

# **Těkavé organické látky v balených a pitných vodách**

Ivana Horčíčková

---

Bakalářská práce  
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí  
akademický rok: 2014/2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ivana Horčíčková**  
Osobní číslo: **T12298**  
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**  
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Těkavé organické látky v balených a pitných vodách**

Zásady pro vypracování:

- 1. Vypracujte literární rešerši týkající se výskytu těkavých organických látek v pitné vodě. Zaměřte se na sloučeniny, které vznikají jako vedlejší produkty při dezinfekci vody.**
- 2. Vyberte vzorky pitných a balených vod, ve kterých následně stanovte koncentrace alifatických chlorovaných uhlovodíků pomocí metody purge and trap a plynové chromatografie.**
- 3. Teoretickou i experimentální část zpracujte písemně do formy bakalářské práce.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**A.Ikem: Measurement of volatile organic compounds in bottled and tap waters by purge and trap GCMS: Are drinking water types different. Journal of Food Composition and Analysis 23 (2010) 7077.**

**S.V.Leivadara, A. D. Nikolaou, T. D. Lekkas: Determination of organic compounds in bottled waters. Food Chemistry 108 (2008) 277286.**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Marie Dvořáčková, Ph.D.**

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

**20. ledna 2015**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**22. května 2015**

Ve Zlíně dne 10. února 2015

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



doc. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;

- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 15.5.2015

.....  
Kováčková

---

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jim dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Bakalářská práce je zaměřena na výskyt těkavých organických látek v pitné vodě, které vznikají jako vedlejší produkty při dezinfekci vody. Do těchto látek řadíme tzv. trihalogenmethany. Pro praktickou část práce byly vybrány reprezentativní vzorky pitných a převážně balených vod a u nich byla provedena analýza. Sledována byla koncentrace chloroformu, který je vždy přítomen v největším zastoupení. Výsledky byly zpracovány a porovnány s platnými hodnotami určenými legislativou.

Klíčová slova: balená a pitná voda, minerální voda, dezinfekce, trihalogenmethany, chloroform, huminové kyseliny

## **ABSTRACT**

This bachelor's thesis focuses on occurrence of the volatile organic substances in drinking water, which occur as by-products during the disinfection of water. These substances include the trihalogenmethanes. Representative samples of drinking water, mainly the bottled water, were selected to analyse. Concentration of chloroform was measured, as this substance is often detected in water. The results were processed and compared with the valid concentrations allowed by the legislation.

Keywords: bottled and drinking water, mineral water, disinfection, trihalogenmethanes, chloroform, humic acids

Na tomto místě bych chtěla vyjádřit své poděkování především Ing. Marii Dvořáčkové Ph. D. za její ochotu, věnovaný čas a důležité rady, které mě během vypracování bakalářské práce poskytla. Taktéž bych chtěla poděkovat své rodině a všem svým nejbližším, kteří mě během celého studia podporovali.

*„Učit se bez přemýšlení je zbytečné.*

*Přemýšlet bez učení je nebezpečné“*

*Konfucius*

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>10</b>
<b>1 PITNÁ VODA</b> .....	<b>11</b>
1.1    BALENÁ VODA.....	11
1.1.1    Přírodní minerální voda.....	12
1.1.1.1    Označení balené přírodní minerální vody z hlediska oxidu uhličitého	13
1.1.2    Přírodní pramenitá voda.....	14
1.1.3    Kojenecká voda.....	14
1.1.4    Balená pitná voda.....	14
1.1.5    Požadavky na označování balených vod.....	15
1.1.6    Způsoby úpravy balených vod.....	15
1.1.6.1    Úprava UV zářením.....	16
1.1.7    Balení v ochranné atmosféře dusíku.....	16
1.1.8    Úprava povrchové a podzemní vody na vodu pitnou.....	17
1.2    DEZINFEKCE VODY.....	17
1.2.1    Dezinfekce vody chlorem a chlornany.....	18
1.2.2    Dezinfekce vody ozonem.....	19
1.2.3    Prekurzory pro vznik THM.....	20
1.2.4    Trihalogenmethany.....	21
1.2.4.1    Trichlormethan.....	22
1.2.4.2    Bromované halogenvodíky.....	22
1.2.4.3    Halooctové kyseliny.....	22
1.2.4    Provedené testy a studie balených a pitných vod.....	23
1.2.5    Shrnutí.....	24
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>25</b>
<b>2 VZORKY A MĚŘENÍ</b> .....	<b>26</b>
2.1    PŮVOD A ODBĚR VZORKŮ.....	26
2.2    POUŽITÉ PŘÍSTROJE A METODA MĚŘENÍ.....	26
2.3    ZPRACOVÁNÍ NAMĚŘENÝCH VÝSLEDKŮ.....	28
2.3.1    Příprava standardního roztoku chloroformu.....	28
2.3.2    Stanovení dichlorbromethanu, dibromchlormethanu a bromoformu.....	29
<b>3 VÝSLEDKY A DISKUZE</b> .....	<b>30</b>
3.1    NAMĚŘENÉ KONCENTRACE CHLOROFORMU V PITNÝCH KOHOUTKOVÝCH VODÁCH.....	30
3.2    NAMĚŘENÉ KONCENTRACE CHLOROFORMU V BALENÝCH PITNÝCH VODÁCH.....	31
3.3    STANOVENÍ CHLOROFORMU A THM V BALENÝCH PRAMENITÝCH A KOJENECKÝCH VODÁCH.....	34
3.4    STANOVENÍ CHLOROFORMU A THM V BALENÝCH PŘÍRODNÍCH MINERÁLNÍCH VODÁCH.....	37
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>39</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>41</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b> .....	<b>43</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>44</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b> .....	<b>45</b>



## ÚVOD

Tradice výroby a prodeje balených vod je v Česku známá již od 16. století. Z prvo počátku byly do kamenných džbánů stáčeny výhradně vody léčivé. V 19. století se k nim přidaly minerální vody nebo vody uměle vytvořené, obsahující vyšší koncentraci oxidu uhličitého. Tyhle vody byly převážně stáčeny do skla a pro jejich nasládlou chuť byly považovány jako osvěžující nápoj. Skleněné obaly byly v 70. letech nahrazeny obaly plastickými. V těchto letech taktéž došlo k tomu, že balené vody začaly nahrazovat „obyčejnou“ pitnou vodu distribuovanou veřejnými vodovody. Do lahví se tedy začaly stáčet vedle minerálních pramenitých vod také vody z podzemních zdrojů pitné vody, které však nevykazují žádnou zvláštní chuť či léčivý účinek. Na přelomu 20. a 21. století byla zaznamenána strmě rostoucí produkce a také spotřeba balených vod ve vyspělých zemích. Tento jev přetrvává až do dnešní doby a nákup balené vody je dnes naprosto běžnou záležitostí.

Aby voda mohla sloužit pro lidskou spotřebu, musí být zajištěna její mikrobiologická nezávadnost. Proto je nutné pitnou vodu upravovat – dezinfikovat. Přítomné organismy se usmrtí a voda se stane hygienicky nezávadná. V důsledku dezinfekce pitných vod však vznikají nežádoucí látky, zvané trihalogenmethany (THM) – chloroform, bromoform a jim podobné sloučeniny, jako vedlejší produkty chlorace vody. Tato skutečnost dopomohla výrobcům balených vod k tomu, aby spotřebitele přesvědčili o tom, že balená voda je čistá, nezávadná a ničím nezatížená. Je tedy zarážející, že tyto cizorodé organické látky můžeme v některých balených vodách nalézt, přitom je nesmí obsahovat v žádném zjištělném množství a jejich přítomnost zákon zakazuje. Nedávná kauza (listopad 2014), kdy Státní zemědělská a potravinářská inspekce (SZPI) našla v balené kojenecké vodě chlor, tuto skutečnost pouze potvrzuje.

Nákup a prodej vod je také činnost značně neekologická a to z důvodu balení vod do PET obalů, kterých je v dnešní době produkováno ohromné množství a hromadí se na skládkách komunálního odpadu.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PITNÁ VODA

Definice pitné vody vychází ze zákona č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví:

„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.“ [1]

### 1.1 Balená voda

Balenou vodu rozdělujeme do čtyř kategorií. Rozdíly mezi jednotlivými kategoriemi spočívají především v odlišných požadavcích na zdroj, ve způsobu úpravy vody, v mikrobiologických, chemických a fyzikálních ukazatelích. Liší se i v požadavcích na označování jednotlivých typů vod.

Vyhláška 275/2004 Sb. rozlišuje tyto druhy balených vod:

- **balená přírodní minerální voda** – voda, která je získána z podzemního zdroje. Důležité je, že o podzemním zdroji musí být vydáno osvědčení nebo certifikát dle zvláštního právního předpisu. Tyhle vody mají obecně vyšší obsah rozpuštěných minerálních látek. Můžeme se ale setkat i s vodami, kde je obsah těchto látek nižší a tyto vody tak musí mít doplňující označení na etiketě „nízký obsah minerálních látek“ ,
- **balená pramenitá voda** – dříve nazývána jako stolní, je výrobek z kvalitní vody chráněného podzemního zdroje. Kvalita a čistota musí být její přirozenou vlastností na rozdíl od běžné pitné vody, kde se finální kvalita po úpravě může od původní značně lišit,
- **balená kojenecká voda** – výrobek z kvalitní vody z chráněného podzemního zdroje. Tahle voda nesmí být upravována žádným způsobem, s výjimkou ozařování UV zářením. Je vhodná pro přípravu kojenecké stravy, ale také k požívání všemi skupinami obyvatel. Vztahují se na ně nejpřísnější požadavky na zdravotní nezávadnost,
- **balená pitná voda** – voda, která musí splňovat požadavky pitné vody. [2]

Odlišnou kategorií jsou balené minerální vody, jejichž původ je z přírodních léčivých zdrojů. Zařazujeme sem vody typu Vincentka, Šarátice, nebo Bílinská kyselka. Obsahují vyšší procento minerálních solí a označujeme je jako léčivá minerální voda. Vztahují se na ně specifické požadavky.

Mezi balené vody se také nepočítají sodovky ani ochucené minerálky. Taktéž tvoří zcela odlišnou skupinu a řadí se mezi nealkoholické nápoje. Na rozdíl od balených vod se do nich mohou přidávat sladidla, aroma či konzervační látky. Je možné přidávat různé potravní doplňky včetně vitaminů. [3,4]

### 1.1.1 Přírodní minerální voda

Z prosté podzemní vody se stává minerální voda překročením určitých limitních obsahů rozpuštěných tuhých látek a plynů. Je to způsobeno zvláštními okolnostmi při oběhu podzemní vody. Naše minerální vody se především člení podle obsahu rozpuštěných plynů na uhličitě (hlavní složka  $\text{CO}_2$ ), říká se jim kyselky, a sulfanové (hlavní složka  $\text{H}_2\text{S}$ ), do nedávna zvané sirovodíkové, nebo také sirmé.

Dalším určujícím hlediskem minerálních vod jsou rozpuštěné složky kationtů a aniontů. Z nich jsou nejčastější, v případě aniontů hydrogenuhličitanů ( $\text{HCO}_3^-$ ), chloridy ( $\text{Cl}^-$ ), které patří vedle hydrogenuhličitanů k významným aniontům, které jsou běžnou součástí všech vod. Chloridy ( $\text{Cl}^-$ ) jsou hygienicky nezávadné, ale ovlivňují chuť vody. Důležité jsou také sírany ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), které ovlivňují celkové sensorické vlastnosti vody. Z kationtů je to pak sodík ( $\text{Na}^+$ ), draslík ( $\text{K}^+$ ), vápník ( $\text{Ca}^{2+}$ ) a hořčík ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Velmi ceněné jsou v minerálních vodách např. jodidy ( $\text{I}^-$ ), železo ( $\text{Fe}^{2+}$ ) nebo radioaktivní složky (např. plyn radon ( $\text{Rn}$ )). Přítomné jsou pouze v malých koncentracích. Hodnotí se podle odborného posouzení komplexního rozboru vody. Konečně se dá přihlídnout i k celkové mineralizaci vod (tj. koncentrace anorganických složek vyjádřených v gramech na litr vody). Prosté vody mají méně než 1 g/l, slabě mineralizované 1-5 g/l, středně mineralizované 5-15 g/l a silně mineralizované nad 15 g/l.

Při odebírání minerální vody z pramene by nemělo dojít k tomu, že se přírodní charakter minerálky změní. Chemické složení musí být uvedeno na etiketě. Při dopravě vody od pramene k plniči se musí udržovat teplota původního pramene, jinak je nebezpečí vysrážení některých rozpuštěných látek. Izobarickým stáčením se zabraňuje unikání  $\text{CO}_2$  z vody. Ke spotřebiteli se voda dodává ve skleněných lahvích nebo v plastových obalech s těsníci uzávěry. [5,6,7]

### 1.1.1.1 Označení balené přírodní minerální vody z hlediska oxidu uhličitého

Z hlediska obsahu oxidu uhličitého se balená přírodní minerální voda označuje jako:

- a) přírodní minerální voda přirozeně sycená. Tohle označení značí, že je to voda, která obsahuje nejméně 250 mg/l oxidu uhličitého. Když se voda zpracuje a dosytí se plynem ze stejného zdroje, je obsah oxidu uhličitého stejný jako u zdroje, v rozpětí periodického přirozeného kolísání,
- b) přírodní minerální voda obohacená, která má vyšší obsah oxidu uhličitého, je dosycena oxidem uhličitým, který pochází ze stejného zdroje jako voda,
- c) přírodní minerální voda sycená, se sytí oxidem uhličitým, který je jiného původu, než je zdroj, z něhož voda pochází. Obsah oxidu uhličitého je pak stejný nebo vyšší než u zdroje,
- d) přírodní minerální voda dekarbonovaná, má po zpracování nižší obsah oxidu uhličitého než u zdroje
- e) přírodní minerální voda nesycená, která pochází ze zdroje obsahující oxid uhličitý v množství nejvýše do 250 mg/l.

Po nasycení se obsah oxidu uhličitého v minerálních nebo perlivých stolních vodách pohybuje převážně v rozmezí 4 000 – 6 000 mg/l. Čím vyšší je obsah oxidu uhličitého, tím více je pH vody posunuto do kyselé oblasti. Výrobci přidávají do balených vod oxid uhličitý především z chuťových důvodů, ale také z důvodů konzervačních, protože vyšší obsah CO<sub>2</sub> brání množení se většiny bakterií (výjimkou jsou např. bakterie anaerobního původu). Někteří výrobci stolních a kojeneckých vod přidávají určité množství CO<sub>2</sub> i do vod neperlivých, aniž by to uváděli na etiketě. Pokud je spotřebitel citlivější, může takovou vodu podle nasládlé, nepřirozené chuti poznat. Takle chuť samozřejmě není typická pro přírodní prosté vody.

Oxid uhličitý a voda jsou konečnými produkty metabolismu. Jsou tedy hlavními zplodinami našeho těla. Oxidu uhličitého se náš organismus neustále zbavuje. Pokud by tomu tak nebylo, mohl by být náš organismus poškozen, tzv. překyselen. Při normální činnosti vzniká v organismu člověka denně 15 – 20 molů CO<sub>2</sub>. Člověk v klidovém stavu údajně vydýchá asi 250 ml CO<sub>2</sub> za minutu. Je tedy zřejmé, že náš organismus se oxidu uhličitého snaží zbavit a my mu jej dodáváme zpátky ve formě perlivých vod a to zcela jistě není správné. [4,7]

### 1.1.2 Přírodní pramenitá voda

Přírodní pramenitá voda pochází, jak už její název napovídá, z přírodního, podzemního, chráněného zdroje. Celkový obsah minerálních látek, které mohou být přítomny v typu této vody je 1000 mg/l. Pramenitou vodu je možné upravovat a to metodami usazování, provzdušňování nebo filtrování. Nesmí se ale výrazně změnit její přirozené vlastnosti. Výběr balených přírodních pramenitých vod je na současném trhu velmi rozmanitý. Zákazník si může vybírat ze široké nabídky různých značek. Do této kategorie balených vod patří známé značky jako Toma Natura, Bonaqua, Aquila Aqualinea nebo Rajec. Zákazník má na výběr taktéž balenou pramenitou vodou perlivou, jemně perlivou nebo neperlivou. Variabilita chutí a perlivosti je tedy široká. [8,9]

### 1.1.3 Kojenecká voda

Kojeneckou vodu můžeme vlastně nazvat tzv. podkategorií pramenitých vod, na kterou se vztahují ještě přísnější požadavky než na vody pramenité. Tahle voda je jediným druhem balené vody, kde je zachováno její nezměněné původní přírodní složení. Je u ní zakázána jakákoliv úprava, která by mohla pozměnit její přirozené složení. Na některých etiketách pramenitých vod si můžeme povšimnout nápisu „vhodná pro kojeneckou stravu“. Tento dodatek nás má upozornit na to, že takto označená voda by měla být svou kvalitou srovnatelná s kojeneckou vodou, ale na rozdíl od ní už prošla některou z úprav, která je pro kojeneckou vodu zakázána. Vody označená jako „kojenecké vody“ a vody „vhodné pro kojeneckou stravu“ tedy nejsou totožné.

V současnosti můžeme v českých obchodech zakoupit např. kojenecké vody značky Horský pramen, Saguario, Aqua Anna nebo Rajec. Právě Horský pramen je považován za kojeneckou vodu nejlepší kvality, která je formována jako artézská voda v chráněné oblasti Nížkého Jeseníku, v hloubce 150-160 metrů. Celková mineralizace této vody pramenící pod zemským povrchem je 181 mg/l., obsah  $\text{Na}^+$  činí 6,1 mg/l a obsah dusičnanů je také velmi nízký, 1,37 mg/l. Již od roku 1990 je tato voda pod hydrogeologickým dozorem odborné firmy AQUA MINERA. [8,10]

### 1.1.4 Balená pitná voda

Balená pitná voda nemusí pocházet z podzemního zdroje. Stáčená může být z jakéhokoliv vodárenského zdroje a tomu bude odpovídat její složení i chuť. Požadavky na její jakost jsou tedy shodné s požadavky na kohoutkovou vodu, může být tedy i stejně chemic-

ky upravována. Na trh jsou balené pitné vody uváděny pod různými názvy. Na etiketě ale musí být vždy viditelně uvedeno, že se jedná o balenou pitnou vodu. [8,9]

### 1.1.5 Požadavky na označování balených vod

Na etiketě musí být uvedeno:

- a) označení slovy “pitná voda“, v případě přírodních minerálních, pramenitých a kojeneckých, název zdroje a název lokality, kde se zdroj využívá,
- b) v případě, že je voda sycena oxidem uhličitým, jeho obsah musí být uveden v g/l,
- c) upozornění na způsob skladování slovy “Uchovávejte v chladu a chraňte před přímým slunečním světlem,
- d) v případě, že je voda distribuována v obalech větších než 5 l, musí být na obalu uvedeny podmínky uchovávání a doba spotřeby po otevření obalu,
- e) v případě doplnění balené pitné vody minerálními látkami musí být na obalu uveden výčet látek a jejich obsah ve vodě po doplnění a slovní označení “mineralizovaná pitná voda“,
- f) na obalu určeném pro spotřebitele a při jakémkoliv způsobu nabízení k prodeji balené pitné vody, nelze použít označení, ochranné známky, chráněné názvy, obchodní značky, které by mohly naznačovat vlastnosti, které tahle voda nemá, a mohly by způsobit záměnu,
- g) balenou přírodní minerální vodu a pramenitou vodu lze uvádět jako “vhodnou pro přípravu kojenecké stravy“ pouze pokud splňuje veškeré podmínky pro kojeneckou vodu. Pokud je tato voda sycena oxidem uhličitým na hodnotu vyšší než je 0,5 g/l, musí být na etiketě uvedeno upozornění na odstranění CO<sub>2</sub>. Oxid uhličitý lze odstranit varem. [2]

### 1.1.6 Způsoby úpravy balených vod

Balenou přírodní minerální vodu a balenou pramenitou vodu je možné upravovat pouze:

- a) odstraněním nestabilních látek, jako jsou například sloučeniny železa a sloučeniny síry. Úprava je možná také filtrací nebo dekantací, s případným předchozím okysličením,

- b) pomocí vzduchu obohaceného ozonem, filtrací nebo dekantací, je možné odstranit sloučeniny arzenu, manganu či síry,
- c) odstraněním jiných, ve vodách nežádoucích složek, kam patří například sloučeniny beryllia či niklu,
- d) úplným nebo částečným odstraněním volného oxidu uhličitého, který je možné odstranit pouze fyzikálními metodami.

Především je důležité, aby se při použití úprav nebo při přidání CO<sub>2</sub> nezměnila skladba základních složek těchto vod, a to proto, jelikož propůjčuje vodám jejich vlastnosti. Při použití těchto úprav nesmí vznikat žádné toxické látky. Voda se nesmí upravovat přidáním bakteriostatických látek nebo takovým způsobem, který by mohl změnit počet kolonie tvořících jednotek. Jediná látka, která se do vody může přidávat je oxid uhličitý.

Balená kojenecká voda se může upravovat pouze ozáření UV paprsky. Výrobci do vody nemohou přidávat jiné látky s výjimkou oxidu uhličitého. Pokud dojde k sycení oxidem uhličitým, nesmí být hodnota pH vody < 5. [2]

#### **1.1.6.1 Úprava UV zářením**

Jak již bylo zmíněno, kojenecké vody se nesmí upravovat žádným způsobem s výjimkou použití UV záření. Tento likvidační účinek ultrafialového záření na mikroorganismy je známý již řadu let. V současné době dochází celosvětově k rozšíření této technologie. Hlavním důvodem je zvyšující se koncentrace nežádoucích látek ve vodách, která je spojená s dezinfekčním zabezpečením pitných vod.

Výhody dezinfekce vody UV zářením:

- jedná se o proces fyzikální, při úpravě se nevnáší žádné chemikálie do vody
- neovlivňuje chuť a pach vody
- při použití UV záření se nemění původní složení vody
- nepoužívají se žádné chemické dezinfikátory, takže nevznikají žádné vedlejší produkty dezinfekce
- účinek příliš nezávisí na chemismu a teplotě vody [11,12]

#### **1.1.7 Balení v ochranné atmosféře dusíku**

Informaci „baleno v ochranné atmosféře dusíku“ nalezneme na každé etiketě balených vod. Samotná technologie by neměla mít vliv na konečnou kvalitu vody. Pod touhle



informací se ovšem skrývají dvě odlišné technologie, které jsou pro zákazníka, který se dozvídá pouze tuhle informaci z etikety, zcela nerozlišitelné. První technologie je zcela v pořádku. Do plnicí linky se vhání dusík a nad lahvemi, které se plní vodou, se udržuje ochranná atmosféra tím, že se odtud vytěsňuje okolní vzduch a tím se snižuje riziko vzdušné bakteriální kontaminace. Zatímco druhá technologie je sporná. Do každé lahve, která už je naplněná vodou, se těsně před jejím uzavřením kápne malé množství tekutého dusíku, který po uzavření PET lahve expanduje. V tomto případě ochranný smysl spočívá v tom, že místo vzduchu se v lahvi nachází čistý, mikrobiálně nezávadný dusík. U použití druhé technologie je především pro výrobce důležité, že lahve, ve kterých nejsou vody syceny oxidem uhličitým, ale je u nich použita tahle technologie, působí na zákazníka nafoukle, tvrdě, nemačká se, a tudíž na zákazníka působí kvalitněji. Tahle metoda je sporná z toho důvodu, že dle vyhlášky č. 275 / 2004 Sb. o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy, se nesmí do minerálních a přírodních pramenitých vod kromě oxidu uhličitého přidávat nic jiného.

### 1.1.8 Úprava povrchové a podzemní vody na vodu pitnou

Pitná voda musí vyhovovat předepsaným zdravotním a technickým požadavkům. Nesmí obsahovat takové organismy nebo takové koncentrace látek, které mají nebo by mohly mít při dlouhodobém požívání nepříznivý vliv na zdraví člověka. Všechna zařízení pro pitnou vodu musí být volbou umístění, postavením, provozováním i kontrolou co nejdokonaleji zabezpečena proti možnému znečištění. Je žádoucí, aby pitná voda vyhovovala smyslovým požadavkům člověka. To znamená, že má být chutná, mít dobrý vzhled, být bez nepříjemného zápachu a má být přiměřeně chladná. Dobrá pitná voda by měla obsahovat dostatek biogenních prvků.

Pitná voda se získává úpravou surové vody. Surová voda se získává v České republice z podzemních nebo povrchových zdrojů. [1,13]

## 1.2 Dezinfekce vody

Při dezinfekci vody chlorem vznikají sloučeniny, které nazýváme trihalogenmethany (THM). Nejdůležitějším krokem pro vznik těchto látek je tedy závěrečná dezinfekce vody, jejímž cílem je zajistit zdravotní nezávadnost pitné vody. THM vznikají reakcí ve vodě přirozeně přítomných látek organického původu (výluhy z půdního humusu, výluhy z listí

nebo tlejícího dřeva) a oxidačních dezinfekčních látek. Obvykle je touto látkou chlor a jeho sloučeniny. [14]

### 1.2.1 Dezinfekce vody chlorem a chlornany

Pro dezinfekci lze použít chlor, chlornan sodný a chlornan vápenatý. Množství přidaného chloru se řídí koncentrací aktivního chloru. Aktivním chlorem se myslí všechny formy chloru (molekulární chlor, chlornany, chloraminy, oxid chloričitý), které v kyselém prostředí oxidují jodidy na jod. Jeho mezní hodnota při úpravě vody je 0,3 mg/l. Účinnost dezinfekce chlorováním závisí tedy na koncentraci chloru a době jeho působení, pH – při jeho snižování se zvyšují podíly účinnější formy (HClO) oproti formě méně účinné (ClO<sup>-</sup>), dále pak závisí na teplotě a chemickém složení vody.

Reakcí volného chloru s vodou vzniká kyselina chlorná, která představuje oxidační činidlo:



Uvolněné ionty H<sup>+</sup> jsou neutralizovány ve vodě přítomnými hydrogenuhličitanů:



Rovnováha reakce se přitom posouvá ve prospěch HClO, která představuje oxidační činidlo. HClO je slabá kyselina, která disociuje:



Chlor je dávkován do vody chlorátory. Jejich princip spočívá v tom, že se přivede plynný chlor do uzavřené nádrže společně s ředící vodou, ve které se rozpustí. Vznikne chlorová voda, která se dávkuje do upravované vody, ve které je dokonale promíchána.

U menších zdrojů se používá chlornan sodný, který je také silný oxidant. Práce s ním je méně náročná na odbornou obsluhu. Reaguje silně alkalicky. Při pH > 10 je stálý,

na světle a v přítomnosti katalyzátorů (soli Fe, Mn) se rozkládá. Jelikož je reakce vody po rozpuštění  $\text{NaClO}^-$  alkalická, je chlor přítomen jako  $\text{ClO}^-$ , a proto je potřeba delší doba kontaktu než při dezinfekci plynným chlorem. Správná koncentrace je určena stejně jako u dezinfekce plynným chlorem měřením volného chloru ve vodě. Velmi podobné účinky jako chlornan sodný má roztok chlornanu vápenatého. Chlornany se dávkuje po zředění zásobního roztoku dávkovači kapalných látek. Výhodou chloru a jeho dalších sloučenin je především poměrně nízká cena, snadná příprava, dostupnost a jednoduchost dávkovacích zařízení. Tahle metoda má však řadu nevýhod, jelikož chlor na organické látky a bakterie ve vodě působí nejen oxidačně, ale i chloračně a je zde největší riziko vzniku THM a halo-octových kyselin (HAAs). [14,15,16]

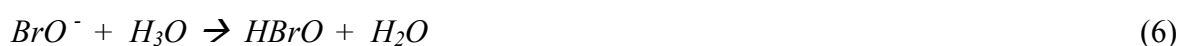
### 1.2.2 Dezinfekce vody ozonem

Ozon je za normálních podmínek plyn, který je poměrně nestálý, zapáchající a mírně namodralé barvy. Má silné oxidační účinky a je tak považován za nejsilnější dezinfekční a oxidační prostředek použitelný pro úpravu vody. Oxidace ozonem probíhá podle rovnice:



Ozon je pro lidský organizmus škodlivý. Přípustná koncentrace v ovzduší je 0,1  $\mu\text{g/l}$ . Koncentrace 0,5  $\mu\text{g/l}$  může způsobit podráždění očí a dýchacích orgánů. Vzduch obohacený ozonem se míchá s vodou v injektorech nebo v tlakových mísičích. Po dokonalém promísení plynné a kapalné fáze, musí být zajištěna požadovaná doba kontaktu vody s ozonem. Tento proces se provádí v kontaktních nádržích. Při teplotě 10°C má být minimální doba kontaktu 10 minut, při teplotě 20°C, minimálně 5 minut.

Ozon rozkládá huminové látky, barviva a fenoly bez tvorby THM, ke kterému jinak dochází při chloraci. Jeho dezinfekční účinek je větší než u chloru, je schopen ničit i viry. Jedním z nežádoucích účinků ozonizace je tvorba nebezpečných bromičnanů oxidací bromidů. Tato reakce probíhá podle rovnic:





Tyto látky mají stejně jako THM karcinogenní, teratogenní a mutagenní účinky. Ve vodárenství je častým případem při dezinfekci vody, že voda je chlorována po předchozí ozonizaci. Při tomto postupu mohou vznikat při následné chloraci při určitých dávkách ozonu vyšší koncentrace THM než bez ozonizace. Dojde k tomu, že při aplikaci nižších dávek ozonu vznikají oxidačním působením vyšší koncentrace prekurzorů THM než ve vodě před ozonizací. [15, 17, 18]

### 1.2.3 Prekurzory pro vznik THM

Prekurzorem je myšlena organická látka schopná reagovat s chlorem za tvorby trihalogenmethanů. Významnými prekurzory těchto látek ve vodách jsou fulvinové a huminové kyseliny. Experimentálně bylo zjištěno že, o 60 % více těchto sloučenin vzniká z kyselin fulvinových. Z důvodu možnosti vzniku vedlejších produktů dezinfekce má velký význam sledování organických sloučenin ve vodě. Důležitým stanovením je především stanovení rozpuštěného organického uhlíku (DOC) a absorbance v UV záření při vlnové délce 254 nm. Výjimečně se stanovuje obsah biodegradabilního organického uhlíku (BDOC) a asimilovatelného organického uhlíku (AOC).

Dalším důležitým ukazatelem, který ukazuje na souvislost mezi obsahem organických látek a vedlejších produktů dezinfekce vody chlorem je - potenciál tvorby trihalogenmethanů (PTHM). Potenciál vzniku trihalogenmethanů vyjadřuje maximální množství THM, které vznikne působením prekurzorů přítomných ve vodě. Sleduje se rozdíl mezi obsahem trihalogenmethanů v původním vzorku a jejich obsahem po 7 dnech od nachlороvání za určitých podmínek.

Hodnocením potenciálu tvorby THM v huminových vodách se zabýval kolektiv z ČVUT Praha a VŠCHT Praha, 2001. Ve své práci se zabývali hodnocením potenciálu tvorby THM a halogenderivátů kyseliny octové v huminových vodách z povodí vodárenské nádrže Fláje v Krušných horách. Tehdy provedenými experimentálními rozbory doplnili klasické ukazatele kvality vody o dva další ukazatele – PTHM a potenciál tvorby halogenderivátů kyseliny octové PHAA. [19,20]

### 1.2.4 Trihalogenmethany

Těkavé organické látky včetně trihalogenmethanů (THM) mohou být přítomny v kohoutkových a balených vodách v nepříjemných koncentracích. Několik odborných vědeckých článků uvádí nežádoucí výskyt těchto chemikálií ve zdroji, kohoutkové i balené vodě (Leivadara et al., 2008; Panyakapoetal, 2008, Wangetal, 2007).

V rámci ukazatele THM se stanovují čtyři látky, konkrétně trichlormethan ( $\text{CHCl}_3$ ), bromoform ( $\text{CHBr}_3$ ), dibromchlormethan ( $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ) a dichlorbrommethan ( $\text{CHBrCl}_2$ ). Koncentrace těchto látek se sčítá a součet je porovnán s limitní hodnotou pro trihalogenmethany. Český limit pro THM je oproti limitu evropské směrnice EU více než dvakrát přísnější. Evropská směrnice uvádí jako nejvyšší mezní hodnotu  $100 \mu\text{g/l}$ , která platí i v ČR, ale Česká republika si stanovila ještě samostatnou nejvyšší mezní hodnotu pro chloroform a to  $30 \mu\text{g/l}$ . Staré znění zákona jeho hodnotu nestanovovalo a v sumě THM mohl být zastoupen až v 80 %. Důvodem tohoto opatření bylo zpřísnit požadavky a donutit úpravny vod omezovat výskyt těchto látek, protože jsou potencionálními karcinogeny a mají nepříznivý dopad na zdraví člověka.

To že se tyto látky nacházejí v dezinfikované pitné vodě, není tedy nijak překvapivé. Že se však mohou nacházet ve vodách pramenitých, které se nesmí nijak dezinfikovat, jak již bylo zmíněno, mnohé překvapí. Nálezy těchto látek v pramenitých vodách svědčí o nedodržení správné výrobní praxe, nedostatečné ochraně zdroje a o jiných nedovolených způsobech úpravy. U vod balených má na kontaminaci případně i vliv obalových materiálů. V balených pitných vodách nalezneme tyto látky, protože výrobce stáčí do PET lahví klasickou kohoutkovou vodu. Jelikož balená pitná voda má splňovat požadavky na vodu pitnou, dle legislativy je tento proces v pořádku, pokud nejsou překročeny stanovené limity. Je pak na spotřebiteli, zda podpoří prodejce nákupem takové vod a nenatočí si vodu z kohoutku, která bude zajisté čerstvější.

Při nákupu balené vody bychom měli brát také v úvahu podmínky jejího skladování a dobu, než se voda dostane ke konkrétnímu spotřebiteli, protože i to zcela jistě ovlivňuje její kvalitu. Během skladování může totiž dojít k množení nežádoucích bakterií v lahvích.

[21,22]

#### 1.2.4.1 Trichlormethan

Známý pod názvem chloroform, je to bezbarvá, nehořlavá kapalina s nasládlým zápachem. Teplota varu činí 61°C a teplota tání -63°C. Hustotou 1483 kg/m<sup>3</sup> Je částečně rozpustný ve vodě (8,2 g/l při 20°C) a dobře mísitelný s organickými rozpouštědly. Řadíme ho mezi těkavé organické látky (VOC), (tenze par: 21 300 Pa při 20°C).

Chloroform má nepříznivé účinky na nervový systém, může vyvolat únavu, zmatečnost, podrážděnost a jiné změny chování.

Je potenciálním karcinogenem a teratogenem. Doposud nebyla dokázána přímá souvislost mezi expozicí chloroformu a zvýšeným rizikem vzniku rakoviny např. močového měchýře, protože chlorovaná voda obsahuje kromě chloroformu četné dezinfekční vedlejší produkty, které jsou potenciálně také karcinogenní. Ohledně působení na člověka nejsou tedy dostatečné důkazy pro prokázání karcinogenity. [21, 23, 24]

#### 1.2.4.2 Bromované halogenvodíky

Vedle trichlormethanu se také můžou nacházet ve vodách i bromdichlormethan, dibromchlormethan a tribrommethan. Bromované trihalogenmethany vznikají díky přítomnosti bromidů ve vodách (bromidy v přírodních vodách doprovázejí chloridy). Bromidy jsou nejprve oxidovány chlorem na brom, který má k haloformové reakci vyšší afinitu než chlor.

#### 1.2.4.3 Haloctové kyseliny

Další velmi významnou skupinou sloučenin vznikajících při chloraci vody jsou haloctové kyseliny. Obecně platí, že čím blíže je atom halogenu vázán ke karboxylové skupině tím je tato kyselina silnější. S rostoucím počtem atomů halogenu v molekule síla kyselin opět vzrůstá. Síla kyselin s halogenem vázaným na stejném místě klesá se vzrůstajícím protonovým číslem atomu halogenu. V tomto případě mluvíme především o kyselině dichloroctové a trichloroctové, jejichž aktuální koncentrace v pitné vodě může dosahovat až 100 µg/l. Koncentrace kyseliny chloroctové bývá na úrovni maximálně několika jednotek µg/l. Doporučené limitní hodnoty jsou podle WHO pro kyselinu dichloroctovou 50 µg/l a pro kyselinu trichloroctovou 100 µg/l. [19]

#### 1.2.4 Provedené testy a studie balených a pitných vod

Chemické znečišťující látky v pitné vodě představují zdravotní riziko pro celou populaci. Některé skupiny populace mohou být k těmto látkám ještě více náchylné než ostatní. Patří sem převážně děti, starší lidé nebo lidé s oslabeným imunitním systémem. Proto někteří spotřebitelé podlehnou líbivým reklamám, konzumují balenou vodu a doufají, že v ní našli záruku kvality a bezpečnosti. Realita může být ale odlišná. Proto jsou balené a pitné vody v zahraničí i v České republice průběžně sledovány a testovány.

Například v roce 2008 proběhl test americkou organizací Environmental working group - EWG, což je nezisková, nepolitická organizace, věnující se ochraně lidského zdraví a ochraně životního prostředí. Jejich šetření ukázalo chemickou kontaminaci ve všech testovaných balených vodách. V USA může být přítomnost THM v pitných vodách v koncentracích 80  $\mu\text{g/l}$  (EPA 2008, FAD 2008). Ve zkoumaných vzorcích balených pitných vod, byly tehdy nalezené koncentrace stejné, či velmi podobné. THM byly zjištěny ve čtyřech značkách balených vod, na dva až třikrát vyšší úrovni než povoluje zákon. [24,25]

Velmi zajímavá je italská studie, která proběhla v roce 2004, při které se ukázalo, že 20 % ze 74 vyšetřovaných vzorků balených vod pocházejících z přírodních minerálních zdrojů obsahovalo halogenované těkavé organické látky typu THM.

V ČR proběhl velký test balených vod v roce 2009. Bylo vybráno 18 reprezentativních vzorů různých značek balených vod. Zařazeny do testu byly balené vody neperlivé, kojenecké, minerální i pitné. Nakoupeny byly v kamenných obchodech. Pitná voda z kohoutku byla odebírána v pěti velkých městech – Ostrava, Brno, Plzeň, Praha, Liberec. Při tomto testu byl nalezen chloroform ve značkách Aquila aqualinea (0,4  $\mu\text{g/l}$ ) a Aqua Bella (5,2  $\mu\text{g/l}$ ), ve které byl ještě přítomen dichlormethan (3,4  $\mu\text{g/l}$ ). Mez detekce pro benzo(a)pyren a polycyklické aromatické uhlovodíky, u balených vod kojeneckých, pramenitých a minerálních je 0,5 ng/l. Pokud je překročena, výrobek se musí vyloučit z oběhu. Tento základní požadavek porušily tři pramenité vody – Aqua Bella, Aquila aqualinea a Bonaqua. Benzo(a)pyren byl nalezen v Bonaqua (1,9 ng/l) a v Aqua Bella (1,4 ng/l). V Aquile pak benzo(ghi)perylene (1,1 ng/l). Zarážející nález polycyklických aromatických uhlovodíků vede k otázce jak je možná jejich přítomnost v zvláště chráněných zdrojích pramenitých vod. Kontaminaci nelze zajisté stoprocentně vyloučit, ale pravděpodobnějším

zdrojem je PET lahev vyráběná z recyklovatelného materiálu. U zkoušek pitné vody byl překročen limit chloroformu v Ostravě. [22]

Nejnovější kauza pochází z listopadu 2014, kdy byl Státní zemědělskou a potravinářskou inspekcí nalezen v kojenecké vodě značky Aqua Anna chlor. S výrobcem i prodejcem bylo zahájeno správní řízení o uložení sankce. Prodejce ale mezitím stihl prodat 3 944 balení závadné šarže. [26]

Na ústavu inženýrství ochrany životního prostředí (UIOŽP) probíhalo stanovení těžkavých organických látek v pitné vodě v rámci bakalářské práce E. Lušovjanové v roce 2014. V odebraných vzorcích vod byl sledován vznik THM a u podzemních zdrojů vod kontaminace tetrachlorethenem (PCE). Na základě výsledků bylo stanoveno, že nebyly překročeny mezní limity THM udávané vyhláškou 252/2004 Sb.

### 1.2.5 Shrnutí

Množství látek, které vzniká při dezinfekci pitné vody, je velmi široké. Vznik těchto produktů rozhodně není překvapující, protože již z podstaty dezinfekce vyplývá, že použítá chemická činidla jsou velmi razantní a lze jen těžko zabránit jejich nežádoucím bočním reakcím. Samozřejmě se objevují nové technologie, které by měly pomoci k eliminaci těchto látek, či zamezení jejich vzniku, ale v praxi nejsou natolik využívány kvůli vyšší nákladnosti či jsou některé stále předmětem výzkumu. Zpřísnění povolených limitů koncentrací pro dané látky, které donutí úpravny vod omezit výskyt těchto látek, je otázkou legislativy.

Na druhou stranu, i přesto všechno, že naše legislativa zakazuje dezinfekci vod pramenitých a minerálních, a jsou stanoveny určité podmínky pro výrobce a přísnější podmínky pro výrobce vod kojeneckých, výsledky některých prováděných testů či kontrol SZPI ukazují, o nedodržení správné výrobní praxe, možném znečištění zdroje, či nedovoleném způsobu úpravy. Kvalita balené vody může být ovlivněna i skladováním a dlouhodobým uchováváním v PET lahvích. U balené vody tedy nemá zákazník vždy jistotu, že dostává produkt, který je čerstvý a vinou špatného skladování nedošlo ke snížení jeho kvality.



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 2 VZORKY A MĚŘENÍ

### 2.1 Původ a odběr vzorků

Pro analýzu byly vybrány reprezentativní vzorky balených a pitných vod. Balené vody byly zakoupeny v kamenných, velkých obchodních řetězcích, kde se předpokládají lepší podmínky pro skladování, než je tomu v malých obchodech. Do analýzy byly zahrnuty všechny typy balených vod a to jednotlivé druhy pitných, pramenitých, minerálních a kojeneckých balených vod a také pitné vody z kohoutku.

U pitných vod z vodovodní sítě byl každý vzorek odebrán do dvou 40 ml vialek, se šroubovacím uzávěrem, opatřeným plynotěsným septem. Každá vzorkovnice byla naplněna až po hrdlo, bez vzduchového polštáře. Ve vzorkovnici nesmí zůstat vzduchový polštář, protože VOCs by přešly do plynné fáze a po otevření by lehce přešly do prostoru. Z důvodu konzervace byly přidány 2-3 mg thiosíranu sodného ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ), jehož přídatek odpovídá normě ČSN EN ISO 5667-3. Po odběru byly vzorky až do analýzy uchovány při teplotě 4°C.

U všech pitných i balených vod bylo prováděno dávkování vzorku do koncentrátoru Teckmar LSC 2000 ihned po otevření lahve.

### 2.2 Použité přístroje a metoda měření

Samotné stanovení THM bylo provedeno metodou nazvanou „purge and trap“ na přístroji Teckmar LSC 2000. VOCs jsou extrahovány inertním plynem z matrice a následně jsou zachyceny na trapu, kde se koncentrují. Trapem je myšlena trubice naplněná vhodným sorbentem (VOCARB 2000). Zahřátím trapu se zkoncentrovaný vzorek uvolní a je veden do plynového chromatografu (GC) Hewlett – Packard HP 5890, kde dojde k samostatné analýze a detekci jednotlivých složek.

Do koncentrátoru TECKMAR LSC 2000 bylo při každé analýze nadávkováno pomocí dávkovače Hamilton 5 ml vzorku. Koncentrátor prochází jednotlivými kroky a je řízen mikroprocesorem. Připojen je k tlakové lahvi s dusíkem, který je stripovacím a zároveň i nosným plynem (jeho průtok 6 ml/min) a je pomocí zahříváné trubice spojen s kolonou plynového chromatografu. Kapilární kolona QUADREX má délku 30 m, vnitřní průměr 530  $\mu\text{m}$  a tloušťku filmu 3  $\mu\text{m}$ . Přístroj prochází postupně kroky:

STANDBY – klidová poloha přístroje, ustanovení počátečních podmínek.

PURGE READY – je možné dávkovat vzorek.

PURGE – krok, kdy jsou VOCs vytěšňovány ze vzorku. Inertní plyn prochází nádobkou se vzorkem a stanovované složky přenáší na trap. Na trapu jsou zachyceny a zde dojde k jejich zkoncentrování. Plyn prochází ventilem do GC, což umožňuje jeho stálý průtok kolonou. Množství vytěšněných VOCs závisí na objemu inertního plynu, který projde vzorkem. Při samotné analýze byla nastavena doba stripování 11 minut a objem plynu 440 ml.

DRY PURGE – sušení, 3-4 minuty, dusík prochází jen trapem se vzorkem, aby byla odstraněna zkondenzovaná voda.

DESORB READY – přístroj signalizuje, že je připraven poslat vzorek do chromatografu.

DESORB PREAHEAT – predehřátí trapu na 245°C před desorbci, analyzované složky se uvolní ze sorbentu.

DESORB – desorpce z trapu při zvýšení teploty na 250°C, 4 minuty. Vzorek je vypuzen nosným plynem do kolony plynového chromatografu, díky šesticestnému ventilu, který změní tok plynu tak, že zachycené látky jsou vytěšněny z trapu opačným směrem, než na něj byly zachyceny.

BAKE – vypékání trapu při 260°C, 4 minuty, odstranění zbytků organických látek a vody z předchozího vzorku.

Nastavené parametry na chromatografu:

OVEN TEMP 35 °C, INIT VALUE 35 °C, INIT TIME 10 min, RATE 4 DEG/min, FINAL VALUE 150, FINAL TIME 5,00, INJ A TEMP OFF, INJ B TEMP OFF, DET A TEMP OFF, DET B TEMP 250 °C, DET A (FID) OFF, DET B (ECD) ON.

Jako detektor byl použit ECD detektor, který se používá při stanovení organických halogenovaných sloučenin. Detektor s elektronovým záchytem je velmi citlivý, tudíž vhodný pro analýzy, kde sledujeme již velmi nízké koncentrace látek. Principem je použití beta zářiče k ionizaci nosného plynu. Generované beta částice jsou velmi rychlé a srážejí se s molekulami nosného plynu nebo stanovované látky. Dochází ke vzniku pomalých, volných elektronů, které vytvářejí rovnoměrný měřitelný proud. Pokud analyzovaný plyn obsahuje organické molekuly s elektronegativními funkčními skupinami (jako halogenové

skupiny), elektrony jsou zachyceny a měřený proud se sníží. Snížení toku je přímo úměrné množství elektronegativní složky v analyzovaném vzorku.

Signál z detektoru byl zachycen pomocí dvouliniového integrátoru Hewlett – Packard HP 3396. Intenzita signálu byla zaznamenána pomocí peaků a podle jejich polohy a retenčních časů mohla být provedena identifikace jednotlivých složek. Velikost peaku pak určuje kvantitativní zastoupení dané složky.

## 2.3 Zpracování naměřených výsledků

Abychom mohli stanovit koncentraci chloroformu v neznámých vzorcích, bylo nutné proměřit a sestavit kalibrační křivku. V tomto případě je kalibrační křivka grafické znázornění závislosti velikosti plochy peaků na koncentraci chloroformu ve vodě. Pro sestavení byly použity standardní roztoky stanovované látky o známé koncentraci.

### 2.3.1 Příprava standardního roztoku chloroformu

Do 10 ml odměrné baňky bylo nadávkováno 9 ml methanolu. Baňka s metanolem byla umístěna na analytických vahách a zvážena. Následně bylo pomocí pipety přidáno několik kapek chloroformu a tento přírůstek zvážen (25 mg). Odměrná baňka byla doplněna methanolem po rysku. Takto připravený standard o koncentraci 2 500 mg/l byl využit k přípravě dalších standardů ředěním.

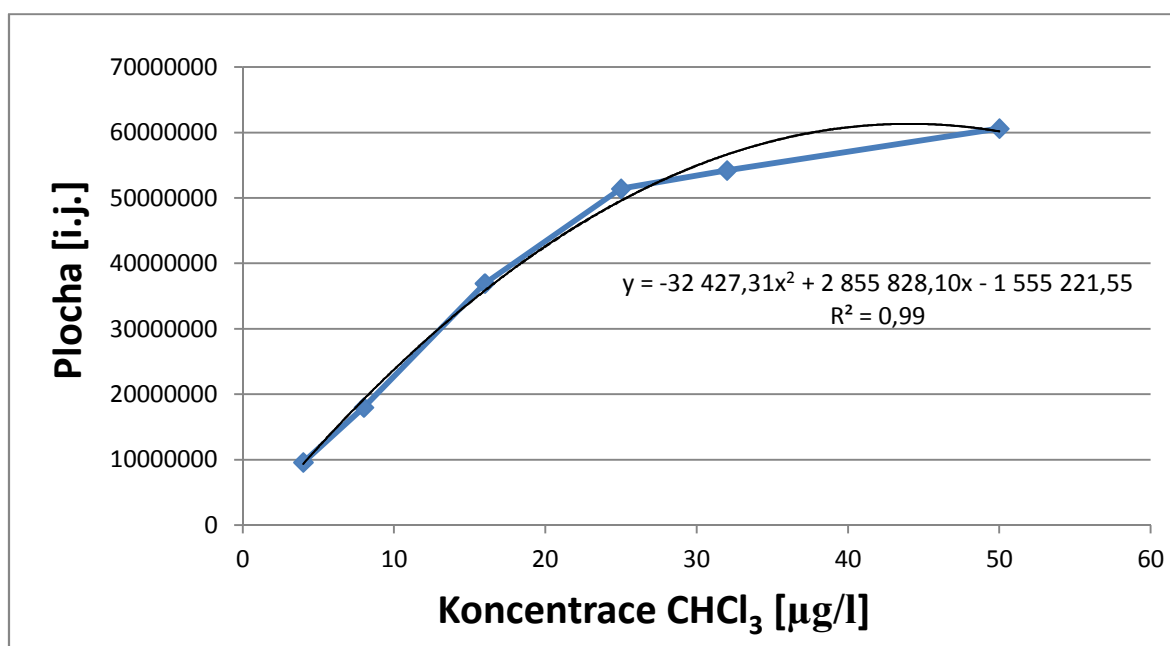
Standardní roztok chloroformu o koncentraci 250 mg/l  $\text{CHCl}_3$  byl připraven odebráním 1 ml standardu o koncentraci 2 500 mg/l do 10 ml odměrné baňky a doplněn methanolem po rysku.

Při dávkování 5 ml vody a 1  $\mu\text{l}$  standardu o koncentraci 250 mg/l, je výsledná koncentrace  $\text{CHCl}_3$  v 1 l  $\text{H}_2\text{O}$  50  $\mu\text{g}$ . Následným ředěním byly sestaveny další standardní roztoky se snižující se koncentrací  $\text{CHCl}_3$ .

Do koncentrátoru Teckmar LSC 2000 bylo nadávkováno pomocí dávkovače 5 ml vody neobsahující THM (voda Mattoni) a k ní bylo přidáno pomocí stříkačky Hamilton určité množství standardu, tak aby výsledné koncentrace chloroformu ve vodě byly v rozsahu (4 – 50  $\mu\text{g/l}$ ). Z průměrných naměřených hodnot ploch peaků, získaných jako odezva ECD detektoru pro příslušnou koncentraci, byla sestavena kalibrační křivka. Kalibrační křivka byla sestavena z rozmezí takových koncentrací, které jsou dostatečně široké, aby se výsledky vešly mezi nejnižší a nejvyšší hodnoty.

Tabulka č 1. Naměřené hodnoty plochy peaků použité k sestavení kalibrační křivky chloroformu

Koncentrace CHCl <sub>3</sub> [μg/l]	Měření č. 1 Placha peaku [i.j.]	Měření č. 2 Plocha peaku [i.j.]	Průměrná hodnota [i.j.]
4	9576840	9601250	9589000
8	17947400	18024635	17990000
16	36845213	37046214	36950000
25	52356736	50461472	51410000
32	54213056	54237941	54220000
50	60510592	60705248	60610000



Obr. č. 1 Kalibrační křivka

### 2.3.2 Stanovení dichlorbromethanu, dibromchlormethanu a bromoformu

Bromované halogenmethany byly stanovovány pouze kvalitativně. Pro bromdichlormethan, dibromchlormethan a bromoform nebyly stanoveny přesné koncentrace, v tabulkách je tedy uvedeno pouze detekován +, nedetekován -.

### 3 VÝSLEDKY A DISKUZE

Po proměření všech vybraných vzorků byly z jednotlivých chromatogramů zpracovány výsledky a zaznamenány do přehledných tabulek č. 2-5.

#### 3.1 Naměřené koncentrace chloroformu v pitných kohoutkových vodách

Tabulka č 2. Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v pitných kohoutkových vodách

Odběrové místo	Koncentrace $\text{CHCl}_3$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	$\text{CHBrCl}_2$	$\text{CHBr}_2\text{Cl}$	$\text{CHBr}_3$
U1, 1. odběr	25,89	+	+	-
U1, 2. odběr	23,92	+	+	-
U1, 3. odběr	23,72	+	+	-
Podhoří	23,02	+	+	+
Zádveřice	21,54	+	+	-

Pitná voda, ve které bylo sledováno množství chloroformu, je upravována Úpravnou vody Klečůvka, která upravuje vodu z nedaleké přehrady Slušovice (tedy vodu podzemní) a zásobuje tak celou východní část Zlína, až po místní část Prštne. Úpravna vyrobí 150-180 l/s, což činí 4,5 – 5 milionů litrů za rok. K zajištění zdravotní nezávadnosti je zde používán chlor a chlordioxid. Vedení ÚV v současnosti uvažuje o zařazení ozonizace do úpravárenské technologie. (Exkurze 18. 3. 2015 na Úpravně vody Klečůvka)

Stanovené koncentrace chloroformu v jednotlivých vzorcích pitných vod se od sebe výrazně neliší. Nejnižší koncentrace chloroformu 21,54  $\mu\text{g/l}$  byla změřena ve vzorku pocházejícího z odběrového místa Slušovice, které se nachází nejbližší k úpravně vody Klečůvka. Ani v jednom z analyzovaných vzorků nebyl překročen nejvyšší mezní limit pro chloroform v pitných vodách, který je 30  $\mu\text{g/l}$ .

### 3.2 Naměřené koncentrace chloroformu v balených pitných vodách

Tabulka č 3. Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v balených pitných vodách

Označení vzorku	Koncentrace $\text{CHCl}_3$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	$\text{CHBrCl}_2$	$\text{CHBr}_2\text{Cl}$	$\text{CHBr}_3$
BP1	21,37	+	+	+
BP2	3,16	+	+	+
BP3	0,69	-	-	-
BP4	-	-	-	-

**BP1** – Tesco Value, pitná voda nesycená, Z deklarace: baleno v ochranné atmosféře, výrobce: Poděbradka, a.s.

**BP2** – Ave Aqua, pitná voda neperlivá, Z deklarace: zdrojem pramen Beneta, výrobce: Horáková benátecká sodovkárna v.o.s.

**BP3** – Clever, pitná voda neperlivá, Z deklarace: baleno v ochranné atmosféře, ošetřeno UV zářením, výrobce: VESETA spol. s.r.o., prodávající: BILLA, spol.

**BP4** – Albert Quality, neperlivá pitná voda, Z deklarace: ošetřeno UV zářením, prodávající: AHOLD a.s.

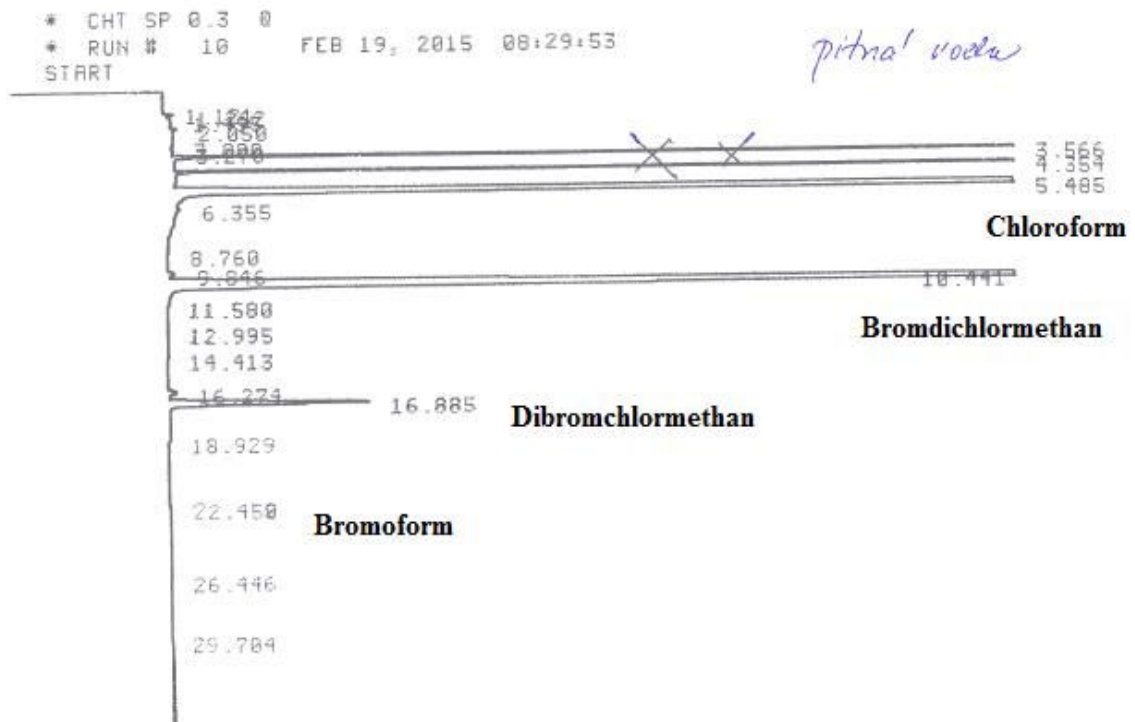
Dále byly sledovány koncentrace chloroformu v balených pitných vodách. Podle stanovené koncentrace chloroformu a přítomnosti ostatních THM v balené pitné vodě značky Tesco můžeme konstatovat, že je to voda stáčená do PET lahví z kohoutku. Pokud porovnáme chromatogram pitné vody a chromatogram balené pitné vody Tesco, již pouhým pohledem vidíme, že velikosti peaků patřící k jednotlivým zástupcům THM jsou si velmi podobné. Ani v tomto případě nebyl překročen mezní limit chloroformu týkající se

balených pitných vod, který činí 30  $\mu\text{g/l}$ . Jinak řečeno, voda vyhovuje normě na pitnou vodu.

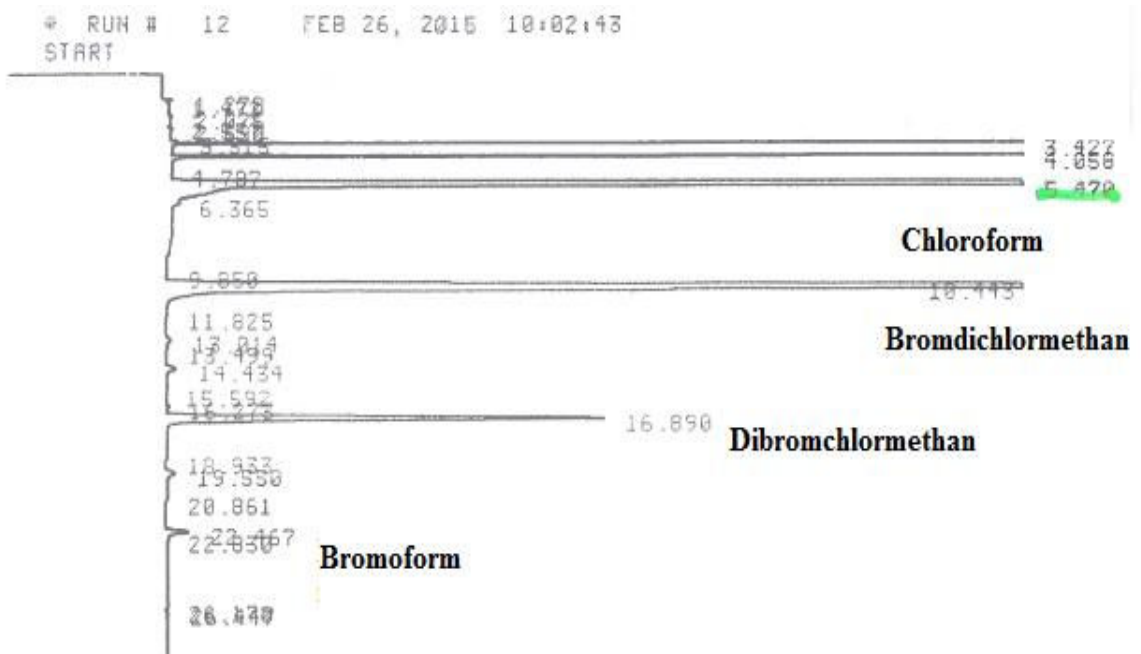
Velmi nízké, stopové koncentrace chloroformu byly nalezeny ve vzorcích balené pitné vody Ave Aqua, zakoupené v obchodním řetězci Enapo a balené pitné vody značky Clever, zakoupené v obchodním řetězci Billa. Ave Aqua je označena jako balená pitná voda, na etiketě se ale dozvíme, že jejím zdrojem je pramen Beneta. Voda je tedy původem pramenitá, pravděpodobně mírně dochlorovaná, prodávaná jako balená pitná. Detekováni byli i ostatní zástupci THM. U vzorku vody Clever byl detekován pouze chloroform a to ve stopovém množství 0,69  $\mu\text{g/l}$ .

U balené pitné vody značky Albert nebylo zaznamenáno žádné množství THM a můžeme ji označit jako neupravenou chlorem, či bez přítomnosti látek, které by byly prekurzory vzniku THM při chloraci.





Obr. č. 2 Chromatogram vzorku pitné vody odebrané na U1



Obr. č. 3 Chromatogram vzorku balené pitné vody značky

### 3.3 Stanovení chloroformu a THM v balených pramenitých a kojeneckých vodách

Legislativa nám jasně říká, že druh těchto balených vod je zakázané upravovat chlorem, neměly bychom v nich tedy nalézt jednotlivé zástupce z řad THM. Pod tabulkou naměřených výsledků jsou vypsány informace z etiket testovaných vzorků pramenitých vod, které informují zákazníka o názvu, druhu a výrobci balené vody. Dozvíme se také lokalitu a pramen, z kterého voda pochází. Na etiketě bývá také uvedeno celkové množství rozpuštěných látek v mg/l a výtazek z chemické analýzy.

Tabulka č. 4 Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v balených pramenitých vodách

Označení vzorku	Koncentrace			
	$\text{CHCl}_3$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	$\text{CHBrCl}_2$	$\text{CHBr}_2\text{Cl}$	$\text{CHBr}_3$
PN1	-	-	-	-
PN2	-	-	-	-
PN3	14,33	+	+	+
PN4	-	-	-	-
PN5	4,74	-	-	-
PN6	-	-	-	-
PP1	6,29	+	-	-

**PN1** – Toma natura, pramenitá neperlivá, Z deklaráce: lokalita – Adršpašské skály, pramen Natura, výrobce: Pepsi Americas, General Bottlers Water, ČR.

**PN2** – Aqua Bella, pramenitá voda nesycená, Z deklaráce: úprava odstraněním sloučenin železa filtrací, lokalita – CHKO Třeboňsko.

**PN3** – Aqua Anna, pramenitá voda, Z deklaráce: vhodná pro přípravu stravy

s nízkým obsahem sodíku, celková mineralizace: 324 mg/l, výrobce: Aqua Nova s.r.o.

lokalita – Radiměř.

**PN4** – Rija San Terra Aqua, pramenitá voda nesycená, Z deklarace: odželezněno, odmanganováno, baleno v ochranné atmosféře, zdroj: RIJA, Litovel.

**PN5** – Tesco, pramenitá voda nesycená, Z deklarace: odželezněno, lokalita – Byňov, výrobce: Poděbradka, a.s.

**PN6** – Rajec, pramenitá voda nesycená, Z deklarace: lokalita – Rajecká Lesná.

**PP1** – Aquila aqualinea, pramenitá voda jemně perlivá, Z deklarace: celkové množství rozpuštěných látek: 260 mg/l, lokalita – Kyselka, zdroj: Aquila Karlovarské minerální vody a.s.

Přítomnost THM jsem hledala i v kojeneckých balených vodách. Etikety těchto druhů vod taktéž informují zákazníka o názvu výrobce, zdroji a lokalitě odkud voda pochází. Přidává se také upozornění, že voda je zproštěna jakýchkoliv úprav a je přísně sledována akreditovanou chemickou laboratoří. Na etiketě by také mělo být uvedeno, že voda je vhodná k úpravě kojenecké stravy a to i bez převaření.

Tabulka č. 5 Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v kojeneckých vodách

Označení vzorku	Koncentrace			
	$\text{CHCl}_3$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	$\text{CHBrCl}_2$	$\text{CHBr}_2\text{Cl}$	$\text{CHBr}_3$
PK1	-	-	-	-
PK2	-	-	-	-
PK3	-	-	-	-

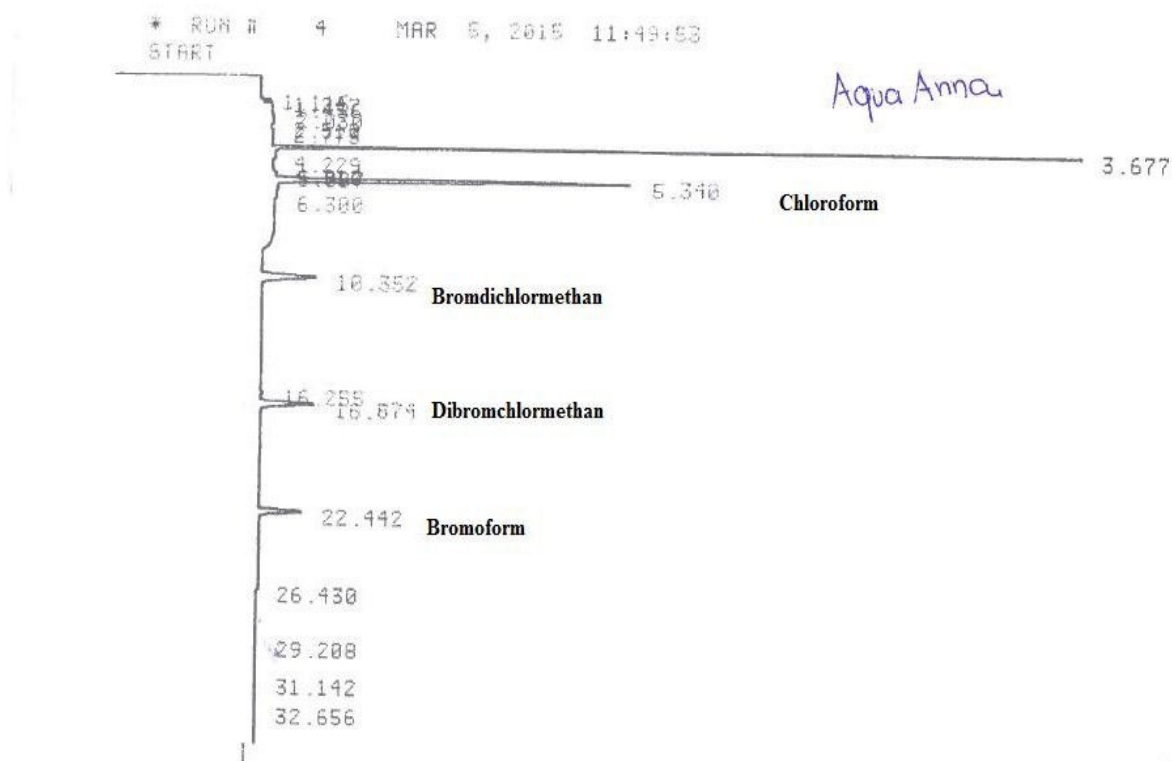
**PK1** – Horský pramen – pramínek, kojenecká voda, Z deklarace: s nízkým obsahem sodíku, celková mineralizace: 175 mg/l, lokalita – Nízký Jeseník.

**PK2** – Saguaro, kojenecká voda neperlivá, Z deklarace: vhodná k přípravě kojenecké stravy i bez tepelné úpravy, celková mineralizace: 149 mg/l

**PK3** – Rajec, pramenitá kojenecká voda, Z deklarace: celková mineralizace: 317 mg/l, zdroj: Rajec, lokalita – Rajecká Lesná.

Balené vody pramenité a kojenecké nesmí obsahovat cizorodé organické látky ve zjistitelném množství. Po provedené analýze mohu konstatovat, že tento základní požadavek porušily tři pramenité vody.

$\text{CHCl}_3$  byl tedy nalezen ve třech značkách balených pramenitých vod – Aqua Anna, Aquila aqualinea a Tesco. Ve značce Aqua Anna byla koncentrace nejvyšší, tedy 14,33  $\mu\text{g/l}$ . V této značce balené pramenité vody nalezla Státní zemědělská a potravinářská inspekce v listopadu roku 2014 chlor. Závadná voda byla dokonce prodávána jako kojenecká, do které se nesmí přidávat žádné jiné látky s výjimkou  $\text{CO}_2$  a vztahují se na její kvalitu nej přísnější požadavky. Senzorické hodnocení potvrdilo zápach po chloru a následnou laboratorní analýzou byl stanoven jeho obsah na 0,12 mg/l. Inspekce zahájila kontrolu u výrobce, protože jinde se s největší pravděpodobností nemohl chlor do vody dostat. S prodejcem i výrobcem tehdy zahájila SZPI řízení o uložení sankce. (Zpravodajský server Lidových novin).



Obr. č. 4 Chromatogram vzorku balené pramenité vody značky Aqua Anna

Koncentrace 6,29  $\mu\text{g/l}$  chloroformu byla nalezena v Aquila aqualinea, v které byl chloroform již také zaznamenán při testu balených a pitných vod, který proběhl v ČR v roce 2009. (dTEST: *Opravdu víte, co pijete?*). Spotřebitelský časopis dTEST tehdy provedl detailní analýzu pitné vody z kohoutku a všech druhů balených pitných vod v ČR. V Aquila aqualinea jsem zaznamenala stopu jednoho z bromovaných halogenmethanů a to bromdichlormethanu. U pramenité vody značky Tesco, nebyli detekováni žádní zástupci z řad bromovaných halogenmethanů, jejich koncentrace tedy může být pod mezí detekce zvolené metody.

V měřených vzorcích kojeneckých vod nebyla nalezena žádná koncentrace ani stopové množství THM. Ve všech případech kojeneckých vod, je jejich zdrojem pramen a mohou rozhodnout, že splňují veškeré požadavky na kojenecké vody.

### 3.4 Stanovení chloroformu a THM v balených přírodních minerálních vodách

Metodou purge and trap jsem testovala i balené přírodní minerální vody. Z hlediska legislativy by neměla být potvrzena přítomnost THM stejně jako u vod pramenitých.

Tabulka č. 6 Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v balených přírodních minerálních vodách

Označení vzorku	Koncentrace			
	$\text{CHCl}_3$ [ $\mu\text{g/l}$ ]	$\text{CHBrCl}_2$	$\text{CHBr}_2\text{Cl}$	$\text{CHBr}_3$
MV1	-	-	-	-
MV2	-	-	-	-
MV3	-	-	-	-
MV4	-	-	-	-
MV5	-	-	-	-

**MV1** – Evian, přírodní minerální voda nesycená, Z deklarace: celkové množství rozpuštěných látek: 309  $\text{mg/l}$ , zdroj: pramen Cachat, zdroj – Evian, Francie.

**MV2** – Dobrá Voda, přírodní minerální voda, Z deklarace: nízký obsah minerálních látek, obsah celkových látek: 104 mg/l, lokalita – Byňov.

**MV3** – Mattoni, přírodní minerální voda, Z deklarace: středně mineralizovaná, Celkový obsah rozpuštěných látek: 525 mg/l, lokalita – Kyselka u Karlových Varů.

**MV4** – Pramen Divů, nízkomineralizovaná voda, Z deklarace: nízký obsah sodíku, lokalita: Karpatské hory.

**MV5** – Korunní, přírodní minerální voda, Z deklarace: celková mineralizace 758 mg/l.

V posledním případě proběhla analýza ve vybraných vzorcích balených přírodních minerálních vod. Ze získaných chromatogramů vyplývá, že ani jeden ze vzorků neobsahoval žádné množství THM a vody jsou tedy z tohoto hlediska naprosto vyhovující. Můžeme tedy potvrdit, že tyto vody nepřišly do kontaktu s chlorem či s látkami, které by vedly k tvorbě trihalogenmethanů.

## ZÁVĚR

Cílem práce bylo zaměřit se na těkavé organické látky, vznikající jako vedlejší produkty dezinfekce vody. Ve vybraných vzorcích pitné vody a zvláště ve vzorcích balených vod stanovit koncentraci chloroformu pomocí metody „purge and trap“ a plynové chromatografie. Výsledky poté porovnat s platnou vyhláškou Ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly čisté vody a s Vyhláškou č. 275/2004 Sb., o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy.

Po provedení analýzy a zpracování výsledků z jednotlivých chromatogramů mohu konstatovat, že ve vzorcích pitné vody upravované Úpravnou Klečůvka, nebyly překročeny mezní limity pro chloroform a ostatní THM uvedeny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb. Nejmenší koncentrace chloroformu byla nalezena v nejbližším odběrovém místě úpravny a to v Zádveřicích. Účinnost dezinfekce závisí totiž i na délce kontaktu dezinfekčního činidla s organickými látkami ve vodě. Proto nalezneme nejnižší koncentrace THM nejbliže úpravně vody a s rostoucí vzdáleností se bude koncentrace THM zvyšovat.

Výsledky měření u vzorků balené pitné vody hodnotím velmi pozitivně. Předpokládala jsem, že balená pitná voda nemá před kohoutkovou vodou žádné přednosti a její kvalita je s ní srovnatelná. Očekávala jsem koncentrace chloroformu podobné jako u pitných vod čerpaných z vodovodní sítě. Můj předpoklad se opíral o skutečnost, že balená pitná voda má splňovat požadavky na pitnou vodu. Mezní koncentrace chloroformu je tedy i u balené pitné vody 30 µg/l. Čekala jsem tedy, že výsledky ukážou, že pro výrobce je výhodné stáčet vodu z kohoutku do PET lahví a tu poté distribuovat. Zatímco ale ve třech vzorcích balené pitné byla naměřena koncentrace chloroformu velmi nízká. U vzorku balené pitné vody značky Albert, zakoupené ve stejnojmenném obchodním řetězci, nebyl chloroform detekován vůbec. Pouze o balené pitné vodě značky Tesco můžeme říci, že je to s velkou pravděpodobností pitná voda stáčená do PET lahví z kohoutku. Naměřená koncentrace chloroformu 21,37 µg/l v této vodě nepřekračuje mezní limit pro chloroform v balených pitných vodách.

Základní požadavek na pramenité vody, že nemohou obsahovat žádné cizorodé organické látky v zjiitelném množství, jak již bylo zmíněno v praktické části práce, porušily tři z deseti analyzovaných pramenitých vod. Ve dvou případech, u pramenité vody značky Aqua Anna a Aquila Aqualinea, byla již v minulosti naměřena koncentrace chloro-

formu, a to při testu balených a pitných vod, který proběhl v roce 2009. Koncentraci chlo-roformu jsem zaznamenala také u balené pramenité vody značky Tesco. Přítomnost těchto látek svědčí o tom, že výrobce s největší pravděpodobností zdroj mírně dezinfikuje, i když to zákon zakazuje.

Ve vybraných kojeneckých a přírodních minerálních vodách nebyla zaznamenána žádná koncentrace ani stopové množství THM. Výsledky tedy splnily mé očekávání, a tyto balené vody můžeme z hlediska THM označit jako zcela vyhovující.

Závěrem práce bych chtěla podotknout, že je důležité si uvědomit, že všechna naše pitná voda pochází z podobného zdroje. Ať už cestuje potrubím do našeho domova či si ji koupíme zabalenou v láhvi. Balená pitná voda tedy není odpovědí na hledání pitné vody čisté, ničím nezátížené a bez chemických škodlivin. Namísto toho je naléhavě nutná ochra-na kvality zdroje a zdokonalování se v strategiích úpravy pitné vody.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých zákonů.
- [2] Vyhláška č. 275/2004 Sb. o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy.
- [3] MICHEK, V., DAŘÍČKOVÁ, A.: *Upravujeme vodu doma a na chatě*, Grada Publishing a.s., Praha, 2007, ISBN 978-80-247-1546-9.
- [4] ODSTRČIL, J., ODSTRČILOVÁ, M.: *Chemie potravin*, Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotních oborů, Brno, 2006, s. 138-139, ISBN 80-7013-435-6.
- [5] KVĚT, R.: *Minerální vody České republiky*, vydalo vydavatelství Akcent, Třebíč, 2011, s. 11, ISBN 978-80-7268-862-3.
- [6] HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E.: *Hydrobiologie*, vydalo nakladatelství Informatorium, spol. s.r.o. Praha 4, 1998, s. 38, ISBN 80-86073-27-0.
- [7] ROP, O., HRABĚ, J.: *Nealkoholické a alkoholické nápoje*, UTB, FT, 2009, ISBN 978-80-7318-748-4.
- [8] Státní zdravotnický ústav, online: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/rady-spotrebitelum-balenych-vod>
- [9] Balená voda, online: <http://balena-voda.eu/>
- [10] Kojenecká voda, online: <http://kojenecka-voda.info/>
- [11] DISA, Dezinfekce vody pomocí UV záření, online: <http://www.disa.cz/dezinfekce-vody-pomoci-uv-zareni-18>.
- [12] ŠAŠEK, J., KOPECKÝ, J., KOŽÍŠEK, F.: *Problematika desinfekce vody UV zářením*, Státní zdravotnický ústav, Praha, 2001.
- [13] PITTER, P.: *Hydrochemie*, SNTL- Nakladatelství technické literatury Praha 1, 1981, s. 241-272, 04-636-81.
- [14] ŽÁČEK, L.: *Chemické a technologické procesy úpravy vody*, NOEL 2000, Brno 1990, ISBN 80-860-2022-2.
- [15] MALÝ, J., MALÁ, J.: *Chemie technologie vody*, NOEL 2000, Brno 1996, s. 82-86, ISBN 80-86020-13-4.

- [16] SLAVÍČKOVÁ, K., SLAVÍČEK, M.: *Vodní hospodářství obcí I – Úprava a čištění vody*, ČVUT, Praha, 2006, s. 65-68, ISBN 80-01-03534-4.
- [17] LANGLAIS, B., BRINK, D. R., RECKHOW, D. A.: *Ozone in water treatment application and Engineering*, Lewis Publishers, by CRC Pressllc, 1997, ISBN 0-87-371-474-1 7318-748-4.
- [18] STRNADOVÁ, N., JANDA, V.: *Technologie vody I*, Praha, 1995, ISBN 80-7080-226-X.
- [19] JANDA, V., PECH, P., PECHOVÁ, M: *Dezinfekce vody a její nežádoucí vedlejší produkty*, VŠCHT, Praha, Kvasný průmysl, roč. 50/2004, č. 11-12.
- [20] GRUNWALD, A., JANDA, V., FIŠAR, P., BÍŽOVÁ, J., ŠŤASTNÝ, B.: *Hodnocení potenciálu tvorby THM v huminových vodách*, výzkum ČVUT Praha a VŠCHT Praha, 2001.
- [21] IKEM, A.: Measurement of volatile organic compounds in bottled and tap waters by purge And trap GC-MS: Are drinking water types different? *Journal of food composition and Analysis*, 23, 70-77, 2010.
- [22] Spotřebitelský časopis dTEST: *Opravdu víte, co pijete?* 10, s. 36-49, 2009.
- [23] Profil trichlormethanu na stránkách IRZ, online: <http://www.irz.cz/node/101>.
- [24] EPA, Pollutants and Toxics, online: <http://www.epa.gov/ncea/iris/subst/0025.htm>.
- [25] Environmental working group: Bottled Water Quality Investigation: Test Results: *Chemicals in bottled water*, online: <http://www.ewg.org/research/bottled-water-quality-investigation/test-results-chemicals-bottled-water>.
- [26] Zpravodajský server Lidových novin, online: [http://byznys.lidovky.cz/v-kojenecke-vode-z-kauflandu-byl-chlor-lide-koupili-tisice-lahvi-pw3-/firmy-trhy.aspx?c=A141121\\_113311\\_firmy-trhy\\_pave](http://byznys.lidovky.cz/v-kojenecke-vode-z-kauflandu-byl-chlor-lide-koupili-tisice-lahvi-pw3-/firmy-trhy.aspx?c=A141121_113311_firmy-trhy_pave).

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

THM	Trihalogenmethany
SZPI	Státní zemědělská a potravinářská inspekce
PET	Polyethylentereftalát
UV	Ultrafialové záření
HAAs	Halooctové kyseliny
DOC	Rozpuštěný organický uhlík
BDOC	Biologicky rozložitelný rozpuštěný organický uhlík
AOC	Asimilovatelný organický uhlík
PTHM	Potenciál tvorby trihalogenmethanů
PHAA	Potenciál tvorby halogenderivátů kyseliny octové
EPA	Environmental Protection Agency
TOC	Celkový organický uhlík
WHO	World Health Organization
EWG	Environmental Working Group
PCE	Tetrachlorethen
VOCs	Těkavé organické látky
GC	Plynový chromatograf
ÚV	Úpravna vody

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1 Kalibrační křivka

Obr. č. 2 Chromatogram vzorku pitné vody odebrané na U1

Obr. č. 3 Chromatogram vzorku balené pitné vody značky Tesco

Obr. č. 4 Chromatogram vzorku balené pramenité vody značky Aqua Anna

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka č 1. Naměřené hodnoty plochy peaků použité k sestavení kalibrační křivky chloroformu

Tabulka č 2. Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v pitných kohoutkových vodách

Tabulka č 3. Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v balených pitných vodách

Tabulka č. 4 Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v balených pramenitých vodách

Tabulka č. 5 Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v kojeneckých vodách

Tabulka č. 6 Naměřené hodnoty  $\text{CHCl}_3$  a detekce bromovaných halogenmethanů v balených přírodních minerálních vodách

