

Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT



Chloritany ve vodách

Vendula Letovská

Strážnice 2014

Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

CHLORITANY VE VODÁCH

Autor: Vendula Letovská

Ročník studia: 1.

Škola: Purkyňovo gymnázium Strážnice

Masarykova 379

696 62 Strážnice

Okres Hodonín

Jihomoravský kraj

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala RNDr. Janě Hálkové za vedení práce a za její odbornou výpomoc. Dále bych chtěla poděkovat pracovníkům Úpravny vody Bzenec – Přívoz za poskytnuté materiály.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracovala samostatně a použila jsem pouze literaturu uvedenou v Seznamu použité literatury a informačních zdrojů v práci.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V..... dne.....

Podpis.....

Anotace

Tato práce je zaměřena na sledování chloritanů v úpravárnách vody v našem regionu, kterými jsou ÚV Bzenec - Přívoz, ÚV Moravská Nová Ves a ÚV Koryčany. Je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou.

V teoretické části jsou uvedeny základní informace o oxidu chloričitém a chloritanu sodném, což jsou látky nejčastěji používané při chemické úpravě vody. V praktické části je uveden postup pro zjištění výskytu chloritanů v pitné vodě, podle uvedené metodiky byl stanoven obsah chloritanů ve vzorcích vod ve výše uvedených úpravárnách za uplynulý rok.

Na základě výsledků analýzy lze konstatovat, že sledované úpravny vody v našem regionu a vybrané vodojemy pečlivě dodržují normy a zásobují nás opravdu kvalitní pitnou vodou, protože výrazné překročení této normy není časté.

Klíčová slova: Pitná voda – dezinfekce vody – chloritany – analýza vody

Annotation

This work deals with monitoring chlorites in drinking water treatment plants in our region, which are Bzenec–Přívoz, Moravská Nová Ves and Koryčany, and is divided into two parts – theoretical and practical.

In the theoretical part basic information is given about chlorine dioxide and sodium chlorite, which are substances used most often for chemical improvement of water. In the practical part the process for detecting the presence of chlorites in drinking water is explained. According to the given methods, the content of chlorites in samples of water from drinking water treatment plants was determined for the year 2013.

Based on the results of the analysis we can say that drinking water treatment plants and selected tanks which we monitored, carefully comply with the standards and they supply us really with quality drinking water, because as we can see surpassing/exceeding these standards does not happen often.

Key words: Drinking water – disinfection of water – chlorites – analysis of water

Obsah

Úvod.....	7
1 TEORETICKÁ ČÁST	8
1.1 VODA.....	8
1.1.1. PITNÁ VODA	9
1.1.1.1. HYGIENICKÉ POŽADAVKY NA JAKOST PITNÉ VODY	9
1.1.1.2. ÚPRAVNA VODY BZENEC – PŘÍVOZ	11
1.1.1.3. ÚPRAVNA VODY KORYČANY.....	11
1.1.1.4. ÚPRAVNA VODY MORAVSKÁ NOVÁ VES	12
1.2 DEZINFEKCE VODY.....	12
1.3 CHLOR	13
1.3.1 VYUŽITÍ CHLORU	13
1.3.2 EKOLOGICKÁ HROZBA.....	13
1.3.2.1 CHLOROVANÉ UHLOVODÍKY	13
1.3.2.2 CHLOROVODÍK	14
1.3.2.3 DIOXINY.....	14
1.3.2.4 CHLOROVANÁ VODA	15
1.4 OXID CHLORIČITÝ.....	16
1.4.1 HISTORIE	16
1.4.2 VÝROBA.....	17
1.4.3 VYUŽITÍ.....	18
1.4.4 VÝHODY OPROTI CHLORU	19
1.5 CHLORITAN SODNÝ	19
1.5.1 VÝROBA.....	19
1.5.2 VYUŽITÍ.....	20
1.5.3 MEZNÍ HODNOTA PRO CHLORITANY	20
2 PRAKTICKÁ ČÁST	22
2.1 METODIKA STANOVENÍ CHLORITANŮ V PITNÉ VODĚ	22
2.1.1 PŘEDMLUVA.....	22
2.1.2 ROZSAH A POUŽITÍ.....	22
2.1.3 PODSTATA ROZBORU	22
2.1.4 RUŠIVÉ VLIVY.....	23

2.1.5	PŘÍSTROJE A POMŮCKY	23
2.1.6	CHEMIKÁLIE A ROZTOKY	23
2.1.6.1	Kyselina sírová H ₂ SO ₄	23
2.1.6.2	Thiosíran sodný	24
2.1.6.3	Škrob	24
2.1.6.4	Fotometrický test NANOCOLOR	24
2.1.7	VZORKOVÁNÍ, MANIPULACE SE VZORKEM A JEHO PŘÍPRAVA	24
2.1.8	POSTUP ROZBORU	24
2.1.8.1	Použití chlordioxidu	24
2.1.8.2	Použití chlordioxidu a chloru	25
2.1.9	KALIBRACE	26
2.1.10	VÝPOČET	27
2.1.10.1	Chlordioxid	27
2.1.10.2	Chlordioxid a chlor	27
2.1.11	VYJADŘOVÁNÍ VÝSLEDKŮ	27
2.1.12	KONTROLA KVALITY	28
2.1.13	LIKVIDACE ODPADU	28
2.1.14	MYTÍ LAB. SKLA A VZORKOVNIC	28
2.2	VÝSLEDKY ANALÝZY	29
Závěr	35
Seznam použité literatury a informačních zdrojů	36
Seznam obrázků, grafů a tabulek	38

Úvod

Pitná voda musí být zabezpečena tak, aby byla mikrobiologicky nezávadná. Proto se voda na výstupu z vodárny desinfikuje, aby došlo k eliminaci mikrobiologického a biologického znečištění. Někdy může dojít k sekundární kontaminaci i v průběhu distribuce vody, proto se pitná voda desinfikuje i ve vodojemech a ve vodovodní síti.

Tato práce je zaměřena právě na sledování chloritanů v úpravnách vody v našem regionu, kterými jsou ÚV Bzenec - Přívoz, ÚV Moravská Nová Ves a ÚV Koryčany. Je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. V teoretické části jsou uvedeny základní informace o oxidu chloričitém a chloritanu sodném, což jsou látky nejčastěji používané při chemické úpravě vody. V praktické části je uveden postup pro zjištění výskytu chloritanů v pitné vodě, podle uvedené metodiky byl stanoven obsah chloritanů ve vzorcích vod ve výše uvedených úpravnách za uplynulý rok.

Chloritany jsou sloučeniny chloru, které mohou vzniknout jako vedlejší látky při dezinfekci pitné vody oxidem chloričtým. Vysoká koncentrace chloritanů a chloru samotného ve vodě je pro člověka nebezpečná. Toxické vlastnosti chloritanů jsou předmětem zkoumání toxikologů. V literatuře bylo v posledních letech uvedeno mnoho toxikologických studií týkajících se účinků chloritanů na živé organizmy. Pod tíhou těchto výsledků WHO přehodnotila dřívější stanoviska a stanovila limitní hodnotu pro koncentraci chloritanů na 0,8 mg/l. Pro země EU je stanovena hodnota 0,2 mg/l, tato hodnota byla převzata a zakotvena v naší vyhlášce č. 252 MZČR.

Z tohoto důvodu je velmi důležité sledovat výskyt chloritanů v pitné vodě v jejích úpravnách, ještě než se dostane k spotřebitelům. Hlavním cílem práce je poukázat na nebezpečí, které pro nás chlor a chloritany ve vodách představují.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 VODA

Voda je nezbytná pro život všech organismů včetně člověka. Podílí se na látkové výměně, usměrňuje tlakové a teplotní poměry v organismu. Již při ztrátě 10% vody nastávají v našem těle vážné zdravotní problémy. Voda je pro člověka nepostradatelná. Ve vodě vznikl a rozvíjel se první život na Zemi a ani dnes se bez ní nedokážeme obejít – vždyť tvoří 70 % našeho těla a pokrývá přibližně stejné procento povrchu naší planety. Dostatek kvalitní čisté vody je důležitý nejen pro lidské zdraví, ale také pro zemědělství a průmysl. I když se spotřeba vody v minulém století výrazně snížila, obyvatelstvo musí být zásobováno relativně velkým množstvím vody s určitými fyzikálními a chemickými vlastnostmi.

Výroba pitné vody se stává stále ožehavějším celosvětovým problémem, vzhledem k tomu, že podíl povrchové vody pro zásobování obyvatelstva, průmyslu i zemědělství se neustále zvyšuje a povrchová voda je také často využívána k mnoha jiným účelům. Také neřízené používání umělých hnojiv v dřívějších dobách a minimální ohled na životní prostředí při provozování chemických podniků mělo za následek hromadné úniky nebezpečných chemických sloučenin do půdy a do vodních toků. Úprava přírodních vod – podzemních i povrchových – na vodu pitnou se tím stává stále náročnější, složitější a samozřejmě dražší.

15

1.1.1. PITNÁ VODA

Pitná voda je zdravotně nezávadná voda, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví fyzických osob a jejich potomstva.

Zákon 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví stanoví, že „pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání“. Zákon 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, pak doplňuje, že „pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví“. Každá pitná voda obsahuje zdraví neškodné vodní druhy bakterií, které dovedou vegetovat i ve vodě s minimálním množstvím organických látek. ^{1,15,16}

1.1.1.1. HYGIENICKÉ POŽADAVKY NA JAKOST PITNÉ VODY

Kvalita pitné vody se posuzuje z hlediska fyzikálního, chemického, radiologického, mikrobiologického a biologického. Pitná voda z jakéhokoli zdroje musí vyhovovat předepsaným zdravotním a technologickým požadavkům, které jsou dány normou ČSN 75 7111 – „Pitná voda“. V této normě jsou uvedeny povolené koncentrace prvků, sloučenin, povolené množství a přítomnost některých mikroorganismů jako ukazatelů hygienické nezávadnosti pitné vody. Hygienické limity ukazatelů pitné i teplé vody musí být dodrženy na všech místech, kam je voda dodávána – v kohoutech, sprchách apod. Pitná voda nesmí být prostředím, v němž se šíří patogenní mikroorganismy a parazité. Musí mít vyhovující organoleptické vlastnosti a vhodné složení z pohledu zastoupení mikroelementů a makroelementů, musí mít vhodné složení a musí obsahovat některé stopové prvky, musí mít vyhovující organoleptické vlastnosti - tzn. teplota (10–12 °C), barva, průzračnost, osvěžující chuť, přiměřená tvrdost vody a obsah CO₂, bez zápachu. V neposlední řadě musí vyhovovat technickým normám vodáren.

V tabulce dle přílohy č. 1 Zákona 252/2004 Sb jsou uvedeny parametry platné pro pitnou vodu a pro balenou pitnou vodu. Mezní hodnota (tj. horní hranice rozmezí přípustných

hodnot dle 252/2004 Sb, její překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko) chloru volného je zde uvedena 0,3 mg/l, mezní hodnota chloritanů potom 200 µg/l. ¹⁵

Tabulka č. 1: Mezní hodnota látek vyskytujících se v pitné a balené vodě ¹⁶

UKAZATEL	JEDNOTKA	LIMIT
Antimon Sb	µg/l	5
Arsen As	µg/l	10
Benzen	µg/l	1
Beryllium Be	µg/l	2
Bor B	mg/l	1
Bromičnany BrO ₃	µg/l	10
Dusičnany NO ₃	mg/l	50
Dusitany NO ₂	mg/l	0,5
Fluoridy F ⁻	mg/l	1,5
Hliník Al	mg/l	0,2
Hořčík Mg	mg/l	10; 20-30
Chlor volný	mg/l	0,3
Chlorethen (vinylchlorid)	µg/l	0,5
Chloridy Cl ⁻	mg/l	100
Chloritany ClO₂⁻	µg/l	200
Chrom Cr	µg/l	50
Kadmium Cd	µg/l	5
Mangan Mn	mg/l	0,05
Měď Cu	µg/l	1000
Nikl Ni	µg/l	20
Olovo Pb	µg/l	10
Ozon O ₃	µg/l	50
Pesticidní látky	µg/l	0,1
pH	-	6,5-9,5
Rtuť Hg	µg/l	1
Selen	µg/l	10
Sírany SO ₄	mg/l	250
Sodík Na	mg/l	200
Stříbro Ag	µg/l	50
Vápník Ca	mg/l	30; 40-80
Vápník a hořčík Ca+Mg	mmol/l	2-3,5
Železo Fe	mg/l	0,2

1.1.1.2. ÚPRAVNA VODY BZENEC – PŘÍVOZ

Náš region - Veselsko, Bzenecko, Kyjovsko a Hodonínsko - je zásobován pitnou vodou z Úpravny vody ve Bzenci – Přívoze, která je největší úpravnou vody na jihovýchodě Jihomoravského kraje. K vytvoření skupinového vodovodu této oblasti došlo již v 80. letech a samotná úprava vody v Bzenci – Přívoze byla vybudována v rozmezí let 1986 – 1993. Úpravná vody jímá podzemní vodu z údolní nivy řeky Moravy ze 3 oblastí: Moravský Písek (Bzenec 1), Bzenec 3 – jih a Bzenec 3 – sever. Tato vodárna je připravena zásobovat více jak 150 000 obyvatel kvalitní pitnou vodou po dalších dvacet let.^{2, 12}

Obr. 1: Úpravná vody Bzenec - Přívoz



Areál úpravny vody Bzenec – Přívoz v roce 1994.

1.1.1.3. ÚPRAVNA VODY KORYČANY

Vodárenská nádrž na toku Kyjovka se nachází asi jeden kilometr východně nad obcí Koryčany. Byla postavena v 50. letech minulého století, kdy se hledaly nové zdroje vody pro rozvíjející se průmysl a zásobování obyvatelstva. Výstavba se rozběhla od roku 1953 a kvůli budoucímu vodárenskému využití bylo nařízeno úplné odstranění vegetace z prostoru budoucí zátopy. Vodní dílo bylo dokončeno v roce 1958 a do trvalého provozu bylo uvedeno v roce 1963.

Úpravna vody v Koryčanech zajišťuje asi osminu výroby pitné vody v rámci okresu Hodonín a zejména na Kyjovsku slouží k zásobování pitnou vodou zhruba 20 000 obyvatel. Dostává se k nim hlavně skupinovým vodovodem Koryčany-Kyjov-Klobouky, ale také z koryčanského vodojemu o objemu 800 m³ (ten zásobuje město Koryčany a jeho městské části Blišice a Lískovec).^{3, 11, 12}

1.1.1.4. ÚPRAVNA VODY MORAVSKÁ NOVÁ VES

Vodovod Podluží je zdroj pitné vody, který zásobuje pitnou vodou na 130 tisíc obyvatel z Břeclavska, Hodonínska i Uherskohradištska. Plochy zásobování vodou jsou umístěny na severovýchodním okraji Moravské Nové Vsi, ale dnes se k zásobování obyvatelstva pitnou vodou používá pouze podzemní voda, protože povrchová voda, která vznikla z bývalé těžby šterkopísku, nemá dostačující kvalitu vody pro odběr. Surová voda se technologicky upravuje na parametry pitné vody v úpravně vody v obci Moravská Nová Ves.¹²

1.2 DEZINFEKCE VODY

Běžně jsou v ČR používány pro desinfekci:

- a) plynný chlór, koncentrace max. 0,3 mg/l
- b) chlornany, méně často chloraminy
- c) oxid chloričitý (možný vznik chloritanů, které mají dle vyhlášky č. 252/2004 Sb. v platném znění mezní hodnotu 0,2 mg/l)
- d) ozón (při ozonizaci vody dochází k okamžité desinfekci, ozón nepůsobí v průběhu distribuce, proto je většinou ozón kombinován s chlórem)

Další typy možné desinfekce pitné vody založené na fyzikálním principu:

UV záření a membránová filtrace.

1.3 CHLOR

Chlor je toxický, velmi reaktivní, světle zelený plyn. Byl objeven roku 1774 Carlem Wilhelmem Scheelem, ale dnešní pojmenování mu dal anglický chemik sir Humphry Davy v roce 1810. Plynný chlor je znám jako první prakticky použitá chemická bojová látka už z dob 1. světové války v roce 1915.

Tlakové kovové láhve s plynným chlorem jsou označeny žlutým pruhem. Na Zemi je chlor přítomen pouze ve formě sloučenin, většina z nich je rozpuštěna v mořské vodě a ve vodě některých vnitrozemských jezer (Mrtvé moře, Velké solné jezero a další).

1.3.1 VYUŽITÍ CHLORU

Chlor se prakticky používá k desinfekci pitné vody, protože i v malých koncentracích hubí bakterie a jeho nadbytek lze z vody snadno odstranit pouhým probubláním vzduchem. Výhodou chloru je především jeho poměrně nízká cena, dostupnost a jednoduchost dávkovacích zařízení. Hlavní nevýhodou chloru je fakt, že působí na organické látky a bakterie nejenom oxidačně, ale i chloračně, čímž vznikají některé chlorované látky, které mohou mít i v nízkých koncentracích karcinogenní účinky.¹⁷

1.3.2 EKOLOGICKÁ HROZBA

1.3.2.1 CHLOROVANÉ UHLOVODÍKY

Výroba chlorovaných uhlovodíků v průběhu 20. století dosahovala milionů tun nejrůznějších sloučenin a dodnes představuje řada těchto produktů velkou ekologickou zátěž pro naši planetu. Řada sloučenin byla v době svého objevu pokládána za prakticky neškodné a teprve po mnohaletém masovém používání se ukázalo, že jejich dlouhodobé působení v přírodě může mít katastrofální následky. Jedním z příkladů je vliv chlorofluorovaných uhlovodíků - freonů na ozonovou vrstvu, jejichž používáním dochází k jejímu úbytku.¹⁷

1.3.2.2 CHLOROVODÍK

Dostane-li se chlor do životního prostředí, kupříkladu v důsledku havárie, může bezprostředně popálit blízké rostliny, ale pak rychle zareaguje se vzdušnou vlhkostí na chlorovodík. Chlorovodík je velmi korozivní látka, která napadá mnohé kovy a vápenec, což vede k narušení budov i kulturních památek. Chlorovodík vznikající v atmosféře přispívá ke kyselosti dešťů tím, že se rozpouští ve vodních částicích mraku a způsobuje tak zvýšení kyselosti dešťové vody oproti normálu. Určité typy půd a jezer mohou být obzvlášť citlivé na výskyt kyselých dešťů. Hlavní plyny podílející se na vzniku kyselých dešťů jsou oxid siřičitý a oxidy dusíku, ale i chlorovodík může hrát určitou roli.¹⁴

1.3.2.3 DIOXINY

Tyto látky představují ekologicky nejproblematictější organické sloučeniny chloru, protože mají silné mutagenní a karcinogenní účinky. Rozhodně nejvýznamnějším zdrojem dioxinů v životním prostředí je spalování organických sloučenin, především komunálního odpadu. Dioxiny se průmyslově nevyrábějí, vznikají jako nechtěné příměsi při chemické syntéze jiných aromatických chlorovaných látek. Často uváděným příkladem je defoliant Agent Orange, který byl ve vietnamské válce masově rozprašován americkou armádou na tropické pralesy s cílem zbavit vegetaci listů. Přestože dioxiny nejsou originálně složkou této směsi, vyskytovaly se zde v relativně značném množství díky nedokonalému čištění základních složek. Dodnes jsou ve Vietnamu oblasti, kde je půda natolik zatížena těmito látkami, že ji nelze zemědělsky využívat. Daleko tragičtější jsou však tisíce případů mrtvě narozených dětí, dětí narozených s hrůznými deformitami, extrémní nárůst případů onemocnění rakovinou v postižených oblastech. Problémy se nevyhnuly ani americkým vojákům a řada veteránů vietnamské války vykazovala podobné syndromy jako vietnamští domorodci. To vše je dáváno do souvislosti s dlouhodobým kontaktem postižených osob s dioxiny obsaženými v Agent Orange. Jedna ze složek Agent Orange se od roku 1965 vyráběla i v Československu v chemičce Spolana Neratovice. Během krátké doby v důsledku kontaminace dioxiny vážně onemocněly desítky zaměstnanců Spolany, kteří se podíleli na výrobě pesticidu.¹⁷

1.3.2.4 CHLOROVANÁ VODA

V dubnu 2007 byl v americkém časopise WC&P (Water Conditionig & Purification) zveřejněn článek o nebezpečí, jaké představuje chlorovaná voda v koupelně. Ukazuje se, že chlór, který se používá k baktericidní úpravě vody, je nebezpečný nejen při pití vody z kohoutku, ale dokonce i když se sprchujeme.

Chlór je účinný baktericidní prostředek, který se začal používat jako dezinfekce téměř před dvěma stoletími a s největší pravděpodobností zachránil statisíce životů díky své schopnosti ničit škodlivé bakterie a viry. Současně však působí jako jed i na člověka. Chlór nám může připadat jako relativně zdraví neškodný, ovšem volný chlor ve vodě reaguje s dalšími látkami a vytváří jedovaté sloučeniny.

Vědci předpokládají, že jak chlór, tak i jeho deriváty, vzniklé jeho reakcí s jinými látkami, mohou být příčinou zvýšeného rizika kardiovaskulárních chorob, alergických reakcí a samovolných potratů u těhotných žen. Vědecké výzkumy ukazují, že používání chlorované vody vede v mnoha případech ke zvětšování močového měchýře a ke vzniku rektální rakoviny. Zdůrazňují rovněž, že toxiny související s chlórem mohou představovat „nejzávažnější ekologické karcinogenní látky, způsobující rakovinové nádory“.

Neměl by se podceňovat škodlivý vliv chlorované vody používané při sprchování. Místní vodárny často v letních měsících zvyšují množství chlóru přidávané do vody, aby eliminovaly riziko bakteriální kontaminace. Třebaže jsou používané koncentrace chlóru relativně nízké, jsou škodlivé pro zdraví lidí i zvířat. Důsledky vdechování vysoce koncentrovaného chlóru mohou být pro člověka fatální. I v případě, že zápach chlóru necítíte, může představovat skrytou hrozbu ve vodě, kterou se sprchujete, a způsobovat různá onemocnění – od bolestí hlavy až po neurotoxické reakce, může dokonce dojít i k rozvoji rakovinových nádorů.

Chlorovaná voda může představovat vážné nebezpečí, protože toxiny obsažené ve vodě pronikají do organismu nejen dýchacími orgány, ale i skrz kůži. Chlór zbavuje pokožku přirozeného tukového filmu, vysušuje, způsobuje svědění a předčasné stárnutí pokožky. Dokonce i vlasy se působením chlóru stávají suchými a lámavými. Okolnosti si vynucují používání chlóru při čištění vody pro domácnosti, ale chlór se nesmí dostat do vody, kterou se myjeme, a už vůbec ne do vody, kterou pijeme. ⁴

1.4 OXID CHLORIČITÝ

Oxid chloričitý neboli chlordioxid je oranžový, ve vodě rozpustný plyn, který krystalizuje do podoby oranžových krystalů při teplotě -59°C . Oxid chloričitý má silné oxidační účinky, z tohoto důvodu se připravuje až na místě použití a z bezpečnostních důvodů se nepřevážuje. Existuje podezření, že chloritan je karcinogenní látkou, a proto je třeba jeho zbytkovou koncentraci v pitné vodě pečlivě sledovat.

1.4.1 HISTORIE

Chlordioxid objevil Humphry Davy v roce 1811, kdy se mu ho podařilo rozložit z kyseliny chloristé (HClO_4), jako první známý halogenoxid. Chlordioxid byl sice připraven už dříve, ale vzhledem k jeho rozpustnosti ve vodě a nestálosti nebyl vidět. Dnes se předpokládá, že Davy neměl izolovaný čistý chlordioxid, ale směs chlóru a oxidu chloričitého. V roce 1921 popisovali Eric Gray a Eric Schmidt chlordioxid jako selektivní chlorové bělidlo, které nereaguje na sacharidy.

V průmyslu se chlordioxid začal používat více než 20 let po druhé světové válce, a to nejdříve jen na závěrečnou fázi bělení. Později nahrazoval chlór ve stále časnějších fázích rozkladu ligninu, což zlepšilo kvalitu konečného produktu.

Rok 1990 byl pro oxid chloričitý přínosný, zejména díky odpadním látkám, které způsobuje chlór. Jsou to zejména dioxiny, které vznikají při bělení chlórem. Vzhledem ke zvyšujícím se limitům se postupně chlordioxid stal nejvýznamnějším průmyslovým bělidlem. Přispělo k tomu i hnutí Greenpeace v roce 2004 se svým sloganem: „Ne chlóru“.

Úpravna vody pro New York (na Niagarských vodopádech) poprvé použila oxid chloričitý v roce 1944, a to k odstranění fenolu. Použití oxidu chloričitého jako prostředku k dezinfekci pitné vody bylo ve větším měřítku zahájeno v roce 1956, kdy v belgickém Bruselu přešli od chloru k oxidu chloričitému.

V České republice se použití oxidu chloričitého k hygienickému zabezpečení pitné vody začalo objevovat v provozním měřítku až v průběhu 90. let minulého století. První zkušenosti

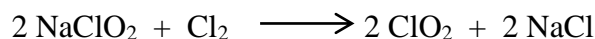
jsou z lokalit ÚV Mostiště, ÚV Žďár nad Sázavou (březen 1995), ÚV Vír (květen 1998) a ÚV Hosov (červenec 2001).

1.4.2 VÝROBA

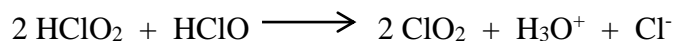
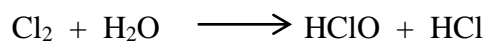
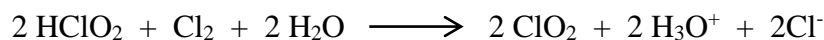
a. Reakce chloritanu sodného s chlorem

Reakce s chlorem v mírně kyselém prostředí vyžaduje asi 40% přebytku chloru, aby proběhla kvantitativně. V reakční nádrži vzniká roztok oxidu chloričitého koncentrace asi 15 g/l ClO_2 , který se okamžitě ředí na koncentraci asi 2 g/l. Výhodou uvedeného postupu je zachování dávkování chloru jako rezervního dezinfekčního činidla, určitou nevýhodou jsou pak vyšší investiční náklady ve srovnání s druhou metodou.

Základní reakce:



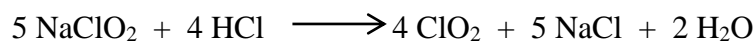
Mohou probíhat i další reakce:



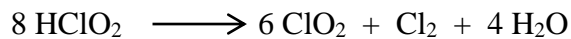
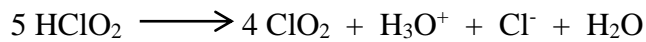
b. Reakce chloritanu sodného s kyselinou chlorovodíkovou

Reakce s kyselinou chlorovodíkovou využívá z bezpečnostních důvodů vstupní chemikálie o nízkých koncentracích. Dodaná kyselina chlorovodíková s koncentrací v rozsahu 30 – 38% se ředí na 9%, chloritan sodný z běžně dostupných 25% na hodnotu asi 7,5%. Musí být použity zředěné reaktanty, protože koncentrace vzniklého oxidu chloričitého v reaktoru nesmí být vyšší než 2% vzhledem k bezpečnosti a spolehlivosti provozu.

Základní reakce:



Další reakce:



1.4.3 VYUŽITÍ

Chlordioxid se využívá v různých oblastech našeho života a běžně se s ním setkáváme například při úpravě vody, v nemocnicích a zdravotnických zařízeních, hotelech, při produkci zeleniny, ale také v samotném potravinářském průmyslu. Chlordioxid se používá všude, kde je potřeba mít stoprocentně zdravotně nezávadnou vodu. Často je využíván v boji proti nebezpečné bakterii *Legionella pneumophylis*. Použitím oxidu chloričitého při chloraci pitné vody lze zabránit tvorbě chlorovaných uhlovodíků a vzniku chlorfenolů (zápach).

a. ÚPRAVA VODY NA KOMUNÁLNÍCH ÚPRAVNÁCH A ČISTÍRNÁCH VOD

- dezinfekce pitných vod
- dezinfekce odpadních vod

b. HOTELY, NEMOCNICE, ATD.

- odstranění bakterií legionel z rozvodů vody
- dezinfekce vody ve ventilačních systémech chladících věží

c. POTRAVINÁŘSKÝ PRŮMYSL

- dezinfekce vody, která se používá při zpracování potravin
- dezinfekce vody, kterými se myjí láhve atd.
- bělení mouky
- studené sterilní plnění
- úprava kondenzátní vody v mlékárnách

d. PRŮMYSL

- úprava vody chladicích systémů
- ničení legionel v chladicích systémech
- dezinfekce procesních vod

1.4.4 VÝHODY OPROTI CHLORU

- a. vyšší dezinfekční účinek
- b. netvoří chlorfenoly
- c. nereaguje s NH_4^+ a aminosloučeninami
- d. silný oxidační a desinfekční účinek v širokém rozsahu pH
- e. při dlouhotrvajícím dezinfekčním účinku vykazuje velkou stabilitu
- f. oxidační vlastnosti vůči Fe a Mn
- g. vysoká účinnost vůči sporám, řasám a virům
- h. nevznikají nebezpečné dioxiny ^{5, 6, 7, 8, 10}

1.5 CHLORITAN SODNÝ

Chloritan sodný je bílý prášek, který může vzniknout jako vedlejší produkt při dezinfekci vody chlordioxidem. I když je chloritan rovněž účinný oxidační a desinfekční prostředek - připisuje se mu bakteriostatický efekt ve vodě ošetřené chlordioxidem, z toxikologického hlediska je nežádoucím vedlejším produktem dezinfekce. Toxické vlastnosti chloritanů jsou předmětem zkoumání toxikologů kvůli jejich účinkům na živé organismy.

V současné době jsou pro spolehlivé stanovení chloritanů ve vodě použitelné pouze laboratorní metody, např. iontová chromatografie. Tato metoda je však velmi drahá jak z hlediska investice, tak z hlediska provozních nákladů, je velmi náročná na pořízení a zacházení se vzorkem vody, má velké časové nároky na zpracování vzorku vody a vyžaduje vysokou odbornou úroveň personálu provádějícího vyhodnocení.

1.5.1 VÝROBA

Chloritan sodný se vyrábí nepřímou z chlorečnanu sodného, NaClO_3 . Nejprve se redukcí chlorečnanu sodného vhodným redukčním činidlem (například siřičitanem sodným, oxidem siřičitým nebo kyselinou chlorovodíkovou) v silně kyselém roztoku vyrobí explozivně

nestabilní plyn oxid chloričitý, ClO_2 . Ten se pak pohlcuje do zásaditého roztoku a redukuje peroxidem vodíku H_2O_2 za vzniku chloritanu sodného.

1.5.2 VYUŽITÍ

- a. generování oxidu chloričitého (bělení textilu, buničiny a papíru)
- b. dezinfekce vody (výhodou oproti běžně používanému chloru je, že se z organických kontaminantů netvoří trihalomethany)
- c. složka terapeutických lázní
- d. složka ústních vod, past a gelů na zuby, ústních sprejů, žvýkaček a zdravotních bonbonů
- e. roztoky k čištění kontaktních čoček (značka Purite)
- f. dezinfekce vzduchových potrubí, topných a klimatizačních zařízení a prostor pro zvířata
- g. MMS-1 = substance, o které bývá prohlašováno, že má léčivé účinky u celé řady nemocí (chřipka, AIDS, rakovina), tyto účinky však doposud nejsou podloženy vědeckými studiemi

1.5.3 MEZNÍ HODNOTA PRO CHLORITANY

Nástup vyhlášky Ministerstva zdravotnictví č. 376/2000 Sb. k pitné vodě vyvolal mimo jiné i problematiku dodržení limitní hodnoty pro vedlejší produkt užití oxidu chloričitého, kterým jsou chloritany a především pak jejich nízká mezní hodnota.

Stanovení limitů pro oxid chloričitý a chloritany v pitné vodě není v jednotlivých zemích jednotné. Z následujícího přehledu je jasné, že patříme mezi země s nejpřísnějším limitem.^{9, 18}

Tabulka č. 2: Mezní hodnota chloritanů v pitné vodě ve světě ⁹

STÁT	CHLORITANY	OXID CHLORIČITÝ
Spojené státy americké	1,0 mg/l	0,8 mg/l
Japonsko	0,6 mg/l	
Velká Británie	0,5 mg/l	0,5 mg/l
Německo	0,2 mg/l	0,4 mg/l
Slovensko	0,2 mg/l	0,2 mg/l
Česká republika	0,2 mg/l	

2 PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 METODIKA STANOVENÍ CHLORITANŮ V PITNÉ VODĚ

2.1.1 PŘEDMLUVA

Tato pracovní instrukce určuje fotometrickou metodou stanovení chloritanů v pitné vodě.

2.1.2 ROZSAH A POUŽITÍ

Pracovní instrukce specifikuje stanovení chloritanů v přítomnosti chlordioxidů v pitné vodě v koncentracích 40 $\mu\text{g/l}$ až 400 $\mu\text{g/l}$.

2.1.3 PODSTATA ROZBORU

Reakcí chloritanů s diethyl-p-phenylendiaminem vzniká barevný komplex, jehož koncentrace je úměrná intenzitě zbarvení.

Koncentrace chloritanů se stanoví po změření absorbance zbarveného komplexu při vlnové délce 540 nm.

2.1.4 RUŠIVÉ VLIVY

Stanovení ruší vysoký obsah chloridů a bromidů (1000 mg/l), tato koncentrace v pitné vodě není.

2.1.5 PŘÍSTROJE A POMŮCKY

- Laboratorní sklo třídy A, na kalibraci a přípravu standardů odměrné sklo třídy K
- Analytické váhy
- Erlenmayerovy baňky objem 100 ml
- Spektrofotometr vhodný k měření 540 nm
- Fotometrické kyvety s optickou dráhou 50mm
- Odměrné baňky třídy A objem 25 ml

2.1.6 CHEMIKÁLIE A ROZTOKY

Používají se chemikálie zaručené analytické jakosti a destilovaná voda.

2.1.6.1 Kyselina sírová H₂SO₄

Roztok 0,5 M – do 2l kádinky se za stálého míchání a chlazení k 500 ml vody opatrně přidá odměrným válcem 49g kyseliny sírové a doplní se destilovanou vodou do 1l, roztok se uchovává ve skleněné láhvi v chladničce (do spotřebování).

2.1.6.2 Thiosíran sodný

Roztok 0,2 M – do odměrné baňky o objemu 2l se v destilované vodě rozpustí 49,6 g $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ a doplní se po rysku vodou, roztok se uchovává ve skleněné láhvi v chladničce (do spotřebování).

2.1.6.3 Škrob

10g/l – v čerstvě převařené a ochlazené destilované vodě se v kádince rozpustí 1g škrobu a doplní se do 100ml, trvanlivost indikátoru je 1 týden, uchovává se ve skleněné láhvi.

2.1.6.4 Fotometrický test NANOCOLOR

2.1.7 VZORKOVÁNÍ, MANIPULACE SE VZORKEM A JEHO PŘÍPRAVA

Vzorky se odebírají dle normy pro odběr vzorků do neprůsvitných PE lahví, s konzervačním činidlem 1ml/1l vzorku, transportují se do laboratoře, uchovávají se v chladu.

Vzorky jsou zpracovány nejpozději druhý den po odběru.

2.1.8 POSTUP ROZBORU

2.1.8.1 Použití chlordioxidu

Jako činidla se používá sada 918613 Nanocolor.

Do 25ml odměrné baňky se pipetou odpipetuje 1ml činidla Chlorine R5, přidá se 1 mikrolžička činidla R3 a pipetou se odpipetuje 20ml vzorku. Obsah se promíchá, vyčká se

3 minuty a přidá se 1ml činidla R6 a 1 mikrolžička činidla R2. Obsah se promíchá a doplní destilovanou vodou po rysku. Ihned se měří na fotometru při vlnové délce 540nm.

Slepé stanovení se připraví stejným způsobem jako vzorek, ale s 20ml destilované vody, slepé stanovení se provádí při každé sérii vzorků.

V každé sérii vzorků se provede i stanovení koncentrace kontrolního standardu (z chloritanu sodného se připraví roztok koncentrace $c \approx 190\mu\text{g/l}$ stejným způsobem, jako při přípravě roztoků ke kalibraci (10ml st. roztoku l/100ml odm. baňky).

2.1.8.2 Použití chlordioxidu a chloru

Jako činidla se používá sada 918613 Nanocolor.

- 1) Do 25ml odměrné baňky se pipetou odpipetuje 1ml činidla Chlor R5, přidá se 1 mikrolžička činidla R3 a pipetou se odpipetuje 20ml vzorku. Obsah se promíchá, vyčká se 3 minuty, přidá se 1ml činidla R6 a 1 mikrolžička činidla R2. Obsah se promíchá a doplní destilovanou vodou po rysku. Ihned se měří absorbance na fotometru při vlnové délce 540nm, hodnota se zapíše jako hodnota **D**.
- 2) Do 25ml odměrné baňky se pipetou odpipetuje 20ml vzorku, 1ml činidla Chlor R1, zamíchá se, přidá se 1 mikrolžička činidla R2 a 1 mikrolžička činidla R3, zamíchá se a vyčká se 3 minuty. Po 3 minutách se doplní destilovanou vodou po rysku, změří se absorbance na fotometru při vlnové délce 540nm a hodnota se zapíše jako hodnota **C**.
- 3) Do 25ml odměrné baňky se pipetou odpipetuje 1ml činidla Chlor R4, pipetou se odpipetuje 20ml vzorku, přidá se 1ml činidla R1, promíchá se a přidá se 1 mikrolžička činidla R2. Obsah se promíchá a doplní destilovanou vodou po rysku a ihned se změří absorbance na fotometru při vlnové délce 540nm, hodnota se zapíše jako hodnota **A**.

2.1.9 KALIBRACE

- Standardní pracovní roztok 1 se připraví z chloritanu sodného.

Do odměrné baňky na 1000ml se odpipetuje 1ml chloritanu sodného a doplní se vodou po rysku.

- Standardní pracovní roztok 2 se připraví se st. prac. roztoku 1.

Do odměrné baňky na 1000ml se odpipetuje 10ml st. prac. roztoku 1 a doplní se po rysku vodou. Z pracovních roztoků 2 se připraví kalibrační řady. Do 100ml kalibrovaných odměrných baněk se odpipetují objemy 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, ... ml pracovních st. roztoků 2, doplní se po rysku vodou. Řada kalibračních roztoků se zpracuje stejným způsobem jako vzorky.

Absorbance při 540nm se změří v pořadí náhodných čísel.

Koncentrace chloritanu sodného (v %) se stanoví titračně:

Do Erlenmayerovy baňky dáme 200ml destilované vody a 4g jodidu sodného, přesně se odváží 0,3g roztoku chloritanu sodného. Ihned se přidá 20ml kyseliny sírové, baňka se uzavře a nechá se 5 minut stát. Titruje se thiosíranem sodným na škrob do úplného odbarvení.

$$\% \text{NaClO}_2 = 0,2262 \text{ V/P}$$

kde % NaClO₂ je obsah chloritanu sodného v %

V je objem thiosíranu sodného spotřebovaného k titraci vzorku

P je hmotnost chloristanu sodného ve vzorku (0,3g)

Pro každou řadu kalibračních roztoků se sestrojí kalibrační graf tak, že se na osu X vynesou koncentrace chloristanu sodného a na osu Y příslušné absorbance.

2.1.10 VÝPOČET

2.1.10.1 Chlordioxid

Koncentrace chloritanů se vyjadřuje v mikrogramech na litr a je dána vzorcem

$$\zeta = f(A_1 - A_0)$$

kde f je směrnice příslušného kalibračního grafu

A_1 je absorbance vzorku

A_0 je absorbance slepého vzorku

Hodnota koncentrace chloritanů se odečte z displeje fotometru.

2.1.10.2 Chlordioxid a chlor

Koncentrace chloritanů se vyjadřuje v mikrogramech na litr a je dána vzorcem

$$\{D - (4A + C)\} * 0,52$$

kde D , A , C , jsou absorbance změřené podle postupu uvedeného výše.

V případě, že $4A + C > D$, výsledek se uvádí $< 40 \mu\text{g/l}$.

2.1.11 VYJADŘOVÁNÍ VÝSLEDKŮ

Výsledek stanovení se uvádí jako koncentrace chloritanů v $\mu\text{g/l}$, zaokrouhluje se na jednotky.

2.1.12 KONTROLA KVALITY

Při každé sérii vzorků se změří standardní roztok příslušné koncentrace a hodnota standardu se zpracuje do regulačního diagramu.

2.1.13 LIKVIDACE ODPADU

Provádí se ředěním vodou do výlevky v laboratoři.

2.1.14 MYTÍ LAB. SKLA A VZORKOVNIC

Sklo a vzorkovnice se vypláchnou kyselinou chlorovodíkovou, vodou a destilovanou vodou.¹⁸

Obr. 2: Fotometr, na kterém bylo prováděno měření



2.2 VÝSLEDKY ANALÝZY

V následujících tabulkách jsou shrnuty výsledky prováděné analýzy pitné vody – stanovení chloritanů. Rozbory jsem prováděla v laboratoři v Bzenci – Přívoze, vzorky byly odebírány pracovníky Vodovodů a kanalizací Hodonín podle normy podle potřeb závodu v průběhu roku 2013.

Tabulka č. 3: Přehled hodnot chloritanů v úpravnách vody za rok 2013, hodnoty jsou uvedené v µg/l

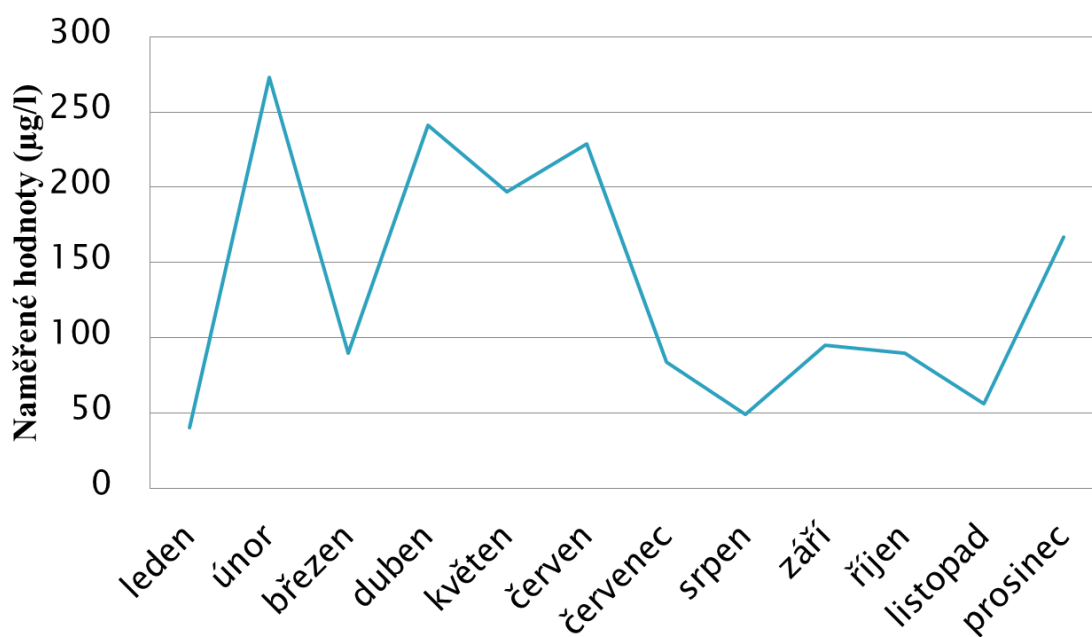
DATUM ODBĚRU	ÚV BZENEC	ÚV KORYČANY	ÚV MOR. NOVÁ VES
16.1.2013			225
22.1.2013	<40		
30.1.2013	273	248	
11.2.2013	99		177
25.3.2013	90	262	
2.4.2013	200		
9.4.2013	241		
10.4.2013			258
24.4.2013	180	240	
6.5.2013	197		252
5.6.2013			200
18.6.2013	173	313	
26.6.2013	229		
9.7.2013	119	238	
24.7.2013	94		
30.7.2013	84		

31.7.2013		254
6.8.2013	98	
20.8.2013	49	
27.8.2013	207	
9.9.2013	119	40
16.9.2013	95	
25.9.2013		250
2.10.2013	92	
16.10.2013	90	
5.11.2013	107	<40
13.11.2013	56	
20.11.2013		270
26.11.2013	89	
16.12.2013	167	286

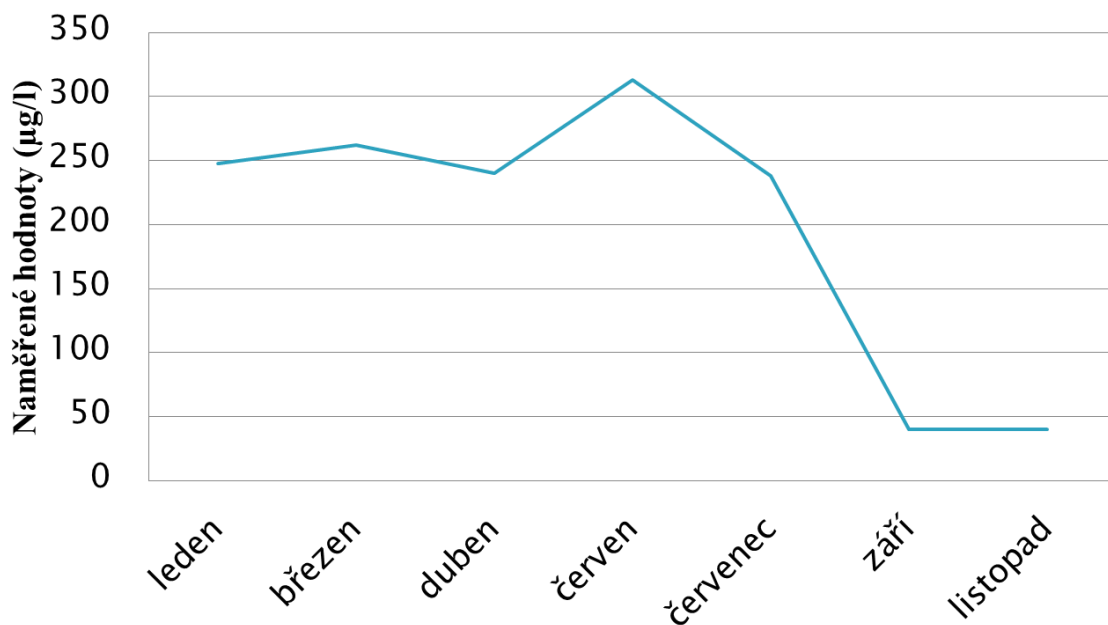
Červeně jsou uvedeny hodnoty, které překračovaly normu, proto bylo nutné překontrolovat a upravovat množství přidávaného chlordioxidu.

Zeleně jsou vyznačeny hodnoty pod 100 µg/l, analyzovaná voda obsahovala pouze malé množství chloritanů.

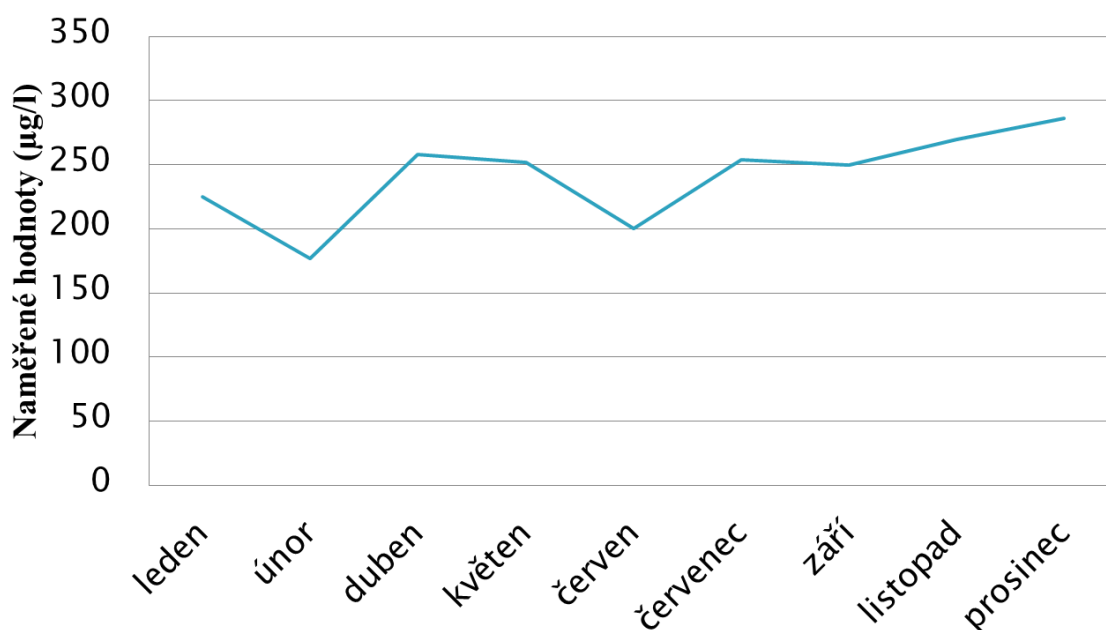
Graf č. 1: Úpravna Bzenec-Přívov, naměřené hodnoty pro rok 2013



Graf č. 2: Úpravna Koryčany, naměřené hodnoty pro rok 2013



Graf č. 3: Úpravna Moravská Nová Ves, naměřené hodnoty pro rok 2013



Grafy 1-3 byly zpracovány na základě naměřených hodnot v roce 2013.

Jak je patrné z grafů 1-2, v letních měsících na úpravnách vody ve Bzenci a Koryčanech docházelo ke zvýšení naměřených hodnot chloritanů. V letních měsících je vyšší riziko kontaminace vody mikroorganismy, proto jsou zvyšovány dávky chlordioxidu při dezinfekci vody.

Na úpravně vody v Moravské Nové Vsi byly během téměř celého roku naměřeny hodnoty nad mezní hodnotou. Na základě prováděných analýz proto bylo doporučeno snížit a průběžně kontrolovat dávkování chlordioxidu při dezinfekci vody.

Tabulka č. 4: Přehled naměřených hodnot chloritanů ve vybraných vodojemech za rok 2013, hodnoty jsou uvedené v µg/l

DATUM ODBĚRU	VESELÍ NAD MOR.	VĚTEŘOV	STARÝ PODDVOROV
16.1.2013			172
29.1.2013		<40	
5.2.2013	152		
11.2.2013			113
26.2.2013		<40	
6.3.2013	141		
13.3.2013			94
26.3.2013		<40	
2.4.2013	170		
10.4.2013			142
23.4.2013		<40	
29.5.2013	<40		
5.6.2013			140
17.6.2013		<40	
26.6.2013	149		
10.7.2013		62	
24.7.2013	139		
31.7.2013			159
13.8.2013		<40	
20.8.2013	179		
28.8.2013			171
10.9.2013		<40	

16.9.2013	134
25.9.2013	193
8.10.2013	<40
16.10.2013	149
23.10.2013	100
4.11.2013	<40
13.11.2013	89
20.11.2013	160
3.12.2013	<40
10.12.2013	180

Naměřené hodnoty nepřekročily normu. Zeleně jsou vyznačeny hodnoty pod 100 µg/l, analyzovaná voda obsahovala pouze malé množství chloritanů.

Závěr

Chlordioxid stále častěji nahrazuje chlor při úpravě pitné vody. Má větší dezinfekční účinky a není závislý na hodnotě pH vody. Při jeho použití nedochází ke vzniku jedovatých vedlejších produktů např. trihalomethan. Chlordioxid má vyšší oxidační schopnost než chlor, silné dezinfekční účinky ve velkém rozsahu pH, dlouhodobý bakteriologický účinek, dobré dezinfekční vlastnosti vůči slizotvorným řasám, virům. Na druhou stranu je chlordioxid 2,5 x nákladnější a zvyšuje cenu vody asi o 20 haléřů na m³.

V pitné vodě se vyskytují jako hlavní produkt rozpadu a reakcí chlordioxidu při dezinfekci pitné vody chloritany. Kvantitativně se odhaduje vznik asi 0,5 – 0,7 mg chloritanového iontu na 1 mg aplikovaného chlordioxidu. V České republice je mezní hodnota pro chloritany v pitné vodě 200 µg/l, což je jedna z nejpřísnějších mezních hodnot na celém světě.

V této práci jsem sledovala obsah chloritanů ve vybraných vodojemech za rok 2013 a ve třech úpravárnách vody – Bzenec, Koryčany a Moravská Nová Ves. Na základě výsledků analýzy lze konstatovat, že sledované úpravny vody v našem regionu a vybrané vodojemy pečlivě dodržují normy a zásobují nás opravdu kvalitní pitnou vodou, protože výrazné překročení této normy není časté.

V rámci této práce jsem si vyzkoušela způsob určení chloritanů v pitné vodě a také jsem získala mnoho nových informací o nebezpečí chloru a chloritanů. Výsledky analýzy byly využity úpravami vod v našem regionu.

Jako členka Ekotýmu si připravuji odbornou přednášku na téma Chloritany ve vodách, kde budou předvedeny výsledky mé práce a chci také seznámit blíže studenty našeho gymnázia s touto problematikou.

Seznam použité literatury a informačních zdrojů

1. Vše o vodě - pitná voda. In: KOSEK, Jiří. *Pražské vodovody a kanalizace* [online]. Vyd. 1. Praha: Grada, 1998 [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.pvk.cz/pitna-voda.html>
2. Dvacetiletá úpravná vody Bzenec - Přívoz. In: MAREK, Vlastimil. *Veselí nad Moravou* [online]. 1. vyd. Praha: Dharma Gaia, 1999 [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.veseli-nad-moravou.cz/dvacetileta-upravna-vody-bzenec-privoz/d-592476>
3. VD Koryčany. In: MAREK, Vlastimil. *Povodí Moravy* [online]. 1. vyd. Praha: Dharma Gaia, 1999 [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodni-dila/korycany/>
4. Nebezpečí chlorované vody. In: MAREK, Vlastimil. *Aquaphor* [online]. 1. vyd. Praha: Dharma Gaia, 1999 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.aquaphor.cz/nebezpeci-chlorovane-vody>
5. Oxid chloričitý. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Oxid_chlori%C4%8Dit%C3%BD
6. Chlordioxid - oxid chloričitý. In: MAREK, Vlastimil. *Chlordioxid* [online]. 1. vyd. Praha: Dharma Gaia, 1999 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.clo2.cz/>
7. Chlordioxid neboli oxid chloričitý. In: MAREK, Vlastimil. *Euroclean* [online]. 1. vyd. Praha: Dharma Gaia, 1999 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://euroclean.cz/slovník/chlordioxid/>
8. MERGL, Václav, Tomáš KARÁSEK a Luboš MAZEL. Využití oxidu chloričitého při dezinfekci pitné vody skupinového vodovodu. In: *Moravská vodárenská* [online]. 1. vyd. Praha, 1999 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/014/001665.pdf>
9. BRICHTA, Jaromír a Oldřich DARMOVZAL. Kontinuální měření chloritanů v pitných vodách. In: *Moravská vodárenská* [online]. Praha, 1999 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/014/001698.pdf?seek=1>
10. MERGL, Václav a Eva SOBOČÍKOVÁ. Oxid chloričitý z krystalické chemikálie. In: *Moravská vodárenská* [online]. Praha, 1999 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/051/005791.pdf?seek=5>

11. RYBOVÁ, Veronika. *Úpravná vody Koryčany - použitá technologie a její změny od uvedení do provozu do současnosti* [online]. Brno, 2010 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: https://dspace.vutbr.cz/xmlui/bitstream/handle/11012/1393/bp_rybova.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce RNDr. Jaroslav Mega, Ph.D.
12. HUBÍKOVÁ, Ivana. *Analýza rizik v zásobování obyvatelstva pitnou vodou regionu Hodonín* [online]. Uherské Hradiště, 2013 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/24727/hub%C3%ADkov%C3%A1_2013_bp.pdf?sequence=1. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce RNDr. Zdeněk Šafařík, Ph. D.
13. Chlor a anorganické sloučeniny (jako HCl). In: *Integrovaný registr znečišťování* [online]. 2005 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://www.irz.cz/repository/latky/chlor_a_anorganicke_slouceniny.pdf
14. STRNADOVÁ, Nina a Václav JANDA. *Technologie vody I*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 1995, str. 255 - 260. ISBN 80-7080-226-x
15. Pitná voda. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Pitn%C3%A1_voda
16. Chlor. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Chlor>
17. Chloritan sodný. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Chloritan_sodn%C3%BD
18. Metodika stanovení chloritanů ve vodě pro Jihomoravský kraj

Seznam obrázků, grafů a tabulek

1. Obr. 1: Úpravna vody Bzenec - Přívoz (Dvacetiletá úpravna vody Bzenec - Přívoz. In: MAREK, Vlastimil. *Veselí nad Moravou* [online]. 1. vyd. Praha: Dharma Gaia, 1999 [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: <http://www.veseli-nad-moravou.cz/dvacetileta-upravna-vody-bzenec-privoz/d-592476>)
2. Obr. 2: Fotometr, na kterém bylo prováděno měření (vlastní)
3. Tabulka č. 1: Mezní hodnota látek vyskytujících se v pitné a balené vodě (Pitná voda. In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-03-14]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Pitn%C3%A1_voda)
4. Tabulka č. 2: Mezní hodnota chloritanů v pitné vodě ve světě (BRICHTA, Jaromír a Oldřich DARMOVZAL. Kontinuální měření chloritanů v pitných vodách. In: *Moravská vodárenská* [online]. Praha, 1999 [cit. 2014-03-15]. Dostupné z: <http://www.smv.cz/res/data/014/001698.pdf?seek=1>)
5. Tabulka č. 3: Přehled hodnot chloritanů v úpravnách vody za rok 2013 (vlastní)
6. Tabulka č. 4: Přehled naměřených hodnot chloritanů ve vybraných vodojemech za rok 2013 (vlastní)
7. Graf č.1: Úpravna Bzenec-Přívoz, naměřené hodnoty pro rok 2013 (vlastní)
8. Graf č. 2: Úpravna Koryčany, naměřené hodnoty pro rok 2013 (vlastní)
9. Graf č. 3: Úpravna Moravská Nová Ves, naměřené hodnoty pro rok 2013 (vlastní)