezinfekce nemá tedy na inaktivaci cyst a oocyst prvoků žádný účinek. Ozonizace je pouze doplňkovým postupem. Řešení spočívá v dosažení vysoké separační účinnosti technologické linky a použití UV záření na jejím konci. Hlavní práci musí odvést separační stupně, UV záření je potom dostatečnou pojistkou proti průniku do distribuční sítě. Jako možné řešení je UV záření a chloraminací, která byla rovněž zavedena v ÚV Štítary. Chloraminace částečně řeší problémy s chloroformem, avšak má i svá potenciální negativa, která je nutno při provozu chloraminace sledovat. Může vznikat N-nitrosodimethylamin (NDMA) ve větší míře než při dezinfekci chlórem. V distribučním systému může také docházet k nitrifikaci. Ta má za následek vznik dusitanů a dusičnanů, rychlý pokles koncentrace chloraminů a sekundární znečištění vody heterotrofními bakteriemi. S nitrifikací je však možné účinně bojovat několika způsoby a postupy se liší místo od místa, podle konkrétní kvality pitné vody v dané lokalitě.

## 2 OBECNÁ ČÁST

### 2.1 Středisko Štítary – technologie úpravy a její změny

Štítarská úpravná byla uvedena do provozu v roce 1982 a ještě v témže roce se voda z ní dostala ke spotřebitelům v Třebíči, Moravských Budějovicích, Jaroměřicích nad Rokytnou a dalších městech a obcích okresu. V mnoha případech se tím vyřešila nepříliš příznivá situace v zásobování pitnou vodou – mohly být zrušeny některé provizorní, hygienicky i ekonomicky nevhodné zdroje.

Úpravná samotná disponuje výkonem  $240 \text{ l.s}^{-1}$  a technologií z dvoustupňovou separací. Do surové vody je nadávkován koagulant (dnes Prefloc) a voda je po promísení vedena do podélných sedimentačních nádrží. Do odsazené vody je dále nadávkován vápenný hydrát a následuje filtrace přes pískové filtry. Voda je nakonec hygienicky zabezpečena plynným chlorem. Z akumulčních nádrží odčerpává upravenou vodu největší čerpací stanice vodovodu-Častohostice-do Moravských Budějovic. Zde se oblastní vodovod rozděluje na dvě větve. Jedna pokračuje na východ směrem na Dukovany a Moravský Krumlov, druhá severně na Třebíč. Na obě větve jsou napojeny desítky dalších obcí. V roce 1997 byla dokončena další větev, která připojila město Jemnici. Současně probíhala výstavba vodovodního přivaděče Slavětice-Náměšť nad Oslavou, která byla uvedena do předčasného užívání v roce 2001 a dnem 19.11.2001 se voda z Vranova dostala ke spotřebitelům v Náměšti. Okresní město Třebíč je navíc zásobováno vodou z historického podzemního zdroje Heraldice a z přivaděče Mostiště, tj. vodou přebíranou od sousední divize Žďár nad Sázavou, což společně tvoří vodárenský systém jihozápadní Moravy. Pro přesnost je nutno dodat, že oblastní vodovod je dále dotován podzemní vodou z několika lokálních zdrojů (Hrotovice, Moravský Krumlov), jejichž celková vydatnost však nedosahuje ani  $10 \text{ l.s}^{-1}$ .

Při výstavbě oblastního vodovodu byl současně zřízen i vodárenský dispečink sídlící v Třebíči. Po jeho zřízení pracoval s telemetrickým systémem Tesla-Radom, ale v listopadu roku 1996 byla zahájena jeho rekonstrukce a nyní jsou již veškeré objekty napojeny na nový systém dodavatelské firmy CONEL Ústí nad Orlicí. Celkem je na dispečink napojeno asi 80 objektů-úpraven vody, čerpacích stanic, vodojemů a ČOV. Sledovány a přenášeny jsou především kvantitativní veličiny, jako průtoky, stavy vodoměrů, výšky hladin, atd., ale od roku 1995 je pozornost věnována i údajům, souvisejícím s kvalitou vody. Na několika klíčových místech byly osazeny kontinuální měřiče chloru a zákalu firm Prominent a Hach a signál z nich je přenášen na dispečerské pracoviště, což při nepřetržitém režimu umožňuje operativnější zásah při zhoršení sledovaných parametrů. Měření těchto veličin nebylo vybráno náhodně, neboť zrovna ony (kromě dalších, jako je koncentrace železa, barva, ...) souvisejí se změnami kvality v závislosti na spotřebě vody.

Ze známých důvodů není povrchový zdroj vody – nádrž – dokonce s rekreačně využívaným okolím, tím nejideálnějším zdrojem pitné vody, ale na straně druhé je nutno konstatovat, že většina problémů s kvalitou vody vzniká až ve vodovodní síti, právě vlivem klesajících spotřeb. Voda pro úpravu vykazuje poměrně stálou kvalitu a kromě občasného zhoršení sezónního charakteru (vyšší koncentrace dusičnanů při jarním tání, zhoršená biologie surové vody na konci léta) nebyly za celou dobu provozování úpravný výrazné problémy s kvalitou vody. Zde je třeba uvést, že spotřeba vody v roce 1995 činila pouze 68% spotřeby roku 1990 a specifická spotřeba se nyní pohybuje kolem 70 litrů na osobu a na den. Většina



zmiňovaných změn v kvalitě dodávané vody vzniká až cestou ke spotřebiteli a závisí, kromě kvality trubních materiálů, teploty, obsahu rozpuštěného oxidu uhličitého, kyslíku, a dalších, velmi výrazně na době zdržení v potrubí- tedy i na spotřebě (průtoku) [2]. Vzniklé problémy lze rozdělit do několika oblastí. Tou nejvýznamnější je klasická reakce vody se železnými materiály - koroze. Výsledkem jsou nerozpustné sloučeniny železa, unášené dle okamžitých průtoků a hromadící se na koncových místech sítí nebo v místech s nejmenším odběrem. Intenzita tohoto procesu je přímo úměrná poklesům odběrů a dopady jsou známé – nárůst obsahu železa, zhoršení barvy a zákalu, zakalení vody při každé manipulaci na síti nebo při změnách tlaků a průtoků, pro odběratele „rezavá“ voda a pro provozovatele stále větší a větší nároky na odkalování sítí – tedy ztráty. Další oblast navazuje na tu předchozí a představuje zhoršení kvality vody po stránce biologické a mikrobiologické. S dobou zdržení a nárůstem korozních zplodin klesá obsah volného chlóru pro desinfekci, což vytváří podmínky pro mikro- a biologické oživení [3]. Pro provozovatele to opět znamená další a další místa pro dochlorování, které sice může vyřešit dodatečnou desinfekci, ale na straně druhé tvoří podmínky pro vznik vedlejších produktů desinfekce – tedy další problém a možné změny v kvalitě. Do třetice všeho zlého se často v rámci úspor ze strany odběratelů setkáváme s využíváním vlastních zdrojů nevyhovující a nekontrolované kvality, bohužel připojených šikovnou českou rukou přes domovní rozvod na veřejný vodovod a mnohdy (např. v okamžiku čerpání domovní vodárny) ovlivňující vodovod veřejný. Legislativa sice toto zakazuje, ale při 20 000 odběrných místech na okrese je i tento problém těžko řešitelný. Nejsou vzácné ani případy, kdy vzorkač v obci s padesáti přípojkami a s přivaděčem profilu 200 mm a větším nenalezne objekt, který odebírá vodu z veřejného vodovodu. Jak potom provozovat takový vodovod, který byl vybudován s nemalým úsilím a dnes dodává odběratelům pitnou vodu obsahující zvýšený obsah železa, zakalenou a zbarvenou?

Objem vody na odkalování je srovnatelný s množstvím vody spotřebované, náklady a problémy rostou, bludný kruh se uzavírá – má tento stav řešení? Zcela jistě má, v žádném případě nebylo záměrem šířit chmurné vize a „plakat na rameni“ čtenářů. Těmito problémy určitě prochází nebo projde každá vodárenská firma a řešení je několik. Jednat se s zákazníky, jednat s vlastníky infrastruktury, vytvořit korektní vztah provozovatele a vlastníka prodávajícího a zákazníka, přesvědčovat vlastníky infrastruktury o nutnosti investic na obnovu a rekonstrukce, o nutnosti používat materiály vhodné kvality i profilů. V neposlední řadě (a to bude asi nejtěžší) postupně odstraňovat deformaci v myslích odběratelů, která díky cenám vodného a stočného existovala. Voda „stála“ desítky haléřů, jako samozřejmost tekla z kohoutků – a to stačilo. O vodárenství a vodárnách (kromě okamžiků poruch, kdy najednou voda tolik chybí) nikdo moc nevěděl, o nákladech na úpravu a čerpání rovněž ne. Nyní je situace zcela odlišná, vodárenské firmy (stejně jako ostatní) jsou postaveny úplně do jiných tržních podmínek, voda stojí 20 až 30 korun a pozornost všech se – zcela logicky – upřela na vodárny a na kvalitu vody. Nezbyvá nám, než se z této situací vyrovnat. Splatit informační dluh, který vůči veřejnosti máme, využít specifického postavení na trhu i významu naší činnosti a nepřetržitě pracovat na tom, aby se z vodáren, dodávajících lidem základní tekutinu, staly odborné firmy, které budou svoje poslání kvalitně plnit a ve kterých bude veřejnost vidět samozřejmé, nepostradatelné a kvalifikované partnery. Není to úkol jednoduchý a předpokládá stále zvyšování odborné, organizační a technické úrovně vodáren, ale především funkční kontakt s veřejností.

Zdá se, že se snad první výsledky dostávají. Jednání s vlastníky i zákazníky probíhají v jiných rovinách, většina základních rozporů byla vysvětlena a odstraněna, a co je podstatné – poslední výsledky snad signalizují zastavení poklesů spotřeb vody. To vše by výrazně napomohlo postupnému řešení zmíněných problémů, hlavně tomu, aby se kvalitní voda dostala rychle od dodavatele ke spotřebiteli.

### 2.1.1 Úpravna vody Štítary od roku 1982 do konce roku 1999

Úpravna vody Štítary je svým využívaným výkonem přes  $100 \text{ l.s}^{-1}$  největší úpravnou divize Třebíč a současně jednou z největších úpraven v celé VODÁRENSKÉ AKCIOVÉ SPOLEČNOSTI, a.s. Je základní součástí oblastního vodovodu Vranov – Moravské Budějovice – Třebíč, situována 2,5 km od břehu přehradní nádrže Vranov nad Dyjí, mezi obcemi Štítary a Zálesí. Nedílnou součástí úpravy vody je jímací objekt surové vody, nacházející se zhruba 4 km od tělesa přehradní nádrže a svým technickým provedením je objektem, stojícím za shlédnutí. Původní strojně – technologické zařízení z roku 1982 a stávající legislativě nevyhovující likvidace vodárenských kalů byly hlavními důvody rozsáhlé rekonstrukce, která byla zahájena na podzim roku 1999.

Jímání surové vody bylo provedeno dvoustupňově, kdy první stupeň tvořila ponorná čerpadla Fligt, každé o zaručeném výtlaku  $60 \text{ l.s}^{-1}$ . Ponorná čerpadla byla zavěšena ve sběrných nádobách na plovoucím jímacím objektu, který tvoří plošina umístěná na třech plovácích, spojených se břehem ocelovou konstrukcí (lávkou) s bočním stabilizačním ramenem. Spojení plovoucí plošiny s ocelovou lávkou je přes křížový kloub, dovolující pohyb ve dvou rovinách, spojení ocelové lávky s břehem je provedeno kloubem, dovolujícím pohyb konstrukce v jedné rovině a tím kopírování kolísající vodní hladiny v jezeře.

Výtlačk ponorných čerpadel byl tvořen dvěma ocelovými potrubími DN 500, zavěšenými pod ocelovou lávkou a přivedenými na vstup horizontálních čerpadel druhého stupně, každé o výtlaku  $120 \text{ l.s}^{-1}$ , poháněnými elektromotory 200 kW – 6 kV. Tato čerpadla byla umístěna v budově čerpací stanice a jejich dvě výtlačná potrubí, překonávající výškový rozdíl 130 m, byla vedena po obou stranách schodiště (300 schodů), spojující budovu čerpací stanice se spojným objektem, který je posledním bodem dostupným dopravním prostředkům. Poslední součástí jímacího objektu je trafostanice, ze které jsou napájena všechna zařízení sloužící k jímání a čerpání surové vody.

Čerpaná voda dále protéká přes vyvzdušňovací objekt, sloužící jako přerušovací nádoba, ze které již surová voda gravitací odtéká do úpravy vody. Úpravna vody byla spolu s jímacím objektem budována ve dvou etapách v letech 1978 – 1984 jako součást oblastního vodovodu. Provedena je zrcadlovitě, přičemž každá polovina je schopna upravovat  $120 \text{ l.s}^{-1}$ . Surová voda je upravována dvoustupňovou chemickou úpravou – koagulací a filtrací. První stupeň separace probíhá ve čtyřech horizontálních sedimentačních nádržích, kde se jako koagulant používá koncentrovaný síran železitý (obchodní název PIX), pro vlastní dávkování naředěný na 5 % roztok. Pomalé míchání na vstupu sedimentačních nádrží probíhá za pomoci pádlových horizontálních míchadel, jejichž otáčení zajišťují elektromotory s příslušnými převodovkami.

K alkalizaci vody na výstupu sedimentačních nádrží se používá vápenné mléko a takto ošetřená voda vstupuje do druhého stupně – na 12 pískových otevřených rychlofiltrů, používajících křemičitý písek pod značením VP2 a zrnitosti 1,1 – 1,6 mm, filtrační plocha

jednoho rychlofiltru je 18 m<sup>2</sup>. Zdravotní zabezpečení upravované vody se provádí chlorem a poté je voda přiváděna do soustavy čtyř akumulčních nádrží o celkové kapacitě 3 200 m<sup>3</sup>.

Úpravou surové vody vznikají vodárenské kaly, jejichž likvidace se prováděla ukládáním na vlastní skládku vodárenských kalů. Vodárenské kaly ze sedimentačních nádrží jsou přepouštěny na kalové pole, kaly z praní pískových rychlofiltrů jsou přepouštěny do odsazovacích nádrží kalového hospodářství a po částečném zahuštění rovněž přepouštěny na kalové pole. Po naplnění kalového pole se kaly čerpadlem přečerpávaly do cisterny silničního vozidla a následně byly vypouštěny na skládku vodárenských kalů, umístěné na katastru obce Štítary.

V průběhu provozování úpravní vody s ohledem na dlouhodobé využívání a opotřebení strojního zařízení, rozvoj čerpací techniky a nových technologií úpravy vody byly stanoveny celky, které projdou určitými změnami, ve vazbě na efektivnější provozování jednotlivých zařízení. Další významnou skutečností je skončení povolení k ukládání neodvodněných vodárenských kalů na skládce kalů, dnem 31.12.1999.

Na základě všech uvedených skutečností se přistoupilo k návrhu rekonstrukce jednotlivých zařízení.

### **2.1.2 Rekonstrukce úpravní vody Štítary (stav po roce 1999)**

První etapa stavby řešila zejména strojní odvodňování kalů, které byly původně likvidovány v polotekutém stavu na nedaleké skládce. Ta je stejně jako úpravna, ve vlastnictví Svazku obcí vodovody a kanalizace Třebíč, který z vlastních zdrojů a za pomoci dotace Ministerstva zemědělství ČR zajišťuje financování. Vodohospodářské povolení na ukládání tekutých kalů skončilo 31.12.1999 a zkušební provoz strojního odvodňování byl zahájen v dubnu roku 2000. Během tohoto přechodného období byl kal vypouštěn na jednu kalovou lagunu, druhá byla upravena na provizorní uložení odvodněného kalu před jeho definitivní likvidací. Instalace kalolisu a celého kalového hospodářství byla spojena i se změnou způsobu pomalého míchání před vstupem do sedimentačních nádrží. Současně proběhlo i zazdění většiny oken v hale sedimentací z důvodu zamezení přístupu slunečního světla na sedimentační nádrže a filtry, čímž by mělo dojít ke snížení růstu zelených řas i k energetickým úsporám. Průběh stavby byl velice náročný, a to z několika důvodů. Celá tato etapa probíhala za provozu s minimálním vlivem na množství a kvalitu vyráběné vody. Vždy jedna polovina úpravní byla rekonstruována a druhá ponechána v provozu, což kladlo nemalé nároky na koordinaci prací stavebních i provozních. Rušné kontrolní dny nebyly výjimkou. Současně již byl odvodňován vodárenský kal, a to jak vznikající při technologickém procesu úpravy, tak starý z přechodného období po ukončení původního způsobu skládkování. Výrazně negativním vlivem na průběh stavby byla špatná kvalita provedení původních sedimentačních a akumulčních nádrží, které si vyžádaly statisícové vícenáklady na sanaci a stavební úpravy. Prostor těchto pár řádků neumožňuje popsat všechny problémy a úskalí, které musely být operativně řešeny, aby akce mohla pokračovat a aby nebyla ohrožena výroba a dodávka vody. Je však třeba připomenout, že by to nebylo možné bez trpělivosti, zkušenosti a pracovního nasazení všech pracovníků provozu úpravní vody ani bez vstřícného přístupu dodavatelské technologické firmy.

První etapa úprav hydraulických míchacích stěn, úprav na plnicím čerpadle kalolisu, dokončení ramp, nastavení dispečerského software, úprav fasád a úklidu vnitřních i vnějších prostor byla úspěšně završena. Vyřešil se i nově vzniklý problém s odvětráváním hal

sedimentací, který nastal po zmíněném zazdění oken. Z prostor bývalých kalových lagun se stala mezideponie odvodněného kalu, který zde čeká na definitivní likvidaci. Část byla použita na rekultivaci původní skládky, která byla jako druhá etapa rekonstrukce úpravny vody zahájena na přelomu jara a léta roku 2000, zbývající část bude uložena na nové skládce.

Třetí etapou stavby byla rekonstrukce čerpací stanice surové vody. Byla to stavba opět velmi složitá a unikátní, tak jak je unikátní samo řešení čerpací stanice. Tato část byla zahájena rovněž na konci jara roku 2000. Její náplní byla jednak výměna původních strojních částí, udržovaných v chodu s maximálním úsilím, jednak především změna systému čerpání ze stávajícího dvoustupňového na jednostupňové. Současně bylo vybudováno toužebně očekávané zařízení pro dopravu osob na čerpací stanici.

Nejen instalace tohoto výtahu, ale zejména výměna výtlačného potrubí DN 300 na pontonu a spojovacím mostu, osazení vysokotlakých čerpadel, protirázová ochrana pro převýšení až 140 m, měření, regulace a další, byly problémy se kterými se dodavatelé na této stavbě vyrovnávali těžce. A nejen dodavatelé, neboť realizace byla opět prováděna za provozu.

Úspěšné zvládnutí a dokončení těchto tří etap, tj. kalového hospodářství, rekultivace skládky kalů a rekonstrukce čerpací stanice surové vody, bylo předpokladem zahájení etapy další. Tou by se měla stavba vrátit do vlastní úpravny a řešit systém řízení, měření, automatizaci, stabilizaci vody po stránce agresivity, aktivní uhlí pro úpravu atd.

Filtrace GAU – Přefiltrovaná voda z pískových filtrů přetéká gravitačně na otevřené rychlofiltry s náplní granulovaného aktivního uhlí (GAU). Tyto rychlofiltry jsou situovány do prostoru nevyužívaných nádrží pro ozonizaci. Pro každou větev je navržen jeden dvoukomorový filtr. Rozvodný systém je navržen z nerezového potrubí tř. 1. 4301 vystrojeným filtračním systémem. Výška filtrační náplně GAU je 2,0 m a doba zdržení na těchto filtrech se pohybuje od 10 do 20 minut podle okamžitého průtoku upravené vody [4].

Výsledkem této mnohamilionové investice by měla být moderní úpravna vody s vysokým stupněm automatizace, kontinuálním měřením kvality, nižší energetickou náročností a kvalitou upravované vody plně v souladu s požadavky legislativy tak, jak si úpravna zásobující pitnou vodou téměř 60 000 tisíc obyvatel jistě zaslouží. V současnosti je právě toto obsahem části projektu „Zajištění kvality pitné vody ve vodárenské soustavě jihozápadní Moravy“ [5].

## 2.2 Údolní nádrž a úpravna vody Mostiště

Jedním ze dvou hlavních zdrojů pitné vody na okrese Žďár nad Sázavou je vodárenská nádrž Mostiště se stejnojmennou úpravnou vody.

Vodárenská nádrž Mostiště se nachází v severní moravské části Českomoravské vrchoviny v údolí řeky Oslavy v nadmořské výšce 448,0 až 480,40 m n. m.

Plocha povodí nad vodárenskou nádrží je 222,80 km<sup>2</sup>. Povodí vodárenské nádrže má členitý reliéf s četnými lesy a velkým počtem rybníků. Řeka Oslava pramení v lesním komplexu Babín, dále protéká Matějovským rybníkem, Veselským rybníkem a obcemi Nové Veselí, Sazomín, Obyčtov, Ostrov nad Oslavou a Radostín nad Oslavou. Z hlavních levostranných přítoků přibírá Hornovský, Hlinenský a Hodiškovský potok a potok Babačku. Z pravostranných přítoků jsou nejvýznamnější potok Bohdalovský, dále Pavlovský potok a přítok Zátoky.

Vodárenská nádrž Mostiště patří mezi nejvýznamnější vodárenské nádrže, které spravuje státní podnik Povodí Moravy. Kvalita surové vody této nádrže však nepatří mezi nejlepší a je negativně ovlivňována značnou eutrofizací nádrže. Příčiny tohoto stavu lze hledat v jejím povodí, které je rozsáhlé a zemědělsky značně využívané. Kvalitu vody přitékající do nádrže ovlivňuje také poměrně velké osídlení povodí a výskyt většího počtu rybníků v této oblasti.

### **2.2.1 První úvahy o vybudování přehrady**

Jarní oblevy, průtrže mračen, dlouhotrvající deště, přinášely městu Velké Meziříčí a obcím v povodí Oslavy a Balinky značné škody. První variantou podle archivních pramenů bylo postavit menší přehradu v prostoru Pekla v letech 1902 – 1904. Druhá varianta byla žádost města Velkého Meziříčí k Zemskému moravskému výboru v Brně o regulaci Oslavy, případně vybudování údolní přehrady na Oslavě, nebo Balince v roce 1909. V březnu 1910 vznikla myšlenka vybudovat přehradu na Oslavě asi 5 km nad městem Velké Meziříčí. Velkorysé řešení se protahovalo, až přišla první světová válka. Problém se přenesl do doby nově vzniklého Československa.

V roce 1927 bylo započato s pracemi na regulaci Oslavy (Radostínky). Po skončení prací žádá Velké Meziříčí další regulaci Balinky. Nedostatek pitné vody ve městě zvýrazňuje potřebu stavby přehrady, která by vyřešila také dodávku pitné vody pro město. Jelikož zamyšlené budování přehrady bylo nejisté, začaly se koncem třicátých let hledat zdroje podzemní pitné vody v okolí Pavlova, Starého Telečkova, Zadního Zhořce, a Dědkova. Přípravné práce pokračovaly po celou druhou světovou válku. V roce 1945 se začalo se stavbou jímání pramenů, vybudování odkyselovacích stanic a vodovodu z Pavlova.

Po válce byly oprášeny staré projekty a plány. V roce 1950 byl přijat staronový požadavek na vybudování údolní přehrady. Stavbu přehrady započala firma Ingstav Brno v roce 1957. Začal se budovat 180 metrů dlouhý tunel, do kterého se odvedly vody řeky. Současně se zboural Coufalův mlýn. Mlýn stál uprostřed údolí v místech, kde je dnes pata vnitřní hráze. V této době to byla první sypaná hráz tak velkých rozměrů na území státu. Do hráze bylo uloženo 333 tisíc metrů krychlových převážně sypaného materiálu. Vznikla tak zemní hráz o celkové délce 340 metrů a výšce 32 metrů, s korunou hráze, širokou 5,8 m, zakončenou vozovkou pro pěší provoz a údržbu vodního díla.

Při stavbě se potřebovalo několik desítek tisíc tun betonu k vybudování kontrolní štoly, prostoru pro umístění elektrárny, odtokových potrubí, jalové výpusti, bočního přelivu apod.

Práce pokračovaly celkem rychle, takže v roce 1961 se mohlo započít s napouštěním přehrady. Tak vzniklo jezero v našem kraji v nebyvalé délce 5385 metrů, na ploše 93 ha, s celkovým objemem nádrže necelých 12 mil. metrů krychlových.

Přehrada Mostiště plní především požadavky zásobování obyvatelstva vodou. Dále zajišťuje minimální průtok pod přehradou a tlumí povodňové průtoky. Dříve také zajišťovala dodávku chladící vody pro bývalou tepelnou elektrárnu Oslavany. Pro zajímavost-stavba přehrady stála 70 mil.Kčs, úprava vody 10 mil.Kčs.

## 2.2.2 Úpravna vody Mostišť

Výstavba úpravny vody byla provedena v letech 1958 až 1964 na výkon  $100 \text{ l.s}^{-1}$ . Dodavatel stavební části byl Ingstav Brno, dodavatel technologie byla Sigma Hranice. Vzhledem k napojení neplánovaných obcí a vzrůstem spotřeby jak pro Třebíč, následně Žďár nad Sázavou byla v letech 1987 až 1994 provedena intenzifikace a rozšíření úpravny na maximální výkon  $220 \text{ l.s}^{-1}$ .

Zdroj surové vody je údolní nádrž Mostišť. Max.výška hladiny je 31 m, odběry vody jsou situovány 9 m a 16,8 m ode dna nádrže. Úpravna vody zásobuje následující oblasti:

- skupinový vodovod pro Velké Meziříčí, Velkou Bíteš, Měřín, Olší
- přivaděč do Třebíče
- přivaděč do Žďáru nad Sázavou

Jak je výše uvedeno výkon úpravny po intenzifikaci je  $\text{max.}220 \text{ l.s}^{-1}$ . V současné době úpravna produkuje v průměru necelých  $150 \text{ l.s}^{-1}$  pitné vody. Proces úpravy surové vody probíhá ve dvou stupních, jde o čiření koagulantem síranem železitým s obchodním názvem Prefloc a následnou filtrací na křemičitém písku VP2.

Surová voda z přehrady se odebírá většinou z horního odběru (kvalita ve spodním odběru bývá horší – mangan, dusitany, amonné ionty). Odebíraná voda se nejprve provzdušňuje na železobetonové kaskádě, dále je vedena do hydraulického mísiče. Hydraulický mísič tvoří ocelový válec zužující se ke dnu ve tvaru spiraktoru. Do potrubí před vlastní hydraulický mísič se dávkuje koagulant 15% roztok síranu železitého. V hydraulickém mísiči probíhá první fáze flokulace. Dávka síranu železitého se mění podle kvality surové vody od 30 do  $50 \text{ mg.l}^{-1}$ . Do odtoku z hydraulického mísiče lze dávkovat v případě potřeby pomocný flokulant.

První separační stupeň je tvořen dvěma původními galeriovými čičiči s dodatečnou lamelovou vestavbou o konečném výkonu  $2 \times 60 \text{ l.s}^{-1}$  a jednak dvěma lamelovými usazováký s flokulací (LUF) o výkonu  $2 \times 50 \text{ l.s}^{-1}$ . Lamelové usazováký byly uvedeny do provozu až po intenzifikaci a rozšíření v roce 1994. Galeriové čičiče se skládají ze dvou čičičích komor, mezi které je vsazena zahušťovací komora. K separaci dochází ve vločkovém mraku. Vzestupná rychlost při výkonu  $60 \text{ l.s}^{-1}$  je  $1,24 \text{ mm.s}^{-1}$ . Přebytný kal z vločkového mraku se dostává do zahušťovacích prostorů, odkud je kal odtahován do usazovacích nádrží. Lamelové usazováký jsou ocelové nádoby dělené na prostor míchací, kde dochází k vytváření vloček pomocí pomalého míchání pádly, dále prostory usazovací s vestavěnými lamelami, na kterých sedimentují jemné vločky a prostory kalové, v kterých se hromadí a zahušťují kaly. Vzestupná rychlost při plném výkonu lamelových usazováků je  $0,83 \text{ mm.s}^{-1}$ .

Druhý separační stupeň představují čtyři filtry o filtrační ploše  $4 \times 50 \text{ m}^2$ . Nečistoty (jemné vločky), které se nezachytí v prvním separačním stupni, jsou zachycovány na filtrační náplni křemičitého tříděného písku a postupně náplň zahlcují [6]. Tím stoupá odpor filtrů a současně se snižuje průtokové množství a zhoršuje kvalita upravené vody. Před touto mezí následuje regenerace filtrační náplně. Praní filtrů se provádí klasicky vzduchem a vodou. Alkalizace, tj.úprava hodnoty pH se provádí vápenným mlékem dávkovaným do nátoky vyčiřené vody přes filtry. Voda po filtraci odtéká do dvou akumulacích nádrží. K hygienickému

zabezpečení se používá oxid chloričitý popřípadě chlor [7]. Upravená voda z akumulčních nádrží je čerpána pomocí čerpadel do distribuční sítě a vodojemů.

Kalová voda z odkalování čičičů, usazováků a z praní pískových rychlofiltrů je odváděna do zahušťovacích jímek 2 x 50 m<sup>3</sup> a 1 x 250 m<sup>3</sup>. Vodárenské kaly se zahušťují v sedimentačních nádržích, odsazená voda se odpustí do toku, zahuštěný kal se vypouští na 7 kalových polí, kde se kal dále zahušťuje a odvodňuje.

Úpravna vody Mostiště je v provozu již přes 40 roků. Přes všechna technická vylepšení, jsou některé technologické celky na pokraji životnosti, rovněž chybí nové moderní technologie. Je tedy nutné co nejdříve provést rekonstrukci úpravní vody s doplněním technologie úpravy.

Rekonstrukce úpravní vody Mostiště je společně s dalšími opatřeními v rámci skupinového vodovodu Žďársko zahrnuta do projektu „Zajištění kvality pitné vody ve vodárenské soustavě jihozápadní Moravy“, který předpokládá financování z Fondu soudržnosti. Pro tento projekt byl zpracován záměr, který byl schválen pracovní skupinou ČR. V rámci přípravy projektu již byly zpracovány technologické audity úpravní vody Mostiště, hydrobiologický audit a provedeny korozní zkoušky. V srpnu 2004 byl dopracován generel zásobování pitnou vodou, který shrnul výsledky předchozích prací a zapracoval do návrhu schválený plán rozvoje vodovodů. Z dosavadní předprojektové přípravy vyplynuly následující závěry:

- z celkového pohledu na ÚV Mostiště je možné konstatovat, že technologické vybavení úpravní vody je zastaralé a vyžaduje komplexní výměnu. Stavební konstrukce jsou v řadě případů ve velmi špatném technickém stavu a již v současnosti jsou na hranici havarijního stavu. Pro ÚV Mostiště se navrhuje komplexní rekonstrukce s maximálním využitím současných prostor úpravní vody;
- pro možnost volby odběrového horizontu z nádrže je navrhováno zrekonstruovat odběrný objekt v nádrži Mostiště;
- použití kaskád pro oxidaci surové vody je poměrně málo účinné a bude nahrazeno injektorem vzduchu a dávkováním manganistanu draselného. V technologickém návrhu se předpokládá odstranění manganu v alkalické oblasti;
- technologické vybavení původních galeriových čičičů je v současnosti na konci životnosti a sedimentační nádrže LUF jsou funkční jen s velkými obtížemi. Je navržena výstavba nového technologického stupně. Posuzováno bylo několik variant řešení s tím, že bylo doporučeno poloprovozně ověřit použití flotace a zatěžované sedimentace;
- nevhodně volené uspořádání pískových filtrů, tj. malý počet jednotek s velkou plochou, přináší provozní komplikace. Filtry je možné prát pouze souběžně s odkalením čičičů při snížení celkového výkonu úpravní vody [8]. Nízká konstrukční výška pískových filtrů neumožňuje filtry řádně vyprat vodou. Při požadavku na vyšší výkon úpravní vody je nutné používat filtry ze spodní etáže. Je navržena celková rekonstrukce pískové filtrace s přestavbou na filtry bez mezidna, se zmenšením plochy jedné jednotky, ale s celkovým rozšířením filtrační plochy;

- s ohledem na kvalitu surové vody je doporučováno použití třetího technologického stupně, který bude zahrnovat filtraci přes granulované aktivní uhlí s předřazenou ozonizací;
- nevyhovující je stav kalového hospodářství a studie navrhuje v několika variantách řešení rekonstrukce;
- v části chemického hospodářství je nutná rekonstrukce dávkování koagulantu a vápenného hydrátu. Dávkování chloru a chlordioxidu je uspokojivé;
- předpokládá se případná dezinfekce UV zářením.

Dosud byla poloprovodně odzkoušena flotace pro první stupeň separace a pro zpracování pracích vod na ÚV Mostiště. Rovněž byly provedeny zkoušky odvodňování kalů. Dále probíhá ověření zatěžované sedimentace Actiflo rovněž pro první separační stupeň. Je zpracován návrh na oxidaci a separaci manganu v rekonstruované technologické lince.

V současné době je vypsáno výběrové řízení na zpracovatele projektu pro územní řízení a stavební povolení stavby – rekonstrukce úpravny vody Mostiště. Vlastní realizace rekonstrukce úpravny vody Mostiště je plánována na období 2007 – 2008 [5].

### 2.3 Požadavky na jakost pitné vody

Tab. I: Vybrané ukazatele jakosti pitné vody a jejich hygienické limity [9]

ukazatel	symbol	jednotka	limit
mangan	Mn <sup>2+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,05 MH
dusičnany	NO <sub>3</sub> -	mg.l <sup>-1</sup>	50 MH****
dusitany	NO <sub>2</sub> -	mg.l <sup>-1</sup>	0,5 NMH****
chlor volný	Cl <sub>2</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	0,3 MH *
amonné ionty	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,5 MH
chloridy	Cl <sup>-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	NMH**
reakce vody	pH		6,5-9,5 MH**
sírany	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	250 MH**
barva		mg Pt.l <sup>-1</sup>	20 MH
zákal	ZF	NTU	5 MH
železo	Fe <sup>3+</sup>	mg.l <sup>-1</sup>	0,2 MH
CHSK <sub>Mn</sub>	CHSK <sub>Mn</sub>	mg.l <sup>-1</sup>	3,0 MH
vápník	Ca	mg.l <sup>-1</sup>	30 MH
hořčík	Mg	mg.l <sup>-1</sup>	10 MH
vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol/l	0,9-5 DH
chloroform		μ/l	30 MH**

U vápníku a hořčíku představuje mezná hodnota minimum [9].



### 3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Ve vzorcích vody z jednotlivých částí distribuční sítě Vodárenské akciové společnosti, a.s., divize Třebíč, na trase Štítary - Moravské Budějovice - Jaroměřice nad Rokytnou – Hrotovice - Náměšť nad Oslavou byly stanoveny hodnoty sledovaných ukazatelů jakosti upravené vody a získané informace byly zpracovány ve formě tabulek a grafů. Hodnoty prezentované pro upravenou vodu z úpravny vody ve Štítarech jsem stanovila v rámci svých pracovních povinností a jsou vypsány z provozní dokumentace laboratoře této úpravny. Hodnoty vybraných ukazatelů jakosti upravené vody z odběrných míst (Moravské Budějovice, Jaroměřice nad Rokytnou, Hrotovice a Náměšť nad Oslavou) byly stanoveny útvarem Vodohospodářských a ekologických laboratoří, Vodárenské akciové společnosti, a.s. a provozní laboratoří třebíčské divize VAS. Koncentrace chloroformu byly stanoveny ve vodohospodářských laboratořích VAS, a.s. pracoviště Brněnská 634 v Modřicích. Laboratoř č.1249 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci o.p.s. (tabulka č.III). Všechny hodnoty sledovaných ukazatelů jakosti upravené vody jsou shromážděny od roku 2004 do roku 2008. Hodnoty koncentrace chloroformu pak od 17.3.1997 do 4.3.2008. Jsou zde zpracovány hodnoty nejrizikovějších ukazatelů -amonných iontů, barvy, dusitanů, zákalu, železa a chloroformu.

#### 3.1 Přístroje, zařízení a chemikálie

Přístroje: Váhy LABERTE LB – 1050/2, vařič MELISSA HP – 8010A, Spektrofotometr CECIL 2041, typu Cambridge, UV – VIS 2000 series. Cecil Instruments Ltd., Velká Británie

Chemikálie:

Vinan sodnodraselný, p. a. - Fischer Scientific, s. r.o., Pardubice, ČR

Nesslerovo činidlo p.a. – VERKON s.r.o., Stará Boleslav, ČR

Kyselina sírová p.a. - VERKON s.r.o., Stará Boleslav, ČR

Kyselina sulfanilové – SIGMA-ALDRICH, Praha 8, ČR

N-/1-naftyl/-ethylendiaminhydrochlorid - SIGMA-ALDRICH, Praha 8, ČR

Kyselina chlorovodíková p.a. - VERKON s.r.o., Stará Boleslav, ČR

2,2' dipirydylhydrochlorid – Fischer Scientific, spol.s r.o., Pardubice, ČR

Hydroxylaminhydrochlorid - VERKON s.r.o., Stará Boleslav, ČR

Octan amonný p.a. - MERCI, s.r.o., Brno, ČR

Salicylan sodný p.a. – MERCI, s.r.o., Brno, ČR

Hydroxid sodný p.a. - Fischer Scientific, spol.s r.o., Pardubice, ČR

Kalibrační roztok (kat.č.CZ90191N5) – ANALYTIKA, spol.s r.o., Praha 9, ČR

Kalibrační roztok (kat.č. CZ90331N5) - ANALYTIKA, spol.s r.o., Praha 9, ČR

Kalibrační roztok (kat.č. CZ90761N5) - ANALYTIKA, spol.s r.o., Praha 9, ČR

Kalibrační roztok (kat.č. CZ90801N5) - ANALYTIKA, spol.s r.o., Praha 9, ČR

Kalibrační roztok (kat.č. CZ90771N5) - ANALYTIKA, spol.s r.o., Praha 9, ČR

## 3.2 Použité metody

### 3.2.1 Stanovení amonných iontů - fotometrická metoda

Podstata zkoušky [10]: Amoniak a amonné ionty reagují v alkalickém prostředí s Nesslerovým činidlem za vzniku žlutohnědého zbarvení. Při nízké koncentraci amoniaku a amonných iontů vzniká koloidní roztok, vhodný pro fotometrické měření. Zbarvení je stálé 30 minut.

### 3.2.2 Stanovení barvy – spektrofotometrické stanovení

Podstata zkoušky [11]: Barvu pitných a povrchových vod můžeme stanovit spektrofotometricky a to při vlnové délce 410 nm proti slepému stanovení na zředěnou kyselinu sírovou (1 + 999) a to v mg Pt/l.

Rušivým vlivem je zákal a odstraňuje se filtrací vzorku skleněnou fritou S<sub>4</sub>, popř. filtrací membránovým filtrem nebo odstředěním. Proto při měření surové vody z Vranovské přehrady, jsme ji nejdříve přefiltrovali.

Filtrací však mohou vzniknout chyby, např. sloučeniny železa nebo manganu se mohou vyloučit na filtru nebo se mohou převést na barevné sloučeniny jiných oxidačních stupňů.

### 3.2.3 Stanovení dusitanů – fotometrickou metodou

Podstata zkoušky [12]: Podstatou stanovení je diazotace kyseliny sulfanilové přítomnými dusitany a kopulace diazoniové soli s A - / 1 – naftyl / - ethylendiaminhydrochloridem za vzniku červeného azobarviva. Intenzita zbarvení je přímo úměrná koncentraci dusitanů. Metody se užije ke stanovení dusitanů v koncentracích od 0,001 do 0,05 mg.l<sup>-1</sup>. Zbarvení je stálé 24 hodin.

### 3.2.4 Stanovení zákalu – turbidimetrickou metodou

Podstata zkoušky [13]: Metoda je založena na srovnání zákalu vzorku se základní formazinovou suspenzí vizuálním nebo fotometrickým měřením v procházejícím světle. Metody se užije k přímému stanovení zákalu od 1 do 40 formazinových jednotek ZF (ZF<sub>v</sub>, ZF<sub>t</sub>).

ZF = zákal formazinové suspenze, kde úroveň koncentrace síranu hydrazinu je 1,25 mg.l<sup>-1</sup> a hexametylentetraminu je 12,5 mg.l<sup>-1</sup>.

### 3.2.5 Stanovení železa - metoda fotometrická dipyridylem

Podstata zkoušky [14]:

V oblasti pH 3,5 až 8,5 tvoří ion dvojmocného železa se třemi molekulami činidla intenzivně červenou stálou komplexní sloučeninu. Zbarvení je stálé několik hodin a závislost jeho intenzity na koncentraci železa je lineární.

Postup zahrnuje stanovení celkového obsahu dvojmocného a trojmocného železa.

Veškeré železo se stanoví ve vzorku původním, rozpuštěná forma ve vzorku filtrovaném.

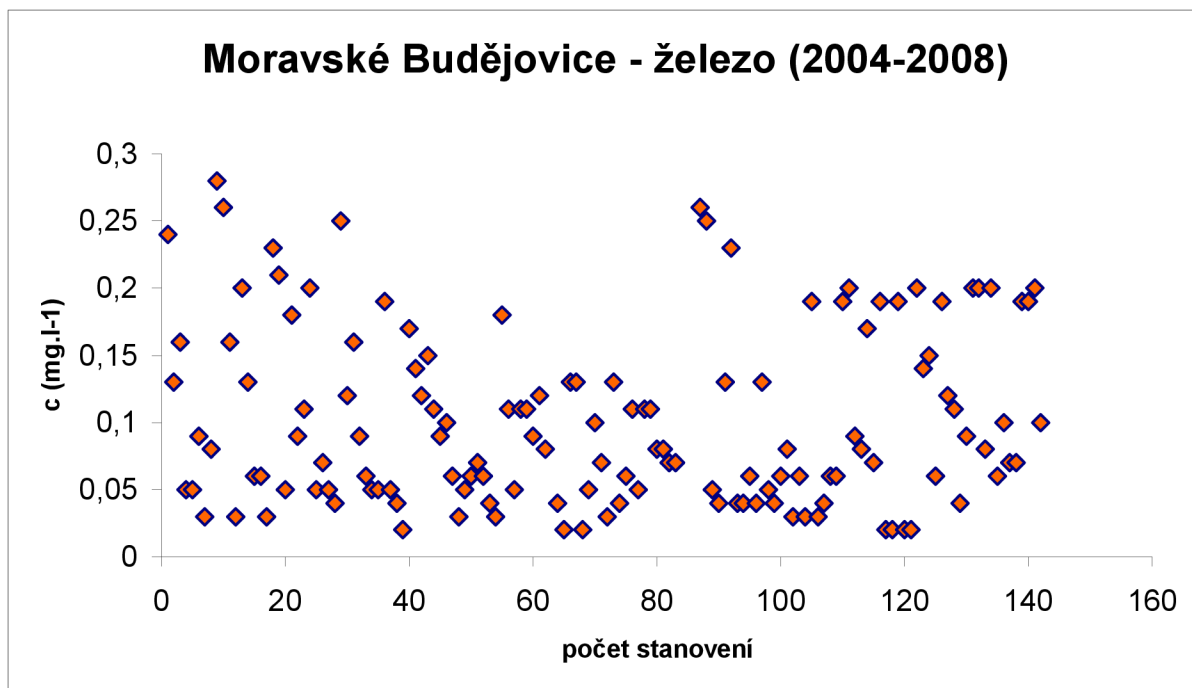
### 3.3 Zpracování hodnot vybraných ukazatelů jakosti vody

V následujících grafech jsou prezentovány a zpracovány hodnoty vybraných ukazatelů jakosti vody v distribuční síti úpravny vody Štítary za sledované období. Odběry byly z těchto odběrných míst: ÚV Štítary, Moravské Budějovice – Grand Hotel kuchyň v.k., ZŠ Dobrovského ul. kuchyň v.k., VDJ Hora odtok, ZŠ Havlíčkova ulice v.k., Městský úřad – sociální zařízení výt.k., mlékárna sociální zařízení a další. V Jaroměřicích nad Rokytnou: Bufet výt. kohout, vodojem přítok, vodojem odtok, restaurace kuchyň výt. kohout, restaurace Opera, pekárna výt. kohout ZŠ síť výt. kohout a další. V Hrotovicích se jedná o tato odběrná místa: Restaurace „Klas“ kuchyň výt.kohout, vodojem globus odtok, vodovodní řad pro budovu šaten fotbal. Hřiště, hotel výt. kohout, VAS provoz umývárna výt. kohout atd. V Náměšti nad Oslavou jsou to tato odběrná místa: prodejna Horizont, výt. kohout, nádraží výt. kohout, vodojem sever odtok, vodojem jih odtok, výt. kohout, prodejna Husova ulice, výt. kohout, Masarykovo náměstí – bufet výt. kohout, penzion Husova ulice – za bojlerem, hydrant- Husova ulice. Odběry vzorků pro stanovení chloroformu se odebíraly z jednotlivých míst distribuční sítě. Začátkem je úpravna vody Štítary, poté Moravské Budějovice ( Základní škola Dobrovského ulice výt. kohout, Základní škola Havlíčkova ulice, vodojem věžový přítok, vodojem věžový odtok, vodojem Hora, atd. Dále Jaroměřice nad Rokytnou, bufet Opera výt. kohout, vodojem přítok, vodojem odtok, Myslibořice vodojem odtok, Hrotovice restaurace v.k., Slavětice vodojem odtok, Kramolín vodojem odtok, Babylon vodojem odtok a v Náměšti nad Oslavou vodojem odtok, prodejna Horizont výt. kohout, cukrárna výt. kohout.

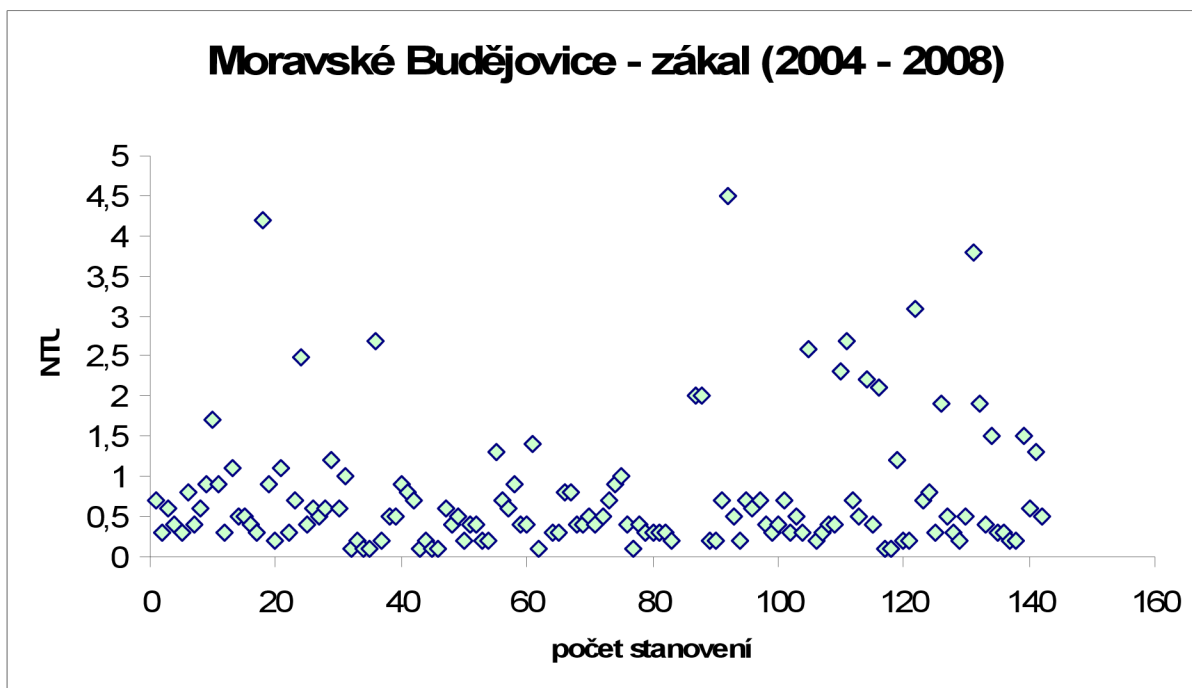
Hodnoty prezentované pro upravenou vodu z úpravny vody ve Štítarech jsem stanovila v rámci svých pracovních povinností a jsou vypsány z provozní dokumentace laboratoře této úpravny. Hodnoty vybraných ukazatelů jakosti upravené vody z odběrných míst (Moravské Budějovice, Jaroměřice nad Rokytnou, Hrotovice a Náměšť nad Oslavou) byly stanoveny útvarem Vodohospodářských a ekologických laboratoří, Vodárenské akciové společnosti, a.s. a provozní laboratoří třebečské divize VAS. Koncentrace chloroformu byly stanoveny ve vodohospodářských laboratořích VAS, a.s. pracoviště Brněnská 634 v Modřicích. Laboratoř č.1249 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci o.p.s. (tabulka č.III). Všechny hodnoty sledovaných ukazatelů jakosti upravené vody jsou shromážděny od roku 2004 do roku 2008. Hodnoty koncentrace chloroformu pak od 17.3.1997 do 4.3.2008. Jsou zde zpracovány hodnoty nejrizikovějších ukazatelů -amonných iontů, barvy, dusitanů, zákalu, železa a chloroformu.

Tabulka č. II: Průměrné hodnoty ukazatelů

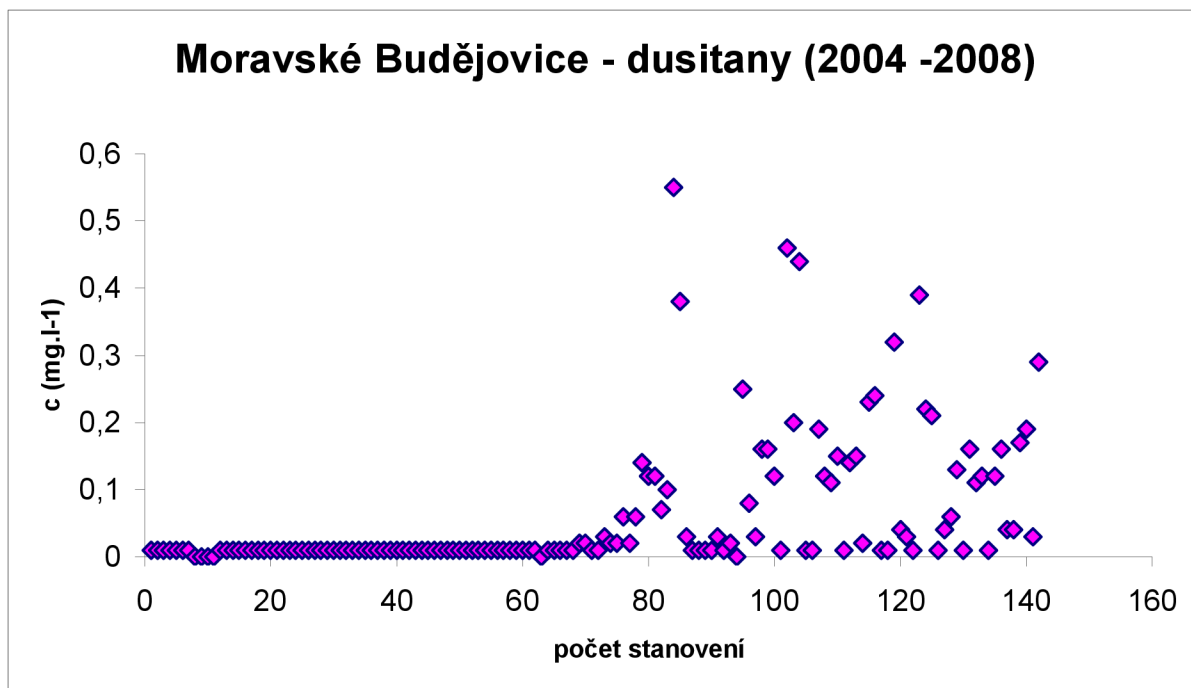
Průměrné hodnoty	Místo odběru	Amonné ionty[mg.l <sup>-1</sup> ]	Barva [Pt mg.l <sup>-1</sup> ]	Dusitany [mg.l <sup>-1</sup> ]	Zákal [NTU]	Železo [mg.l <sup>-1</sup> ]
	Štítary	0,113	7,1	0,006	0,15	0,03
Moravské Budějovice	0,061	12,1	0,062	0,75	0,1	
Jaroměřice nad Rokytnou	0,060	8,0	0,056	0,29	0,05	
Hrotovice	0,054	9,3	0,051	0,52	0,08	
Náměšť nad Oslavou	0,081	15,5	0,040	1,23	0,24	



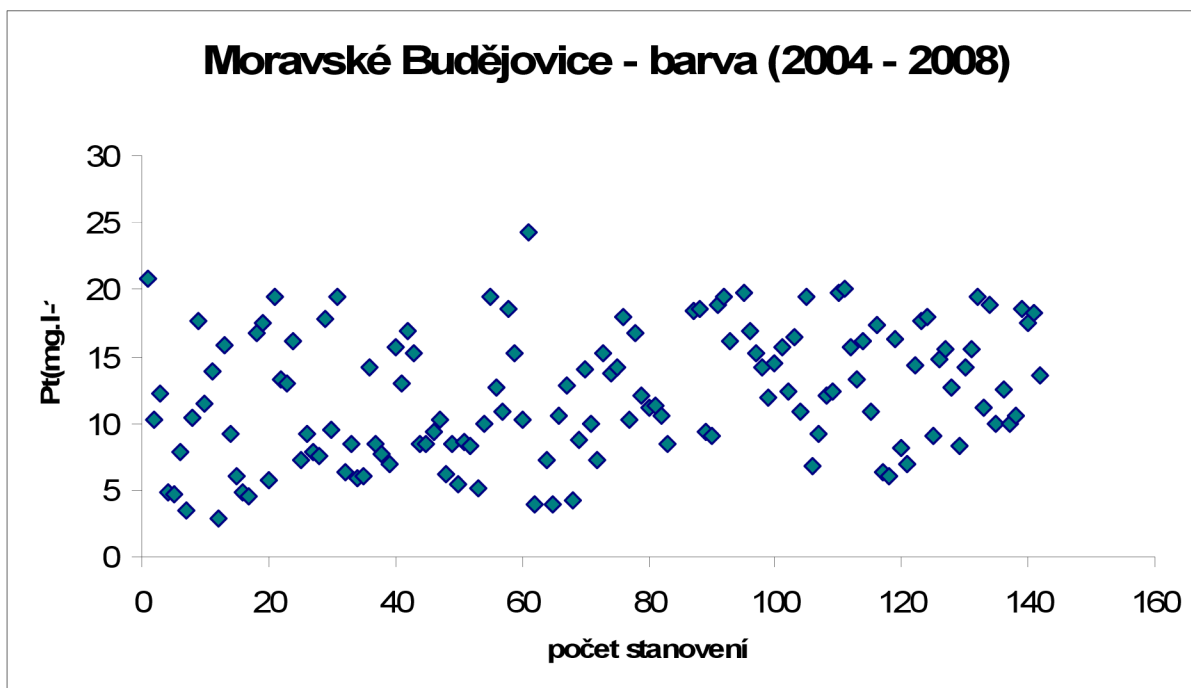
Graf č.1: Moravské Budějovice – železo (2004 – 2008)



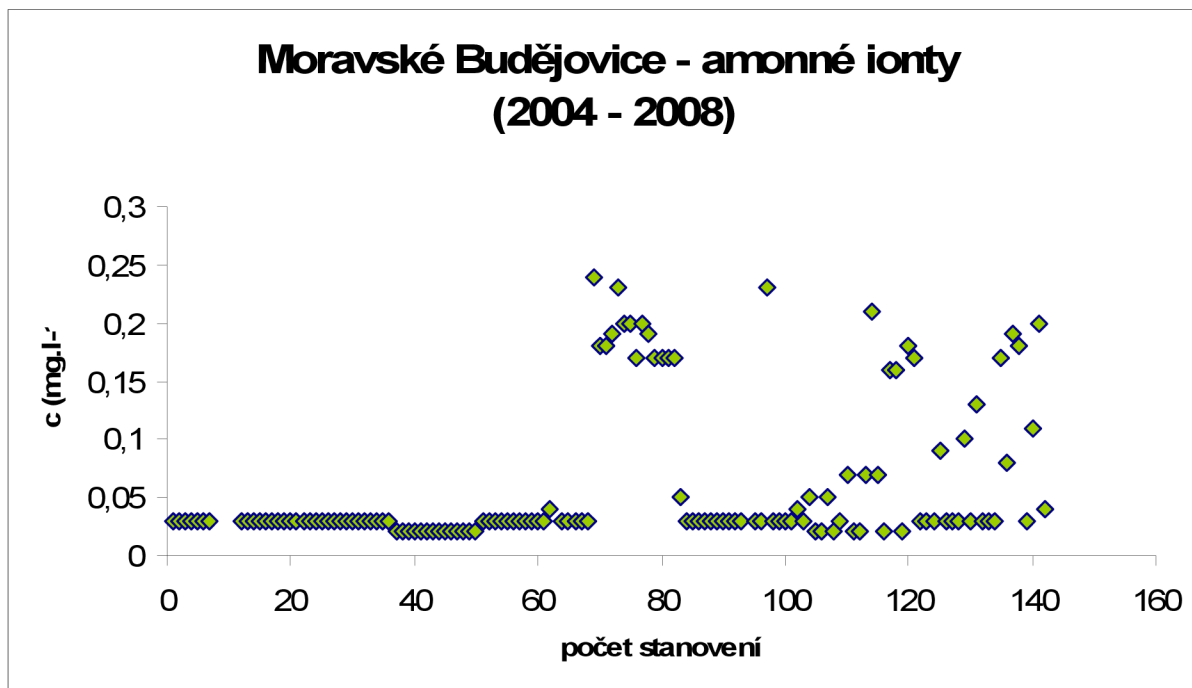
Graf č.2: Moravské Budějovice – zákal (2004 – 2008)



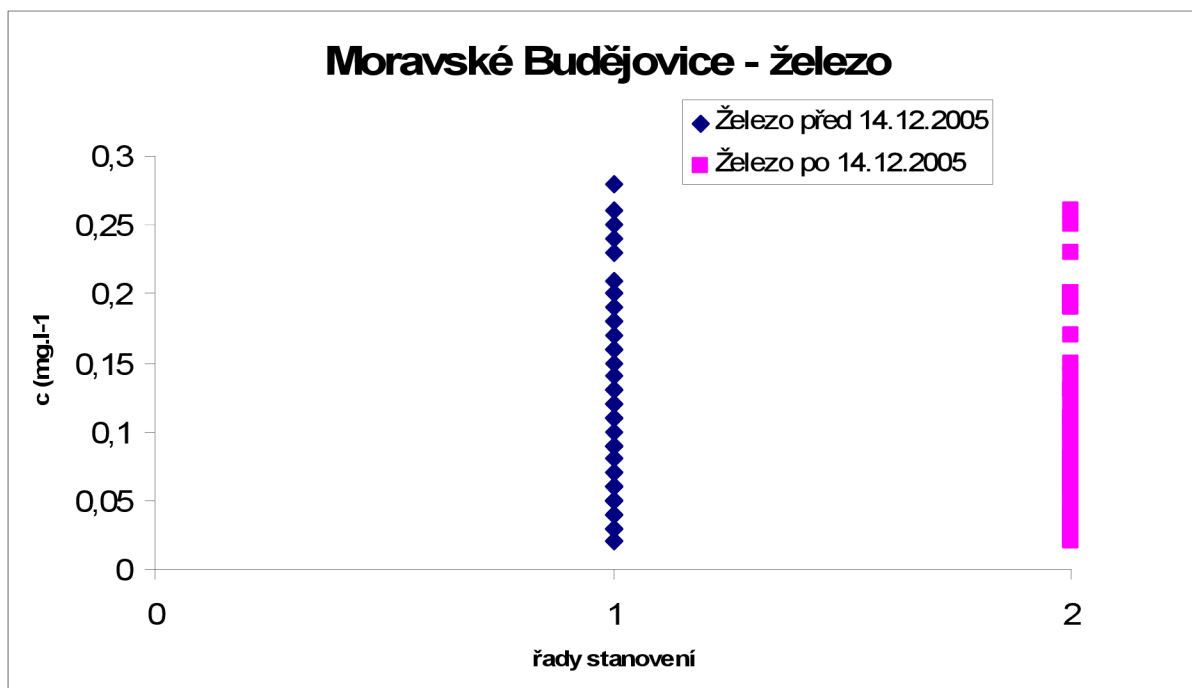
Graf č.3: Moravské Budějovice – dusitany (2004 – 2008)



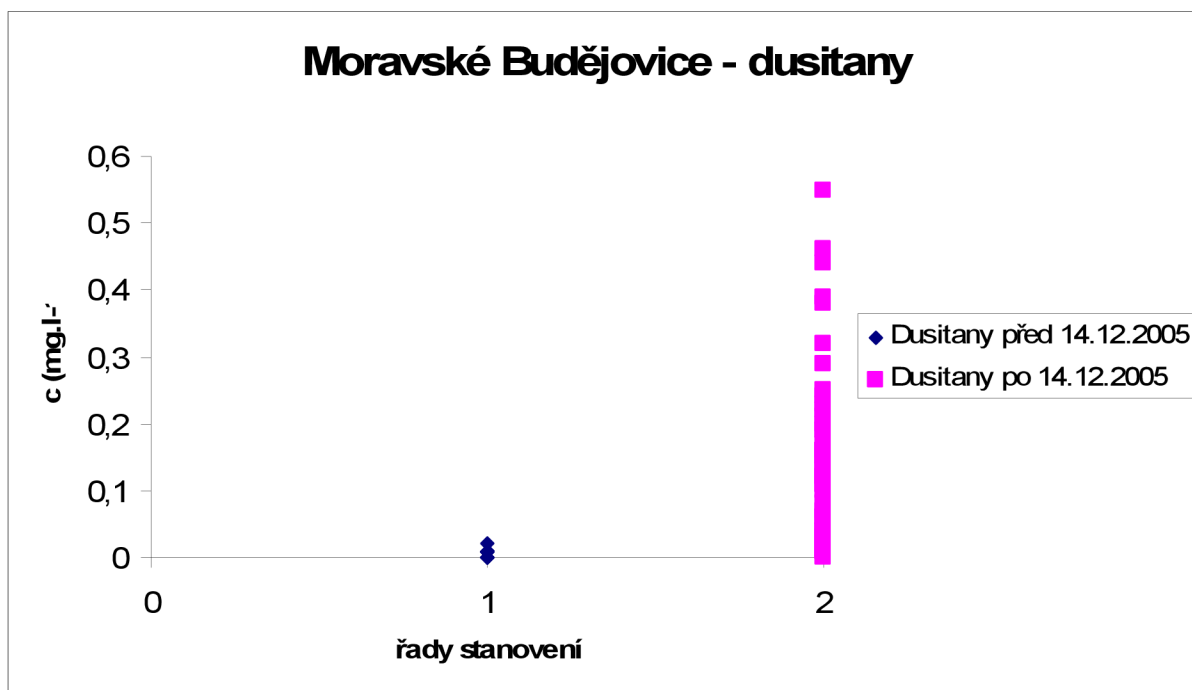
Graf č.4: Moravské Budějovice – barva (2004 – 2008)



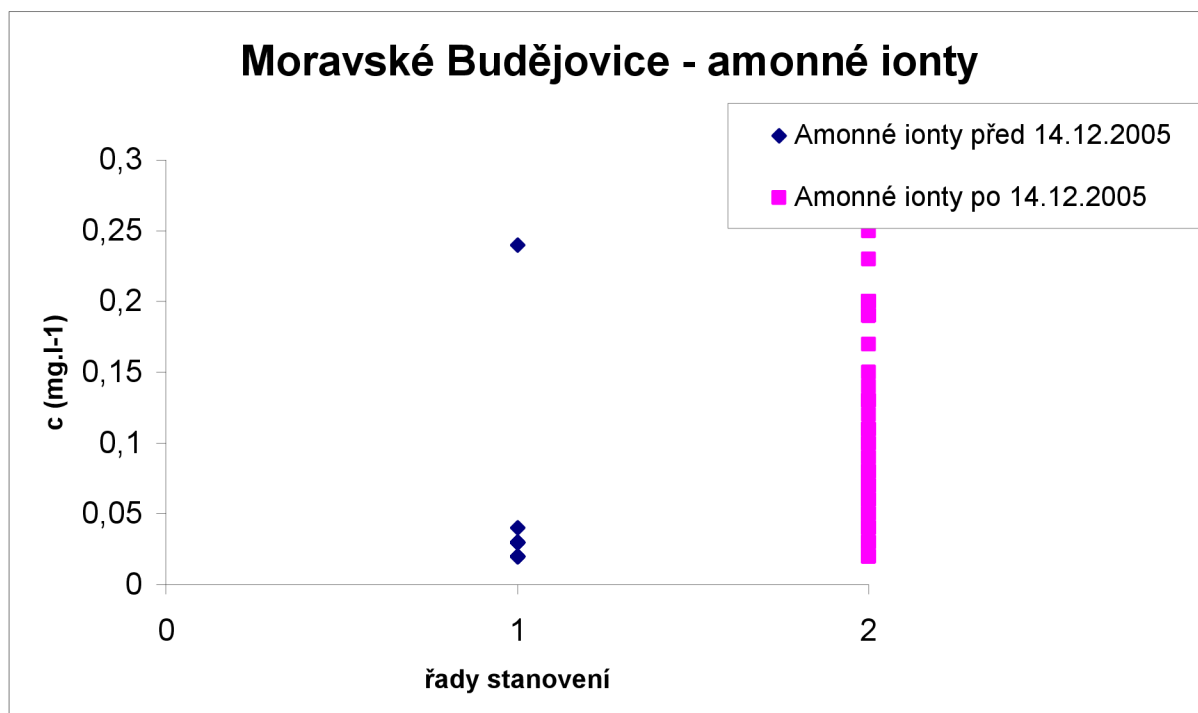
Graf č.5: Moravské Budějovice – amonné ionty (2004 – 2008)



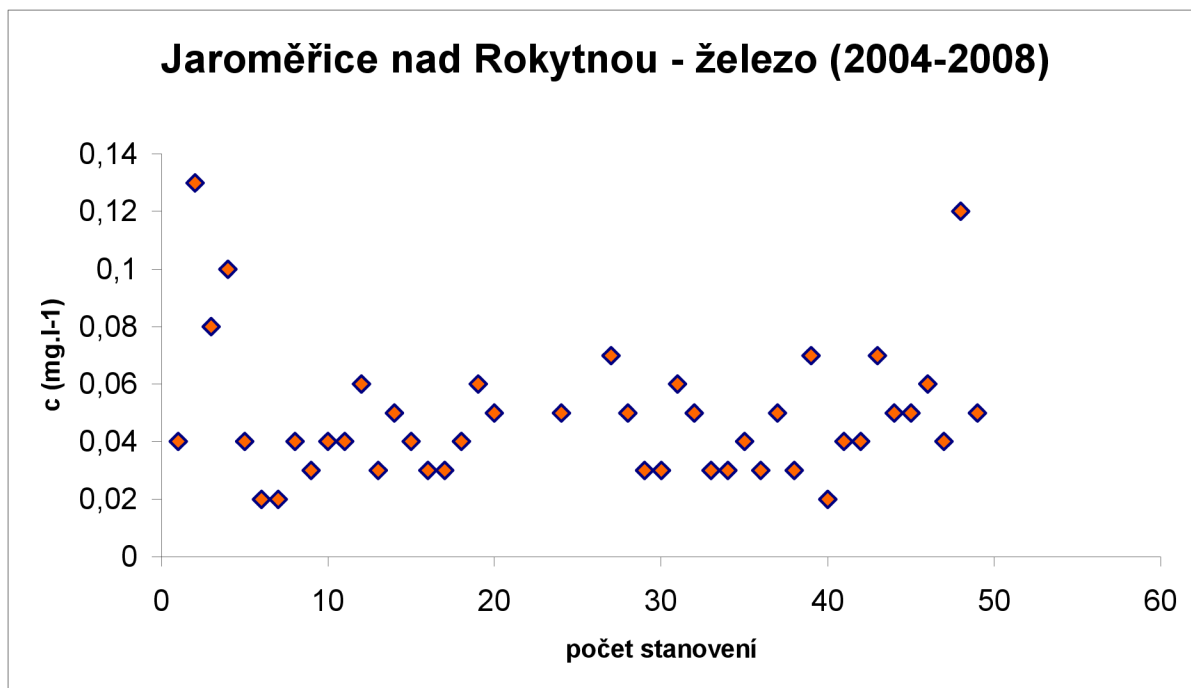
Graf č.6: Moravské Budějovice – železo (2004 – 2008)



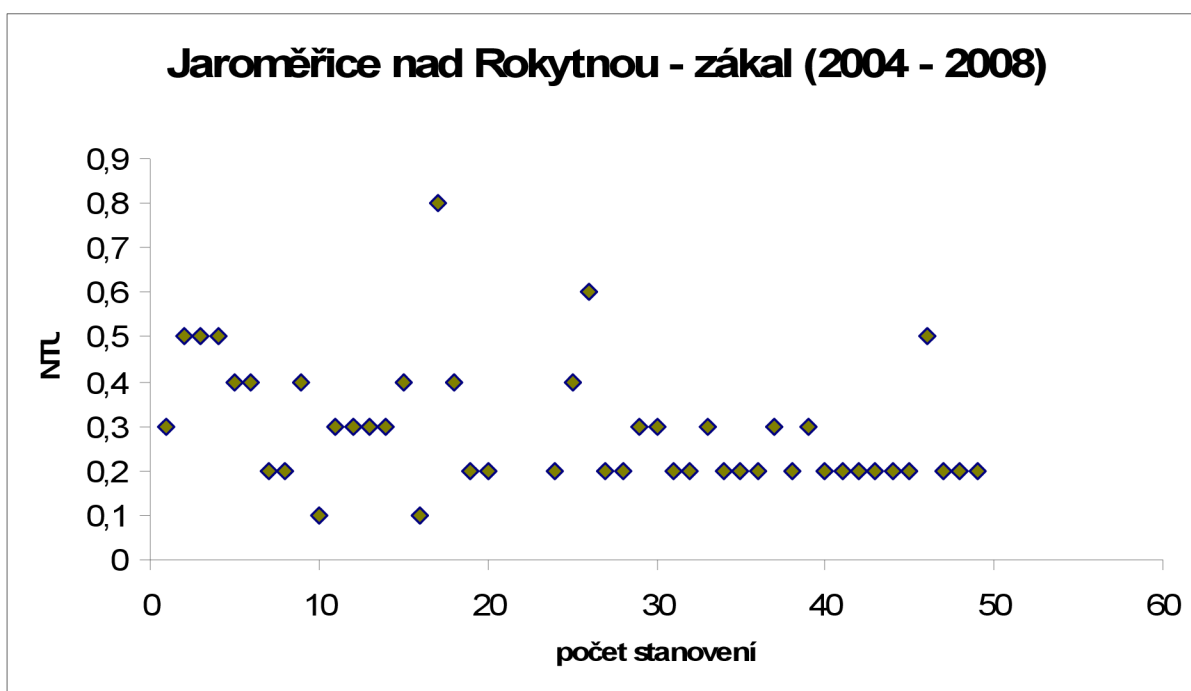
Graf č.7: Moravské Budějovice – dusitany (před 14.12.2005 a po 14.12.2005)



Graf č.8: Moravské Budějovice – amonné ionty (před 14.12.2005 a po 14.12.2005)

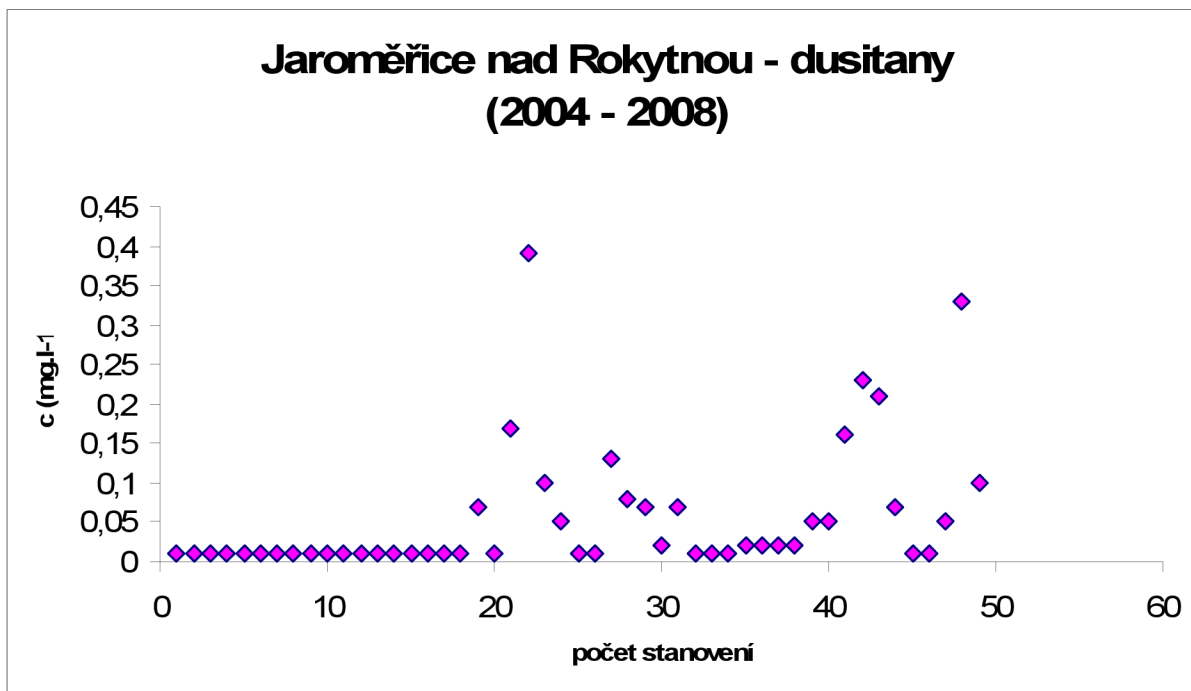


Graf č.9: Jaroměřice nad Rokytinou – železo (2004 - 2008)

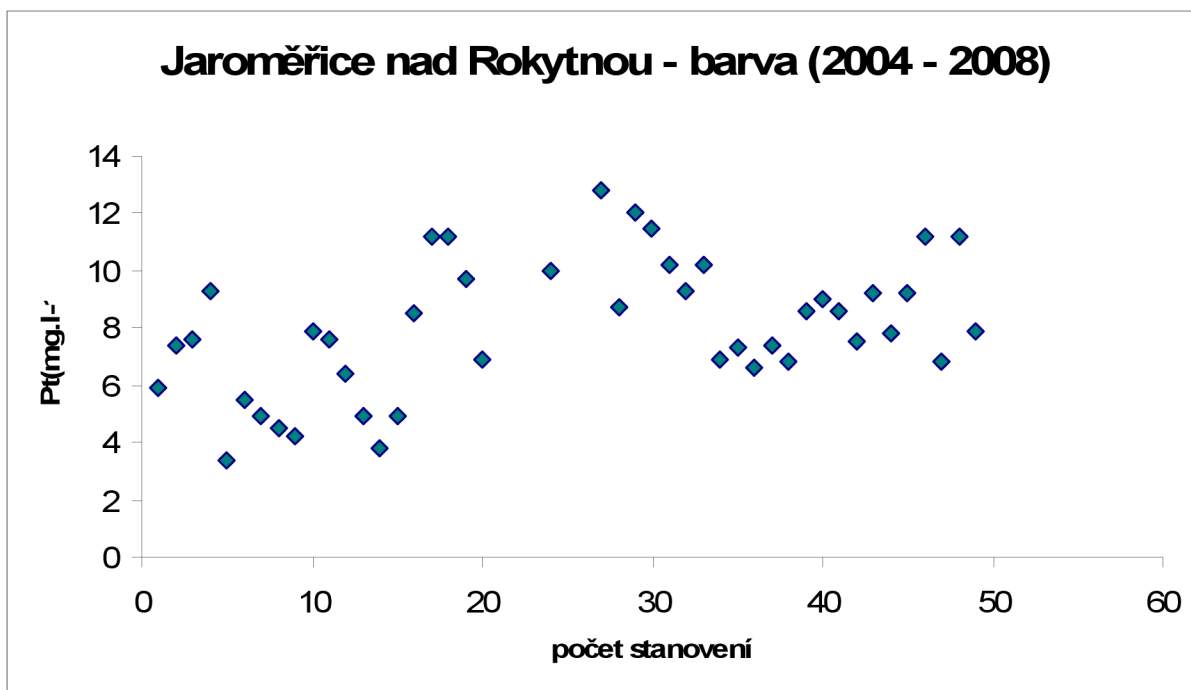


Graf č.10: Jaroměřice nad Rokytinou – zákal (2004 - 2008)

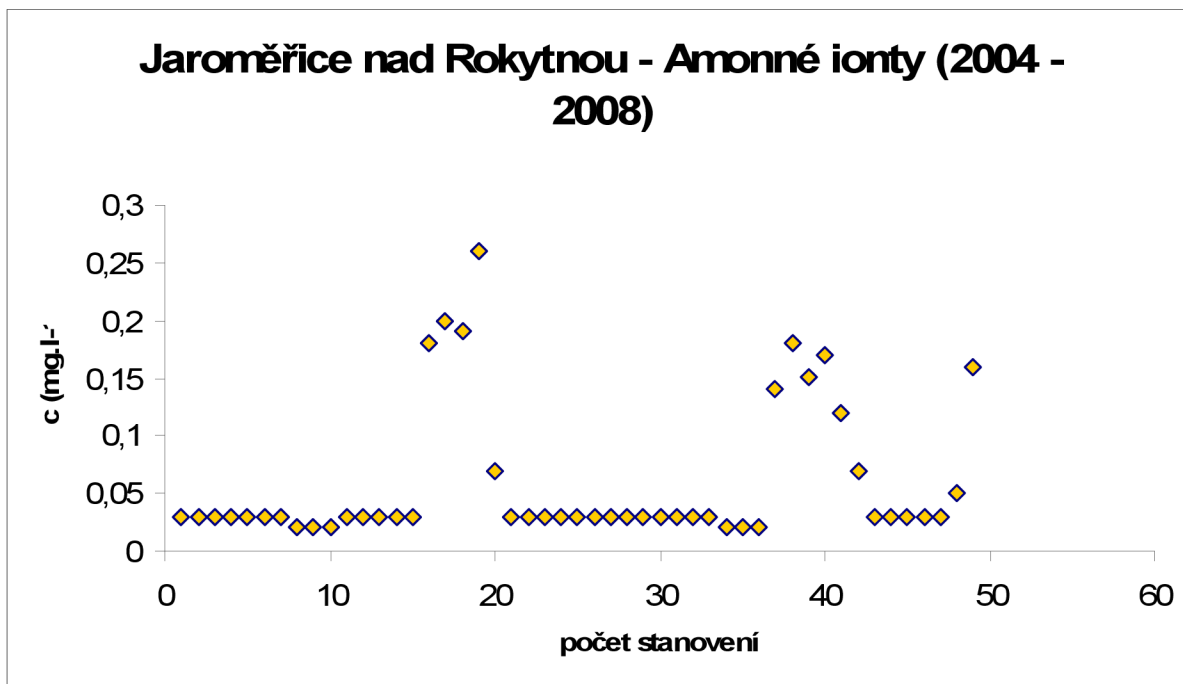




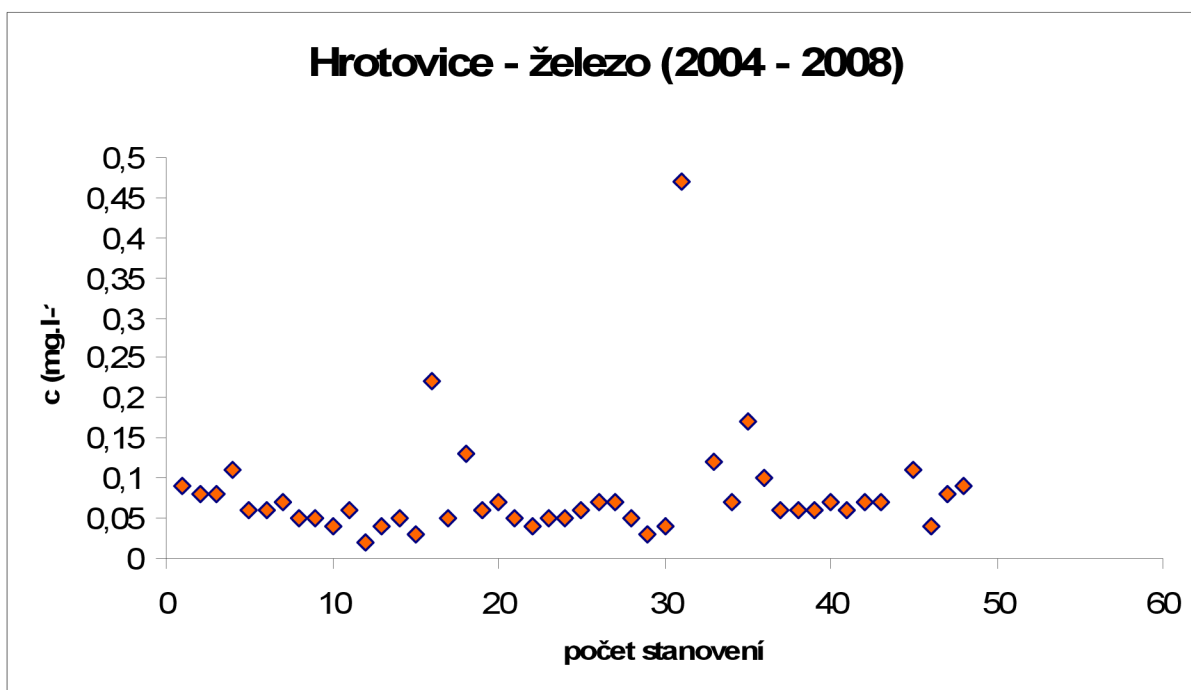
Graf č.11: Jaroměřice nad Rokytinou – dusitany (2004 - 2008)



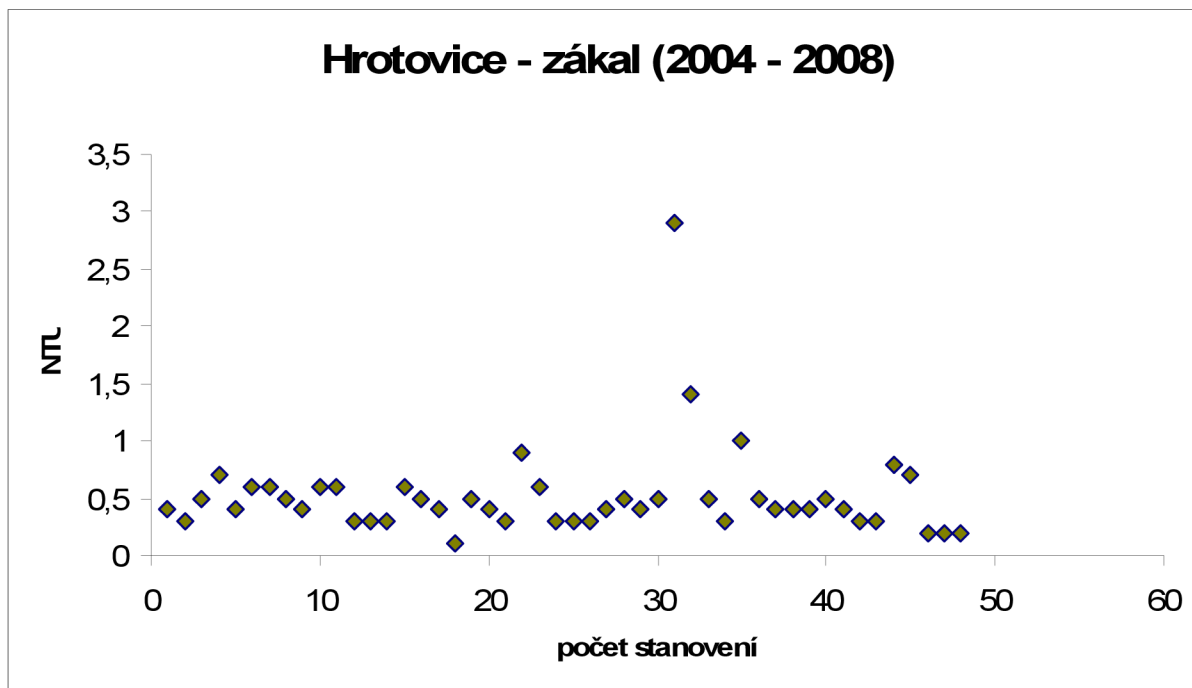
Graf č.12: Jaroměřice nad Rokytinou – barva (2004 - 2008)



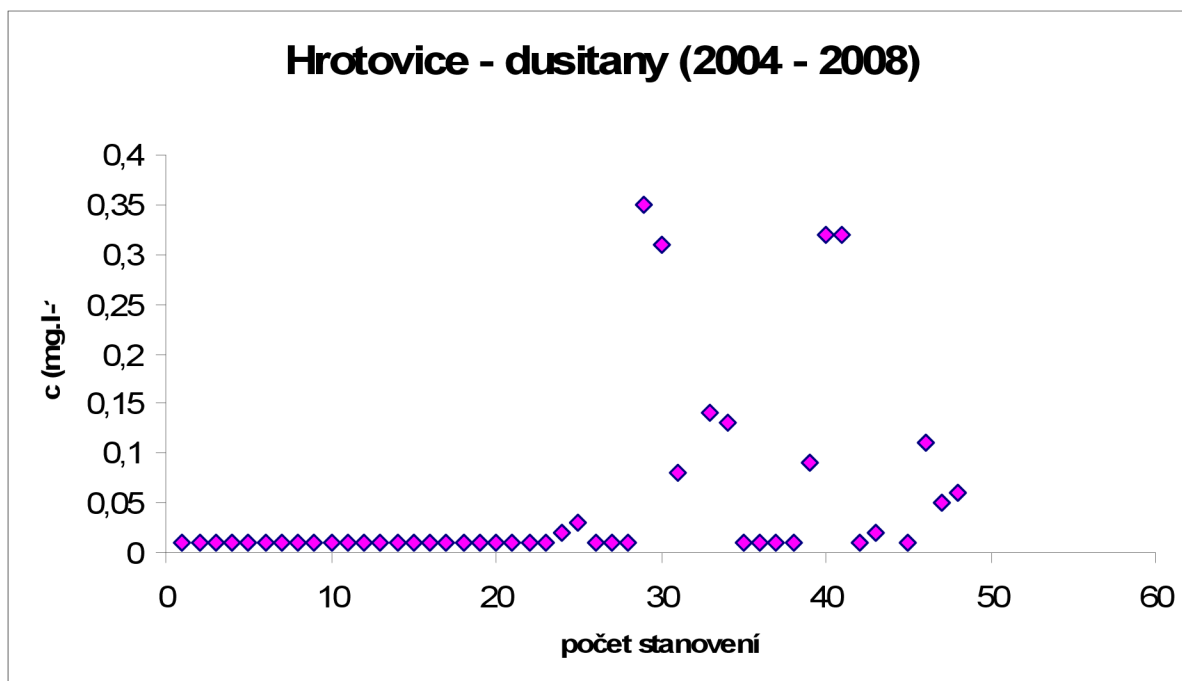
Graf č.13: Jaroměřice nad Rokytňou – amonné ionty (2004 - 2008)



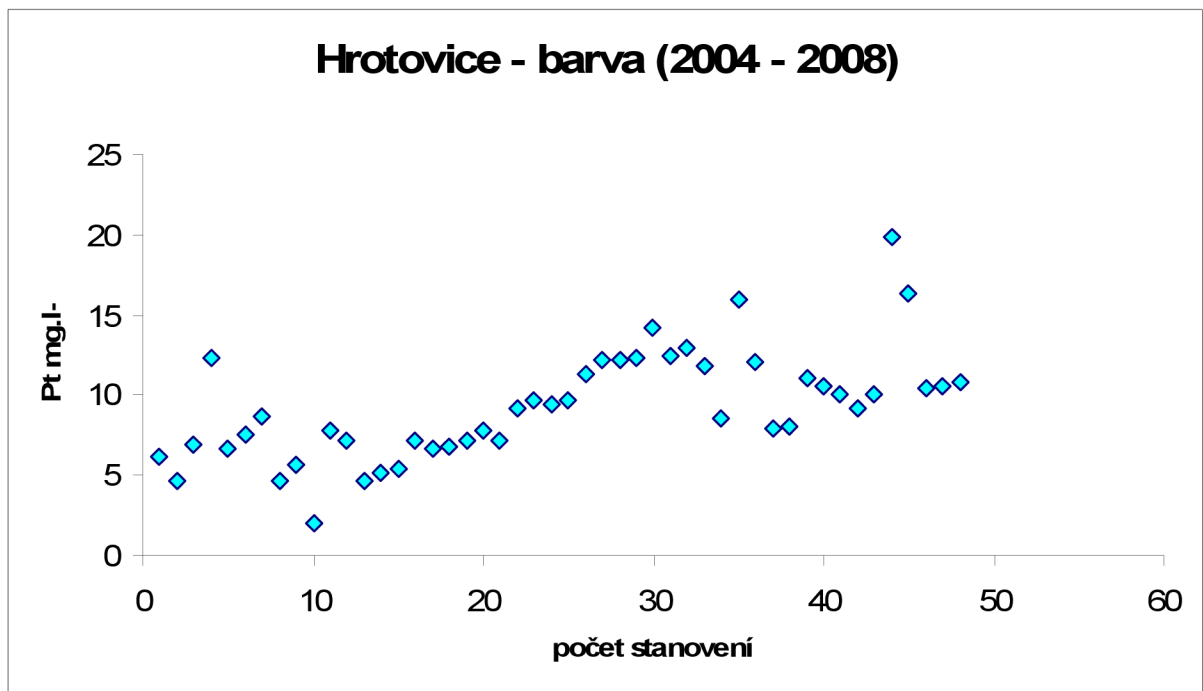
Graf č.14: Hrotovice – železo (2004 - 2008)



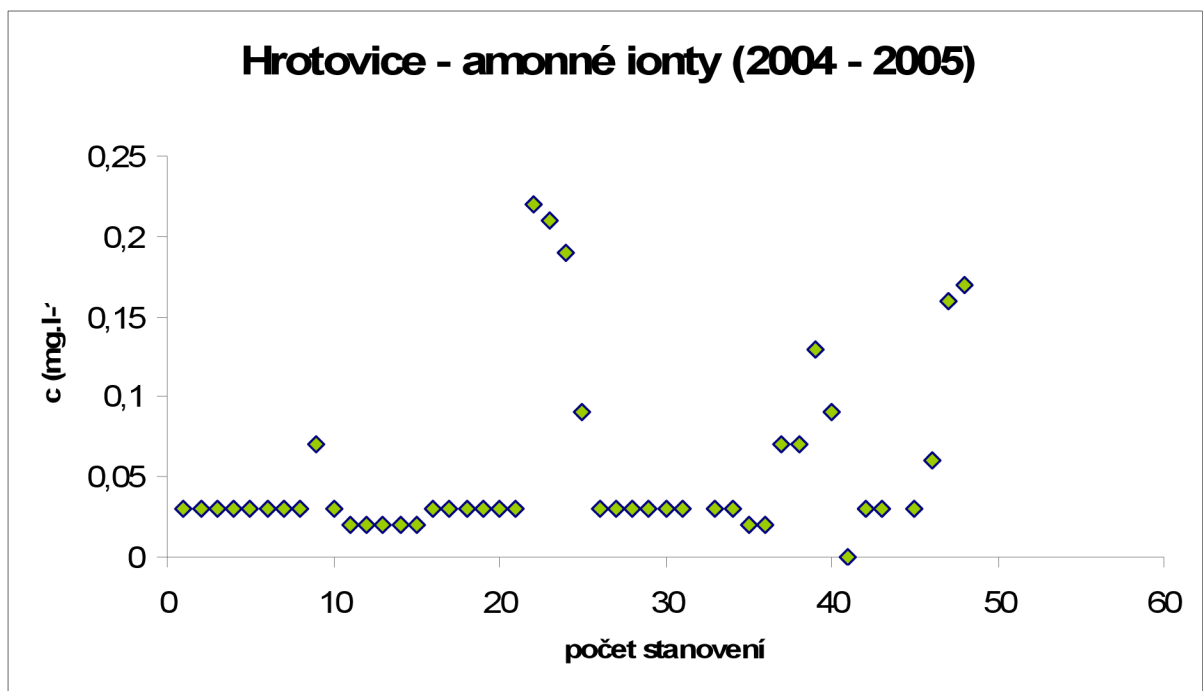
Graf č.15: Hrotovice – zákal (2004 - 2008)



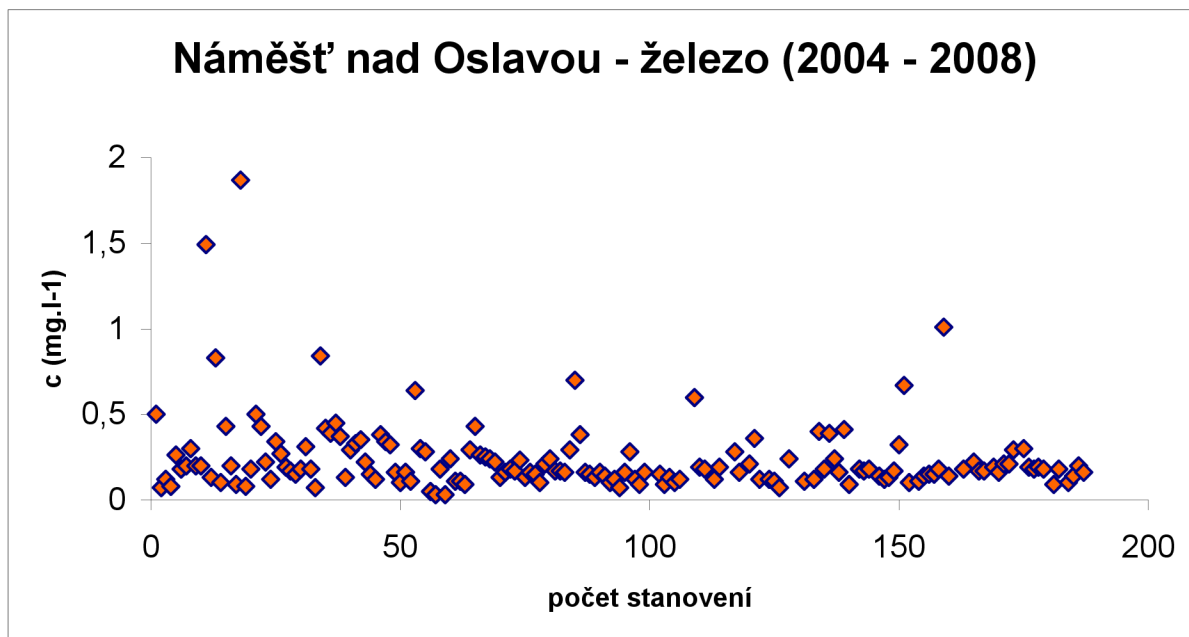
Graf č.16: Hrotovice – dusitany (2004 - 2008)



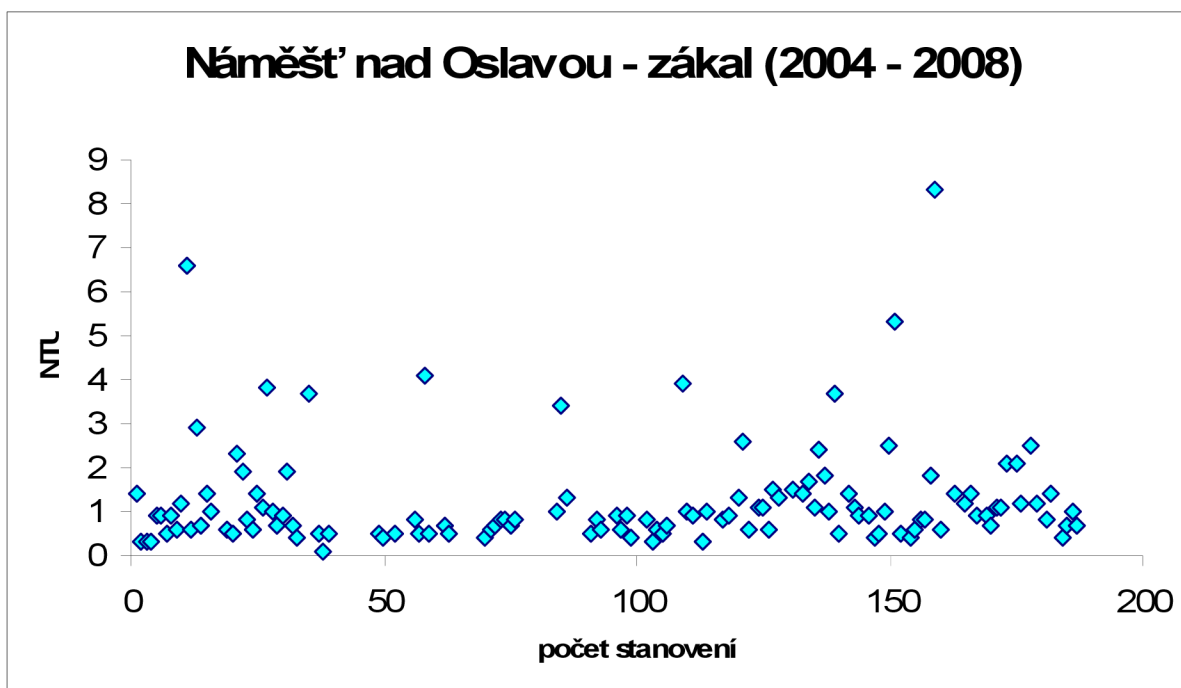
Graf č.17: Hrotovice – barva (2004 - 2008)



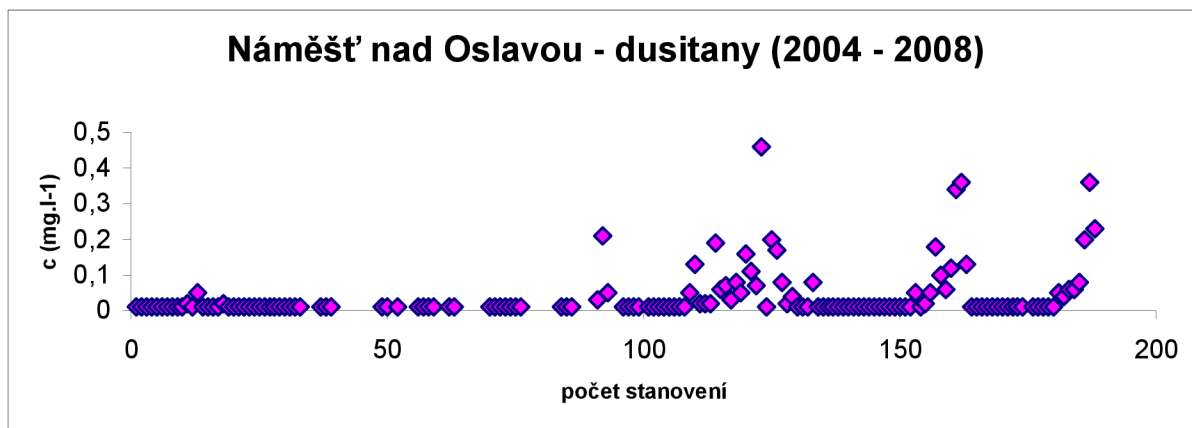
Graf č.18: Hrotovice – amonné ionty (2004 - 2008)



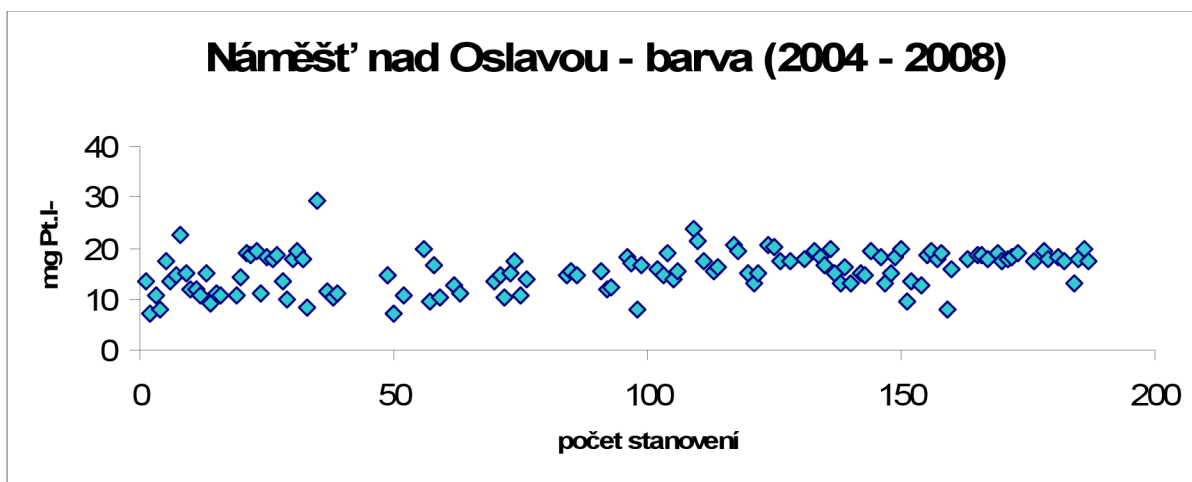
Graf č.19: Náměšť nad Oslavou – železo (2004 - 2008)



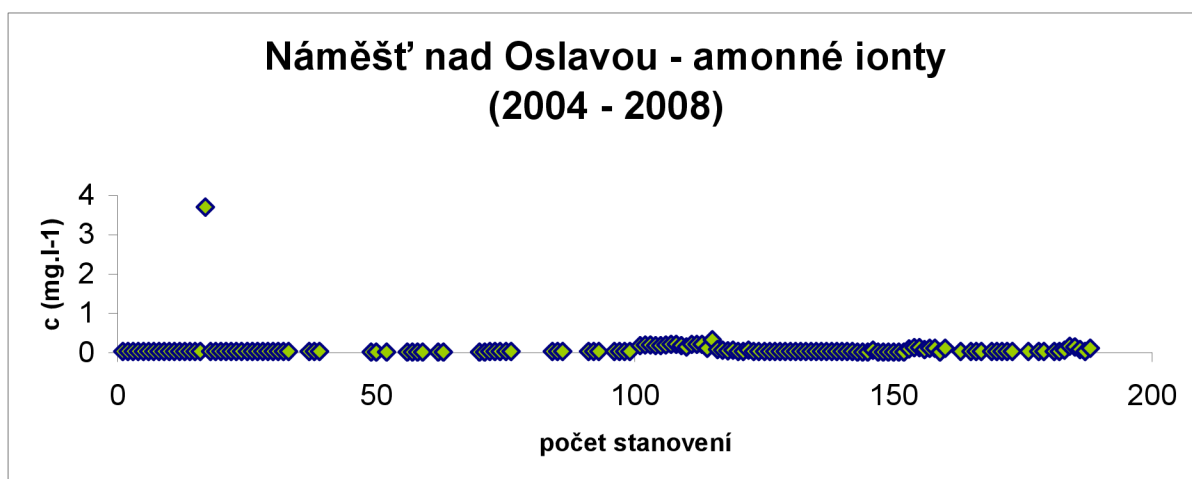
Graf č.20: Náměšť nad Oslavou – zákal (2004 - 2008)



Graf č.21: Náměšť nad Oslavou – dusitany (2004 - 2008)



Graf č.22: Náměšť nad Oslavou – barva (2004 - 2008)



Graf č.23: Náměšť nad Oslavou – barva (2004 - 2008)

Tab. III: Obsah chloroformu v distribuční síti

Datum odběru	Místo odběru	Chloroform [ $\mu\text{.l}^{-1}$ ]
17.3.1997	ÚV Štítary - surová voda	<0,1
17.3.1997	ÚV Štítary - upravená voda	9,4
14.4.1997	Náměšť nad Oslavou - vod.odtok	51,6
2.6.1997	Moravské Budějovice - čerpací stanice	2,5
2.6.1997	Moravské Budějovice - vod.věžový přítok	68,4
2.6.1997	Moravské Budějovice - vod.odtok	57,4
2.6.1997	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	75,7
2.6.1997	Hrotovice síť - bytová zástavba nad zbrojnicí	29,1
2.6.1997	Slavětice- vod. Odtok	72,9
6.10.1997	Moravské Budějovice - vod.věžový odtok	67,9
6.10.1997	Myslibořice - vod.odtok	74,8
10.11.1997	Štítary ÚV - surová voda	<0,1
10.11.1997	Štítary ÚV - upravená voda	29,7
10.11.1997	ÚV Náměšť nad Oslavou -upravená voda	20,4
26.1.1998	ÚV Náměšť nad Oslavou -surová voda	<0,1
23.2.1998	Náměšť nad Oslavou - vod.odtok	27,6
1.6.1998	Moravské Budějovice - vod.odtok	27,5
1.6.1998	Moravské Budějovice - vod.věžový přítok	23,1
1.6.1998	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	27,5
1.6.1998	Myslibořice - vod.odtok	22,2
1.6.1998	Hrotovice síť - bytová zástavba nad zbrojnicí	22,6
1.6.1998	Slavětice- vod. Odtok	24,8
17.8.1998	ÚV Náměšť n. Oslavou - upravená voda	19,6
17.8.1998	ÚV Náměšť n. Oslavou - surová voda	0,1
9.11.1998	ÚV Štítary - upravená voda	22,1
9.11.1998	ÚV Štítary - surová voda	<0,1
9.11.1998	Moravské Budějovice - vod.věžový odtok	27,8
1.2.1999	ÚV Štítary - upravená voda	12,67
1.2.1999	ÚV Štítary - surová voda	<0,1
1.2.1999	ÚV Náměšť n. Oslavou - upravená voda	16,11
1.2.1999	ÚV Náměšť n. Oslavou - surová voda	<0,1
8.3.1999	Náměšť nad Oslavou - vod.odtok	17
29.3.1999	Moravské Budějovice - vod.věžový odtok	17,7
29.3.1999	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	23
31.5.1999	Moravské Budějovice - vod.věžový přítok	22
31.5.1999	Moravské Budějovice - vod.věžový odtok	26,1
31.5.1999	Myslibořice - vod.odtok	24,8
31.5.1999	Hrotovice síť - bytová zástavba nad zbrojnicí	27,3
31.5.1999	Slavětice- vod. Odtok	31,9
25.10.1999	ÚV Štítary - surová voda	<0,1
25.10.1999	ÚV Štítary - upravená voda	29
25.10.1999	Moravské Budějovice - vod.věžový přítok	26

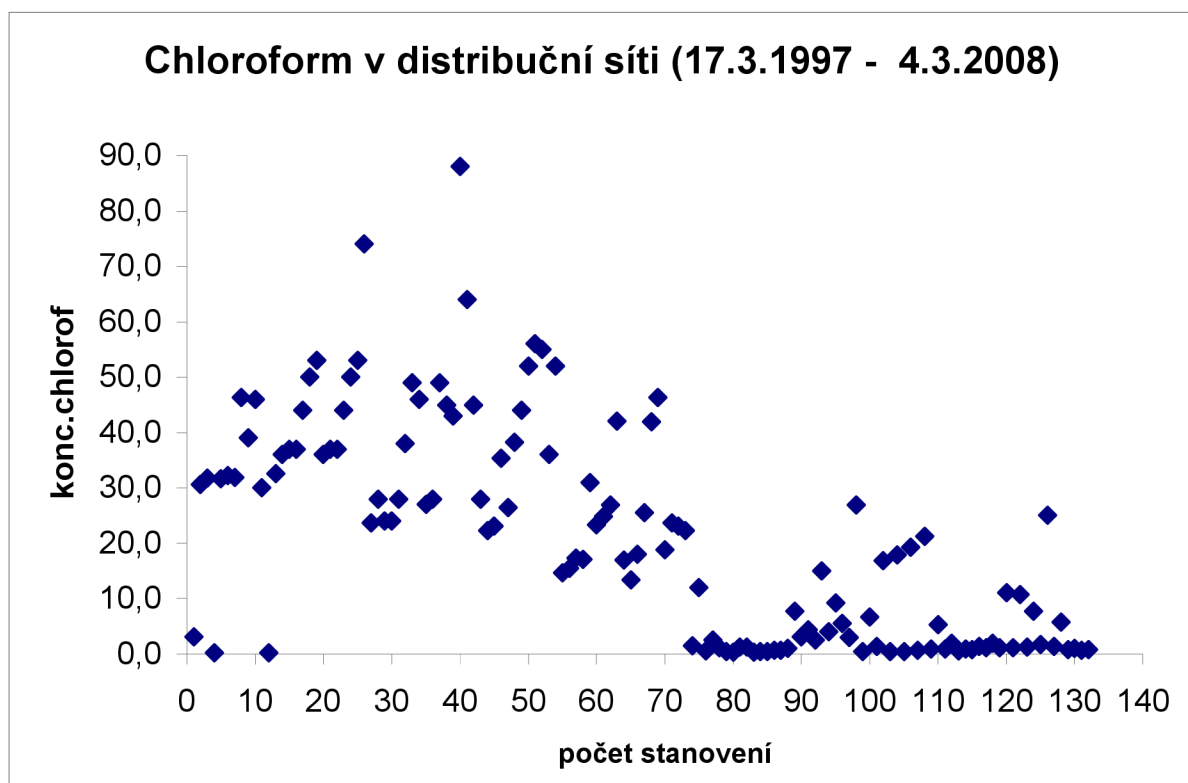
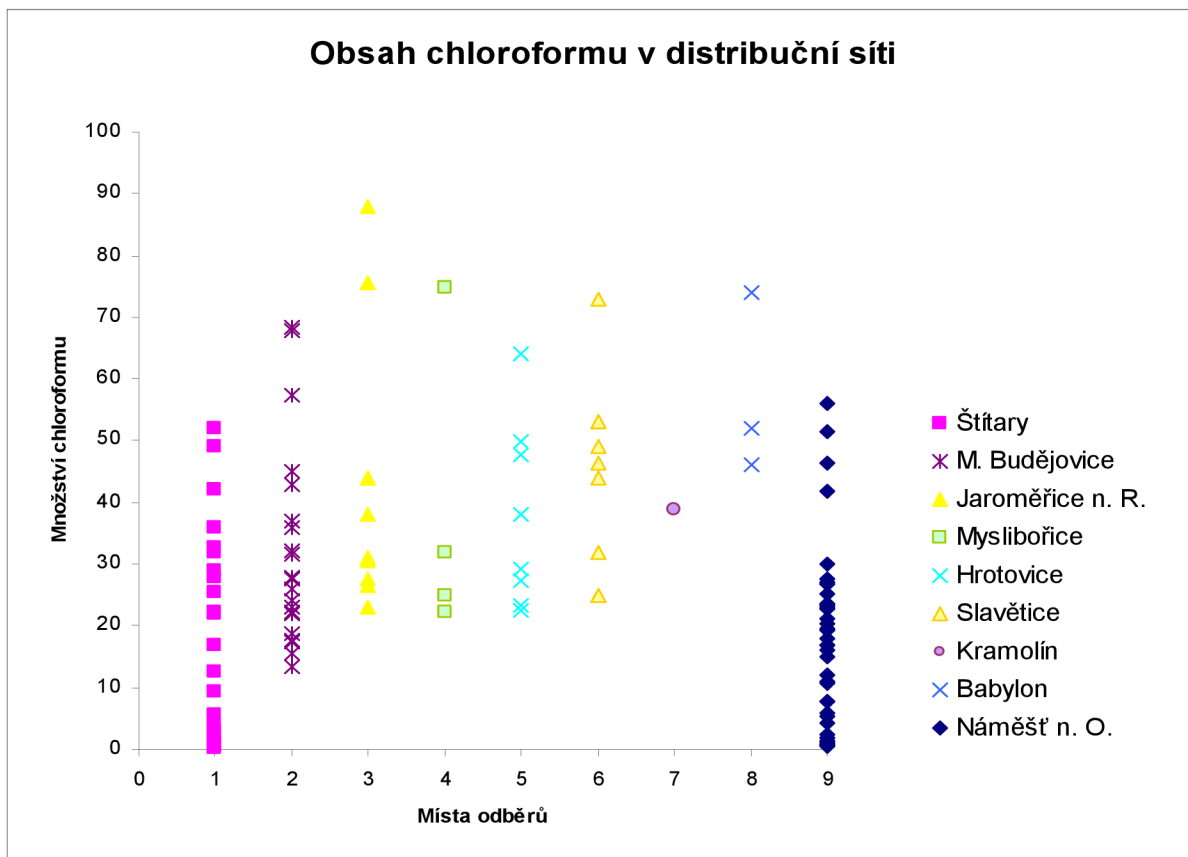
25.10.1999	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	38
15.11.1999	ÚV Náměšť nad Oslavou - síť prodejna sídliště	21
15.11.1999	ÚV Náměšť n. Oslavou - surová voda	<0,1
15.11.1999	ÚV Náměšť n. Oslavou - upravená voda	23,4
24.1.2000	ÚV Náměšť n. Oslavou - surová voda	<0,1
24.1.2000	ÚV Náměšť n. Oslavou - upravená voda	22,7
24.1.2000	Náměšť nad Oslavou - vod.odtok	22,9
6.3.2000	ÚV Štítary - surová voda	<0,1
6.3.2000	ÚV Štítary - upravená voda	3,1
10.4.2000	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	30,6
28.8.2000	ÚV Štítary - upravená voda	31,8
28.8.2000	ÚV Štítary - surová voda	0,2
28.8.2000	Moravské Budějovice - vod.věžový přítok	31,7
28.8.2000	Moravské Budějovice - vod.věžový odtok	32,2
28.8.2000	Myslíbořice - vod.odtok	31,9
28.8.2000	Slavětice- vod. Odtok	46,3
30.10.2000	Kramolín - VDJ	39
30.10.2000	Babí hora - VDJ	46
30.10.2000	ÚV Náměšť n. Oslavou - upravená voda	30
30.10.2000	ÚV Náměšť n. Oslavou - surová voda	0,2
5.3.2001	ÚV Štítary - upravená voda	32,6
5.3.2001	Moravské Budějovice - VDJ Hora	36
5.3.2001	Moravské Budějovice - Dobrovského ZŠ	37
5.3.2001	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	37
5.3.2001	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	44
5.3.2001	Hrotovice - rest.v.k.	50
5.3.2001	Slavětice - VDJ odtok	53
2.4.2001	Moravské Budějovice - VDJ Hora	36
2.4.2001	Moravské Budějovice - Dobrovského ZŠ	37
2.4.2001	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	37
2.4.2001	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	44
2.4.2001	Hrotovice - rest.v.k.	50
2.4.2001	Slavětice - VDJ odtok	53
28.5.2001	Babylon - VDJ odtok	74
28.5.2001	Náměšť nad Oslavou - VDJ odtok	23,7
25.3.2002	ÚV Štítary - upravená voda	28
25.3.2002	Moravské Budějovice - VDJ Hora	24
25.3.2002	Moravské Budějovice - Dobrovského ZŠ	24
25.3.2002	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	28
25.3.2002	Hrotovice - rest.v.k.	38
22.4.2002	Slavětice- vod. Odtok	49
22.4.2002	Babylon - VDJ odtok	46
22.4.2002	Náměšť nad Oslavou - VDJ odtok	27



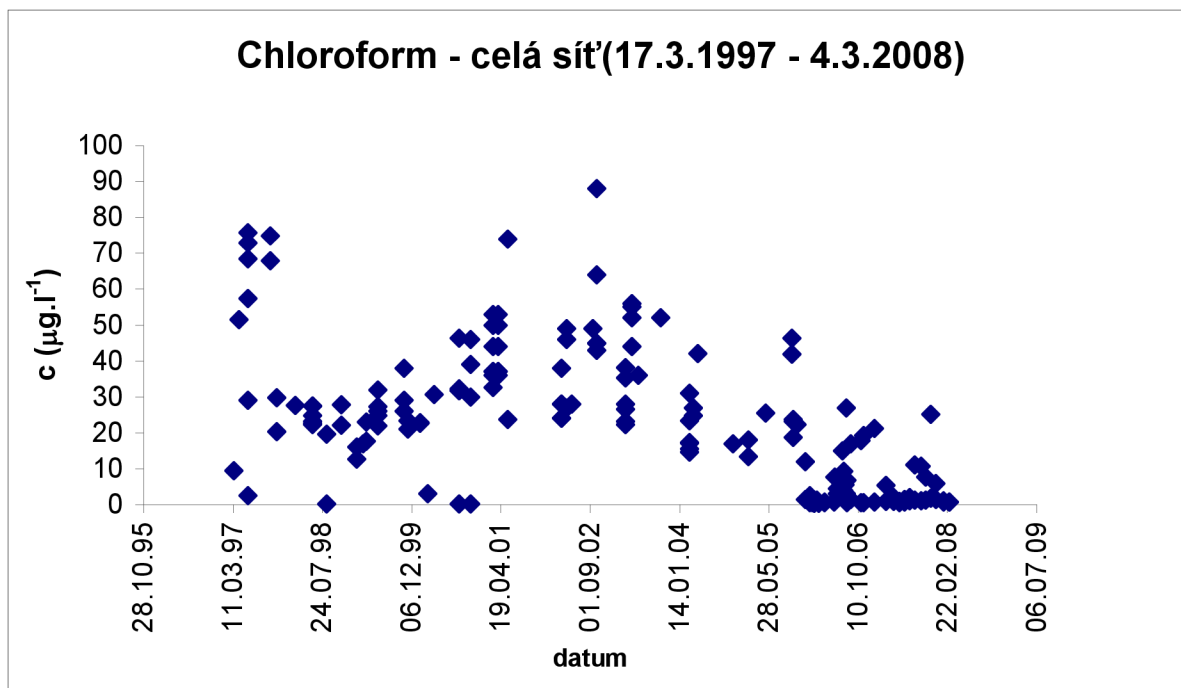
20.5.2002	ÚV Štítary - upravená voda	28
16.9.2002	ÚV Štítary - upravená voda	49
7.10.2002	Moravské Budějovice - Dobrovského ZŠ	45
7.10.2002	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	43
7.10.2002	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	88
7.10.2002	Hrotovice - rest.v.k.	64
7.10.2002	Náměšť nad Oslavou - prodejna v.k.	45
17.3.2003	Moravské Budějovice - VDJ Hora	28
17.3.2003	Moravské Budějovice - Dobrovského ZŠ	22,3
17.3.2003	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	23,1
17.3.2003	Častohostice - ČS odtok	35,3
17.3.2003	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	26,5
17.3.2003	Hrotovice - rest.v.k.	38,2
22.4.2003	Slavětice - VDJ odtok	44
22.4.2003	Babylon - VDJ odtok	52
22.4.2003	Náměšť nad Oslavou - VDJ odtok	56
22.4.2003	Náměšť nad Oslavou - prodejna v.k.	55
26.5.2003	ÚV Štítary - upravená voda	36
29.9.2003	ÚV Štítary - upravená voda	52
8.3.2004	Moravské Budějovice, Grand hotel, kuchyně	14,7
8.3.2004	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	15,5
8.3.2004	Moravské Budějovice - VDJ Hora	17,3
8.3.2004	Častohostice - ČS odtok	17,1
8.3.2004	Jaroměřice nad Rok. - síť bufet Opera	31
8.3.2004	Hrotovice - rest.v.k.	23,3
29.3.2004	Slavětice - VDJ odtok	24,8
29.3.2004	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	26,9
26.4.2004	ÚV Štítary - upravená voda	42
8.11.2004	ÚV Štítary - upravená voda	17
31.1.2005	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	13,4
31.1.2005	Náměšť n.Oslavou, Masarykova ul., bufet-kuchyně	18
9.5.2005	ÚV Štítary - upravená voda	25,5
5.10.2005	Náměšť n.Oslavou, cukrárna v.k.	41,9
5.10.2005	Náměšť n.Oslavou, cukrárna v.k.	46,3
11.10.2005	Moravské Budějovice - Havlíčkova ZŠ	18,8
11.10.2005	Náměšť n.Oslavou, cukrárna v.k.	23,7
11.10.2005	Náměšť n.Oslavou, cukrárna v.k.	23,1
31.10.2005	ÚV Štítary - upravená voda	22,3
19.12.2005	ÚV Štítary - upravená voda	1,5
19.12.2005	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	12
11.1.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,6
11.1.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	2,5

26.1.2006	ÚV Štítary - upravená voda	1,2
26.1.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	0,5
6.2.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,4
6.2.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	1,3
20.2.2006	Náměšť n.Oslavou,Masarykova ul.,bufet-kuchyně	1,3
1.3.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,3
1.3.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	0,5
5.4.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,5
5.4.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	0,7
29.5.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,7
31.5.2006	ÚV Štítary - upravená voda	1
31.5.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	7,7
15.6.2006-12.00	ÚV Štítary - upravená voda	3,1
15.6.2006-14.00	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	4,4
12.7.2006	ÚV Štítary - upravená voda	2,5
12.7.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	15
20.7.2006-9.15	ÚV Štítary - upravená voda	4
20.7.2006	Skalka- VDJ odtok	9,3
26.7.2006	ÚV Štítary - upravená voda	5,6
2.8.2006	ÚV Štítary - upravená voda	3
2.8.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	26,9
8.8.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,5
8.8.2006	Častohostice - ČS odtok	6,7
30.8.2006	ÚV Štítary - upravená voda	1,4
30.8.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	16,9
24.10.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,5
24.10.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	17,9
9.11.2006	ÚV Štítary - upravená voda	0,5
9.11.2006	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	19,3
8.1.2007	ÚV Štítary - upravená voda	0,7
8.1.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	21,3
13.3.2007	ÚV Štítary - upravená voda	0,9
13.3.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	5,3
24.4.2007	ÚV Štítary - upravená voda	0,9
24.4.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	2
29.5.2007	ÚV Štítary - upravená voda	0,6
29.5.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	0,9
26.6.2007-10:40	ÚV Štítary - upravená voda	0,8
26.6.2007-11:45	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	1,4
24.7.2007	ÚV Štítary - upravená voda	1,1
24.7.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	2
21.8.2007	ÚV Štítary - upravená voda	1,2

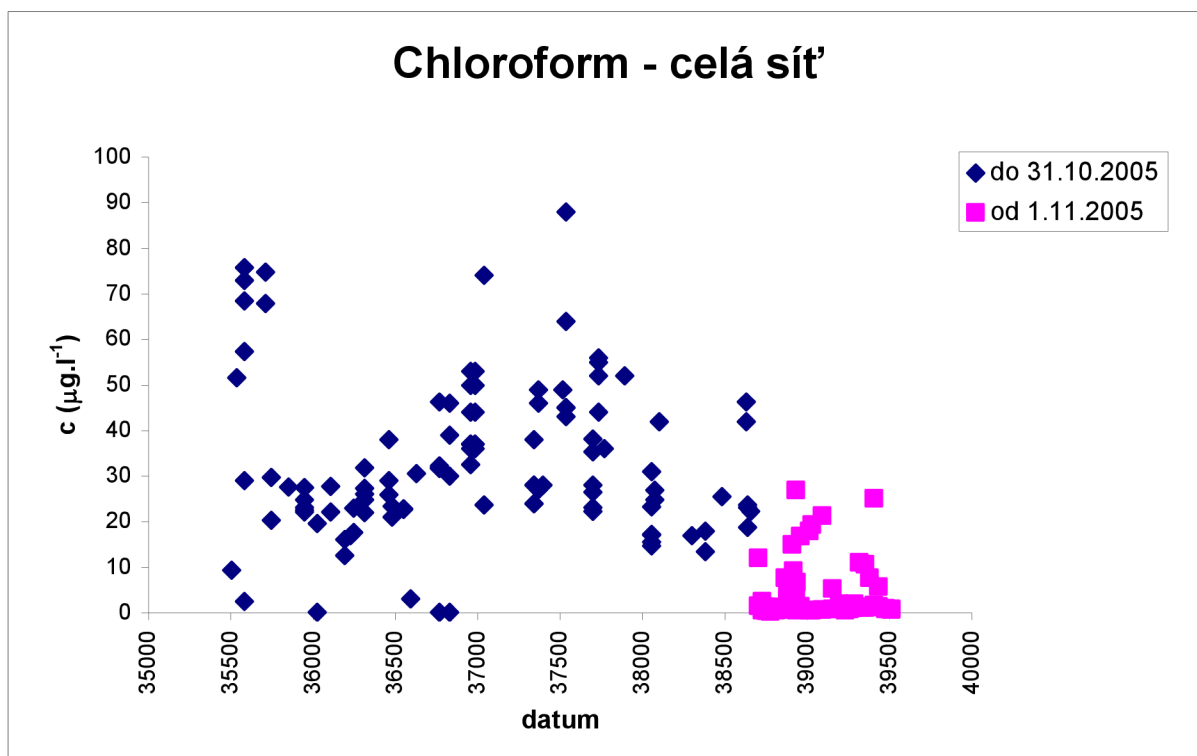
21.8.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	11,1
25.9.2007	ÚV Štítary - upravená voda	1,1
25.9.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	10,7
23.10.2007	ÚV Štítary - upravená voda	1,3
23.10.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	7,7
20.11.2007	ÚV Štítary - upravená voda	1,7
20.11.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	25,1
17.12.2007	ÚV Štítary - upravená voda	1,4
17.12.2007	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	5,8
29.1.2008	ÚV Štítary - upravená voda	0,8
29.1.2008	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	1
4.3.2008	ÚV Štítary - upravená voda	0,7
4.3.2008	Náměšť nad Oslavou - prodejna Horizont v.k.	0,8



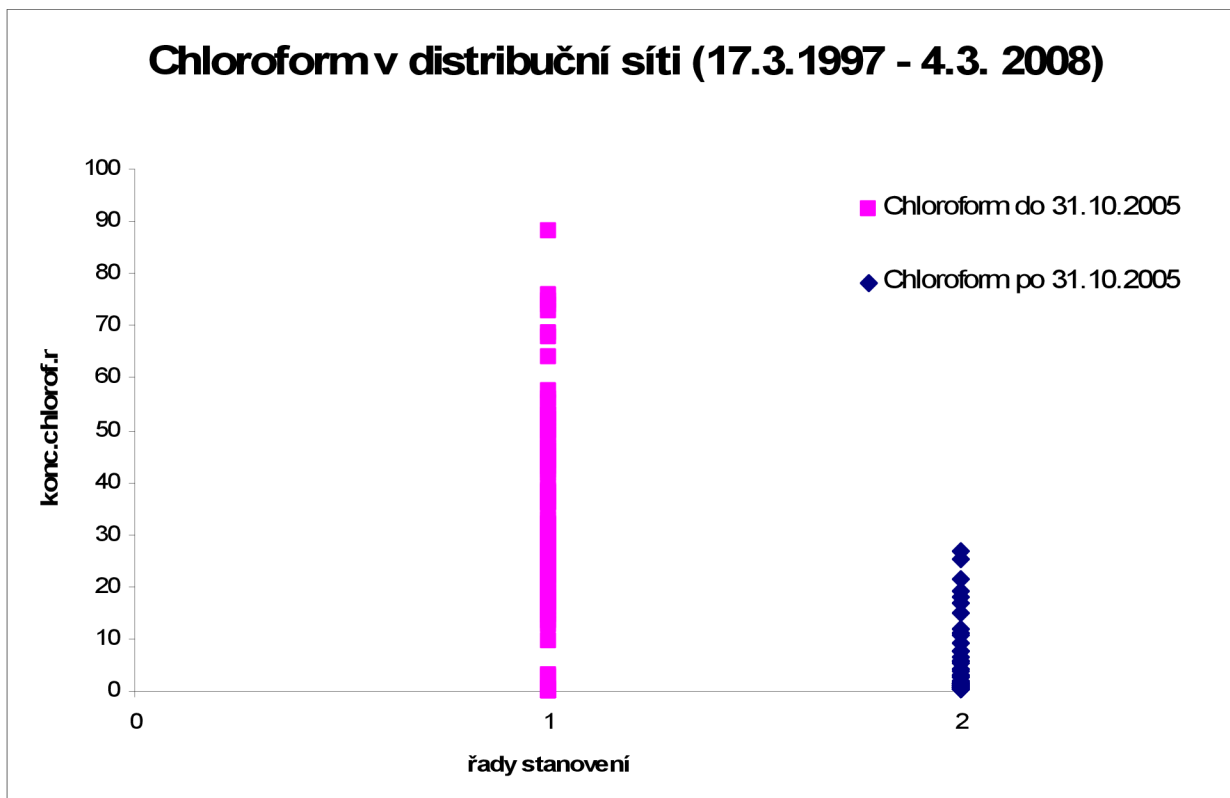
Graf č. 24 a 25: Obsah chloroformu v distribuční síti (1997 – 2008)



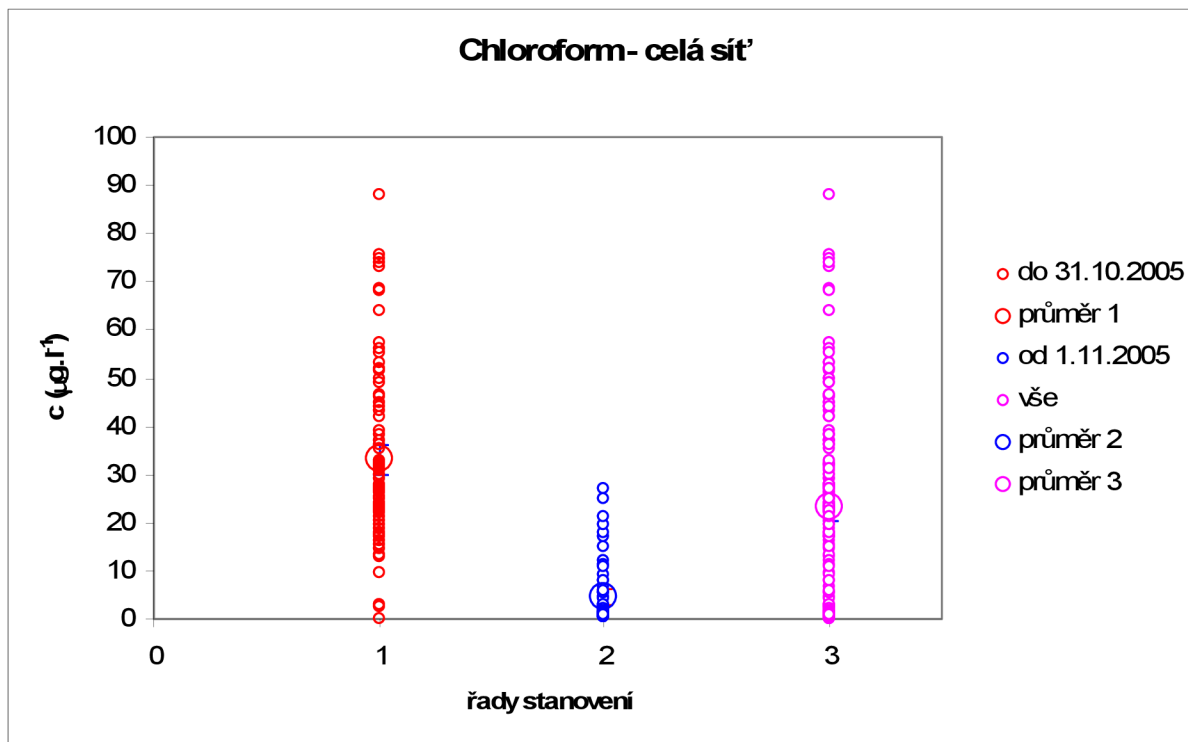
Graf č. 26: Chloroform – celá síť (1997 – 2008)



Graf č. 27: Chloroform – celá síť (do 1.11.2005 do 31.10.2005)



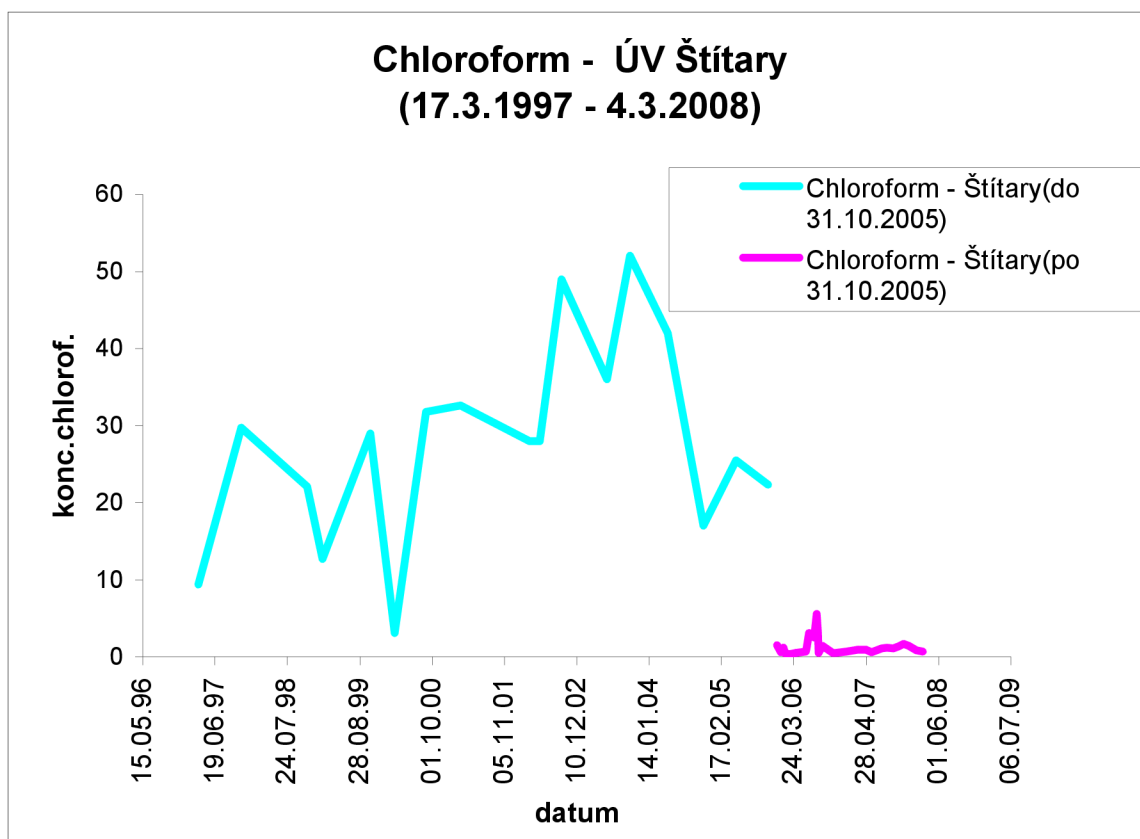
Graf č. 28: Chloroform – celá síť (17.3.1997 – 4.3.2008)



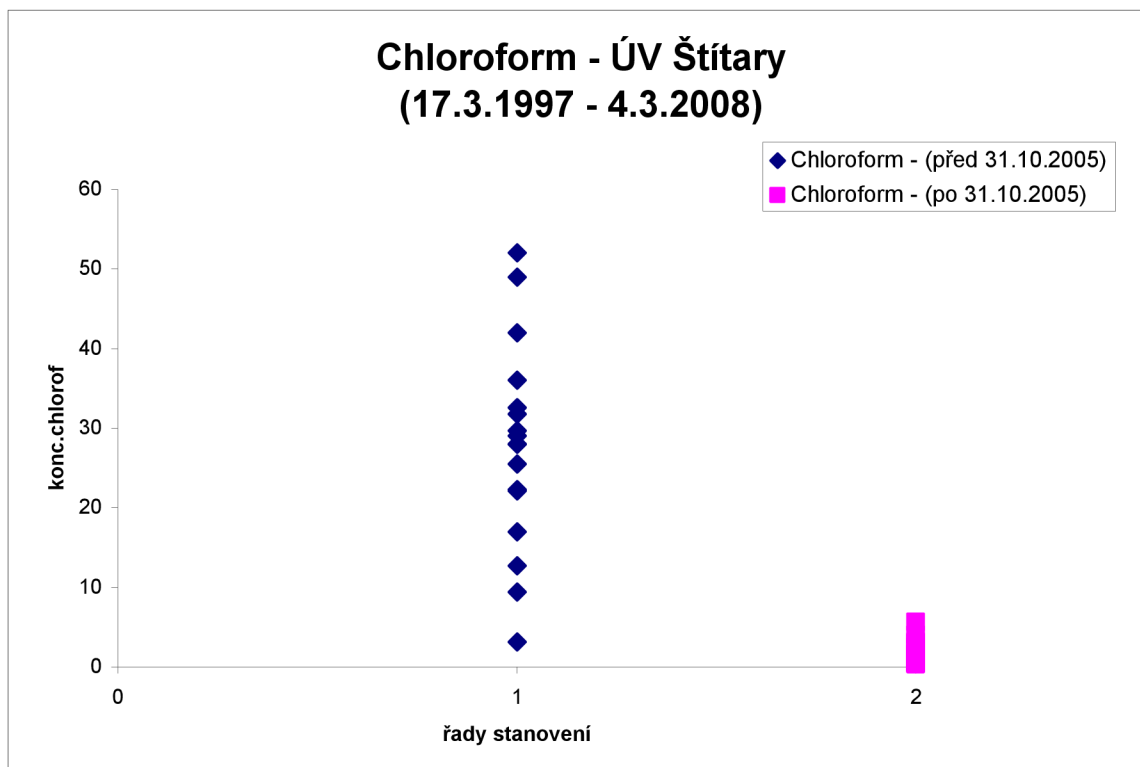
Graf č. 29: Chloroform – celá síť (17.3.1997 – 4.3.2008)

Doplnění legendy grafu:

	průměr	směr.odchylka	½ IS
1	33,01	16,8	3,11
2	4,72	6,60	1,68
3	23,31	19,5	2,92

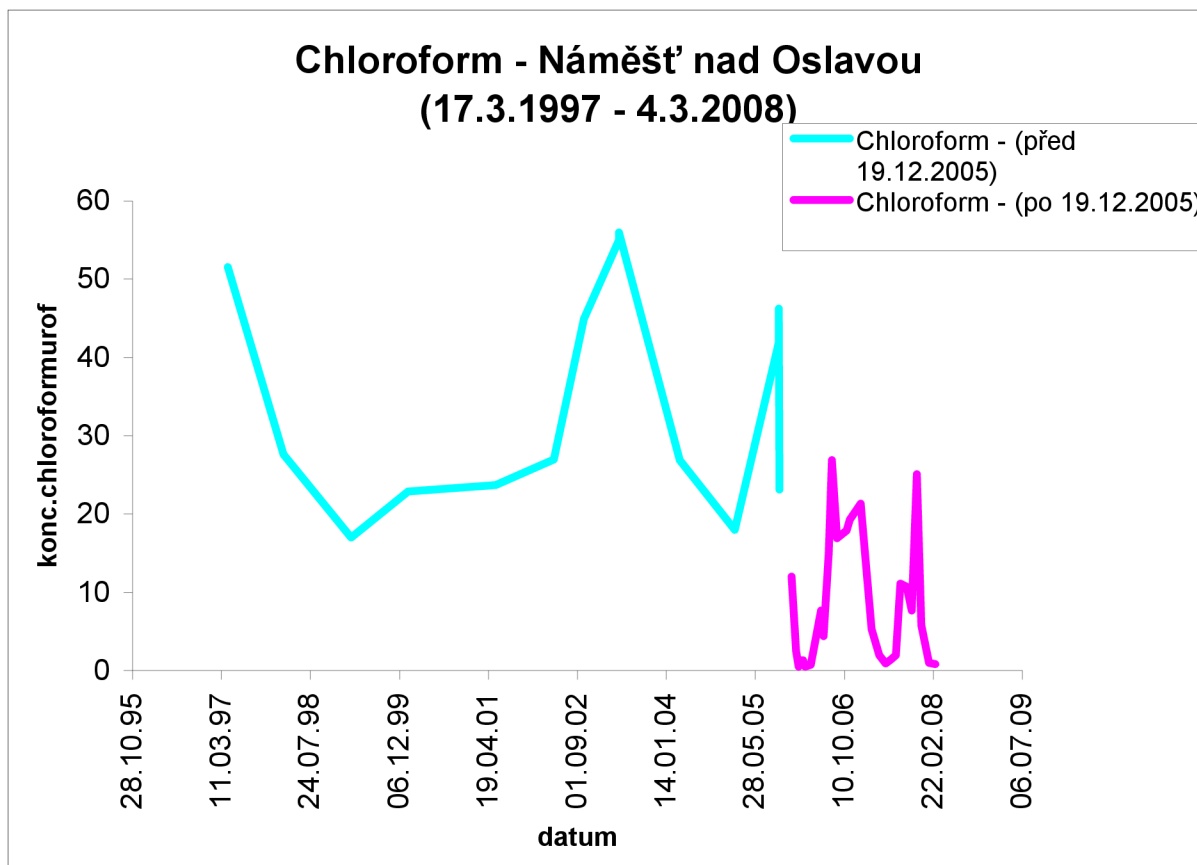


Graf č. 30: ÚV Štítary (17.3.1997 – 4.3.2008)

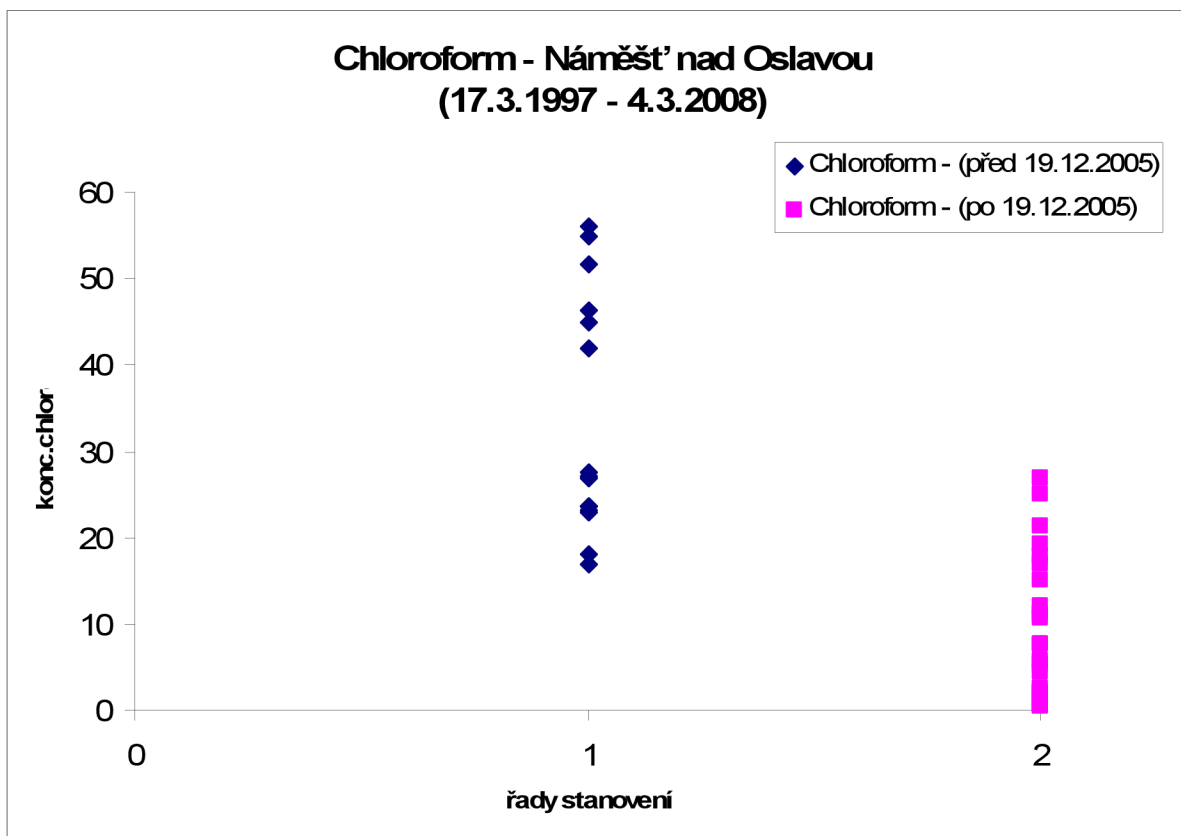


Graf č. 31: ÚV Štítary (17.3.1997 – 4.3.2008)

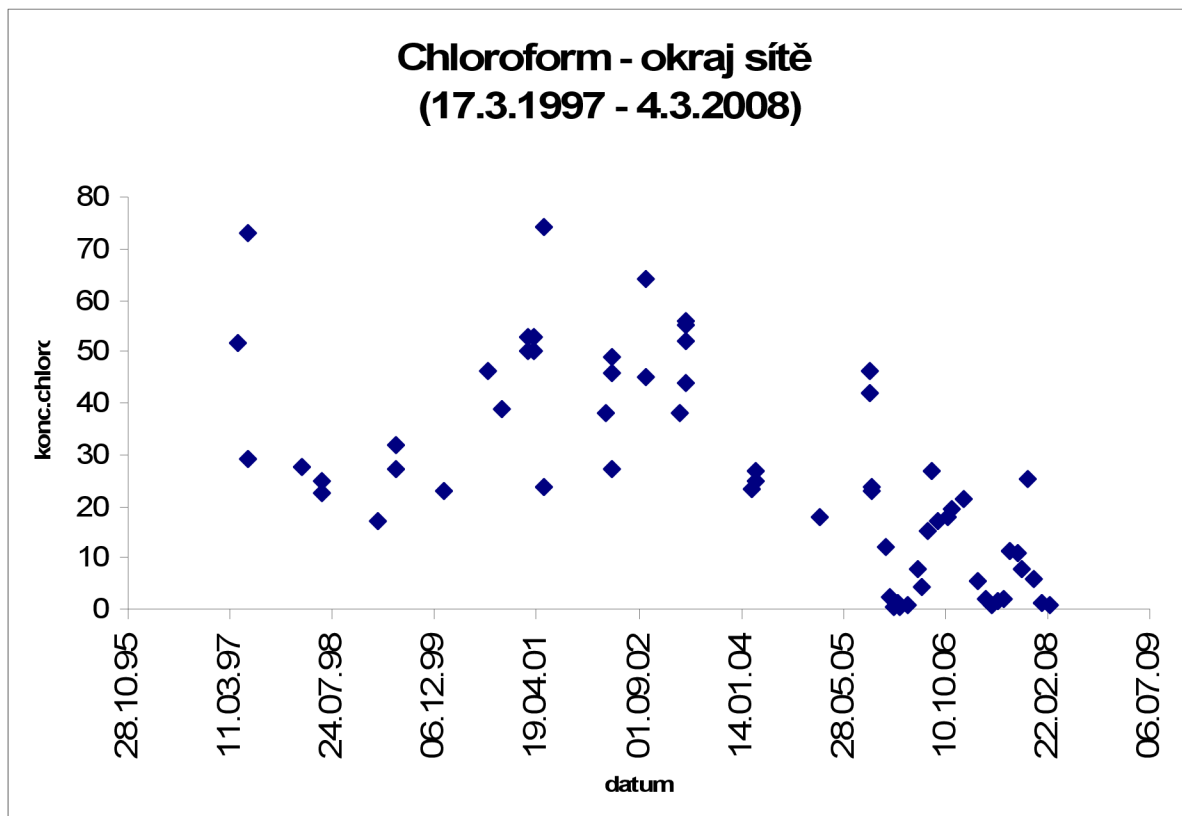




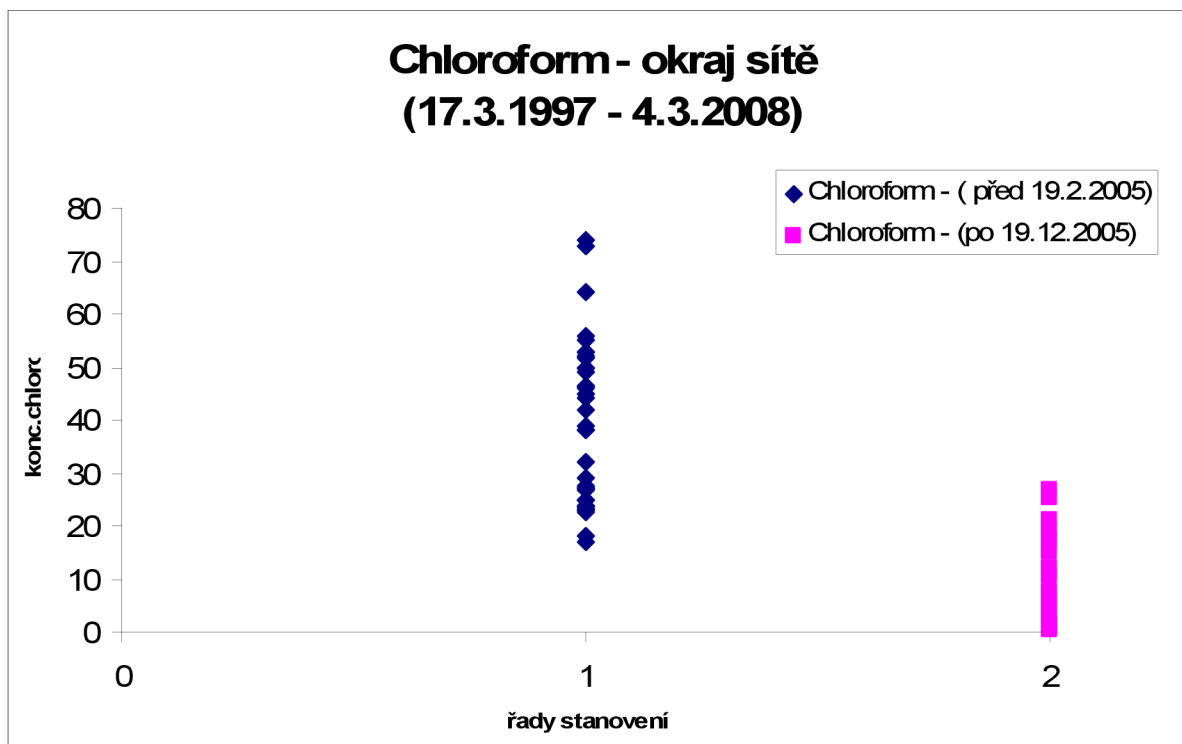
Graf č. 32: Chloroform – Náměšť nad Oslavou (17.3.1997 – 4.3.2008)



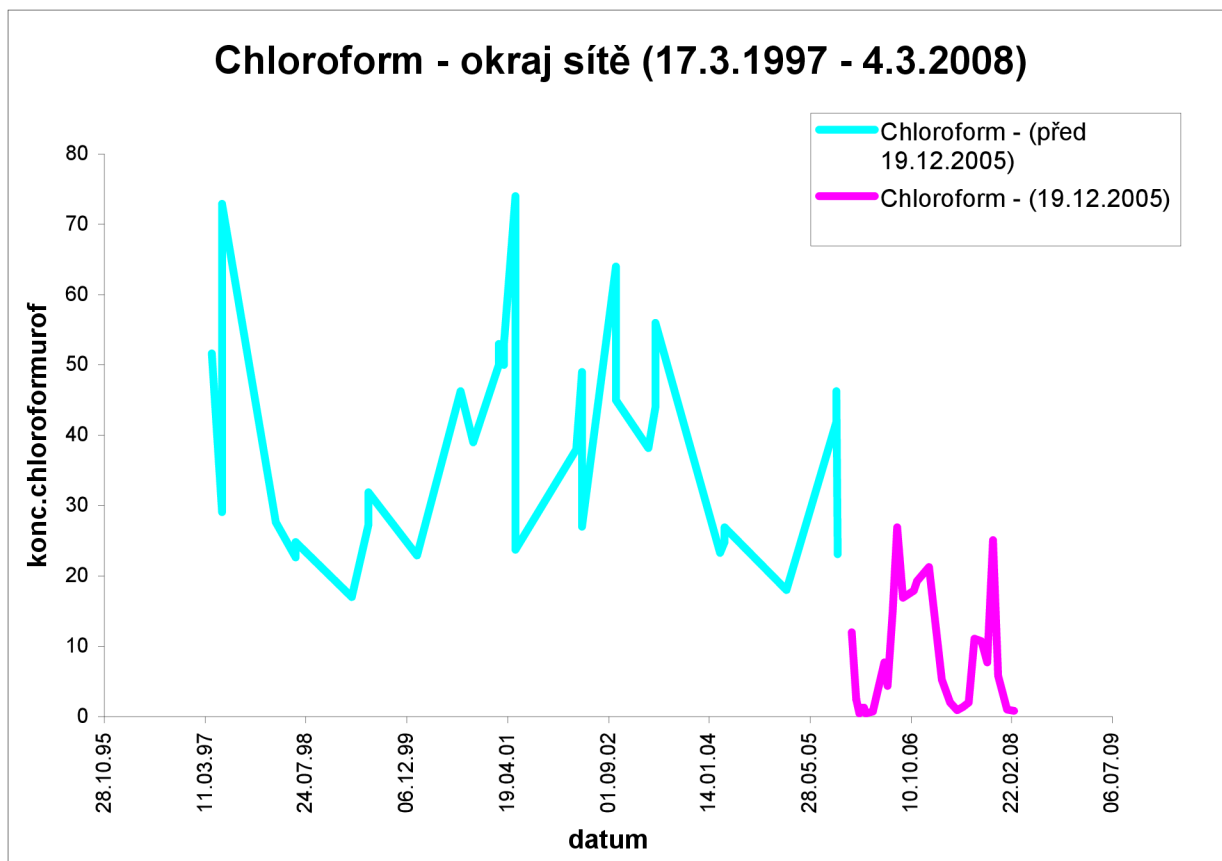
Graf č. 33: Chloroform – Náměšť nad Oslavou (17.3.1997 – 4.3.2008)



Graf č. 34: Chloroform – okraj sítě (17.3.1997 – 4.3.2008)



Graf č. 35: Chloroform – okraj sítě (17.3.1997 – 4.3.2008)



Graf č. 36: Chloroform – okraj sítě (17.3.1997 – 4.3.2008)

## 4 VÝSLEDKY A DISKUZE

V práci jsou prezentovány hodnoty vybraných ukazatelů kvality pitné vody stanovené ve vzorcích vody odebrané v distribuční síti úpravny vody Štítary ve sledovaném období.

Pro rychlé srovnání jsou uvedeny i sledované ukazatele jakosti vody a jejich limity podle vyhlášky 252/2004 Sb.[9] V tabelární podobě jsou uvedeny průměrné hodnoty jednotlivých sledovaných ukazatelů (barva, zákal, dusitany, železo a amonné ionty). Výskyt konkrétních hodnot ve vybraných lokalitách v rámci distribuční sítě ve sledovaném období je prezentován ve formě grafů. Zvláštní pozornost jsem věnovala koncentraci chloroformu. Hodnoty jsou prezentovány v tabelární i grafické podobě.

V tabulce č. II jsou průměrné hodnoty jednotlivých ukazatelů ( barva, zákal, dusitany, železo a amonné ionty). Stanovené hodnoty chloroformu jsem shrnula do tabulky č.III. Hodnoty v tabulkách jsem uvedla v jednotkách, které jsou v kapitole 3.2. uvedeny u použitých metod. Pozn.: volná políčka v tabulkách znamenají, že příslušný ukazatel nebyl u této vody měřen.

V grafech č.1 až 36 jsou zpracovány hodnoty sledovaných chemických ukazatelů jakosti upravené vody, jejíž vzorek byl odebírán VAS,a.s., Třebíč, Kubišova 1172, 674 11 Třebíč a podroben analýze VAS,a.s. Koncentrace chloroformu byly stanoveny ve vodohospodářských laboratořích VAS,a.s. pracoviště Brněnská 634 v Modřicích. Laboratoř č.1249 akreditovaná Českým institutem pro akreditaci o.p.s. (tabulka č.III). Upravovaná voda ve všech požadovaných parametrech s jistotou splňuje požadavky stanovené ve Vyhl. č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, příloha 1) [9] pro pitnou vodu a jejich hodnoty výrazně narůstají ve směru trasy Štítary - Náměšť nad Oslavou.

Ze zpracovaných hodnot jednotlivých ukazatelů jsem vysledovala tyto skutečnosti a dospěla k tomuto výsledku: Hodnoty železa, barvy a zákalu nevykazují výraznější změny a mají rovnoměrné rozložení. Z grafů č. 25 až 28 zpracovaných z hodnot chloroformu z celé distribuční sítě jsem zjistila, že do data 31.10.2005 byly hodnoty tohoto ukazatele v širokém rozsahu a mnohdy i přes normu, která činí  $30 \mu\text{g.l}^{-1}$ [9]. V době přelomu roku 2005 a 2006 se počalo na úpravně vody Štítary s chloraminací, která vedla k výraznému poklesu chloroformu v distribuční síti úpravny vody Štítary.

## 5 ZÁVĚR

V mé práci jsem shromáždila informace o technologii úpravy vody a jejich změnách v úpravně vody Štítary. V experimentální části jsem prezentovala zpracované údaje o jakosti pitné vody v distribuční síti úpravny vody Štítary za období 1997 až 2008 ve formě grafů č.1 až 36. Zaměřila jsem se na stanovení základních chemických ukazatelů ve vzorcích upravené vody, která je přiváděna z Vranovské přehradní nádrže. Jakost upravované vody sleduji a vyhodnocuji pravidelně sedm dní v týdnu v rámci svých pracovních povinností v laboratoři pitných vod úpravny vody Štítary. S jednotlivými úseky a zařízeními úpravny vody Štítary jsem tedy dobře seznámena i s jejími základními problémy a provozem divize. Ostatní hodnoty ukazatelů z celé distribuční sítě jsem si vypsalala v laboratoři pitných vod v Třebíči a poté zpracovala.

Ze zpracovaných hodnot jednotlivých ukazatelů jsem vysledovala tyto skutečnosti a dospěla k tomuto závěru: Hodnoty železa, barvy a zákalu nevykazují výraznější změny a mají rovnoměrné rozložení. Z grafů č. 25 až 28 zpracovaných z hodnot chloroformu z celé distribuční sítě jsem zjistila, že do data 31.10.2005 byly hodnoty tohoto ukazatele v širokém rozsahu a mnohdy i přes normu, která činí  $30 \mu\text{g.l}^{-1}$ [9]. V době přelomu roku 2005 a 2006 se počalo na úpravně vody Štítary s chloraminací, která vedla k výraznému poklesu chloroformu v distribuční síti úpravny vody Štítary. Nejlépe je to vidět z grafu č. 30 a 31, které zahrnují hodnoty chloroformu stanovené ve vzorcích upravené vody odebrané přímo v úpravně vody Štítary, kdy je rozdíl hodnot před datem 31.10.2005 a po datu 31.10.2005 velmi výrazný. Na konci distribuční sítě v Náměšti nad Oslavou se před tímto datem hodnoty dostaly až na hodnotu  $60 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Po datu 31.10.2005 se hodnoty snížily pod  $30 \mu\text{g.l}^{-1}$ . Chloraminace byla tedy pro snížení hodnot chloroformu významná a řeší problémy s chloroformem, avšak má i svá potenciální negativa, která je třeba mít na vědomí a při provozu chloraminace je sledovat. Může vznikat N-nitrosodimethylamin (NDMA) ve větší míře než při dezinfekci chlórem. Chloraminy nesmí být rovněž přítomny ve vodě, která se používá k hemodialýze. V distribučním systému může také docházet k nitrifikaci. Ta má za následek vznik dusitanů (vysoký nárůst dusitanů po datu 31.10.2005 jsem vysledovala z grafů č. 3,7,11,16 a 21, zpracovaných z hodnot dusitanů z jednotlivých částí distribuční sítě) a dusičnanů, rychlý pokles koncentrace chloraminů a sekundární znečištění vody heterotrofními bakteriemi. S nitrifikací je však možné účinně bojovat několika způsoby a postupy se liší místo od místa, podle konkrétní kvality pitné vody v dané lokalitě.

## 6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Landa S., Karas F.: Jakost a úprava vod. Technicko-vědecké vydavatelství, Praha 1952
- [2] Josephson, J.: Environ. Sci. Technol., Technicko-vědecké vydavatelství, Praha 1984
- [3] Horáková M., Lischke P., Grnwald A.: Chemické a fyzikální metody analýzy vod. Technicko-vědecké vydavatelství, Praha 1986
- [4] Látal, M.: Rekonstrukce ÚV Štítary: sborník Pitná voda 2006 (5.6. – 8.6.2006 v Táboře), W&ET Team, České Budějovice 2006
- [5] Vodovody jihozápadní Moravy, Vodárenská akciová společnost a.s., Brno 2005
- [6] Pilař A., Pechoč V.: Základy chemického inženýrství. SNTL, Praha 1956
- [7] Zell, M. – Ballschmitter, K.: Fres. Z. Anal. Chem., 1980
- [8] Remy H.: Anorganická chemie I., II. SNTL, Praha 1954
- [9] Vyhl. č. 252/2004 Sb., ve znění pozdějších předpisů, příloha č.1)
- [10] ČSN 83 0520, část 26, Vydavatelství ÚNM, Praha 1980
- [11] ČSN 83 0520, část 6, Vydavatelství ÚNM, Praha 1980
- [12] ČSN 83 0520, část 24, Vydavatelství ÚNM, Praha 1980
- [13] ČSN 83 0520, část 7, Vydavatelství ÚNM, Praha 1980
- [14] ČSN 83 0520, část 27, Vydavatelství ÚNM, Praha 1980

## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ČSN Československá státní norma

ČR Česká republika

EU Evropská unie

CHSK chemická spotřeba kyslíku ABS. absorbance

NMH nejvyšší mezná hodnota

MH mezná hodnota

DH doporučená hodnota

ZF formazinové jednotky

NTU nefelometrické jednotky

GAU granulované aktivní uhlí

KTJ kolonii tvořící jednotka

ÚNM úřad normalizace a měření

\* \* - obsah volného chloru, chloritanu či ozonu se stanovuje v případě, že se desinfikuje pitná voda prostředky obsahujícími chlor, chlordioxid nebo ozon.

Mezná hodnota volného chloru je vztažena k obsahu volného chloru po úpravě.

Minimální hodnota volného chloru v distribuční síti je  $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ .

\*\* .....Voda nesmí být agresivní.

\*\*\* .....Musí být dodržena podmínka, aby součet poměrů zjištěného obsahu dusičnanů dělený 50 a zjištěný obsah dusitanů dělený 3 byl menší nebo rovní 1.

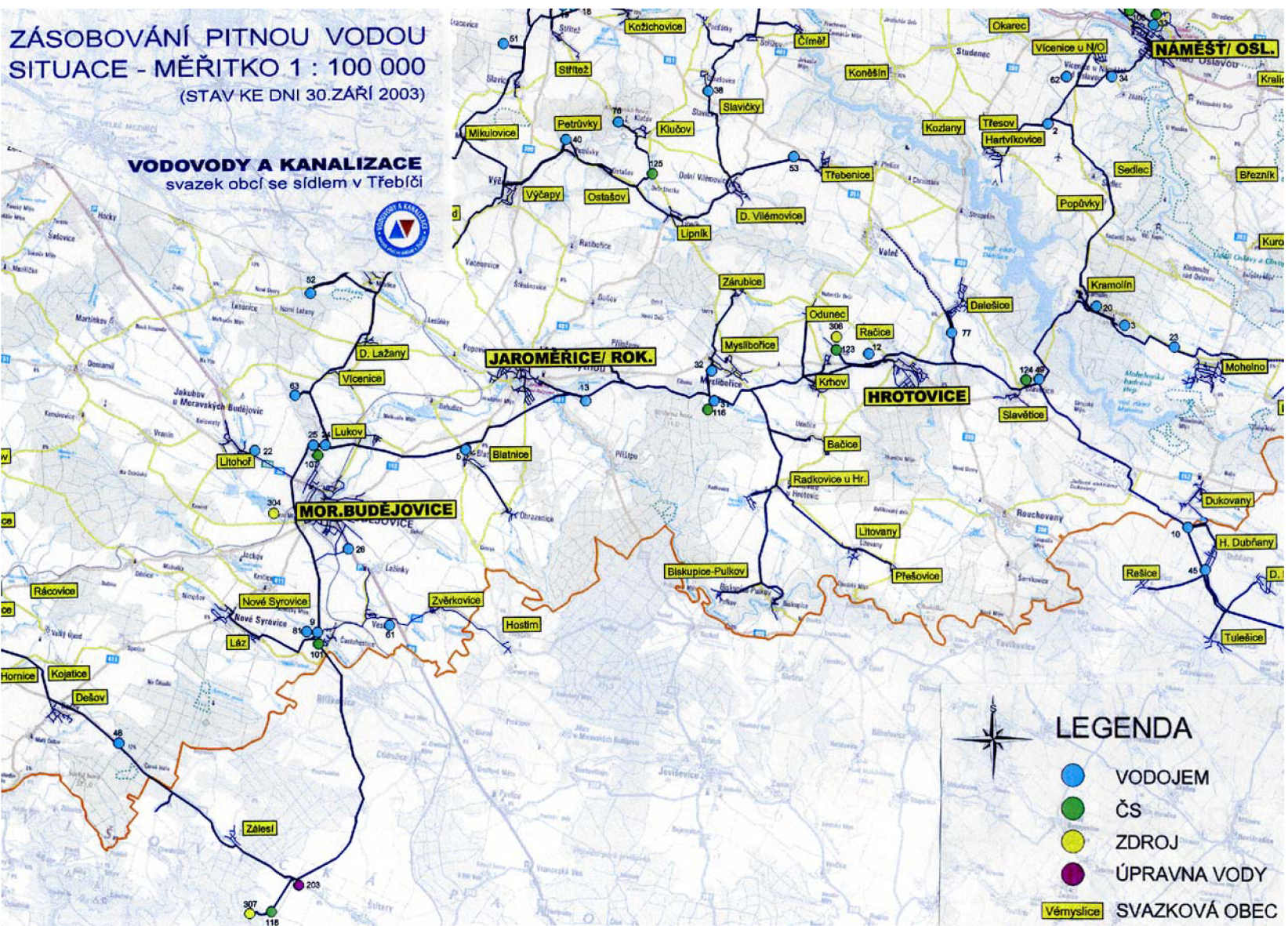
Obsah dusitanů v pitné vodě na výstupu z úpravny musí být nižší než  $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Pitná voda pro přípravu kojenecké stravy a nápojů musí mít obsah dusičnanů nižší než  $15 \text{ mg.l}^{-1}$ .

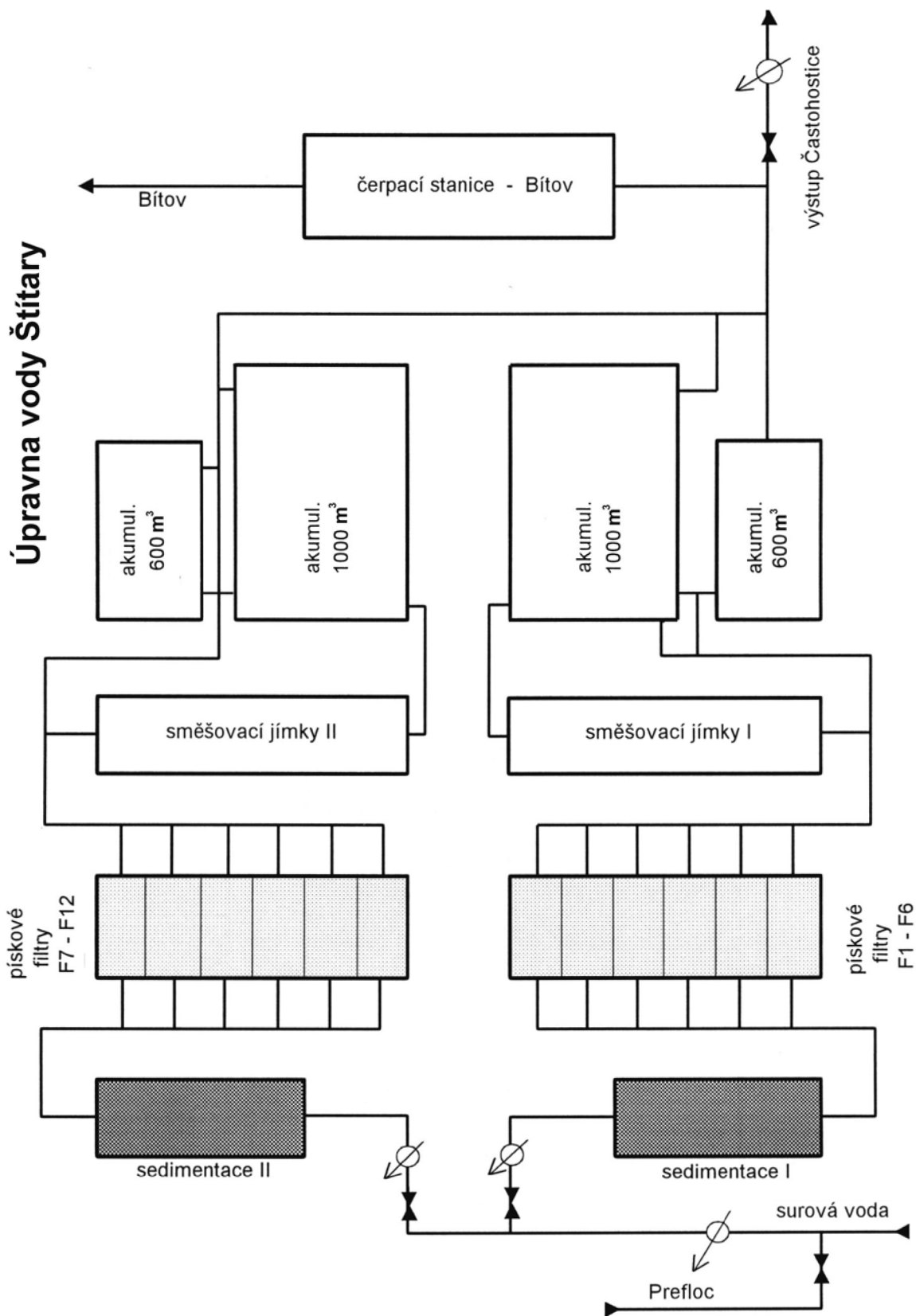
## **8 SEZNAM PŘÍLOH**

1. Distribuční síť ÚV Štítary
2. Technologické schéma ÚV Štítary
3. ÚV Štítary I. separační stupeň





1. Distribuční síť ÚV Štítary (stav ke dni 30. září 2003)



2. Technologické schéma ÚV Štítary

### ÚV Štítary - I. separační stupeň

