

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chemie**



**Vliv obsahu minerálních látek na sensorické vlastnosti  
pitné a minerální vody**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Martin Švácha**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.**

© 2017 ČZU v Praze

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv obsahu minerálních látek na sensorické vlastnosti pitné a minerální vody" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne

---

## **Poděkování**

Rád bych upřímně poděkoval Ing. Matyáši Orsákovi, Ph.D. za pomoc při vypracování diplomové práce, za odborné vedení, trpělivost a čas, který mi věnoval. Dále bych rád poděkoval Katedře chemie za poskytnutí potřebných materiálů a prostor.

# Vliv obsahu minerálních látek na sensorické vlastnosti pitné a minerální vody

## Souhrn

Balené vody jsou v České republice velmi oblíbené. Na trhu můžeme nalézt velké množství minerálních, pramenitých a pitných vod, které jsou, co se týče složení minerálních látek velmi diverzifikované.

Literární přehled se v první části zabývá legislativou balených vod a možnými technologickými postupy při úpravě vody.

V druhé části popisuje minerální látky, které se ve vodách vyskytují nejvíce a jiné důležité parametry, které se obvykle ve vodě měří. Tato část se věnuje i zdravotním účinkům a potřebě těchto látek v těle člověka.

V praktické části bylo analyzováno 15 vybraných druhů balených nesycených neochucených vod. Tato práce se skládala ze stanovení 8 parametrů vody (vodivosti, pH, obsahu sodíku, draslíku, hořčíku, vápníku, chloridů a hydrogenuhličitanů) a ze sensorické analýzy, kde byla posuzována celková chuť vod.

Analýza naznačuje, že chuť vody ovlivňuje pozitivně hlavně pH a negativně vodivost, obsah sodíku a obsah hydrogenuhličitanů. Dále se také ukázal rapidní pokles v chuti u vod, které mají obsah celkových rozpuštěných látek vyšší než 450 mg/l.

**Klíčová slova:** chloridy, tvrdost vody, sycená, voda, pH, vodivost, mineralizace

# **Influence of the minerals on sensory properties of drinking mineral water**

## **Summary**

Bottled water is very popular in Czech republic. We can find a lot of kinds of mineral, spring and drinking water, which are very diversified in terms of mineral composition.

The literature review deals in the first part with legislation of bottled water and technological processes in water treatment.

The second part describes selected mineral compounds, that are most presented in water and other important parameters, which are usually measured. This section also deals with health effects of these substances.

In the practical part, 15 species of non-carbonated non-flavored water were analysed. This study is consisted of determination of 8 water parameters (conductivity, pH, level of sodium, potassium, magnesium, calcium, chloride and bicarbonate) and of the sensory analysis, where was judged overall palatability of water.

Analysis indicates that water palatability are affected positively by pH and negatively by conductivity, and contents of sodium and bicarbonate. Study also showed rapid decrease in palatability of water, when levels of total dissolved solids were greater than 450 mg/l.

**Keywords:** chlorides, hardness of water, carbonated water, pH, conductivity, mineralization

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Hypotéza.....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Literární přehled .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Legislativa .....</b>	<b>12</b>
3.1.1	Legislativní přehled .....	12
3.1.2	Definice balených vod .....	13
3.1.3	Druhy balených vod.....	13
3.1.4	Typy kontrol balených vod .....	15
3.1.5	Označování balených vod .....	16
<b>3.2</b>	<b>Technologie úpravy balených vod.....</b>	<b>16</b>
3.2.1	Subtraktivní (odčítací) procesy .....	17
3.2.1.1	Sítování (odstraňování nečistot) .....	17
3.2.1.2	Sedimentace.....	17
3.2.1.3	Flotace .....	18
3.2.1.4	Makro filtrace .....	18
3.2.1.5	Mikro filtrace .....	18
3.2.1.6	Ultrafiltrace: reversní osmóza .....	19
3.2.1.7	Elektro dialýza .....	19
3.2.1.8	Hydro-cyklóny centrifugace .....	19
3.2.1.9	Absorpční procesy .....	20
3.2.1.10	Destilace .....	20
3.2.1.11	Odplyňování .....	21
3.2.2	Substituční procesy .....	21
3.2.2.1	Měkčení.....	21
3.2.2.2	Výměna iontů .....	21
3.2.2.3	Demineralizace.....	22
3.2.3	Aditivní procesy.....	22
3.2.4	Energetické procesy .....	23
<b>3.3</b>	<b>Voda .....</b>	<b>24</b>
3.3.1	Faktory sledované ve vodě.....	25
3.3.1.1	Konduktivita .....	25
3.3.1.2	pH .....	25

3.3.1.3	Tvrdość vody .....	26
3.3.1.4	Sodík ve vodě .....	26
3.3.1.5	Draslík ve vodě .....	27
3.3.1.6	Vázaný oxid uhličitý.....	27
<b>3.4</b>	<b>Minerální látky.....</b>	<b>28</b>
3.4.1	Vápník	28
3.4.1.1	Výskyt v organismu .....	28
3.4.1.2	Příjem a resorpce .....	28
3.4.1.3	Faktory ovlivňující požadovaný příjem vápníku .....	31
3.4.1.4	Vliv vápníku na lidský organismus.....	32
3.4.2	Hořčík	33
3.4.2.1	Výskyt v organismu .....	33
3.4.2.2	Příjem a resorpce .....	34
3.4.2.3	Faktory ovlivňující příjem hořčíku .....	37
3.4.2.4	Vliv na lidský organismus .....	37
3.4.3	Sodík	39
3.4.3.1	Výskyt v organismu .....	39
3.4.3.2	Příjem a metabolismus.....	39
3.4.3.3	Vliv sodíku na lidský organismus.....	40
3.4.4	Draslík	41
3.4.4.1	Výskyt v organismu .....	41
3.4.4.2	Příjem a resorpce .....	41
3.4.4.3	Vliv na lidský organismus .....	42
3.4.4.4	Interakce s ostatními elementy.....	42
3.4.5	Chlor	43
3.4.5.1	Výskyt v organismu .....	43
3.4.5.2	Příjem a metabolismus.....	43
3.4.5.3	Vliv chloru na lidský organismus .....	43
<b>3.5</b>	<b>Obecné principy metod stanovení vod.....</b>	<b>44</b>
3.5.1	Stanovení vápníku, hořčíku, sodíku a draslíku .....	44
3.5.1.1	Chelatometrie.....	44
3.5.1.2	Emisní spektrometrie .....	44

3.5.1.3	Atomová absorpční spektrometrie (atomová absorpční spektroskopie, AAS) .....	45
3.5.1.4	Chelatometrické stanovení vápníku a hořčíku.....	45
3.5.1.5	Stanovení sodíku a draslíku plamenovou emisní spektrometrií (AES)	46
3.5.1.6	Stanovení vápníku a hořčíku atomovou absorpční spektrometrií (AAS)	46
3.5.2	Stanovení chloridů .....	46
3.5.3	Měření pH.....	47
3.5.4	Konduktometrie .....	48
3.5.5	Stanovení neutralizační kapacity .....	48
<b>4</b>	<b>Materiál a metodika.....</b>	<b>49</b>
<b>4.1</b>	<b>Vzorky.....</b>	<b>49</b>
<b>4.2</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>49</b>
4.2.1	Stanovení pH.....	49
4.2.2	Stanovení vodivosti.....	50
4.2.3	Stanovení HCO <sup>3-</sup> .....	50
4.2.4	Stanovení Cl <sup>-</sup> .....	51
4.2.5	Stanovení AAS.....	51
4.2.5.1	Stanovení Ca <sup>2+</sup> .....	52
4.2.5.2	Stanovení Mg <sup>2+</sup> .....	52
4.2.5.3	Stanovení Na <sup>+</sup> .....	53
4.2.5.4	Stanovení K <sup>+</sup> .....	53
4.2.6	Senzorické hodnocení .....	55
4.2.7	Statistické vyhodnocení .....	56
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>57</b>
<b>5.1</b>	<b>Porovnání naměřených parametrů s parametry uváděnými na etiketách.</b>	<b>57</b>
<b>5.2</b>	<b>Výsledky měření parametrů vody .....</b>	<b>58</b>
<b>5.3</b>	<b>Senzorická analýza .....</b>	<b>59</b>
<b>5.4</b>	<b>Deskriptivní statistika naměřených parametrů vod .....</b>	<b>61</b>
5.4.1	Korelační matice .....	61
5.4.2	Shluková analýza vzorků .....	62
5.4.3	Shluková analýza měřených parametrů .....	64
5.4.4	Analýza hlavních komponent.....	64
5.4.4.1	Neredukovaný počet vzorků .....	64
5.4.4.2	Redukovaný počet vzorků .....	68
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>73</b>



<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>Seznam literatury.....</b>	<b>77</b>

## 1 Úvod

Balené vody jsou u nás velmi oblíbené a bývají i velmi různorodé, co se týče celkového obsahu a složení minerálů, od Dobré vody se slabou mineralizací po Hanáckou kyselku, jejíž celková mineralizace je velmi vysoká. Dále jsou na našem trhu i vody, které mají vyšší množství nějakého prvku, jako například Magnesia obsahuje velké množství hořčíku, a již zmiňovaná Hanácká kyselka obsahuje jód.

V současnosti bývá velmi diskutováno, jestli je lepší balená či kohoutková voda. V tomto směru co se týče ceny a vhodnosti k dlouhodobému užívání, je pravděpodobně většinou lepší kohoutková voda. Pokud ale hledáme doplňkový zdroj nějakého prvku, či prvků, jsou minerální balené vody dobrou volbou.

## 2 Cíl práce

- Stanovit obsah základních minerálních látek u vybraných druhů balených vod.
- Provést sensorické hodnocení vybraných balených vod
- Nalézt možné korelace mezi sensorickými vlastnostmi a obsahovými látkami v balených vodách

### 2.1 Hypotéza

.Na základě studia odborné literatury byly stanoveny následující hypotézy:

- Sensorické vlastnosti minerálních vod jsou závislé pouze na obsahu chloridů a sodíku
- Ostatní minerální látky nemají prokazatelný vliv na sensorické vlastnosti minerálních vod

## **3 Literární přehled**

### **3.1 Legislativa**

Tato kapitola si dává za úkol popsat vztah mezi výrobou a prodejem balených vod a legislativou. Dále popisuje zákonem dané složení a limity pro závadné látky, systém kontrol, označování a také systém jejich rozdělování.

#### **3.1.1 Legislativní přehled**

Chemické, fyzikální a mikrobiologické požadavky a požadavky na označování jsou stanoveny mimo základních a potravinářských předpisů ve speciálních předpisech – obecně pro balené vody je to vyhláška č. 275/2004 Sb., o požadavcích na jakost a nezávadnost balených vod a způsobu jejich úpravy, některé požadavky na balené pitné vody jsou stanoveny ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody a pro balené ochucené vody je to vyhláška č. 335/1997, jejíž oddíl 1 se zabývá nealkoholickými nápoji a koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů.

Tyto předpisy jsou již několik let beze změn. U vyhlášky č.335/997 se projednává novelizace, která by snad měla proběhnout do května letošního roku.

Zejména ochucených balených vod se týkají další předpisy, z nichž je třeba zmínit např. nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008 o přídatných látkách, resp. Vyhlášku č. 4/2008 Sb., kterou se stanoví druhy a podmínky použití přídatných látek extrakčních rozpouštědel při výrobě potravin, nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1334/2008 o látkách určených k aromatizaci, resp. Vyhláška č. 447/2004 Sb. O požadavcích na množství a druhy látek určených k aromatizaci potravin, nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1924/2006 o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin nebo nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1925/2006 o přidávání vitamínů a minerálních látek a některých dalších látek do potravin. (Kožíšek, F. 2011)

### **3.1.2 Definice balených vod**

Pitná voda: 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. Hygienické požadavky na zdravotní nezávadnost a čistotu pitné vody (dále jen "jakost pitné vody") se stanoví hygienickými limity mikrobiologických, biologických, fyzikálních, chemických a organoleptických ukazatelů, které jsou upraveny prováděcím právním předpisem, nebo jsou povoleny nebo určeny podle tohoto zákona příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví. Hygienické limity se stanoví jako nejvyšší mezní hodnoty, mezní hodnoty a doporučené hodnoty. Doporučené hodnoty jsou nezávazné hodnoty ukazatelů jakosti pitné vody, které stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky, nebo optimální rozmezí koncentrace dané látky. Za pitnou vodu se nepovažuje přírodní léčivý zdroj a přírodní minerální voda, o níž bylo vydáno osvědčení podle zvláštního právního předpisu (V povolení podle odstavce 4 příslušný orgán ochrany veřejného zdraví určí maximální hodnotu dotčeného ukazatele a dobu odstranění závady). (Zákon č. 258/2000 Sb. O ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů § 3). (Kožíšek, F. 2011)

### **3.1.3 Druhy balených vod**

Balená kojenecká voda je výrobek z kvalitní vody z chráněného podzemního zdroje, který je vhodný pro přípravu kojenecké stravy a k trvalému přímému požívání všemi skupinami obyvatel. Celkový obsah minerálních látek může být nejvýše 500 mg/l. Protože u této vody je zakázána jakákoli úprava měnící její složení, je kojenecká voda jedinou balenou vodou, u které je zaručeno původní přírodní složení.

Balená pramenitá voda je výrobek z kvalitní vody z chráněného podzemního zdroje, který je vhodný k trvalému přímému požívání dětmi i dospělými. Celkový obsah minerálních látek může být nejvýše 1000 mg/l (tedy stejně jako u pitné vody) a voda může být upravována jen vyjmenovanými fyzikálními způsoby. Termín pramenitá voda nahradil dřívější stolní vodu. Do balené kojenecké ani pramenité vody nelze přidávat žádné látky s výjimkou oxidu uhličitého.

Balená přírodní minerální voda je výrobek z chráněného podzemního zdroje přírodní minerální vody schváleného ministerstvem zdravotnictví. Tuto vodu lze rovněž upravovat pouze uvedenými fyzikálními způsoby a nelze do ní přidávat jiné látky než oxid uhličitý. Zatímco dříve mohl být u nás za zdroj přírodní minerální vody prohlášen jen takový zdroj, kde voda obsahovala nejméně 1000 mg minerálních (rozpuštěných) látek nebo 1000 mg CO<sub>2</sub> v 1 litru, dnes to v souladu s evropskými předpisy již neplatí a za (přírodní) minerální vodu může být prohlášena prakticky každá podzemní voda, která má „původní čistotu“, je stabilní a její zdroj je dobře chráněn. Bez ohledu na to, zda má minerálních látek moc nebo málo.

Protože ale na obsahu minerálních látek záleží, zda lze vodu pít denně bez omezení množství nebo jen doplňkově a občas, muselo být do srpna 2006 na etiketě společně s označením druhu minerální vody z hlediska obsahu CO<sub>2</sub> (přírodní minerální voda přirozeně sycená – obohacená – sycená – dekarbonovaná – nesycená) uvedeno rovněž hodnocení z hlediska celkové mineralizace (rozpuštěných pevných látek – RL):

- velmi slabě mineralizovaná (s obsahem RL do 50 mg/l),
- slabě mineralizovaná (obsah RL 50 až 500 mg/l),
- středně mineralizovaná (obsah RL 500 mg/l až 1500 mg/l),
- silně mineralizovaná (obsah RL 1500 mg/l až 5000 mg/l),
- velmi silně mineralizovaná (obsah RL vyšší než 5000 mg/l).

Což je klasifikace, které se podle vyhlášky č. 423/2001 Sb. používá pro hodnocení zdrojů přírodních minerálních vod. Na základě lobování některých výrobců minerálních vod byl tento požadavek z vyhlášky v roce 2006 vypuštěn (vyhláškou MZ č. 404/2006 Sb.), takže v současné době se spotřebitel vůbec nemá právo dozvědět zcela základní a zásadní údaj, jaké je celkové množství minerálních látek v dané minerální vodě – a to ani přesně, ani přibližně (prostřednictvím uvedené klasifikace). Protože ale tato klasifikace je pro spotřebitele velmi užitečnou orientační informací, kterou se lze dozvědět i jinak než z etikety výrobce, uvádíme ji zde a doporučujeme k zapamatování.

Balená pitná voda je výrobek splňující požadavky na pitnou vodu. Tuto vodu lze získávat z jakéhokoli vodárenského zdroje, upravovat ji stejně jako vodovodní vodu a rovněž požadavky na jakost jsou shodné s požadavky na „vodovodní“ vodu. Většina je jich ostatně z

vodovodní vody vyráběna. Na rozdíl od výše uvedených druhů balených vod lze balenou pitnou vodu uměle doplňovat minerálními látkami (vápník, hořčík, sodík a draslík – ve formách uvedených ve vyhlášce), ale pokud se tak stane, musí být na obale uveden výčet doplněných látek a jejich obsah ve vodě a slovní označení „uměle doplněno minerálními látkami – mineralizovaná pitná voda“. Balenou pitnou vodu lze samozřejmě také sytit oxidem uhličitým, pak se ale neliší od sodové vody. Balené pitné vody jsou uváděny na trh pod různými názvy (vedle obchodních značek je to např. „Perlivá voda“ nebo „Stolní voda“), ale vždy musí být na etiketě uvedeno, že se jedná o pitnou vodu. (Kožíšek, F. 2005)

### **3.1.4 Typy kontrol balených vod**

Státní zemědělská a potravinářská inspekce provádí kontroly celého výrobního a distribučního řetězce u potravin neživočišného původu. U kontrol dovozu nejsou stanoveny žádné zpřísnující požadavky pro výrobce, na hranicích mohou být zastaveny zásilky podezřelé dle čl. 18 nařízení 882/2004 o úředních kontrolách. Tyto zásilky jsou zadrženy, až do doby rozhodnutí SZPI, která rozhodne, zda je či není možné zásilku propustit do volného oběhu. Při kontrolách trhu, přímo ve výrobě nebo v obchodní síti, provádí SZPI kontroly plánované, kontroly na stížnost a kontroly mimořádné. Do kontrol plánovaných lze zařadit audity, kontroly komplexní, tematicky zaměřené, běžné a monitoring.

Audity jsou u jednotlivých výrobců a prodejců plánovány příslušným inspektorátem a hodnotí zejména dodržování výrobcem nastaveného systému bezpečnosti na základě HACCP. Měly by tedy být pro provozovatele potravinářského podniku (PPP) pomocí. Pokud nejsou během auditu nalezeny kritické neshody s nastaveným systémem bezpečnosti, nejsou PPP udělovány opatření a sankce. Pokud jsou zjištěny poznámky či neshody s nastaveným systémem bezpečnosti, jsou nápravná opatření ze strany výrobce nebo prodejce zkontrolována inspektorem – jejich nesplnění tedy už může vést k udělení opatření či sankcí.

Komplexní kontroly jsou plánovány inspektoráty v četnosti na základě analýzy rizika. Na rozdíl od auditu je hodnoceno, zda je systém nastaven správně, tj. zda je PPP schopen vyrábět a prodávat bezpečné potraviny. Kontroly zahrnují jak hygienu, tak výrobky. V případě zjištění nedostatků může docházet k udělení opatření, či sankci.

Největší podíl plánovaných kontrol tvoří běžné kontroly, které si inspektoráty plánují a zahrnují např. kontroly nových výrobců.

SZPI také řeší stížnosti dotazy a podněty jiných výrobců nebo jiných dotazovaných orgánů, které je většinou nutné ověřit v terénu. (Kožíšek 2011)

### **3.1.5 Označování balených vod**

Z § 8 vyhlášky č. 275/2004 SB. Vychází některé specifické požadavky na označování balené vody minerální, pramenité, kojenecké, např. že na etiketě musí být vyznačen název zdroje a lokalita jímání nebo že vody z jednoho zdroje nelze uvádět do oběhu pod různými názvy. Na druhou stranu ale stanovuje, že pokud je název výrobku jiný, než je název zdroje, musí být na etiketě název zdroje uveden 1,5násobně větším než je největší písmo v názvu výrobku.

Tyto podmínky není problém splnit, jestliže výrobce vyrábí pouze své výrobky. Pokud výrobce ze zdroje vyrábí i privátní značky obchodních řetězců, musí dojít k určitému kompromisu mezi požadavky obchodního řetězce a požadavky legislativy. U privátních značek jde většinou o chráněné značky registrované na Úřadu průmyslového vlastnictví, které lze považovat za název výrobku jiný než je název zdroje. (Kožíšek 2011)

### **3.2 Technologie úpravy balených vod**

Před zahájením výroby musí být nový zdroj otestován na případné chemické i mikrobiologické kontaminující látky. Jednotlivé parametry jsou uvedeny v předpisech a zahrnují širokou škálu možných znečišťujících látek, včetně pesticidů. Voda by měla být testovaná na rezidua všech pesticidů, které mohly být použité v okolí zdroje. Zdroj vody musí být zcela bez patogenů a parazitů. Je nezbytné stanovit nejvyšší možnou rychlost čerpání, která nesnižuje kvalitu vody. Zdroj musí být schválen před tím, než se zahájí výroba. (Ashurst a Hargitt 2009)

Způsoby, kterými můžeme upravovat vodu, se dělí do 4 skupin. V první skupině jsou procesy odčítací, tyto technologie se zaměřují na separaci nečistot z vody. Mezi ně patří např. filtrace, sedimentace a flotace. Ve druhé skupině jsou substituční procesy, které zahrnují např. změkčování a demineralizaci. Do posledních dvou skupin spadají procesy aditivní, do nichž patří například úprava pH a přidávání plynů a energetické procesy, mezi které se řadí například pastérace (Ashurst a Hargitt 2009). Z legislativních důvodů se u balených vod



používají hlavně metody odčítací zejména filtrace a odplyňování s následným odželezněním a z energetických procesů ozařování pomocí UV záření.

### **3.2.1 Subtraktivní (odčítací) procesy**

#### **3.2.1.1 Síťování (odstraňování nečistot)**

Tato operace je omezena u povrchových vod. Mnoho sít je jednoduše tvarováno do vhodně rozmístěných tyčí či mříží. Odstranění nečistot může probíhat ručně, nebo je mechanizované pomocí motorově řízených hrábí, děrovaných zametacích kartáčů, nebo kovovým otáčivým válcem. Všechny tyto stroje jsou využívány podle typu síťovaných nečistot. Pro dobrou efektivitu je důležité, aby byly zachycené nečistoty odklizovány co nejrychleji.

Otočné bubny z drátěných ok známé jako mikro-síta, zadržují látky až do velikosti 20 – 40 mikrometrů. Jejich hlavní použití je na velké množství lehce kontaminované vody, a někdy může nahrazovat následnou filtraci. (Dorothy a Ashurst 1998)

#### **3.2.1.2 Sedimentace**

Tento proces se skládá hlavně z usazování částic, které prošly screeningem. Mezi tyto částice řadíme malé částice včetně organické hmoty. Rychlost a účinnost sedimentace může být vylepšena pomocí „kalové deky“, což je v podstatě bahenní nános na dnu sedimentačního tanku. Je důležité, aby byl na dně nahromaděný materiál efektivně odstraňován. Při úpravě pitné vody je sedimentace navrhována zejména u povrchových vod s vysokým stupněm zákalu v běžných podmínkách, či často se vyskytujícími zhoršenými podmínkami (např. okalové vody, tání sněhu). Voda je před vstupem do sedimentace před upravována. Tato předúprava spočívá například v nadávkování koagulantu, ozonizaci či oxidaci. Prostá sedimentace hrubých suspendovaných látek je navrhována v rámci mechanické předúpravy surové povrchové (zejména tekoucí) vody. (Webmaster, 2009)

Nejjednodušší a nejvíce používanou variantou při provádění sedimentace je podélná obdélníková usazovací nádrž s horizontálním průtokem, s odděleným přítokem a odtokem. Další možností jsou usazovací nádrže s radiálním horizontálním průtokem, u nichž je voda přiváděna ke středu a odtéká přes hranu. Dále jsou užívány kruhové usazovací, patrové a lamelové usazovací nádrže. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.3 Flotace**

Přestože se flotace začala používat při úpravě vody relativně nedávno, představuje nyní hlavní dodatečnou fázi úpravy odpadních vod. Téměř vždy se při úpravě surové vody na pitnou používá tlaková flotace rozpuštěným vzduchem (DAF). Princip této metody je založen na spojování částic s mikro bublinami rozpuštěného vzduchu a jejím stoupaním k hladině proti směru gravitace. Částice spojené s mikro bublinami vzduchu stoupají, protože jejich specifická hmotnost je nižší než u vody. DAF systém bývá často kombinován s použitím aditiv, jako je aktivní uhlí, či koagulanty. Částice jsou poté z hladiny shrabovány. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.4 Makro filtrace**

Gravitační pískové filtry jsou nejznámější metodou v úpravě vod. Jejich hlavní nevýhodou je plocha, kterou zauímají a fakt, že když jsou umístěny venku, tak jsou vystaveny počasí a biologickému znečištění. Tlakové filtrační nádoby s klenutým koncem zabírají mnohem méně místa pro tento úkon. Obvykle se voda přivádí do horní části pomocí různých přivaděčů. Poté je proháněna dolů přes filtrační média o zvyšující se hrubosti ústící do sběrače v dolní části (trysková deska atd.). Písek a štěrk jsou obvyklá nerostná média. Speciální materiály jako je například aktivní uhlí, antracit, či manganový zelený písek jsou využity při specifických situacích pro absorpci barvy nebo vůně. Při používání se zachycené částice akumulují a medium se usazuje, tudíž vzrůstá průtokový odpor. Částice jsou odstraněny pomocí obráceného proudu (zpětné čištění). Tato operace trvá 15 – 30 minut. Zajistit průtok v tomto úseku můžeme zajistit pomocí oboustranných filtrů, nebo vhodnou kapacitou filtru. Vhodné návrhy tlakových filtrů používají rozdělené toky a zpětné čištění, nebo určitou formu kontinuálního odstraňování a recirkulace částic. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.5 Mikro filtrace**

Odstraňování stále menších částic vyžaduje stále složitější techniku, která je čím dál více dražší na instalaci a provoz. Mikrofiltry jsou používány při potřebě zajištění zadržování stanovené velikosti částic a odolání vyššímu tlaku. Vzhledem k tomu, že odstranění zadržené hmoty je stále obtížnější, používají se filtry na jedno použití. Jsou to obecně kazety z polymerního nebo skelného vláknitého materiálu a jsou používány v násobcích pro dosažení

určité průchodnosti. Ne vždy je možné desinfikovat, či sterilovat tyto jednotky. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.6 Ultrafiltrace: reversní osmóza**

Je to také relativně nová metoda v úpravách vody, obě tyto metody jsou komerčně užitečné jen v některých případech. Filtrační medium je vždy polopropustná membrána, obvykle ze syntetického polymeru. Pro zajištění dostatečného toku musí být membrána tenká, a proto je potřeba podpurný substrát. Mnohé konstrukce proto používají jemná dutá vlákna nebo spirálovité válcové fólie, které jsou na koncích spřaženy dohromady.

Voda je přiváděna pod vysokým tlakem za použití vícestupňového čerpadla. Část prochází membránou pro další zpracování, zatímco zbytek (může být i většina) se pouští do odpadu. Pokusy o vylepšení výtěžku pomocí vyššího tlaku vyústili, buď v únik kontaminantů, nebo k předčasnému selhání membrány. Polymerové membrány mají omezenou životnost a musí se být vyměněny v intervalech jednou za pár let za nemalé náklady. U uhlíkových ultrafiltračních membrán se očekává, že by mohly vydržet déle.

Běžná aplikace membrán slouží k vylepšení slaných a brakických vod. Mezi hlavní provozní problémy patří zanášení membrán minerálními látkami, degradace zbytkového chloru a praskání komponentů pod vlivem vysokého tlaku. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.7 Elektro dialýza**

Tato technika je spojena s ultrafiltrací, ve které je voda přiváděna mezi dvě membrány. V každém páru je jedna polarizována pozitivně a druhá negativně. Anionty a kationty jsou přitahovány a prochází přes membrány v závislosti na jejich náboji. Odstraňování je nenáročné, ale standardy WHO pro pitnou vodu mohou být zajištěny ze slané/brakické vody. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.8 Hydro-cyklóny centrifugace**

Tato technika je založena na rozdílných měrných hmotnostech vody a cizorodých látek. Ty mohou být těžší než voda (naplaveniny a jíly), nebo naopak lehčí (oleje a rostlinný materiál). Hydro-cyklóny jsou v základu prodloužené kuželové nálevky, do kterých je voda

čerpána v nebo nad kritickou rychlostí. Uspořádání může být svislé, nebo vodorovné (například při odstraňování olejů). Indukované příčné síly ústí v požadovanou separaci.

Na rozdíl od omezených vertikálních zařízení, jsou odstředivky otáčeny mechanicky v horizontální ose. Požadovaná vysoká rychlost odstředivky, má za následek vysoké energetické nároky. Proto odstředování je používáno jen vzácně v technologiích úpravy vody. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.9 Absorpční procesy**

Nejnámějším použitím absorpce s „pevným ložem“ na úpravu vody jsou filtry s aktivním uhlím. Barviva, nežádoucí příchutě, organická rezidua a některé stopové kovy jsou snadno odstraňovány pomocí této metody. V současnosti, filtry mohou mít průměr 2 až 3 metry a voda je přiváděna pod takovým tlakem, aby průtok dosáhl na požadované komerční účely. Nejčastěji se používá granulární uhlík, který je vyroben z částečného spalování ropných frakcí nebo uhlí.

Stejně jako u tlakové filtrace, se stává absorpční médium více kompaktním a nakonec je jeho kapacita spotřebována. Poté se musí přikročit k regeneračním procesům. Často, jednoduché zpětné promývání filtrátu obnoví většinu účinnosti. Protože je uhlík relativně měkký, vede fyzické opotřebování k postupné ztrátě objemu, tudíž je nutné jeho doplňování. Nakonec se ale musí použít více komplexní přístup: regenerace parou, nebo tepelnou rekondicí.

Granulární aktivované uhlí (GAC) se stále více používá ve dvoufázových zařízeních. Ty mohou být podobné rychlým gravitačním pískovým filtrům, nebo může být médium přidáno do kontaktních mísících nádob, uhlí je pak odstraněno běžným usazováním a/nebo screeningem. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.10 Destilace**

Čištění vody odpařováním a následnou kondenzací je dodnes často praktikováno. Elektrické destilační zařízení můžeme najít v mnoha laboratořích, masovější použití této metody je populární v tropických ropu produkujících zemích. Kvalitativní výsledky této metody jsou dobré, ale nesmí se zapomínat, že mnoho organických látek je dostatečně těkavých, aby se vydestilovalo společně s vodou. Efektivita technologie tepelné výměny, drží

tepelné ztráty na minimum, ale ty zůstávají významné s ohledem na provozní náklady. Stejně jako u ostatních separačních technikách je nutné věnovat náležitou pozornost konečné likvidace reziduí. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.1.11 Odplyňování**

Mnoho pramenů obsahuje pod tlakem rozpuštěné plyny. Příkladem jsou oxid uhličitý a sirovodík. Odplyňování probíhá přiváděním vody do odplyňovací kolony, nebo méně často, použitím podtlaku v ejektoru či speciální komoře. Rovnováha s atmosférou je stanovena až do 0,5 mg/l CO<sub>2</sub>. Současně se kyslík absorbuje až na úroveň nasycení při okolní teplotě (obvykle 8 – 10 mg/l).

Železo je často v roztoku uchováváno ve formě hydrogenuhličitanu železnatého. Jakmile je plyn odstraněn, železo se spontánně mění na hydroxid železitý. Opticky se čistá a bezbarvá voda změní na neprůhlednou červenohnědou. Proto poté bývá voda odželezňována. (Dorothy a Ashurst 1998)

## **3.2.2 Substituční procesy**

### **3.2.2.1 Měkkčení**

Podzemní zdroje vody téměř vždy obsahují vápenaté a/nebo hořečnaté soli. Pokud tyto koncentrace mohou narušovat podmínky následného použití určité vody, musí být tyto soli zredukovány na přijatelnou koncentraci. Ze čtyř čistě chemických reakcí se skládá proces změkčení vody, vztahující se na čtyři obměny vápenaté/hořečnaté, dočasné/trvalé tvrdosti. Pouze dva reagenty jsou vždy použity: uhličitan sodný a hydroxid vápenatý. Vápník se vysráží ve formě uhličitanu a hořčík ve formě hydroxidu. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.2.2 Výměna iontů**

Jde o jednoduchý proces, které je založen na kontaktu vody a iontově výměnného média tak, že základní kovové kationty jsou vyměněny za sodné. Když se pryskyřice nebo zeolit vyčerpají, jejich regenerace probíhá jednoduše a levně za pomoci kuchyňské soli (chlorid sodný/solanka). Celková iontová síla není ovlivněna, ale pro mnoho účelů to nevádí. V praxi je médium obsaženo v tlakové nádobě a provozně je podobné písečnému či uhlíkovému filtru. (Dorothy a Ashurst 1998)

### 3.2.2.3 Demineralizace

Celkové odstranění rozpuštěných iontů by mohlo být chápáno spíše jako subtraktivní proces, ve skutečnosti ale jde o nahrazení minerálních kationtů a anionů za vodíkové a hydroxylové ionty. Syntetická polymerní pryskyřice je k dispozici v široké škále typů (kationtová a aniontová, silná a slabá, makroporézní atd.). Správný výběr typu může vodě zajistit velmi vysokou kvalitu.

Podobně jako u ostatních postupů jsou pryskyřice podporovány tlakovými nádobami. Pokud je možná přítomnost nerozpuštěných látek, je nutné před provedením demineralizace provést filtraci.

Po odstranění vápníku, hořčíku, sodíku, hliníku, železa, manganu, křemíku, a uhličitanů, sulfátů, nitrátů apod. je kvalita demineralizované vody monitorována pomocí standartního měření vodivosti. Pokud je určená hodnota překročena, pryskyřice je odpojena a zregenerována použitím kyseliny (obvykle chlorovodíkové) pro kationty a zásady (obvykle hydroxid sodný) pro aniony. Kombinovaná spotřeba regenerantů probíhá pomocí koncentrovaného roztoku chloridu sodného, spolu se solí, co je původně ve vodě přítomna. (Dorothy a Ashurst 1998)

### 3.2.3 Aditivní procesy

Mezi aditivní procesy patří například úprava pH. Ke snížení pH se používá kyselina a ke zvýšení zásad. Mezi běžné kyselé reagenty patří kyselina sírová a chlorovodíková a mezi běžné alkalické reagenty řadíme hydroxid sodný a draselný, hydroxid a uhličitan vápenatý a uhličitan sodný. Úprava pH bývá spojena i s jinými postupy úpravy vody jako například s odplyňováním.

Dalšími úpravami jsou přidávání plynů a reagentů. Do vody nejčastěji přidáváme například kyslík, kvůli jeho oxidačním schopnostem a ozon nebo chlor kvůli desinfekčním účinkům. Do

vody i přidáváme i jiné reagenty v pevné nebo kapalně formě, mezi ně patří chlornan a jeho vápenatá sůl s desinfekčními účinky. Dále také můžeme používat oxid titaničitý, či stříbro k podobným účelům. (Dorothy a Ashurst 1998)

### **3.2.4 Energetické procesy**

Tyto procesy mohou a nemusí zahrnovat současné použití reagentů. Často je před těmito procesy nutno provést nějaký druh předúpravy, minimálně filtraci.

K nejznámějším procesům patří pasterizace, která je spíše používána na jiné druhy nápojů. Dále se v těchto postupech může použít UV záření, gama radiace, nebo ultrazvuku, všechny tyto procesy slouží k potlačení a zahubení různých druhů mikroorganismů. (Dorothy a Ashurst 1998)

### 3.3 Voda

Voda je chemická sloučenina, která se skládá ze dvou atomů vodíku a jednoho atomu kyslíku. Vodíkové atomy jsou vázány kyslíkem pomocí kovalentní vazby. Do této chemické vazby jsou zapojeny valenční elektrony těchto atomů a společně vytváří lomenou molekulu odvozenou od pravidelného čtyřstěnu. Přičemž atom kyslíku svírá s atomy vodíku úhel  $104^{\circ} 45'$ . Na atomu kyslíku se díky jeho dvěma volným elektronovým párům vytváří záporný parciální náboj a na atomech vodíku kladný parciální náboj. To způsobuje dipólový charakter vody. Elektronegativní atom kyslíku má totiž kvůli dvěma volným elektronovým párům schopnost poutat k sobě ještě další dva atomy vodíku, a tím vytvářet vodíkové můstky. Díky spojení molekul vody pomocí vodíkových vazeb nemá voda největší hustotu v podobě ledu, ale v kapalném skupenství při teplotě  $4^{\circ}\text{C}$  a tento jev se označuje jako anomálie vody. Voda je schopná se, narozdíl od mnoha jiných látek, vyskytovat v přírodě ve všech třech skupenstvích. (Jungwirth 2015)

Převědno na hmotnost, je tělo průměrného dospělého muže tvořeno z 60 % vodou a tělo průměrné dospělé ženy z 55 %. Co se týče obsahu vody mohou existovat značné rozdíly u jednotlivých jedinců na základě mnoha faktorů jako je např. věk, zdraví, váha a pohlaví. Ve velké studii dospělých (458 mužů a 256 žen) která se týkala obou pohlaví a všech věkových kategorií, bylo zjištěno, že tělo obsahuje průměrně 65 % vody. Tenoto údaj se však výrazně lišil podle věku, pohlaví a množství tuku v těle. Údaj o hmotnostním podílu vody v tomto vzorku byl  $48 \pm 6\%$  pro ženy a pro muže  $58 \pm 8\%$  (Watson et al. 1980). Tělní voda se dělí na intracelulární a extracelulární. Intracelulární tekutina, která tvoří asi 2/3 tělesné vody, je tekutina obsažená v buňkách. Extracelulární tekutina, která tvoří 1/3 tělních tekutin, je tekutina obsažená v oblastech vně buněk. Samotná extracelulární se ještě dělí na plasmu (20 % extracelulární tekutiny), intersticiální tekutinu (80 % extracelulární tekutiny) a transcelulární tekutinu, která je normálně v kalkulacích vody ignorována, mezi ní řadíme gastrointestinální, cerebrospinální, peritoneální a oční tekutinu. (Hansen et al. 2002)



### 3.3.1 Faktory sledované ve vodě

#### 3.3.1.1 Konduktivita

Konduktivita (vodivost) hraje významnou roli při posouzení kvality vody co se týče obsahu rozpuštěných látek. Stanovení konduktivity je založeno na vztahu zvyšující se vodivosti v závislosti na zvyšujícím se obsahu rozpuštěných solí ve vodě. (Pitter 2009)

Elektrolytická konduktivita vyjadřuje koncentraci ionizovaných anorganických a organických složek vody. V přírodních a užitkových vodách vyjadřuje konduktivita míru obsahu anorganických elektrolytů, kvůli nízké koncentraci organických sloučenin. Konduktivita slouží i ke kontrole výsledků chemického rozboru vody, jelikož z vyšších hodnot je možné vyhodnotit úplnost chemické analýzy iontových složek vody. (Hartman et al. 2005)

Pro představu dešťová voda má konduktivitu pod 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , horské toky 50 - 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , vody z nížin 150 – 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , oproti tomu povrchové vody na jižní Moravě, Slánsku a Mostecku 500 – 1 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , brakická voda kolem 10 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , slaná jezera přes 100 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , mořská voda 35 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Vodivost koreluje dobře se salinitou, přičemž platí, že 1 000  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (1  $\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$ ) odpovídá přibližně 1 ‰ salinity. (Hartman et al. 2005)

Konduktometrické měření je díky svoji jednoduchosti nejčastěji používanou metodou při stanovení celkových rozpuštěných látek (WHO 2008). Bruvold et Ongerth (1969) uvádí, že přítomnost rozpuštěných látek může mít vliv na chuť pitné vody. Ve své studii nechal hodnotit vody o různém obsahu rozpustných látek panelem degustátorů. Vody, byly vyhodnoceny následovně: méně než 300 mg/l; vynikající, 300 - 600 mg/l; dobré, 60 - 900 mg/l; přijatelné, 900 - 1200 mg/l; slabé, vyšší než 1200 mg/l nepřijatelné. Také vody s extrémně nízkou koncentrací mohou být ohodnoceny jako nepřijatelné z důvodu jejich ploché a fádni chuti.

#### 3.3.1.2 pH

pH vody je měřítkem acidobazické rovnováhy. Ve většině přírodních vod je řízena vyrovnávacím systémem oxidu uhličitého - hydrogenuhličitanu - uhličitanu. Zvýšená koncentrace oxidu uhličitého snižuje pH, zatímco její pokles působí zvýšení. Teplota také ovlivňuje rovnováhu pH, v čisté vodě dochází k poklesu pH o 0,45 při zvýšení teploty o 25

°C. Ve vodě s pufrovací kapacitou dodávanou hydrogenuhličitanem, uhličitanem a hydroxylovými ionty je tento teplotní účinek modifikován. Ve většině pitných vod leží pH v rozmezí 6,5 - 8,5. Přírodní vody mohou mít nižší pH způsobené např. kyselými dešti, nebo vyšším pH ve vápencových oblastech. (APHA 1989)

Hodnota pH hraje důležitou roli při určování korozivní vody, nicméně vztah s řadou dalších parametrů je komplexní. Přírodní vody obsahují plyny, koloidní látky a různé elektrolytické a neelektrolytické látky, a ty společně s pH určují rozsah koroze v systému. Obecně ale platí, že čím nižší pH tím vyšší potenciální úroveň koroze. (Webber et al. 1989)

Přímý vztah mezi lidským zdravím a pH pitné vody, je nemožné vyhodnotit, protože pH je úzce spojeno s jinými aspekty kvality vody, a kyseliny a zásady jsou slabé a obvykle velmi zředěné. (WHO 2008)

### **3.3.1.3 Tvrdost vody**

Tvrdost vody je tradiční měřítko schopnosti vody reagovat s mýdlem, tvrdá voda vyžaduje mnohem více vody k vytvoření pěn. Tvrdá voda často tvoří ložiska sraženin (nerozpustné kovy, mýdla nebo soli). Tato vlastnost není způsobena jedinou látkou, nýbrž různými polyvalentními kovovými ionty, převážně vápníkem a hořčíkem, ale i dalšími kationty (např. hliník, baryum, železo, mangan, stroncium a zinek). Tvrdost je nejčastěji vyjadřovaná v množství mg uhličitanu vápenatého na litru vody. Koncentrace nižší než 60 mg/l jsou považovány za měkké; 60 - 120 mg/l, mírně tvrdé; 120 - 180 mg/l, tvrdé; a více než 180 mg/l velmi tvrdé. Ačkoli je tvrdost vody způsobena kationty, můžeme o ní také mluvit jako o uhličitě (přechodné) nebo neuhličitě (trvalé). (McGowan 2000)

Pitná voda může sloužit jako významný doplňkový zdroj vápníku a hořčíku, a to především v oblastech, kde je ho ve stravě nedostatek. Prahová hodnota chuti pro ionty vápníku je v rozmezí 100 - 300 mg/l v závislosti na přidruženém anionu, nicméně vyšší koncentrace jsou pro spotřebitele také přijatelné (WHO 2008).

### **3.3.1.4 Sodík ve vodě**

WHO říká, že na základě stávajících údajů nelze vyvodit žádné pevné závěry ohledně množství sodíku v pitné vodě a výskytem hypertenze, proto také nestanovuje žádnou

orientační doporučující hodnotu týkající se zdraví. Nicméně uvádí, že hodnoty přes 200 mg/l mohou ovlivňovat chuť vody. (WHO 2003)

Prahová hodnota detekovatelná v chuti závisí na přidruženém anionu a teplotě roztoku. Za pokojové teploty je prahová hodnota pro uhličitán 20 mg/l; chlorid 150 mg/l; dusičnan 190 mg/l; síran 220 mg/l a hydrogenuhličitán 420 mg/l (WHO 1979)

Schorr et al. (1996) ve své studii uvádí, že voda bohatá na hydrogenuhličitán sodný může společně s nízkosodíkovou stravou pozitivně ovlivňovat homeostázu vápníku, zatímco voda bohatá na chlorid sodný může rušit pozitivní účinky nízkosodíkové stravy na vysoký krevní tlak.

### **3.3.1.5 Draslík ve vodě**

WHO uvádí, že v současné době neexistují žádné důkazy o tom, že hladiny v komunální upravené pitné vodě, dokonce i ve vodě upravené manganistanem draselným, mohou představovat riziko pro zdraví spotřebitelů, a proto není nutné vydávat zdravotní doporučení pro hladinu draslíku v pitné vodě. (WHO 2009)

### **3.3.1.6 Vázaný oxid uhličitý**

Pod pojmem vázaný oxid uhličitý se rozumí hydrogenuhličitany ( $\text{HCO}_3^-$ ) a uhličitany ( $\text{CO}_3^{2-}$ ). Součet všech tří forem oxidu uhličitého (volného, hydrogenuhličitanového a uhličitanového) se nazývá veškerý oxid uhličitý. V rozmezí hodnot pH přírodních vod zcela převládají formy  $\text{H}_2\text{CO}_3$  a  $\text{HCO}_3^-$ , zatímco koncentrace  $\text{CO}_3^{2-}$  jsou zanedbatelné. (Pitter 2009)

## 3.4 Minerální látky

### 3.4.1 Vápník

#### 3.4.1.1 Výskyt v organismu

V těle tvoří vápník okolo 1,5 % celkové tělesné hmotnosti, přičemž jej více jak 99 % zastoupen v kosti (Wilhelm 2007). V kosti, vápník existuje hlavně ve formě  $(Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2)$ , a kostní minerál tvoří přibližně 40 % hmotnosti kosti (Parfitt A. 1988). V extracelulárním prostoru se ve srovnání s intracelulárním prostorem nachází ve výrazně vyšší koncentraci (2,25 – 2,60 mmol/l), rozdíl je několik řádů ( $10^3$  až  $10^4$ ). V séru je vápník, který je obsažen ve třech formách ionizované, vázané na komplex a vázané na bílkovinu. V největším množství 47 % se vykytuje forma ionizovaná, která je biologicky neaktivnější, schopná difundovat přes membrány. Forma vázaná na komplex se vyskutekuje ve 13 % jako hydrogenuhličitan, fosforečnan a citrát a forma vázaná na bílkovinu, která není difundibilní je v séru obsažena z 39 %. (Wilhelm 2007)

#### 3.4.1.2 Příjem a resorpce

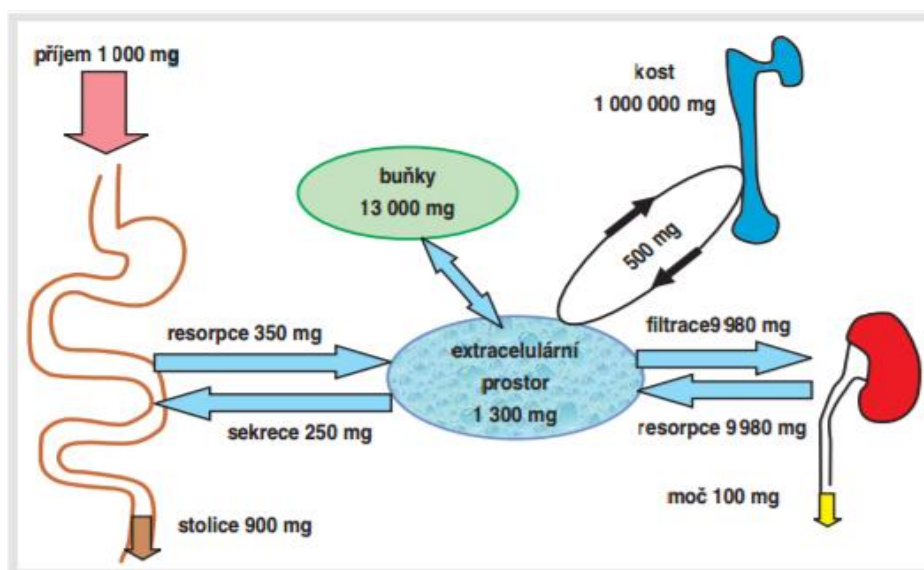
Zjednodušeně je rovnovážný stav vápníku dán vztahem mezi jeho příjmem a jeho vstřebáváním a vylučováním. Již malé změny v absorpci a exkreci dokáží neutralizovat jeho vysoký příjem, či kompenzovat nedostatek. Mezi jednotlivými zeměmi existují v příjmu vápníku velké rozdíly závislé hlavně na spotřebě mléka a mléčných produktů. Nejnižší příjem mají rozvojové země, především v Asii a nejvyšší je v Evropě a Severní Americe. (WHO 2004)

Vápník přijímáme perorálně za optimálních podmínek v denní dávce okolo 1 g u dospělého (ostatní skupiny viz. Tabulka č. 1). Jeho resorpce se fyziologicky pohybuje okolo 25 - 40 % (za určitých okolností i více) (Wilhelm 2007). Podle studie Heaney et Dowel (1994) prováděné na 18 zdravých ženách je vstřebatelnost u mléka 43,3% a u minerální vody (Sangemini) 47,5 %. Kvocient mezi vodou/mlékem je 1.129 ( $\pm 0.056$ , SEM,  $P < 0.05$ ) z čehož lze usuzovat, že vápník z vody je dobře vstřebatelný.

Převážně aktivní resorpce probíhá v duodenu a horních oddílech tenkého střeva (v jejunu), pasivně pak v nižších oddílech tenkého střeva (v ileu) a v tlustém střevě. Resorpce vápníku probíhá současně s jeho sekrecí. Rozdíl resorpce a sekrece na úrovni střeva se

pohybuje okolo 100 mg a tento rozdíl není významně omezen ani u lidí, kteří podstoupili resekční výkon na střevě za předpokladu, že délka resekovaného střeva nepřesáhla 1 metr. Daleko závažnější důsledky pro resorpci vápníku mají resekční výkony na žaludku, mohou totiž stát v řadě případů za deficitem vápníku v organizmu i za rozvojem osteoporózy. Významným faktorem, který ovlivňuje schopnost střevní resorpce, jsou vlastnosti sliznice trubice gastrointestinálního traktu. Jedná se o případy zánětu, poruchy prokrvení splachnické oblasti, změn v důsledku přítomnosti tumoru, a to jak metabolických (nádorové onemocnění je onemocnění celého organizmu, nejenom postiženého orgánu), tak i z důvodů například poruch pasáže střevem v případě obstrukce gastrointestinálního traktu. Rostoucí věk významně zvyšuje výskyt atrofie žaludeční sliznice a snižuje současně resorpční plochu střevní.

Obrázek č. 1 Metabolismus vápníku (Wilhelm 2007)



Doporučený příjem vápníku v závislosti na datech z EU a Severní Ameriky	
Skupina	Doporučený příjem (mg/den)
Děti	
0 – 6 měsíců	
Mateřské mléko	300
Kravné mléko	400
7 – 12 měsíců	400
1 – 3 roky	500
4 – 6 let	600
7 – 9 let	700
Náctiletí	
10 – 18 let	1300
Dospělí	
Ženy	
19 let - menopauza	1000
Postmenopauzální	1300
Těhotné (poslední trimestr)	1200
Kojící	1000
Muži	
19 – 65 let	1000
65 let a více	1300

Tabulka č. 1 Doporučený příjem vápníku (WHO 2004)

### **3.4.1.3 Faktory ovlivňující požadovaný příjem vápníku**

#### **3.4.1.3.1 Sodík**

Vylučování sodíku i draslíku je spojeno v proximálních tubulech ledvin. Vysoké dávky chloridu sodného jsou důvodem zvýšené absorpce sodíku, zvýšeného obsahu sodíku v moči a zvýšených ztrát vápníku v moči, kvůli konkurenci při reabsorpci. (Kurtz et al 1987). Ve studii Nordina a Poleyeho (1987) prováděné na 557 postmenopauzálních ženách, se ukázalo že navýšení příjmu sodíku o 500 mg ve formě chloridu sodného, zvýší vylučování vápníku o 10 mg.

#### **3.4.1.3.2 Bílkoviny**

Bílkoviny zvyšují vylučování vápníku močí, meta analýza složená ze 16 studií na 154 dospělých lidech vyčíslila, že se zvýšením příjmu bílkovin o 1 g, až do 200 g, vzroste ztráta vápníku močí o 1,2 mg. (Kerstetter a Allen 1989)

#### **3.4.1.3.3 Vitamin D**

Vitamin D podporuje vstřebávání vápníku. Regulace jeho metabolismu je hlavně zaměřena na udržení koncentrace ionizovaného vápníku v extracelulárním prostoru. Tato koncentra je regulována a udržována díky zpětné vazbě na receptory v příštinných těliscích, jež kontrolují sekreci parathormonu, ten reguluje reaktivaci vitamínu D hydroxylací a jeho aktivní forma 1,25dihydroxycholecalciferol nebo 1,25dihydroxyergocalciferol, zvyšuje renální tubulární reabsorpci vápníku a jeho vstřebávání v tenkém střevě. (WHO 2004)

#### **3.4.1.3.4 pH**

pH, za kterého se resorpce vápníku ve střevě uskutečňuje, je dalším významným faktorem. Alkalické pH významně zvyšuje resorpci. To se ale může nepříznivě projevit v čase léčby gastroduodenálních peptických lézí „bikarbonátem“, kdy zvýšená resorpce může přejít až k hyperkalcemii s metabolickou alkalózou. Alkalóza v krvi pak vede ke zvýšenému navazování vápníku na přítomné bílkoviny, čímž se významně snižuje volný ionizovaný vápník. Přesto, že celková koncentrace vápníku zůstává nezměněna, tento stav vede k sekreci parathormonu, který stimuluje syntézu 1,25 (OH)<sub>2</sub> D<sub>3</sub> kalcitriolu, což vede k dalšímu

zvyšování resorpce vápníku ze střeva. Za této situace pomůže acidifikace prostředí střevního lumen. (Wilhelm 2007)

### **3.4.1.4 Vliv vápníku na lidský organismus**

#### **3.4.1.4.1 Osteoporóza**

Adekvátní příjem vápníku a vitamínu D je důležitý pro optimální rozvoj kostní hmoty a jejím následném zachování po celý život. Doplnění těchto dvou nutrientů může být nezbytné u osob, které nedosahují jejich doporučené denní dávky (Klibanski a kol. 2001)

Osteoporóza je multifaktoriální onemocnění, závisající na genetické dispozici, fyzické aktivitě a nutričních faktorech. Uvádí se, že četnost onemocnění osteoporózou je u postmenopauzálních žen 3-5krát vyšší než u mužů. (Kvasničková 1998)

Prospektivní kontrolovaná klinická studie zkoumající vliv příjmu vitamínu D a vápníku na postmenopauzální ženy. Došla k závěru, že zvýšený příjem vápníku a vitamínu D má vliv na změnu minerálního složení kostí. (Paschalis et al. 2016)

Je potřeba říci, že nízký příjem vápníku nebo jeho záporná bilance v organismu dříve či později nevyhnutelně vede k osteoporóze, nicméně to neznamená, že osteoporóza musí být způsobena jen nedostatkem vápníku. (WHO 2004)

#### **3.4.1.4.2 Krevní tlak**

Allender a kol. (1996) ve své meta-analýze skládající se z 22 klinických studií, která dohromady čítala vzorek 1231 lidí, uvádí, že při suplementaci vápníkem dochází ke statisticky významnému snížení systolického krevního tlaku u pacientů s vysokým krevním tlakem, ale u pacientů s normálním krevním tlakem nebyl pozorován rozdíl.

Epidemiologická data konstantně ukazují inverzní vztah mezi dietárním vápníkem a krevním tlakem. Klinické testy vápníkové suplementace nejsou ve výsledku konzistentní. Přibližně dvě třetiny sledovaných studií objevilo příznivý vliv vápníku na krevní tlak. Nedostatečná konzistence klinických testů vzhledem k epidemiologické literatuře může být spojována s příjmy vápníku. Epidemiologická literatura uvádí inverzní vztah mezi příjmem vápníku a krevním tlakem, jedinci s nejnižšími dávkami (menšími než 700 mg Ca<sup>2+</sup> denně) měli nejvyšší krevní tlak. Klinické studie využívající pacienty s vysokými dávkami vápníku



(vyššími než 700 mg denně) nemuseli vidět vliv vápníku kvůli stropnímu efektu. Přestože mnoho studií ukazuje určité spojitosti mezi dostatečnou suplementací vápníkem a snížením vysokého krevního tlaku (McCarron et. al 1994)

#### **3.4.1.4.3 Rakovina tlustého střeva**

Na základě současných poznatků se předpokládá, že by dietetický vápník mohl snižovat riziko rakoviny kolonu snížením cytolytické aktivity obsahu střev a tím proliferace epitelu kolonu. (Kvasničková 1998)

Bostick a kol. (1993) uvádí, že denní dávka uhličitanu vápenatého odpovídající 1200 mg vápníku po dobu 8 týdnů, nemusí snižovat proliferaci tlustého střeva, přestože skupina, která byla suplementována vápníkem vykazovala sníženou proliferaci oproti skupině suplementované placebem, protože výsledky nebyly statisticky průkazné. (Bostick et al 1993)

Z důvodu smíšených výsledků případových studií a nepřítomnosti studií prospektivních nelze zatím spojovat výskyt rakoviny tlustého střeva se suplementací vápníkem.

#### **3.4.1.4.4 Hyperkalcémie**

Zvýšené koncentrace vápníku v séru jsou velmi často spojeny s maligním onemocněním. Výskyt se udává u 5–10 % nemocných. V případě maligního onemocnění jsou častými doprovodnými příznaky anorexie, nauzea, dehydratace. Pro velkou závažnost nálezu je ale třeba nejprve diferenciálně diagnosticky vyloučit ostatní příčiny, ke kterým řadíme: imobilizaci, Addisonovu nemoc, akromegalii, hyperparathreózu, hypertyreózu, hypervitaminózu A/D, zánětlivá onemocnění, sarkoidózu, tuberkulózu a ostatní granulomatózní onemocnění, rbdomyolýzu, AIDS, Pagetovu chorobu; z léků pak například thiazidy, lithium, anabolika, tamoxifen, dietylstilbestrol. (Wilhelm 2007)

### **3.4.2 Hořčík**

#### **3.4.2.1 Výskyt v organismu**

Dospělé lidské tělo obsahuje celkově přibližně 25 g (1000 mmol) hořčíku, z nichž je 30 – 40 % obsaženo ve svalech a měkkých tkáních (WHO 2004) a 50 – 60 % obsaženo v kostech. Třetina z kosterního hořčíku je schopna výměny, a tím slouží jako zásobník pro

udržení optimální koncentrace hořčíku extracelulárního (Wilhelm 2007). Extracelulární hořčík tvoří přibližně 1 % z celkového tělního hořčíku, jeho normální koncentrace v séru se pohybuje od 0,75 do 0,95 mmol/l (1,8 – 2,3 mg/dl). (Institute of Medicine. 1997)

Hořčík v měkkých tkáních slouží jako kofaktor mnoha enzymů podílejících se na energetickém metabolismu, syntéze bílkovin, syntéze DNA a RNA a údržbě elektrického potenciálu nervových tkání a buněčných membrán. Velký význam má hořčík také v regulaci toku draslíku a jeho zapojení do metabolismu vápníku. (WHO 2004)

Vyčerpání hořčíku snižuje buněčný i extracelulární obsah draslíku a tím zhoršuje dopady diety s nízkým obsahem draslíku. Svalový draslík s postupným prohlubováním nedostatku hořčíku a jeho zpětné vyplavení z tkání je prakticky nemožné, dokud není hladina hořčíku vrácena do normálu. Navíc hladina vápníku v plazmě také klesá společně s tím, jak se snižuje hladina hořčíku. Není jisté, zda to způsobuje inhibice vyplaveného parathyroidního hormonu nebo, což je pravděpodobnější, protože snižuje citlivost kosti na parathyroidní hormon a zabraňuje zpětnému vyplavování vápníku z kosti. (Parfitt A. 1988)

Předpokládá se, že kostní hořčík vytváří povrchovou složku kosti jako minerální komponent hydroxyapatitu. Zpočátku je mnoho z tohoto hořčíku schopné výměny se sérem, což z něho dělá dobře dostupnou zásobu, ze které lze čerpat při jeho nedostatku. Nicméně vyměnitelná část kostního hořčíku významně klesá spolu s rostoucím věkem (Heaney et Dowel 1994). Jak v kostech hořčík funguje, není ještě plně objasněno. (WHO 2004)

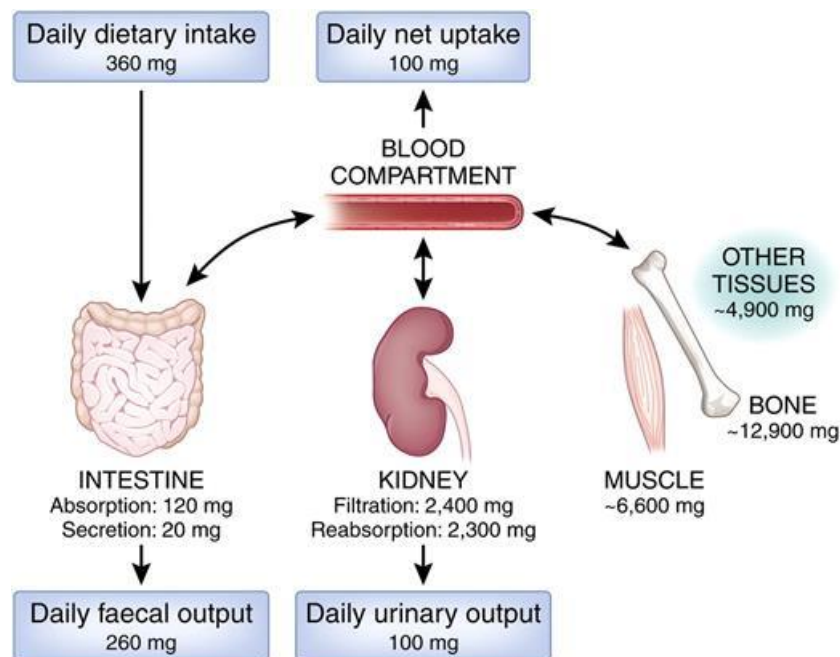
#### **3.4.2.2 Příjem a resorpce**

Doporučený příjem hořčíku je prezentován v závislosti na více faktorech (viz. tabulka č. 2). Doporučení z hlediska věku se pak dělí na 3 možné pohledy z hlediska hmotnosti jedince, přijaté energie a přijatých bílkovin. (WHO 2004)

Absorpce hořčíku z potravy se pohybuje kolem 50 %, avšak vysoké dávky vlákniny v potravě snižují jeho absorpci i retenci. Absorpce je také závislá na množství přijatého hořčíku, studie ukázala, že při vysokých dávkách hořčíku se jeho absorpce pohybuje kolem 25 %, naopak jiná studie uvádí, že při nízkých dávkách je jeho absorpce 75 %. (Schwartz et al. 1984)

Homeostáza hořčíku je zajišťována pomocí střev, kostí a ledvin (viz. Obrázek č. 2). Hořčík, je stejně jako vápník, převážně absorbován v tenkém střevě, i když část je také vstřebávána ze střeva tlustého. Hořčík je vstřebáván ve střevech dvěma způsoby. Většina je absorbována v tenkém střevu pasivně paracelulárním mechanismem, který je poháněn pomocí elektrochemického gradientu a tahem rozpouštědla. Menší část, také důležitá, je tažena transcelulárně. (Jahnen-Dechent et Ketteler 2012)

Obrázek č. 2 Homeostáza hořčíku (Jahnen-Dechent et Ketteler 2012)



**Tabulka č. 2 (WHO 2004)**

Doporučený příjem hořčíku v závislosti na datech z EU a Severní Ameriky					
Skupina	Váha	Doporučený příjem (mg/den)	Relativní příjem		
			mg/kg (váha)	mg/g (bílkovin)	mg/kcal/den
Děti					
0 – 6 měsíců					
Na mateřském mléku	6	26	4,3	2,5	0,05
Na náhražkách	6	36	6,0	2,9	0,06
7 – 12 měsíců					
1 – 3 roky	12	60	5,5	4,0	0,05
4 – 6 let	19	76	4,0	3,9	0,04
7 – 9 let	25	100	4,0	3,7	0,05
Ženy					
10-18 let	49	220	4,5	5,2	0,10
19-65 let	55	220	4,0	4,8	0,10
65 a více let	54	190	3,5	4,1	0,10
Muži					
10-18 let	51	230	3,5	5,2	0,09
19-65 let	65	260	4,0	4,6	0,10
65 a více let	64	224	3,5	4,1	0,09

### **3.4.2.3 Faktory ovlivňující příjem hořčíku**

#### **3.4.2.3.1 Fosfor**

Mnohé potraviny s vysokým obsahem vlákniny obsahují fytáty, které mohou mít za následek ztrátu hořčíku. Což je pravděpodobně způsobeno vázáním hořčíku na fosfátové skupiny kyseliny fytové. (Brink et Beynen 1992)

#### **3.4.2.3.2 Vápník**

Většina studií nenalezla spojení mezi přijímáním vápníku a absorpcí hořčíku (Institute of Medicine 1997). Nicméně Greager et. al (1984) uvádí pokles absorpce v závislosti na dietárním vápníku. Spencer et al. (1991) říká, že ani denní dávka dosahující 2000 mg vápníku neovlivňuje rovnováhu hořčíku v těle, až denní dávky kolem 2600 mg vápníku podle Greagera a kol. 1981 mohou snižovat jeho rovnováhu. Mnoho studií taky uvádí, že vysoké dávky sodíku a vápníku mohou vyústit v zvýšenou exkreci hořčíku ledvinami. (Institute of Medicine 1997)

#### **3.4.2.3.3 Bílkoviny**

Bílkoviny přijímané potravou také mohou ovlivňovat absorpci hořčíku, s klesnutím příjmu bílkovin pod 30 g/den se sníží i absorpce hořčíku (Hunt et Schofield 1969), naopak zvýšení příjmu bílkovin nad 94 g/den může zvýšit ledvinové vylučování hořčíku (Mahalko et al. 1983). Schwartz a kol. (1973) ve své studii uvádí, že denní dávka bílkovin 93g zlepšuje absorpci a retenci hořčíku v organismu oproti denní dávce 43g.

### **3.4.2.4 Vliv na lidský organismus**

#### **3.4.2.4.1 Hypomagnézie**

Hypomagnézie je definována jako hladina hořčíku v krvi menší než 1,8 mg/dL (0,74mmol/L). Hypomagnézie může být způsobena nedostatečným příjmem, zvýšenými střevními nebo ledvinovými ztrátami, nebo redistribucí mezi extracelulárním a intracelulárním prostorem. Zvýšené renální ztráty hořčíku mohou být způsobeny genetickými nebo získanými ledvinovými poruchami. Většina pacientů s hypomagnézií nevykazují žádné příznaky, dokud hodnota nespadne pod koncentraci 1,2 mg/dL hořčíku v séru. Jedním z nejvíce životu nebezpečným příznakem hypomagnézie je ventrikulární arytmie. Prvním

krokem k určení pravděpodobné příčiny hypomagnezémie je měření frakční exkrece hořčíku a vápníko-kreatinovém poměru v moči. Ledvinová odezva na nedostatek hořčíku způsobenou gastrointestinálními ztrátami je snížení frakční exkrece hořčíku na méně než 2%. Frakční exkrece nad 2% u subjektu s normální renální funkcí poukazuje na ledvinové ztráty hořčíku. Bartterův syndrom a kličková diuretika, které inhibují transport chloridu sodného do vzestupné Henleovy kličky jsou spojeny s hypokalemií, metabolickou alkalózou, ledvinovými ztrátami hořčíku, hypomagnezemií a hyperkalcémií. Gitelmanův syndrom a thiazidová diuretika, které inhibují kotransportéry chloridu sodného v distálním tubulu jsou spojeny s hypokalemií, metabolickou alkalózou, ledvinovými ztrátami hořčíku, hypomagnezemií a hyperkalcémií. Geneticky způsobené ledvinové ztráty hořčíku bývají spojovány s hyperkalcémií, nefrokalcinózou a nefrolitiázou. Asymptomatictí pacienti by měli být léčeni pomocí perorálních doplňků hořčíku. Parenterální hořčík by měl být určen symptomatickým pacientům s velkým nedostatkem hořčíku (menší než 1,2 mg/dL). Stanovení odpovídající funkce ledvin je vyžadováno před přiřazením jakékoli suplementace hořčíkem. (Assadi, F. 2010)

#### **3.4.2.4.2 Hypermagnezémie**

Nadměrný příjem hořčíku (např. při aplikaci léků obsahujících hořčík) má řadu potencionálně toxických až smrtelných účinků. Jde například o nauzeu, zvracení, nízký krevní tlak, poruchy nervového systému, činnosti srdce, dýchací aj. (Kvasničková 1998).

Těžká symptomatická hypermagnezémie je vzácný klinický problém, který je převážně důsledkem nadměrného exogenního příjmu hořčíku u pacientů se selháním ledvin. Jejich práce popisuje starší ženu, které byl podán hořčík obsahující čistící lék, při předoperační přípravě střev v důsledku akutního selhání ledvin. Následně se u ní vyvinula jedna z nejvyšších zaznamenaných koncentrací hořčíku v séru. Hypermagnezémie byla úspěšně léčena pomocí kontinuální arteriovenózní hemodialýzou, ale pacientka nakonec zemřela, kvůli komplikacím pramenících z hypermagnezémie, kterými byly junkční bradykardie, infarkt myokardu a respirační selhání. Tento případ dokazuje, že je důležité zajistit neporušenou funkci ledvin, před podáváním velkého množství orálního hořčíku. Z toho vyplývá, že je potřeba se vyhnout u pacientů s akutním selháním ledvin velkým dávkám hořčíku. (Schelling 2000)

#### **3.4.2.4.3 Hypertenze**

Ačkoliv mnoho experimentálních a epidemiologických dat podporuje fakt, že nízký příjem hořčíku zvyšuje šanci na patogenní hypertenzi, výsledky z klinických testů a studií jsou kontroverzní a často neodpovídají předpokladům. Proto je zatím situace v této problematice nejasná a bude potřeba více kvalitních dlouhodobých studií. (WHO. 2009)

### **3.4.3 Sodík**

#### **3.4.3.1 Výskyt v organismu**

U dospělého muže o hmotnosti 65-70 kg je obsah sodíku v těle asi 92 g, z toho je 11,5 g v intracelulární tekutině, 34,5 g v kostech a 46 g v extracelulární tekutině. Sodík představuje 46 % všech osmoticky aktivních látek v extracelulární tekutině, proto na jeho obsahu závisí velikost extracelulární tekutiny. Nepřímo ovlivňuje i intracelulární tekutinu: při hypernatremii dochází k odsunu vody z buněk, naopak při hyponatremii roste i intracelulární tekutina. Sodík má význam pro membránový potenciál a acidobazickou rovnováhu. (Kvasničková 1998)

Sodík má zásadní význam pro buněčnou funkci a integritu. Za normálních okolností, tvoří intracelulární prostor 80 % objemu tkáně a koncentrace sodíku je v něm 10 - 15 mmol/kg, oproti 20 % extracelulárního prostoru v tkáních s koncentrací sodíku 140 – 150 mmol/kg. Tato relativně stabilní koncentrace je primárně zajištěna pomocí sodno-draselné pumpy, která pumpuje sodík z buněk, mezitím co pumpuje draslík do buněk. Propustné buněčné membrány nebo narušená sodno-draselná výměna potencionálně mění celkový cystolické tkáňový sodík, což ze sodíku dělá důležitý biomarker širokého spektra chorob, jako je mrtvice, rakovina, osteoartritida, neurologické poruchy, edémy, akutní infarkty myokardu. Typicky, zvýšení koncentrace celkového tkáňového sodíku (TSC) ukazuje ztrátu životaschopnosti tkání, z důvodu ztráty integrity buňky, a také zvýšením extracelulární tekutiny, když umírají. (Wanga et al. 2017)

#### **3.4.3.2 Příjem a metabolismus**

Hlavním zdrojem denní expozice sodíku jsou potraviny, a to především ve formě chloridu sodného. Odhad celkového denního příjmu je velmi obtížný, vzhledem k velké rozmanitosti v koncentracích sodíku v potravinách a faktu, že mnoho lidí potraviny dosoluje. V EU a Severní Americe se celkový odhad příjmu pohybuje mezi 5 – 20 g/den (2 – 8 g/den

sodíku), při průměrné spotřebě 10 g/den chloridu sodného (4 g/den sodíku). Lidé na dietě se sníženým obsahem soli musí snížit příjem sodíku pod 2 g/den. Ačkoliv je shoda, že sodík je pro lidský život nezbytný, není shoda v tom kolik by měl být jeho minimální denní příjem. Nicméně bylo stanoveno, že 500 mg/den sodíku pro dospělého by mělo pokrýt jeho potřebu. (Mizéhoun-Adissoda et al. 2017) WHO doporučuje udržovat denní příjem sodíku pod 2 g, což odpovídá 5 g chloridu sodného. (WHO 2003)

Prakticky všechen přítomný sodík v potravinách a vodě se rychle vstřebává gastrointestinálním traktem. Jeho hladina v extracelulárních tekutinách je udržována ledvinami a určuje jejich objem. Rovnováha sodíku je řízena přes složitý mechanismus zahrnující nervový i hormonální systém. Sodík se vylučuje především močí v množstvích, které korelují s dietárním příjmem. (WHO 2003)

### **3.4.3.3 Vliv sodíku na lidský organismus**

Obecně platí, že sodné soli nejsou akutně toxické kvůli účinnosti ledvin při vylučování sodíku. Nicméně, byly hlášeny případy projevů akutních účinků a úmrtí z důvodu předávkování chloridem sodným. Akutní účinky mohou zahrnovat nevolnost, zvracení, křeče, svalové záškuby, rigidity a mozkové a plicní edémy. Vysoké příjmy soli závažně zvyšují šanci na chronické srdeční selhání a škodlivé účinky způsobené vysokým obsahem sodíku v pitné vodě byly zdokumentovány. (Kvasničková 1998)

Vztah mezi zvýšeným příjmem sodíku a hypertenzí je předmětem kontroverze. Ačkoli krátkodobé studie naznačují, že takový vztah existuje, většina obyvatel západní Evropy a Severní Ameriky přijímá stravu s vysokým obsahem sodíku od dětství a nevykazují příznaky přetrvávající hypertenze až do 4. desetiletí. I když snížený příjem sodíku ve stravě může u některých jedinců snížit vysoký krevní tlak, tak není účinný ve všech případech. Navíc některé studie naznačují, že účinek sodíku může být částečně modifikovaný podle hladiny doprovodných aniontů a kationtů. Také sporné je jestli může mít vysoký obsah sodíku v pitné vodě vliv na zvýšený krevní tlak u dětí, přestože některé studie toto potvrzují, jiné tento jev nepozorují. (WHO 2003)



### 3.4.4 Draslík

#### 3.4.4.1 Výskyt v organismu

Draslík je kationtem nejvíce se vyskytujícím v intracelulární tekutině a zajištění správné distribuce draslíku přes buněčnou membránu je zásadní pro normální funkce buňky. Dlouhodobá údržba homeostázy draslíku se zajišťuje změnami v jeho renální exkreci v závislosti na změnách jeho příjmu (Palmer 2015). Je jednou z minerálních látek, která se v lidském organismu nachází v největším množství. U dospělého muže o hmotnosti cca 70 kg je obsah draslíku v těle 110 – 137 g, přičemž 98 % je uloženo uvnitř buněk, pouze 2 % v extracelulární tekutině. (Kvasničková 1998)

Draslík je potřebný pro normální fungování nervů a svalů, metabolismus sacharidů, bilanci kyseliny – zásady (acidobazickou rovnováhu) a metabolismus kyslíku v mozku. Správná bilance draslíku je nezbytná pro činnost srdce, aby se vyloučily arytmie a poškození, ke kterému dochází v důsledku těchto abnormálních rytmů. Draslík je dále součástí řady enzymových systémů a podílí se na metabolismu proteinů. (Kvasničková 1998)

Draslík hraje klíčovou roli v zajišťování funkce buněk. Téměř všechny buňky mají s  $\text{Na}^+ + \text{K}^+$  ATPasou, která pumpuje  $\text{Na}^+$  z buňky a  $\text{K}^+$  do buňky a vede k  $\text{K}^+$  gradientu přes buněčnou membránu ( $\text{K}^+$  dovnitř  $>$   $\text{K}^+$  ven), který je částečně odpovědný za udržování potenciálního rozdílu přes membránu. Tento rozdíl potenciálů je rozhodující pro funkci buněk, zejména v dráždivých tkáních, jako jsou ty svalové a nervové. Tělo má mnoho mechanismů pro obranu séra  $\text{K}^+$ . Tyto mechanismy slouží k zajištění správné distribuce  $\text{K}^+$  v těle, stejně jako k regulaci celkového  $\text{K}^+$ . (Palmer 2015)

#### 3.4.4.2 Příjem a resorpce

WHO se domnívá, že zdravý dospělý člověk by měl přijmout denně alespoň 90 mmol (3510 mg). (5) Při příjmu 0,3 – 0,4 mmol/kg tělesné hmotnosti (11,7 – 15,6 mg/kg) by se ještě neměli projevovat symptomy deficitu. Normální denní dietetický příjem draslíku u dospělých je 2 – 4 g. (Kvasničková 1998)

Dobrym zdrojem draslíku je listová zelenina, hrozny vinné révy, rajčata, okurky, cuketa, lilek, dýně a kořenová zelenina. Dalšími relativně dobrými zdroji jsou fazole a hrách, stromové ovoce, mléko a jogurty a maso. V nezpracovaných potravinách se draslík vyskytuje

nejčastěji ve formě hydrogenuhličitanových generátorů, jako je citrát. Draslík přidávaný v průběhu je většinou chlorid draselný. Tělo absorbuje kolem 85% přijatého draslíku. (Holbrook et al 1984)

Primárně odpovědné za udržení celkového tělního obsahu  $K^+$  jsou ledviny, pomocí srovnávání jeho příjmu s vylučováním. K úpravě v renálním vylučování  $K^+$  dochází až během několika hodin; proto změny v extracelulární  $K^+$  koncentraci jsou tlumeny pohybem  $K^+$  do nebo z kosterního svalu. Regulace v rozdělení  $K^+$  rovnováhy mezi intracelulárním a extracelulárním prostorem označuje jako vnitřní  $K^+$  rovnováha. Mezi nejdůležitější faktory v regulaci tohoto pohybu za normálních podmínek jsou insulin a katecholaminy. (Palmer 2010)

### **3.4.4.3 Vliv na lidský organismus**

Appel et al. (2006) uvádí, že příjem draslíku je nepřímo úměrný výskytu hypertenze. Kromě toho draselné suplementy a vyhýbání se hypokalemii snižuje krevní tlak u hypertoniků. Naopak, krevní tlak je zvýšen u hypertoniků při stravě chudé na draslík. Toto zvýšení krevního tlaku je spojeno se zvýšenou renální sodnou reabsorpcí (Krishna et Kapoor 1991). WHO uvádí, že existuje mnoho prokazatelných důkazů o příznivém vlivu zvýšeného příjmu draslíku na krevní tlak a tím zároveň i příznivý vliv na snížený výskyt kardiovaskulárních chorob, infarktů a ischemických srdečních chorob. (WHO 2012)

Deficit draslíku se projevuje únavou, ochablostí svalů, akumulací tekutin, zácpou, poruchou nervového systému a ledvin. Deficit draslíku také zvyšuje riziko z otravy digitálovými preparáty u těch osob, které jsou těmito preparáty léčeni při srdeční nedostatečnosti. Naopak příznaky vysokých koncentrací draslíku v krvi jsou: slabost, ospalost (netečnost), arytmie a pocity dezorientace. (Kvasničková 1998)

### **3.4.4.4 Interakce s ostatními elementy**

Je známo, že rovnováha mezi sodíkem a draslíkem je velmi důležitá, protože nadměrný příjem sodíku může vést k depleci hladiny draslíku. Deficit hořčíku vede k neschopnosti udržet hladinu draslíku v dostatečném množství a nadměrný příjem draslíku může omezovat příjem draslíku. (WHO 2009)

## **3.4.5 Chlor**

### **3.4.5.1 Výskyt v organismu**

Normální lidské tělo obsahuje 81,7 g chloru (WHO 2003b). Chlor je důležitou minerální látkou pro lidské tělo. Spolu se sodíkem se podílí na udržení osmotické rovnováhy buněk, chloridové anionty jsou součástí žaludečních šťáv a pomáhají tak při trávení potravy (Racek 2006). 88% chloridů je extracelulární a přispívá k osmotické aktivitě tělních tekutin. (WHO 2003b)

### **3.4.5.2 Příjem a metabolismus**

Na základě celkové obligátní přibližné denní ztráty 530 mg chloridu WHO doporučuje dietní příjem pro dospělého jedince 9 mg chloridu na kg tělesné hmotnosti (toto množství odpovídá množství o trochu větším než 1 gram kuchyňské soli denně). U dětí do 18 let by měl být dostačující příjem 45 mg chloridu. (WHO 2003b)

Chlor existuje v přírodě především ve formě chloridu sodného. Hydratovaný chlorový ion se velikostí podobá draslíku a snadno prochází membránami (Kvasničková 1998). Rovnováha elektrolytů je v těle udržována pomocí úpravy exkrece ledvin a gastrointestinálního traktu v závislosti na jejich celkovém příjmu. Chlorid je u zdravých jedinců téměř úplně absorbován v proximální části tenkého střeva. Normální ztráta tekutin se pohybuje okolo 1,5 až 2 litrů denně, společně s asi 4 g chloridů denně. Většina (90 - 95 %) se vylučuje močí, menší množství stolicí (4 - 8 %) a v potu (2 %). (WHO 2003b)

### **3.4.5.3 Vliv chloru na lidský organismus**

Toxicita chloridu nebyla u lidí pozorována, s výjimkou zvláštních případů poruch metabolismu chloridu sodného. Zdraví jedinci mohou tolerovat velké množství chloridu za předpokladu, že existuje dostatečný soubežný příjem čerstvé vody. O účinku dlouhodobého příjmu velkého množství chloridu v potravě je zatím známo velmi málo. Stejně jako u experimentů na zvířatech, hypertenze spojená s vysokým příjmem chloridu sodného se spíše ukazuje být závislá více na sodíku než na chloridu. (WHO 2003b)

Hypochloremie (pokles hodnoty  $\text{Cl}^-$  zvláště v extracelulární tekutině) vede k poklesu glomerulární filtrace v ledvinách. Během posledních 20 let se zjistilo, že řadu onemocnění,

např. urémii, hypertyreózu (porucha činnosti štítné žlázy), hypertenzi a podvýživu lze dávat do souvislosti se zvýšenou koncentrací intracelulárního sodíku. Zvýšená koncentrace intracelulárního sodíku se prokázala také u podvyživených dětí v s onemocněním kwashiorkor (proteinová malnutrice) a marasmus (sešlost). (Kvasničková 1998)

### **3.5 Obecné principy metod stanovení vod**

#### **3.5.1 Stanovení vápníku, hořčíku, sodíku a draslíku**

Vzhledem k neměným principům stanovení je tato část z (Kalavská a Holoubek 1989)

##### **3.5.1.1 Chelatometrie**

Chelatometrické titrace využívají schopnosti některých aminopolykarboxylových kyselin tvořit s některými kationty kovů komplexy, které jsou sice ve vodě rozpustné, ale jsou velmi málo disociované. Jednou z nejužívanějších sloučenin používaných k chelatometrickým stanovením je disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové nazývaná chelaton III. Protože při reakcích kationtů s chelatonem se uvolňují protony a navíc stálost komplexů chelatonu s kovovými ionty závisí na hodnotě pH, je nutné chelatometrické titrace uskutečňovat při určitém pH titrovaného roztoku. Udržování definovaného pH během titrace zajišťují tzv. tlumivé roztoky (pufry). Provedení chelatometrické titrace spočívá v tom, že se k roztoku kationtů ve vzorku vody přidává z byrety roztok Chelatonu III o známé koncentraci. Bod ekvivalence (okamžik, kdy jsou právě všechny kationty v roztoku převedeny do komplexu s Chelatonem) se zjišťuje pomocí chelatometrických indikátorů (nejčastěji používané jsou murexid pro  $\text{Ca}^{2+}$  a eriochromčern T pro  $\text{Mg}^{2+}$ ). Tyto indikátory vytvářejí se stanovovanými kationty rovněž komplexy, které jsou však méně stabilní než komplexy těchto kationtů s Chelatonem III a jsou jinak zbarveny než volný indikátor (murexid – změna zbarvení modrofialová → červená, eriochromčern T - změna zbarvení modrá → červená).

##### **3.5.1.2 Emisní spektrometrie**

Spektrální analýza určující kvalitativní i kvantitativní složení látek podle emisního spektra těchto látek v plazmatickém stavu. Záření plazmatu je vytvářeno emisí atomů, iontů, molekul a částic tuhých látek. Spektrum je výsledkem diskrétních přechodů elektronů z hladin s vyšší energií na hladiny s nižší energií. Emisní plamenová spektrometrie je tedy metoda

založená na excitaci a zpětné deexcitaci atomů, při které se přebytečná energie vyzařuje jako charakteristické záření o vlnové délce odpovídající rozdílu energií excitovaného a základního stavu a jehož intenzita je přes mnoho řádů lineárně úměrná koncentraci prvku ve vzorku. Koncentraci prvků ve vzorku je nutné stanovit pomocí kalibrační křivky. Pro stanovení prvků alkalických kovů je použit plamen acetylén-vzduch.

### **3.5.1.3 Atomová absorpční spektrometrie (atomová absorpční spektroskopie, AAS)**

Atomová absorpční spektrometrie je jednou z nejrozšířenějších analytických metod. Tato spektrometrická analytická metoda slouží ke stanovení obsahu stopových i významných koncentrací jednotlivých prvků v analyzovaném roztoku. Metodou lze analyzovat přes 60 prvků periodické tabulky (převážně kovových) s citlivostí od setin do stovek ppm. Princip této metody spočívá v tom, že roztok analyzovaného vzorku je zmlžen a vzniklý aerosol zaveden do plamene nebo grafitového atomizátoru. Zde se roztok okamžitě odpaří a rozruší se chemické vazby v molekulách přítomných sloučenin. Podmínky atomizace jsou přitom voleny tak aby co největší množství měřených atomů zůstala v neutrálním stavu a nedocházelo k ionizaci za vzniku nabitých částic typu  $Me^+$ . Plamenem prochází paprsek světla ze speciální výbojky, jehož fotony jsou při setkání s atomy analyzovaného prvku absorbovány a atom prvku přechází do příslušného vzbuzeného stavu. Dochází tak k úbytku intenzity procházejícího světla a tento úbytek je dán Lambert-Beerovým zákonem.

### **3.5.1.4 Chelatometrické stanovení vápníku a hořčíku**

Vápník a hořčík lze společně stanovit chelatometrickou titrací na eriochromovou čern T v prostředí pH 10. Za těchto podmínek tvoří komplex s chelatonem 3 především  $Ca^{2+}$  a následně i  $Mg^{2+}$ . Vymizení iontů  $Mg^{2+}$  z roztoku se projeví změnou barvy, kterou tento iont tvoří s eriochromovou černí T. Vínově červené zbarvení tohoto barviva s  $Mg^{2+}$  se změní na blankytně modré zbarvení samotného barviva. - vápník lze samostatně stanovit chelatometricky při pH 12 – 13 na směsný indikátor-murexid tvořící  $Ca^{2+}$  červené zbarvení, které se při dosažení ekvivalentního bodu mění ve fialové zbarvení samotného barviva (jako směsný indikátor lze použít i fluorexon a thymolftalexon). - obsah hořčíku se vypočítá z rozdílu obou stanovení - metoda vhodná pro koncentrace nad 0,05mmol.l-1

### **3.5.1.5 Stanovení sodíku a draslíku plamenovou emisní spektrometrií (AES)**

Vzorek vody je zmlžen do plamene směsi acetylen-vzduch. Zde je prvek atomizován a excitován. Rezonanční spektrální čára pro sodík má vlnovou délku 589nm, pro draslík 770 nm, ta se izoluje ze spektra oxidačního plamene směsi acetylen-vzduch a změří se emise (tok vysílaného záření). Tok je úměrný koncentraci sodíku nebo draslíku ve vzorku.

### **3.5.1.6 Stanovení vápníku a hořčíku atomovou absorpční spektrometrií (AAS)**

Vzorek vody je zmlžen do plamene směsi acetylen-oxid dusný, kde se roztok okamžitě odpaří a rozruší se chemické vazby v molekulách přítomných sloučenin. Plamenem prochází paprsek světla ze speciální výbojky, jehož fotony jsou při setkání s atomy analyzovaného prvku absorbovány a atom prvku přechází do příslušného vzbuzeného (excitovaného) stavu. Vyhodnocení výsledků se provede ze tří hodnot absorbance pro každou koncentraci prvku.

## **3.5.2 Stanovení chloridů**

Ke stanovení chloridů se nejčastěji používají odměrná stanovení, hlavně argentometrické stanovení podle Mohra, nebo metoda merkurimetrická, která se ale už nevyskytuje v současné platné české normě, která byla zpřísněna, aby byla v souladu s mezinárodní normou ISO. Mezi další možnosti stanovení chloridů patří potenciometrická titrace a automatizovaná (FIA) spektrofotometrická metoda s thiokyanatanem rtuťnatým.

Při potenciometrickém stanovení je titračním činidlem dusičnan stříbrný a elektrodový systém je v silně kyselém prostředí, a je tvořen skleněnou elektrodou a elektrodou Ag-AgCl. Metoda se hodí ke stanovení barevných či zakalených vod, ve kterých by bylo klasickou argentometrickou a merkurimetrickou titrací obtížné určit bod ekvivalence.

Při spektrofotometrickém stanovení chloridů s thiokyanatanem rtuťnatým reagují chloridy obsažené ve vzorku vody s thiokyanatanem rtuťnatým za vzniku prakticky nedisociovaného, ale rozpustného chloridu rtuťnatého. Thiokyanidové ionty, při této reakci uvloněné, pak reagují s ionty  $Fe^{3+}$  za vzniku oranžově zbarveného komplexu thiokyanatanu železitého. Intenzita zbarvení komplexu je úměrná obsahu chloridů ve vzorku. Absorbance se proměřuje při vlnové délce 480 nm. Pro stanovení se musí ze vzorku odstranit všechny nerozpuštěné látky, filtrací nebo odstředěním. Není znám žádný rušivý vliv jiných složek běžně obsažených ve vodě při této metodě, tudíž ji lze používat pro stanovení chloridů ve

všech druzích vod. Bez ředění vzorku lze stanovit chloridy v rozmezí koncentrace 1 – 200 mg/l.

Argentometricky se chloridy stanovují podle Mohra, při kterém se titrují roztokem dusičnanu stříbrného o pH pohybujícím se v intervalu 5 – 9,5, za vzniku bílého málo rozpustného chloridu stříbrného ( $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl (s)}$ ). Konec titrace je indikován chromanem draselným, jež rovněž tvoří se stříbrnými kationty jen málo rozpustnou sraženinu chromanu stříbrného ( $2 \text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-} = \text{Ag}_2\text{CrO}_4 \text{ (s)}$ ). Kvůli tomu, že chlorid stříbrný je méně rozpustný než chroman stříbrný, dochází nejprve k reakci chloridu za vzniku bílé sraženiny a teprve po úplném vyčerpání chloridu, tzn. těsně po bodu ekvivalence, proběhne reakce s chromanem a vytvoří se červenohnědá sraženina chromanu stříbrného. Bez objemové úpravy vzorku lze stanovovat chloridy o koncentraci 4 – 400 mg/l. Složky, které by mohli mít rušivý vliv, obvykle nedosahují dostatečné koncentrace. Mezi tyto látky řadíme bromidy, jodidy, kyanidy, siřičitany, thiosíraný, sulfidy a fosforečnany.

Při merkurimetrickém stanovení se chloridy titrují odměrným roztokem dusičnanu rtuťnatého za vzniku rozpustné, ale jen málo disociované komplexní sloučeniny chloridu rtuťnatého ( $2 \text{Cl}^- + \text{Hg}^{2+} = [\text{HgCl}_2]$ ). Jako indikátor se slouží difenylkarbazon, který vytváří při pH v oblasti 2,3 – 2,8 červenofialový komplex. (Horáková 2003)

### 3.5.3 Měření pH

Měření pH se nejčastěji provádí pomocí pH-metru, který se skládá hlavně z elektrochemického článku tvořeného dvěma elektrodami, indikační a referentní. Jako indikační se nejčastěji používá iontově selektivní skleněná membránová elektroda a jako referentní argentchloridová nebo kalomelová. (Bartoš et al. 2011)

Měření je založeno na reakci vodného roztoku se skleněnou membránou měrné elektrody, vyrobené ze sodno-vápenatého skla. Jakmile se sklo začne hydrolyzovat, dochází k výměně sodných iontů za vodíkové. Na vnější straně membrány se vytvoří gelová vrstva a v závislosti na pH roztoku prostupují vodíkové ionty dovnitř, když je roztok kyselý anebo ven v případě roztoku zásaditého. U kyselého roztoku se kolem membrány tvoří kladný náboj a v případě zásaditého náboj záporný. (Bartoš et al. 2011)

### 3.5.4 Konduktometrie

Vodivost je základní aditivní vlastností roztoků elektrolytů. Konduktivita je převrácenou hodnotou odporu. Proto i jednotka vodivosti (Siemens, označení S) je převrácenou hodnotou jednotky odporu. Pro srovnání schopnosti vodných roztoků vést elektrický proud byla zavedena měřá vodivost. Ta představuje převrácenou hodnotu odporu mezi elektrodami o stejné ploše ( $1\text{m}^2$ ), ve známé vzdálenosti od sebe (1 m). Pro měření používáme konduktometr s vodivostní nádobkou, termostat nebo termostatovanou lázeň s přesností teploty udávané na  $0,1\text{ }^\circ\text{C}$  a kalibrovaný teploměr. Před vlastním měřením je nutné stanovit odporovou konstantu vodivostní nádoby pomocí alespoň dvou různých roztoků KCl o známé koncentraci, jejichž konduktivita se blíží očekávaným hodnotám vzorku. (Horáková 2003)

### 3.5.5 Stanovení neutralizační kapacity

Neutralizační kapacitou (NK) vody se rozumí látové množství silné jednostytné kyseliny nebo zásady v mmol, které spotřebuje 1 litr vody k dosažení zvoleného pH. Když se pH na cílovou hodnotu snižuje, tudíž se titruje kyselinou, jde o kyselinovou neutralizační kapacitu (KNK) a když se pH zvyšuje, při titraci zásadou, jde o zásadovou neutralizační kapacitu. Většinou se stanovuje KNK do pH 8,3 a 4,5 a ZNK pro pH 8,3. Pro stanovení konce titrace se obvykle jako indikátor používá u pH 4,5 barevný přechod methylové oranže a u pH 8,3 fenofalein.

U přírodních, pitných a užitkových vod se předpokládá, že nejvýznamnější tlumivým systémem je soustava: oxid uhličitý (volný) – hydrogenuhličitan – uhličitan. Dá se říci, že přibližně při hodnotě pH 4,5 bude veškerý celkový oxid uhličitý přítomen ve formě volného oxidu uhličitého a při pH okolo 8,3 bude všechen celkový oxid uhličitý ve formě hydrogenuhličitanů. Běžné pitné vody se většinou pohybují v rozmezí 4,5 – 8,3, proto se většinou stanovuje KNK na pH 4,5 pomocí odměrného roztoku kyseliny chlorovodíkové a ZNK do pH 8,5 se stanovuje pomocí roztoku hydroxidu sodného. (Horáková 2003)



## 4 Materiál a metodika

### 4.1 Vzorky

Na pokus bylo vybráno 15 vzorků balených nesycených neochucených vod. Od každého druhu byly koupeny tři 1,5 litrové lahve se stejnou šarží, dvě byly určeny na chemický rozbor a 1 na senzorickou analýzu. Vody a údaje z etiket jsou uvedeny v tabulce č.

3

Tabulka č. 3

	<b>vodivost</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>Na</b>	<b>K</b>	<b>HCO<sub>3</sub></b>	<b>Cl</b>
	( $\mu$ S/cm)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
San Terra	144,9	15,3	2,76	4,27	x	x	8,21
Dobrá Voda	178	6	8,6	11,3	10,7	111	1,01
Nartes (k)	196,2	26,8	3,24	5,47	0,424	110	2
Fromin	334	68,1	2,54	2,37	1,08	206	1,49
Aquila	381	74,3	3,72	1,1	1,1	222	2,9
Rajec	406	48,7	13,6	11,8	4,16	216	2,81
Aqua Anna	529	64,2	32,1	1,7	0,6	372,3	2,8
Vittel	540	87	19,2	2,6	1,1	324	4,8
Bonaqua	624	94	20	7,7	5	248	4
Jana	730	79	38,5	16,4	2,4	317	17
Korunní	780	68,4	24,3	74,7	17,5	471	6,9
Mattoni	878	84,5	25	69,9	x	528	12
Ondrášovka	1148	37,4	170	6,17	x	970	x
Magnesia	1157	195	23,1	27,3	1,4	839	6,6
Hanácká kyselka	2600	270	68	248	15	1580	178

X – hodnota není uvedena

### 4.2 Metodika

#### 4.2.1 Stanovení pH

##### Chemikálie

vzorky vod

##### Přístroje

pH metr SCHOTT

### Postup

Stanovení bylo prováděno potenciometricky pomocí pH metru, ihned po otevření lahví určených pro analýzu, prostým ponořením pH metru do odlitých vzorků a zapsáním hodnoty pH po jejím ustálení.

### 4.2.2 Stanovení vodivosti

#### Chemikálie

vzorky vod

#### Přístroje

konduktometr Inolab LEVEL 1

### Postup

Vodivost byla měřena konduktometrem, ihned po otevření lahví určených pro analýzu, ponořením elektrody konduktometru do odlitého vzorku a zapsáním hodnoty v  $\mu\text{S}$  po ustálení hodnot. Nastavení a standardizace konduktometru byla provedena podle manuálu k přístroji.

### 4.2.3 Stanovení $\text{HCO}_3^-$

#### Chemikálie

vzorky vod

standardizovaný roztok kyseliny chlorovodíkové (0,1 mol/l)

methylová oranž

### Postup

100 ml vzorku bylo odebráno do titrační baňky a k němu byly přidány 3 kapky methylové oranže. Poté se vzorek titroval odměrným roztokem kyseliny chlorovodíkové do prvního náznaku cibulového zbarvení, hodnota spotřebované kyseliny byla zapsána. Ke každému vzorku byly provedeny 2 měření. Koncentrace hydrogenuhličitanů byla vypočítána pomocí níže uvedeného vzorce.

$$C_{\text{hco}_3} = \frac{C_{\text{hcl}} \cdot V_{\text{HCl}}}{V_{\text{vz}}} * M_{\text{HCO}_3} \left( \frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)$$

#### 4.2.4 Stanovení Cl-

##### Chemikálie

vzorky vod

odměrný roztok dusičnanu stříbrného (0,07372 mol/l)

dichroman draselný

chlorid sodný

##### Přístroje

analytické váhy

##### Postup

100 ml vzorku bylo odebráno do titrační baňky a k němu byl přidán 1 ml dichromanu draselného. Poté byl vzorek titrován odměrným roztokem dusičnanu stříbrného do prvního stálého červeného zbarvení. Hodnota spotřebovaného roztoku byla zapsána a vypočítána podle níže uvedeného vzorce. Samotný odměrný roztok byl standardizován pomocí základní látky chloridu sodného.

$$C_{Cl^-} = \frac{V_{AgNO_3} * C_{AgNO_3}}{V_{vzorku}} * M_{Cl} \left( \frac{mg}{l} \right)$$

#### 4.2.5 Stanovení AAS

##### Chemikálie

vzorky vody

standard vápníku – uhličitan vápenatý (1 g/l)

standard hořčíku – uhličitan hořečnatý (1 g/l)

standard sodíku – uhličitan sodný (1 g/l)

standard draslíku – dusičnan draselný (1 g/l)

1,5 % kyselina dusičná

5% chlorid lanthanitý

demineralizovaná voda

## **Přístroje**

atomový absorpční spektrometr – VARIAN SPECTR AA 110

### **4.2.5.1 Stanovení Ca<sup>2+</sup>**

#### **Postup**

Nejprve byl připraven standardní roztok vápníku (40 mg/l), do 100 ml odměrné baňky byly přidány 4 ml standardu vápníku a 8 ml 5% roztoku chloridu lanthanitého, poté byl vzorek doplněn po rysku 1,5% kyselinou dusičnou.

Při přípravě vzorků bylo nejprve do 20 ml odměrných zkumavek přidáno 1,6 ml roztoku chloridu lanthanitého, následně pokud byl předpoklad (dle etikety), že je voda s nižší koncentrací než 40 mg/l, byla zkumavka doplněna vzorkem po rysku, a pokud měla být koncentrace vyšší, byl roztok zředěn demineralizovanou vodou přibližně na tuto koncentraci. Od každé vody byly připraveny 3 vzorky.

Při měření na AAS byla použita směs plynu acetylen – vzduch a měřilo se pomocí katody s dutou výbojkou pro vápník a hořčík. Po zapnutí plynu, zahřátí lampy a optimalizaci zdroje byl nejprve proměřen stanovený standard, kvůli stanovení kalibrační křivky. Poté se měřily vzorky, mezi trojicí každého vzorku byl navíc ještě měřen slepý pokus demineralizované vody, přístroj udával výsledky v koncentracích mg/l, od kterých byl odečten průměr slepých pokusů a pak byly přepočteny na původní koncentraci před ředěním.

### **4.2.5.2 Stanovení Mg<sup>2+</sup>**

#### **Postup**

Nejprve byl připraven standardní roztok vápníku (1 mg/l), do 100 ml odměrné baňky bylo přidáno 0,1 ml standardu hořčíku a 2 ml 5% roztoku chloridu lanthanitého, poté byl vzorek doplněn po rysku 1,5% kyselinou dusičnou.

Při přípravě vzorků bylo nejprve do 20 ml odměrných zkumavek přidáno 0,4 ml roztoku chloridu lanthanitého, do zkumavky bylo poté napipetováno takové množství vzorku,

aby byla výsledná koncentrace hořčíku přibližně 0,5 mg/l (zjišťováno dle etiket) a pak doplněno do 20 ml demineralizovanou vodou. Od každé vody byly připraveny 3 vzorky.

Při měření na AAS byla použita směs plynu acetylen – vzduch a měřilo se pomocí katody s dutou výbojkou pro vápník a hořčík. Po zapnutí plynu, zahřátí lampy a optimalizaci zdroje byl nejprve proměřen stanovený standard, kvůli stanovení kalibrační křivky. Poté se měřily vzorky, mezi trojicí každého vzorku byl navíc ještě měřen slepý pokus demineralizované vody, přístroj udával výsledky v koncentracích mg/l, které od kterých byl odečten průměr slepých pokusů a byly přepočteny na původní koncentraci před ředěním.

#### **4.2.5.3 Stanovení Na<sup>+</sup>**

##### **Postup**

Nejprve byl připraven standardní roztok sodíku (10 mg/l), do 100 ml odměrné baňky byl přidán 1 ml standardu sodíku a vzorek byl doplněn po rysku 1,5% kyselinou dusičnou.

Při přípravě vzorků bylo do 20 ml odměrných zkumavek napipetováno takové množství vzorku, aby byla výsledná koncentrace sodíku přibližně 5 mg/l (zjišťováno dle etiket) a pak doplněno do 20 ml demineralizovanou vodou, pokud byla koncentrace samotného vzorku nižší než 5 mg/l, byla zkumavka doplněna po rysku samotným vzorkem. Od každé vody byly připraveny 3 vzorky.

Při měření na AAS byla použita směs plynu acetylen – vzduch a měřilo se pomocí katody s dutou výbojkou pro sodík. Po zapnutí plynu, zahřátí lampy a optimalizaci zdroje byl nejprve proměřen stanovený standard, kvůli stanovení kalibrační křivky. Poté se měřily vzorky, mezi trojicí každého vzorku byl navíc ještě měřen slepý pokus demineralizované vody, přístroj udával výsledky v koncentracích mg/l, od kterých byl odečten průměr slepých pokusů a byly přepočteny na původní koncentraci před ředěním.

#### **4.2.5.4 Stanovení K<sup>+</sup>**

##### **Postup**

Nejprve byl připraven standardní roztok draslíku (5 mg/l), do 100 ml odměrné baňky bylo přidáno 0,5 ml standardu sodíku a vzorek byl doplněn po rysku 1,5% kyselinou dusičnou.

Při přípravě vzorků bylo do 20 ml odměrných zkumavek napipetováno takové množství vzorku, aby byla výsledná koncentrace draslíku přibližně 2,5 mg/l (zjišťováno dle etiket) a pak doplněno do 20 ml demineralizovanou vodou, pokud byla koncentrace samotného vzorku nižší než 5 mg/l, byla zkumavka doplněna po rysku samotným vzorkem. Od každé vody byly připraveny 3 vzorky.

Při měření na AAS byla použita směs plynu acetylen – vzduch a měřilo se pomocí katody s dutou výbojkou pro sodík. Po zapnutí plynu, zahřátí lampy a optimalizaci zdroje byl nejprve proměřen stanovený standard, kvůli stanovení kalibrační křivky. Poté se měřily vzorky, mezi trojicí každého vzorku byl navíc ještě měřen slepý pokus demineralizované vody, přístroj udával výsledky v koncentracích mg/l, které od kterých byl odečten průměr slepých pokusů a byly přepočteny na původní koncentraci před ředěním.

#### 4.2.6 Senzorické hodnocení

Senzorického hodnocení se účastnilo 56 zaškolených hodnotitelů. Hodnotitelé posuzovali celkovou chutnost na 10 cm grafické netruktované stupnici s ohraničením obou stran (viz příloha), v němž jeden extrém byl označen jako "odporná" a druhý jako "vynikající". Protože každý hodnotitel hodnotil jen 5 vzorků (na každou vodu připadá 18 hodnotitelů), byly vody rozděleny do 5 skupin po 3 vzorcích, podle na etiketách udávaných údajů o celkovém obsahu rozpuštěných látek (viz. tabulka č. 4). Každý hodnotitel dostal vždy náhodně jednu vodu z každé skupiny, aby došlo k posouzení celé škály vzorků. Samotné vzorky byly podávány za pokojové teploty ve 200 ml kádinkách doplněných přibližně do třetiny. Všechny vzorky byly označeny 4místným kódem a k nalévání vzorků docházelo v jiné místnosti, aby nemohlo dojít k ovlivnění hodnocení kvůli osobním preferencím hodnotitelů.

Tabulka č. 4

<b>1. skupina rozpuštěné látky do 150 mg/l</b>	<b>2. skupina rozpuštěné látky 150 – 300 mg/l</b>	<b>3. skupina rozpuštěné látky 300 – 450 mg/l</b>	<b>4. skupina rozpuštěné látky 450 – 600 mg/l</b>	<b>5. skupina rozpuštěné látky více než 600 mg/l</b>
San Terra 1023	Aquila 2265	Aqua Anna 3475	Jana 6657	Hanácká kyselka 5845
Dobrá Voda 9067	Fromin 4207	Bonaqua 6447	Korunní 8615	Ondrášovka 9827
Nartes 5035	Rajec 7243	Vittel 8463	Mattoni 1643	Magnesia 2813

#### **4.2.7 Statistické vyhodnocení**

Získaná data byla vyhodnocena v programu STATISTICA 12.

Na data ze senzoričkého tesu pro hodnocení chuti byly nejprve použity popisné charakteristiky (aritmetický průměr, minimum, maximum, směrodatná odchylka a 0,95 interval spolehlivosti). A poté byla provedena jednofaktorová ANOVA Tukeyovým testem v intervalu spolehlivosti 0,95 při hladině významnosti 0,05, pro určení statisticky významných rozdílů mezi jednotlivými vzorky.

Naměřená data z jednotlivých testů (chuť, pH, vodivost, vápník, hořčík, sodík, draslík, chloridy a hydrogenuhličitan), byly nejprve standardizovány a zhodnoceny tabulkou jednotlivých korelací, poté byla data zhodnocena shlukovou analýzou metodou spojování (hierarchické shlukování), jako pravidlo slučování bylo nastaveno jednoduché spojení a metrika vzdálenosti nastavena na nestandardizovanou euklidovou vzdálenost. Nakonec byla provedena analýza hlavních komponent podle korelací.



## 5 Výsledky

### 5.1 Porovnání naměřených parametrů s parametry uváděnými na etiketách.

V tabulce č. 5 je uveden poměr naměřených hodnot vůči hodnotám uváděným na etiketách. Nejvíce se z parametrů liší hodnoty chloridů, jejichž průměrný poměr byl  $2,48 \pm 3,25$ . Maximální poměr chloridů vykazoval vzorek Jana (14). Naopak jako nejpřesnější se ukázaly parametry sodíku, u kterých je poměr hodnot  $1 \pm 0,11$ .

Tabulka č. 5

	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	Cl
San Terra	1,32	1,02	1,14	X	X	1,03
Dobrá Voda	1,12	1,17	0,92	0,98	1,04	3,24
Nartes (k)	1,24	1,17	0,10	1,32	1,08	1,64
Fromin	1,09	0,86	0,92	1,27	1,10	2,63
Aqua Anna	1,11	0,93	0,95	0,97	1,04	1,80
Aquila	1,21	0,89	0,96	1,18	0,99	1,63
Jana	1,18	0,98	1,34	1,02	1,01	14
Rajec	1,18	0,73	1,05	0,91	1,09	1,36
Vittel	1,17	0,10	0,93	0,99	1,09	1,47
Bonaqua	1,18	0,98	1,01	1,05	1,12	1,23
Korunní	1,07	0,83	0,96	1,05	1,00	1,51
Mattoni	1,18	0,90	1,01	X	1,08	1,09
Magnesia	1,00	0,79	0,89	X	1,70	X
Ondrášovka	1,31	0,91	0,98	1,06	1,03	1,09
Hanácká kyselka	1,19	0,93	0,95	1,17	0,57	0,96
Max	1,32	1,17	1,34	1,32	1,70	14,00
Min	1,00	0,73	0,89	0,91	0,57	0,96
Průměr	1,17	0,94	1,00	1,08	1,07	2,48
Směrodatná odchylka	0,08	0,18	0,11	0,12	0,22	3,25

## 5.2 Výsledky měření parametrů vody

Naměřené hodnoty jednotlivých parametrů jsou uvedeny v tabulce č. 6.

Tabulka č. 6

Název vzorku	vodivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	pH	chuť	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	K (mg/l)	HCO <sub>3</sub> (mg/l)	Cl (mg/l)
San Terra	144,9	5,99	5,52	20,21	2,81	4,86	1,1	70,15	8,49
Dobrá Voda	178	5,9	5,4	6,75	10,06	10,45	10,51	115,9	3,27
Nartes (k)	196,2	7,42	5,43	33,38	3,78	5,46	0,56	118,95	3,27
Fromin	334	7,54	6,76	74,53	2,19	2,17	1,37	225,7	3,92
Aqua Anna (k)	381	7,54	5,52	82,35	3,45	1,05	1,07	231,8	5,23
Aquila	406	7,55	6,14	59,1	12,14	11,3	4,92	213,5	4,57
Jana	529	7,55	5,63	75,69	31,3	2,28	0,61	375,15	39,20
Rajec	540	7,72	6,25	102,29	14,01	2,73	1	353,8	6,53
Vittel	624	7,45	6,06	109,83	19,98	7,16	4,94	271,45	5,88
Bonaqua	730	7,15	6,01	93,46	37,74	16,61	2,53	353,8	20,91
Korunní	780	5,97	4,83	73,51	20,16	71,41	18,42	469,7	10,45
Mattoni	878	6,24	3,44	100,05	22,54	70,34	15,01	570,35	13,07
Magnesia	1148	6,28	3,19	37,34	133,93	5,47	3,47	1653,1	5,23
Ondrášovka	1157	6,28	4,73	255,78	21,06	26,65	1,48	863,15	7,19
Hanácká kyselka	2600	6,32	3,09	320,03	63,28	235,82	17,59	905,85	170,52
Průměr	708,4	6,86	5,2	96,29	26,56	31,58	5,64	452,82	20,52
Maximum	2600	7,72	6,76	320,03	133,93	235,82	18,42	1653,1	170,52
Minimum	144,9	5,9	3,09	6,75	2,19	1,05	0,56	70,15	3,27

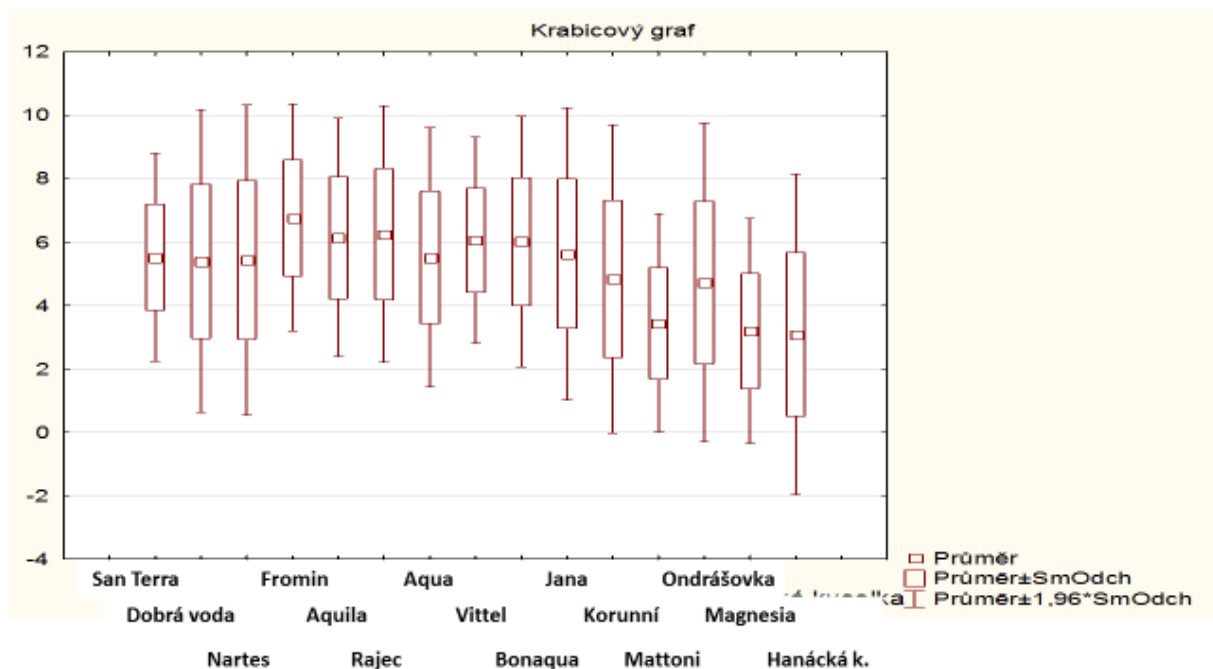
### 5.3 Senzorická analýza

Výsledky senzorické analýzy byly vyhodnoceny základní popisnou statistikou v tabulce č. 7 a graficky zobrazeny krabicovým grafem (obrázek č. 3), nejnižší průměr v hodnocení vykazovala Hanácká kyselka 3,09, naopak nejlepší hodnocení měla voda Fromin s průměrem 6,76. Průměr všech vod v hodnocení činil 5,20 se směrodatnou odchylkou  $\pm 1,10$ .

Tabulka č. 7

Proměnná	Popisné statistiky – senzorická analýza				
	N platných	Průměr	Minimum	Maximum	Sm.odch.
San Terra	18	5,52	2,20	8,40	1,68
Dobrá Voda	18	5,40	2,00	9,00	2,43
Nartes (k)	18	5,43	0,10	9,10	2,49
Fromin	18	6,76	3,20	10,00	1,83
Aquila	18	6,14	2,10	8,30	1,92
Rajec	18	6,25	2,00	8,60	2,06
Aqua Anna	18	5,52	2,60	9,20	2,08
Vittel	18	6,06	3,50	8,90	1,65
Bonaqua	18	6,01	1,90	9,10	2,01
Jana	18	5,68	0,50	8,50	2,35
Korunní	18	4,83	1,10	9,50	2,48
Mattoni	18	3,44	1,00	7,00	1,75
Ondrášovka	18	4,73	0,20	8,50	2,56
Magnesia	18	3,19	0,30	6,60	1,81
Hanácká kyselka	18	3,09	0,00	7,80	2,58

Obrázek č. 3



V tabulce č. 8 můžeme vidět výsledky z jednofaktorové ANOVY Tukeyho testem. Ten rozdělil průměry do 4 skupin. Z tabulky je patrné, že mezi velkou částí vzorků nejsou zjištěny statisticky významné rozdíly. U vzorků vod Ondrášovky, Korunní, Dobré Vody a Nartes neexistuje statisticky významný rozdíl v průměrech v porovnání se všemi vzorky, protože tyto vzorky náležejí do všech skupin. Nejvíce se od ostatních lišila Hanácká kyselka, jejíž průměr se statisticky významně lišil od průměrů vzorků Aqua Anna, San Terra, Jana, Bonaqua, Vittel, Aquila, Rajec a Fromin.

Tabulka č. 8

	Průměr	Sk. 1	Sk. 2	Sk. 3	Sk. 4
Hanácká kyselka	3,09	****			
Magnesia	3,19	****	****		
Mattoni	3,44	****	****	****	
Ondrášovka	4,73	****	****	****	****
Korunní	4,83	****	****	****	****
Dobrá Voda	5,40	****	****	****	****
Nartes (k)	5,43	****	****	****	****
Aqua Anna	5,52		****	****	****
San Terra	5,52		****	****	****
Jana	5,63			****	****
Bonaqua	6,01				****
Vittel	6,06				****
Aquila	6,14				****
Rajec	6,25				****
Fromin	6,76				****

## 5.4 Deskriptivní statistika naměřených parametrů vod

Jelikož bylo po prvních analýzách se všemi 15 vzorky a 9 měřeními parametry podezření z přílišného ovlivnění dat vodami Magnesia a Hanácká kyselka, byly stejné analýzy provedeny i pro škálu vzorků bez těchto vod (13 vzorků) při stejném množství parametrů (9). Tabulky a grafy pro plný pokus byly proto označeny číslem „15“ a redukované číslem „13“.

### 5.4.1 Korelační matice

V tabulce č. 8 jsou uvedeny korelace mezi jednotlivými měřeními parametry. Absolutní hodnota korelace 0 – 0,3 znamená slabou lineární závislost; 0,3 – 0,5 střední, 0,5 – 0,7 významnou, 0,7 – 0,9 silnou; 0,9 – 1 velmi silnou až dokonalou, přičemž kladná hodnota vyjadřuje pozitivní závislost a záporná hodnota negativní (Tichý 2006). V tabulce 15 je u chuti vidět silná negativní korelace s vodivostí a obsahem hydrogenuhličitanů a významná pozitivní závislost s pH. Vodivost (v grafech a tabulkách i konduktometrie) vykazuje silnou nebo významnou závislost s obsahem všech měřených prvků. Další velmi silné pozitivní korelace jsou mezi obsahem sodíku a chloridů a mezi obsahem hořčíku a hydrogenuhličitanů.

V tabulce č. 9 je u chuti silná negativní korelace s obsahem sodíku, významná pozitivní závislost na pH zůstává stejná jak v případě 15. Velmi silnou až téměř dokonalou pozitivní závislost vykazovala vodivost s obsahem hydrogenuhličitanů. Mezi další silné až velmi silné pozitivní závislosti patří vztah obsahu hydrogenuhličitanů s obsahem vápníku a obsah sodíku s obsahem draslíku.

Tabulka č. 8

15	chuť	vodivost	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	Cl
chuť	1	-0,72	0,66	-0,41	-0,67	-0,64	-0,59	-0,76	-0,50
vodivost	-0,72	1	-0,32	0,85	0,59	0,88	0,54	0,68	0,85
pH	0,66	-0,32	1	-0,11	-0,29	-0,39	-0,6	-0,37	-0,17
Ca	-0,41	0,85	-0,11	1	0,17	0,74	0,31	0,39	0,73
Mg	-0,67	0,59	-0,29	0,17	1	0,27	0,16	0,92	0,32
Na	-0,64	0,88	-0,39	0,74	0,27	1	0,76	0,34	0,91
K	-0,59	0,54	-0,6	0,31	0,16	0,76	1	0,2	0,49
HCO <sub>3</sub>	-0,76	0,68	-0,37	0,39	0,92	0,34	0,2	1	0,29
Cl	-0,5	0,85	-0,17	0,73	0,32	0,91	0,49	0,29	1,00

Tabulka č. 9

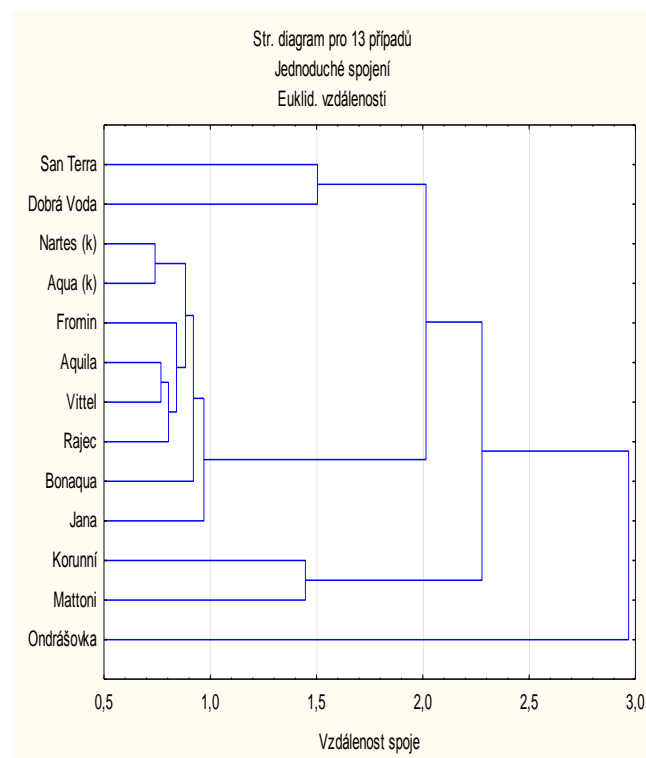
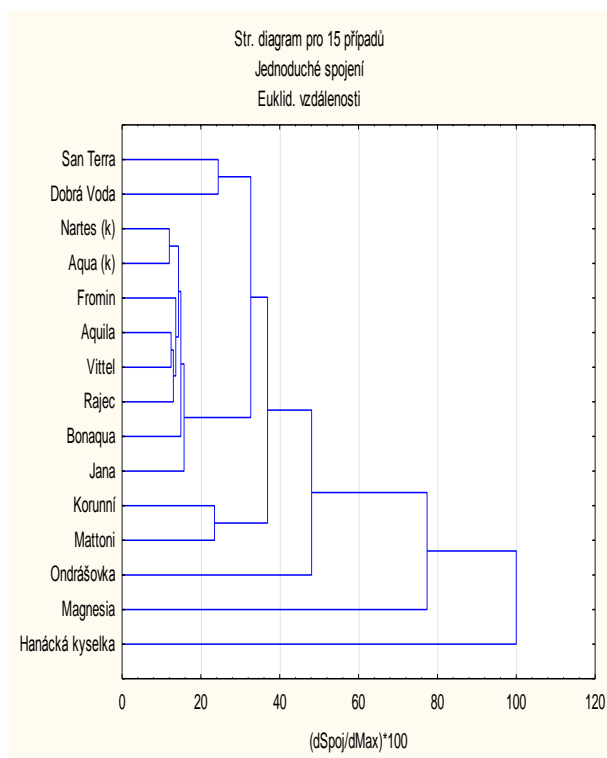
13	chuť	vodivost	pH	Ca	Mg	Na	K	HCO <sub>3</sub>	Cl
chuť	1	-0,49	0,66	-0,24	-0,22	-0,78	-0,61	-0,54	-0,1
vodivost	-0,49	1	-0,19	0,86	0,67	0,61	0,3	0,96	0,25
pH	0,66	-0,19	1	0,01	-0,03	-0,61	-0,62	-0,24	0,11
Ca	-0,24	0,86	0,01	1	0,39	0,21	-0,13	0,89	0,06
Mg	-0,22	0,67	-0,03	0,39	1	0,35	0,2	0,55	0,73
Na	-0,78	0,61	-0,61	0,21	0,35	1	0,87	0,56	0,05
K	-0,61	0,3	-0,62	-0,13	0,2	0,87	1	0,23	-0,08
HCO <sub>3</sub>	-0,54	0,96	-0,24	0,89	0,55	0,56	0,23	1	0,23
Cl	-0,1	0,25	0,11	0,06	0,73	0,05	-0,08	0,23	1

#### 5.4.2 Shluková analýza vzorků

Shluková analýza byla provedena kvůli nalezení podobností u jednotlivých vzorků. Podobnost byla určena vzdáleností místa spojení vzorků na ose x. Podobnosti byly znázorněny na obrázcích 13 a 15, co se týče uspořádání, byly tyto grafy totožné, vyjma chybějících vzorků v obrázku 13. Nejpodobnější si byly vody Aquila s vodou Vittel a Nartes s Aqua Anna. Celkově lze říci, že si velmi podobná byla skupina vod Nartes, Aqua Anna, Fromin, Aquila, Vittel, Rajec, Bonaqua a Jana. Podobné si také byly vzorky San Terra

s Dobrou Vodou a Korunní s Mattoni. Naopak je z grafů patrná velká vzdálenost Magnesie a Hanácké kyselky od zbytku.

Obrázek č. 4 a 5 Shluková analýza



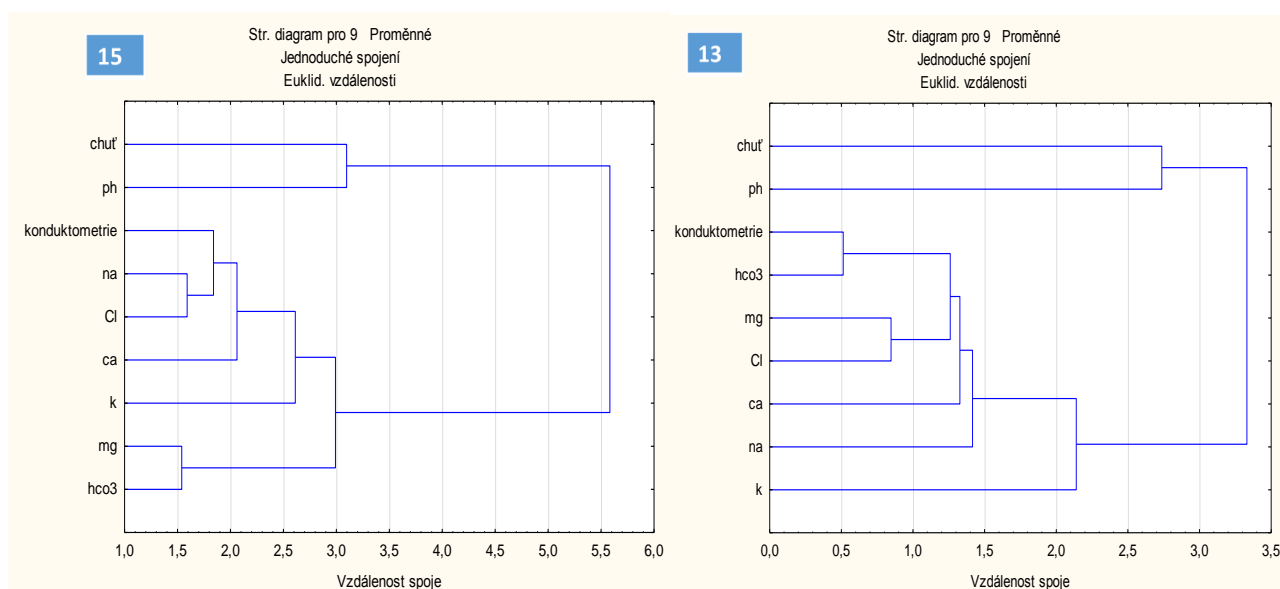
### 5.4.3 Shluková analýza měřených parametrů

Analýzy případů na obrázku č 5 a č. 6 se na rozdíl od analýz vzorků lišily.

Na obrázku 5 si byly nejpodobnější obsah chloridů s obsahem sodíku a obsah hydrogenuhličitanů s obsahem hořčíku. Chuť si byla nejvíce podobná s pH, i když podobnost s ohledem na ostatní podobnosti v systému nebyla až tak vysoká.

Na obrázku 6 si byla nejvíce podobná vodivost s obsahem hydrogenuhličitanů a poté obsah hořčíku s obsahem chloridů.

Obrázek č.5 a č.6



### 5.4.4 Analýza hlavních komponent

#### 5.4.4.1 Neredukovaný počet vzorků

Podle grafu na obrázku č. 7 bylo určeno, že relevantní jsou tři faktory, které vysvětlují 90,9 % všech závislostí. 1. faktor vysvětloval 58,45 % závislostí, 2. 18,89 % a 3. 14,02 %.

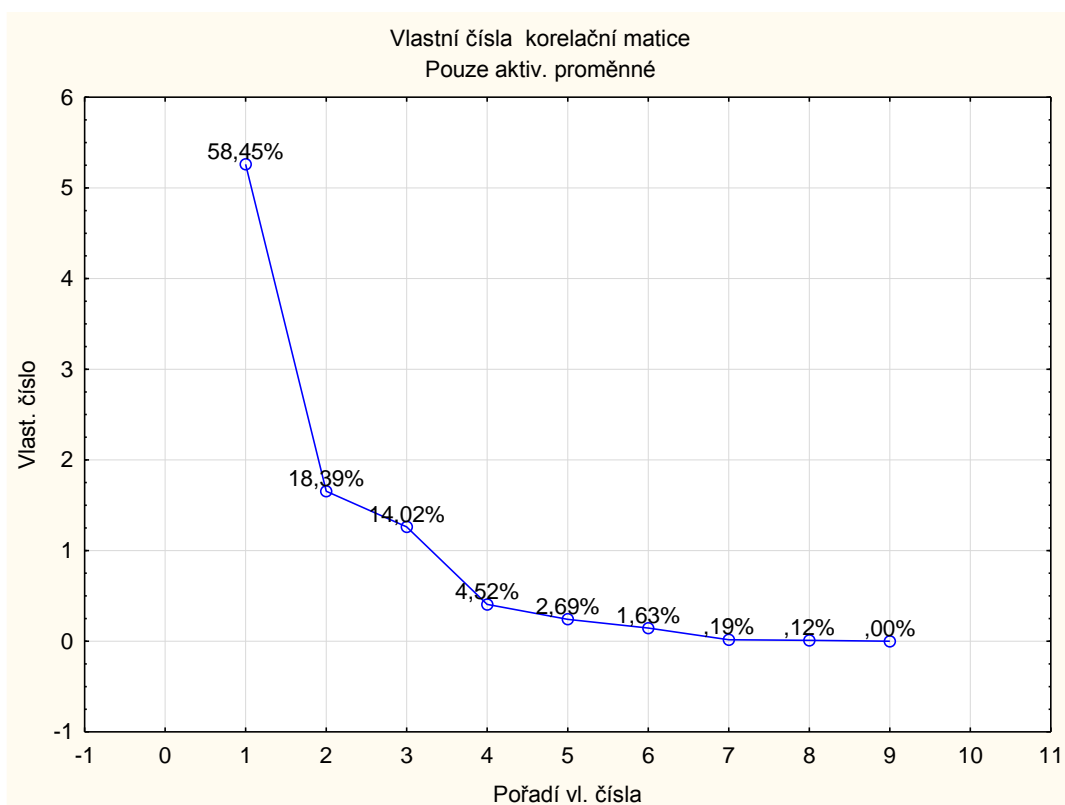
Z těchto faktorů pak byly vytvořeny grafy na obrázcích č. 8, 9 a 10 na které byly promítnuty vzorky i měřené parametry.

Na obrázku č. 8 byla vidět podobnost objemu hydrogenuhličitanů a hořčíku a objemu sodíku, vápníku a chloridů, také byla patrná podobnost pH s chutí. Co se týče vzorků, mohlo být pozorováno výrazné oddělení vod Magnesia a Hanácká kyselka od zbytku, které navíc

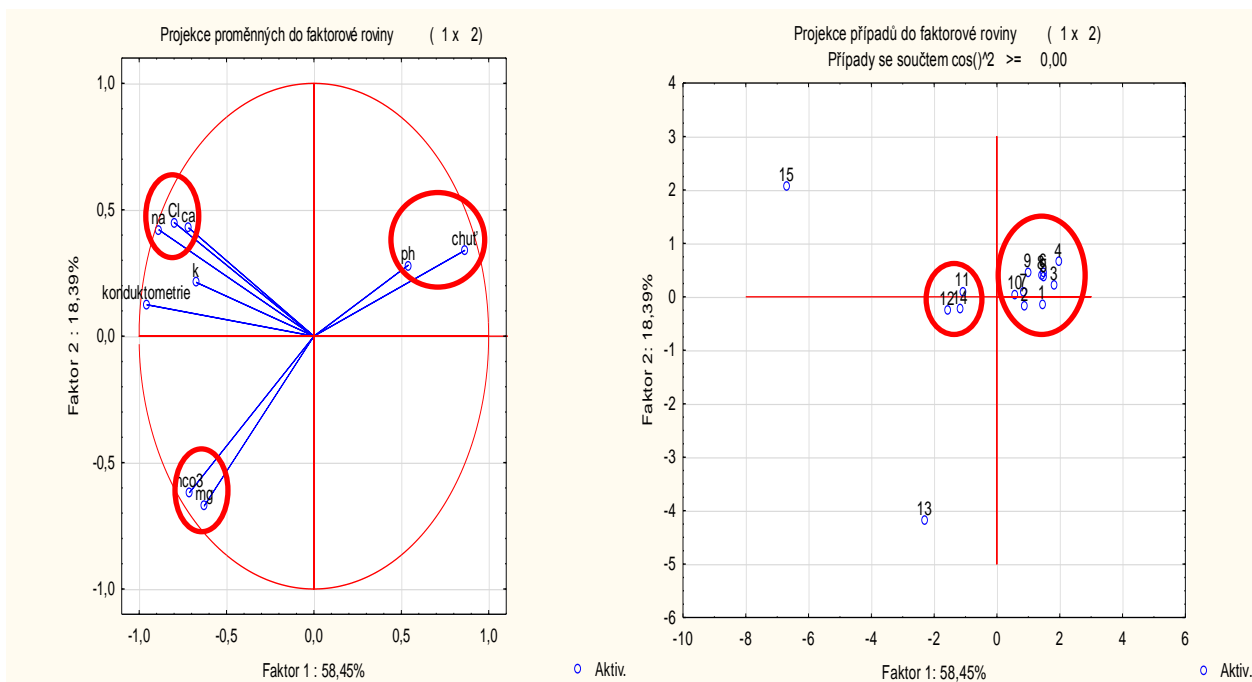


patrně ovlivňovaly i měřené parametry, obsahy hydrogenuhličitanů a hořčíku s Magnesie a obsahy chloridů, sodíku a vápníku s Hanácká kyselka. Na obrázku č. 9 byla pozorována podobnost obsahu hydrogenuhličitanů, chloridů, vápníku, hořčíku a vodivosti. Na obrázcích 8 a 9 byl parametr chuti na opačné straně os než obsahy látek a vodivost.

Obrázek č. 7

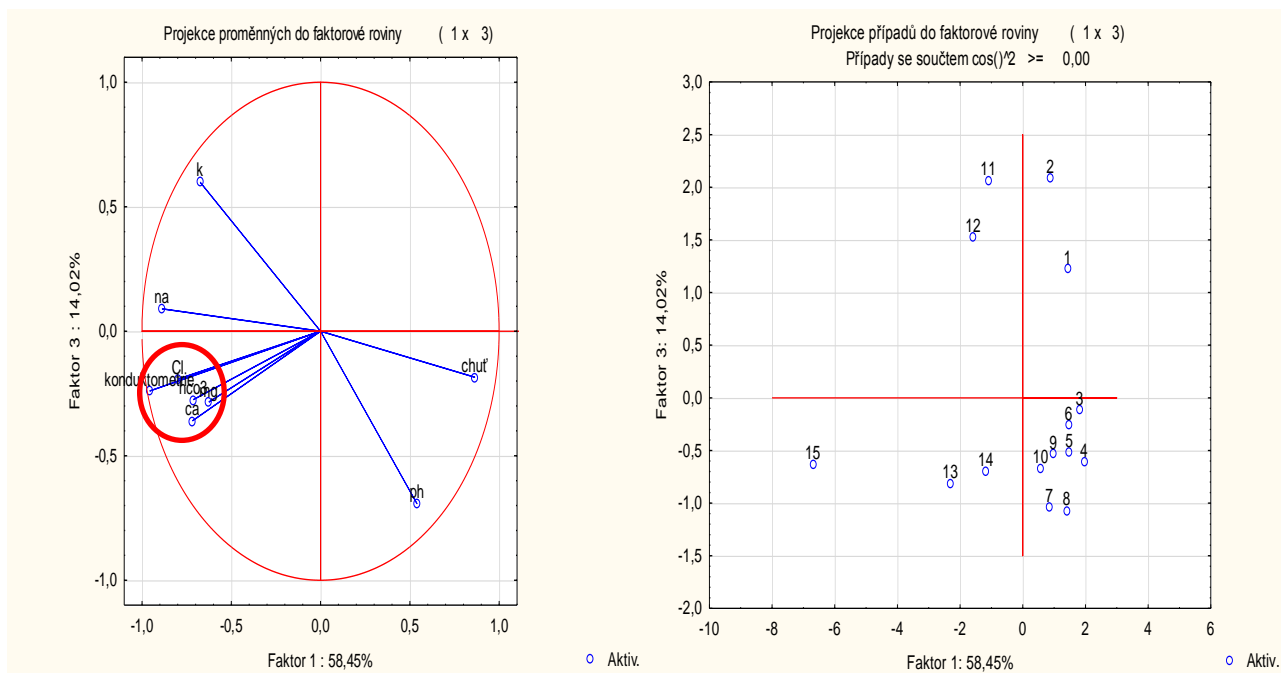


Obrázek č. 8



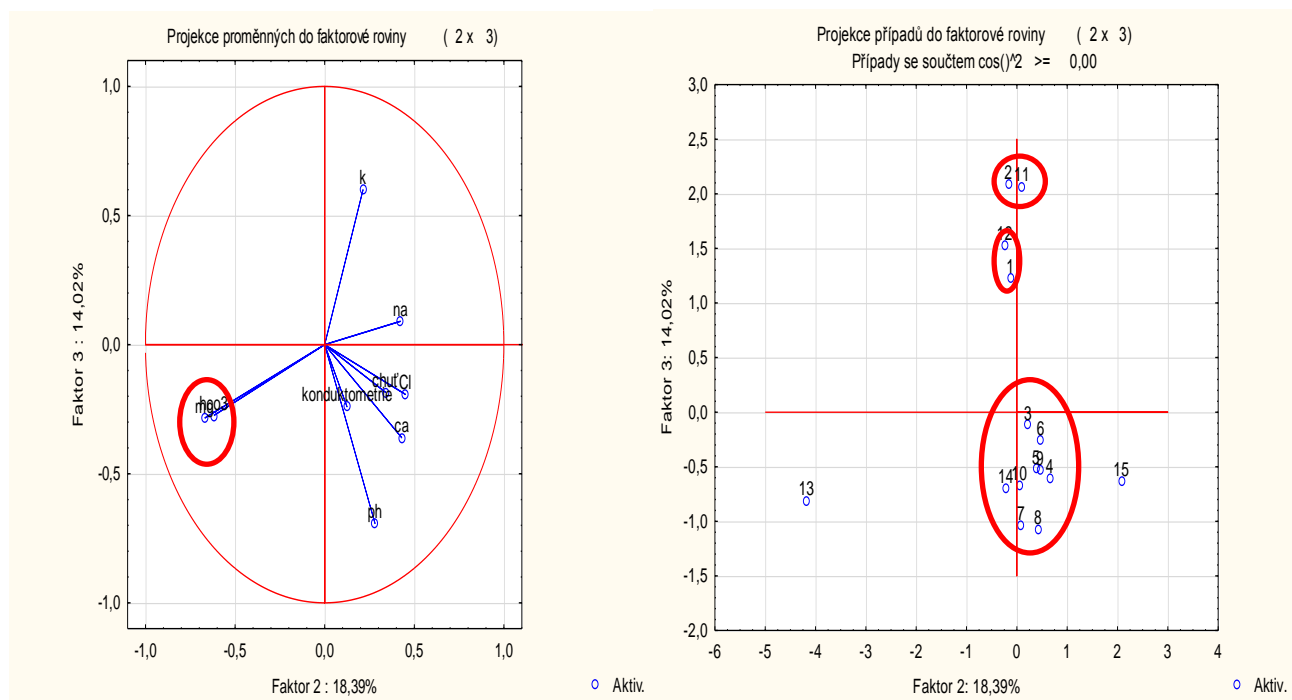
1 – San Terra; 2 – Dobrá Voda; 3 – Nartes; 4 – Fromin; 5 – Aqua Anna; 6 – Aquila; 7 – Jana;  
 8 – Rajec; 9 – Vittel; 10 – Bonaqua; 11 – Korunní; 12 – Mattoni; 13 – Magnesia; 14 –  
 Ondrášovka, 15 – Hanácká kyselka

Obrázek č. 9



1 – San Terra; 2 – Dobrá Voda; 3 – Nartes; 4 – Fromin; 5 – Aqua Anna; 6 – Aquila; 7 – Jana;  
8 – Rajec; 9 – Vittel; 10 – Bonaqua; 11 – Korunní; 12 – Mattoni; 13 – Magnesia; 14 –  
Ondrášovka, 15 – Hanácká kyselka

Obrázek č. 10



1 – San Terra; 2 – Dobrá Voda; 3 – Nartes; 4 – Fromin; 5 – Aqua Anna; 6 – Aquila; 7 – Jana; 8 – Rajec; 9 – Vittel; 10 – Bonaqua; 11 – Korunní; 12 – Mattoni; 13 – Magnesia; 14 – Ondrášovka, 15 – Hanácká kyselka

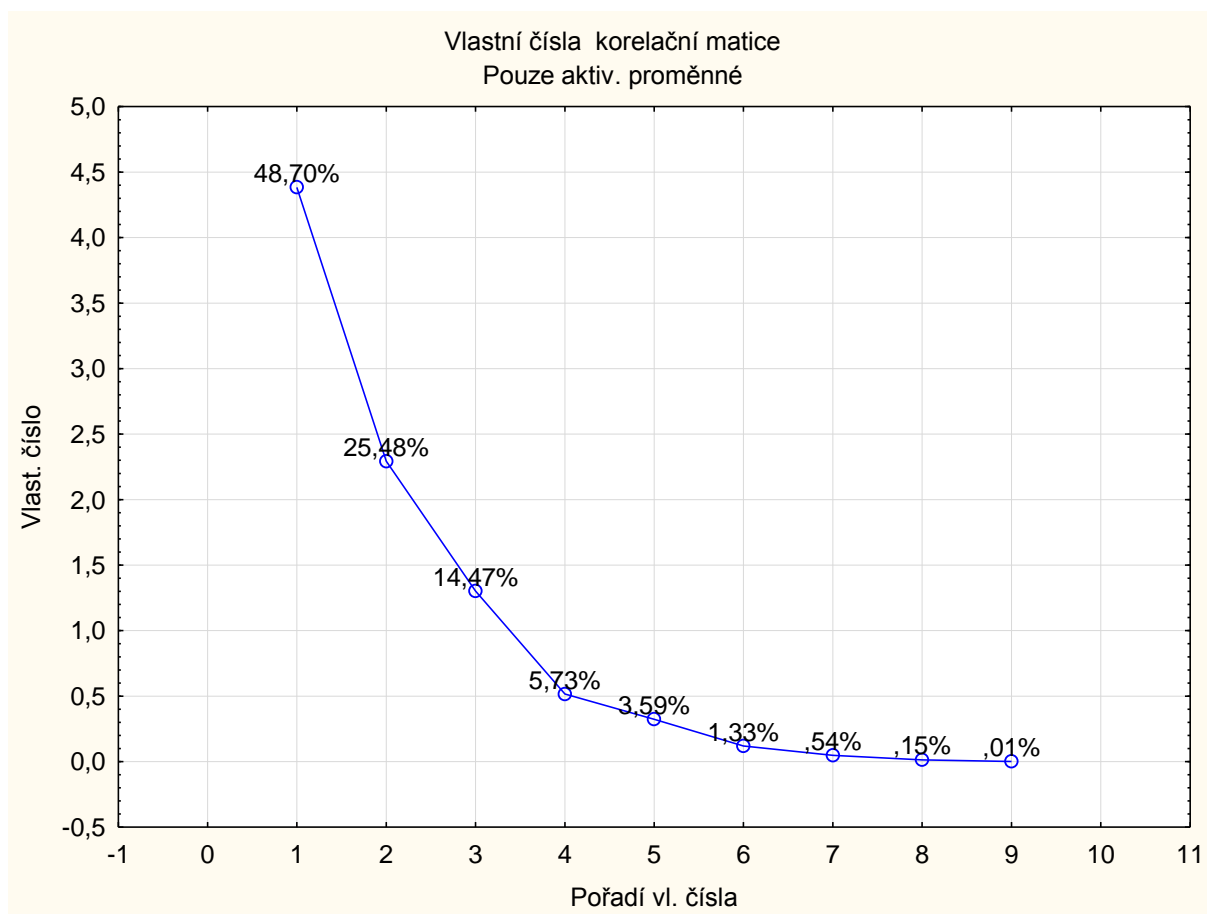
#### 5.4.4.2 Redukovaný počet vzorků

Podle grafu na obrázku č. 11 bylo určeno, že relevantní jsou tři faktory, které vysvětlují 88,7 % všech závislostí. 1. faktor vysvětloval 48,70 % závislostí, 2. 25,48 % a 3. 14,47 %.

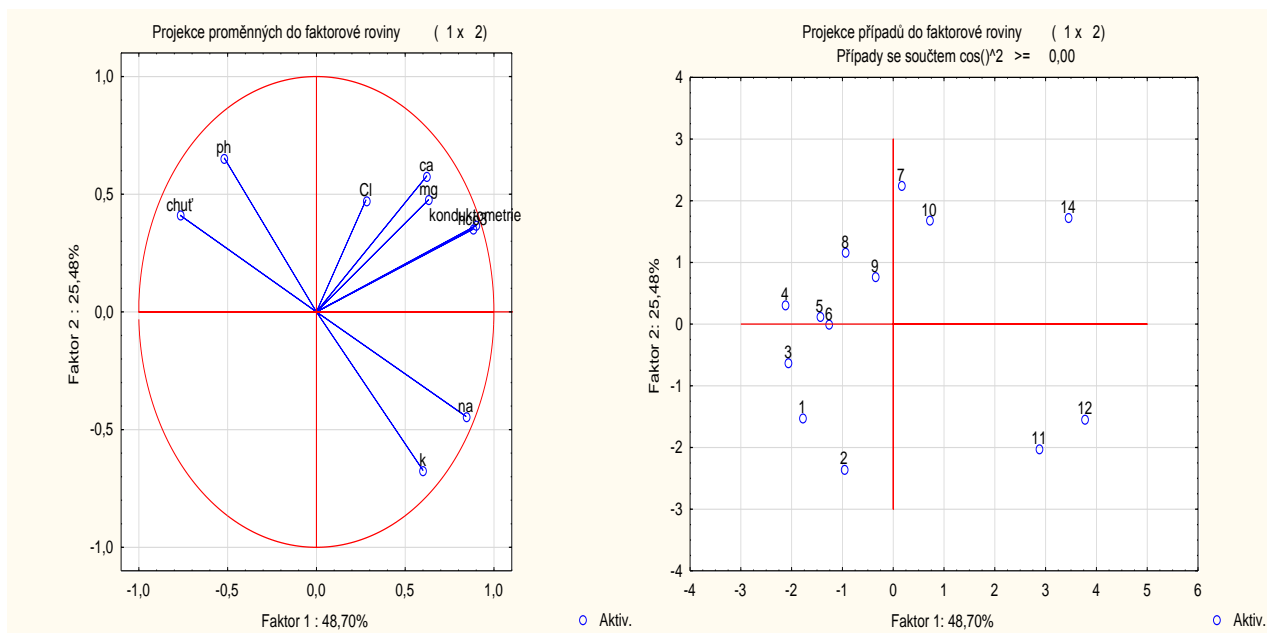
Z těchto faktorů pak byly vytvořeny grafy na obrázcích č. 12, 13 a 14 na které byly promítnuty vzorky i měřené parametry.

Na obrázku 12 byla patrná provázanost obsahu hydrogenuhličitanů s vodivostí, ta se dala pozorovat i ve zbylých grafech, a obsahu vápníku s obsahem hořčíku. Na obrázku 13 bylo pozorováno provázání pH chutí a zároveň překryv těchto parametrů s vodami San Terra, Dobrá Voda, Nartes, Fromin, Aqua Anna, Aquila, Rajec, Vittel. Na všech obrázcích bylo možno pozorovat podobnosti obsahu sodíku s obsahem draslíku a jejich opačný výskyt vůči parametru chuti na osách.

Obrázek č. 11

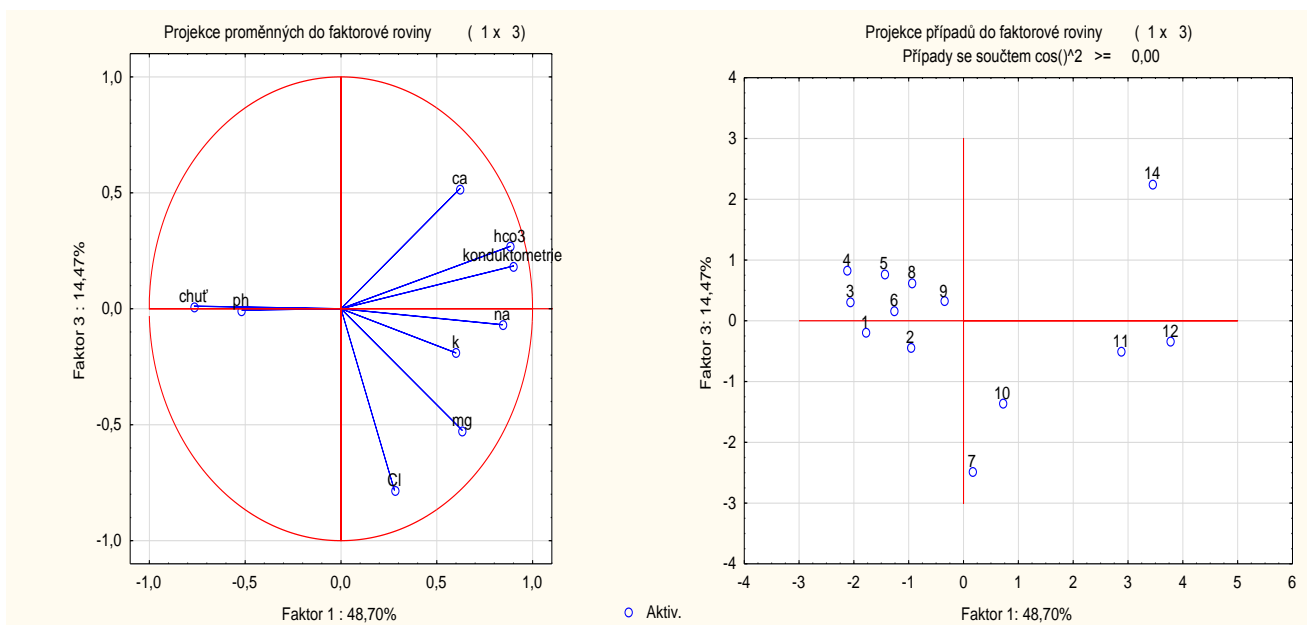


Obrázek č. 12



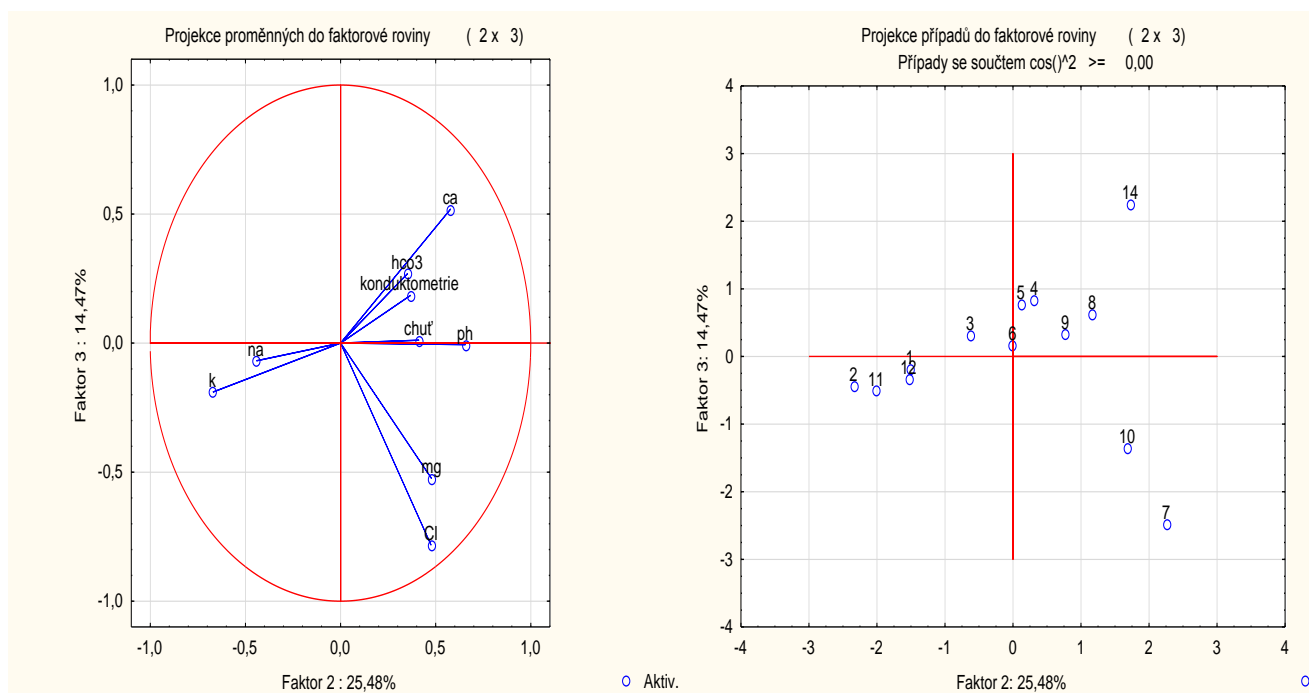
1 – San Terra; 2 – Dobrá Voda; 3 – Nartes; 4 – Fromin; 5 – Aqua Anna; 6 – Aquila; 7 – Jana;  
8 – Rajec; 9 – Vittel; 10 – Bonaqua; 11 – Korunní; 12 – Mattoni; 14 – Ondrášovka

Obrázek č. 13



1 – San Terra; 2 – Dobrá Voda; 3 – Nartes; 4 – Fromin; 5 – Aqua Anna; 6 – Aquila; 7 – Jana;  
8 – Rajec; 9 – Vittel; 10 – Bonaqua; 11 – Korunní; 12 – Mattoni; 14 – Ondrášovka

Obrázek č. 14



1 – San Terra; 2 – Dobrá Voda; 3 – Nartes; 4 – Fromin; 5 – Aqua Anna; 6 – Aquila; 7 – Jana;  
8 – Rajec; 9 – Vittel; 10 – Bonaqua; 11 – Korunní; 12 – Mattoni; 14 – Ondrášovka





## 6 Diskuze

Při porovnání údajů o obsahu minerálních látek uváděných na etiketách s naměřenými údaji (tabulka č. 5), byly zjištěny především drobné odchylky. Tyto odchylky se daly očekávat, jelikož hodnocení vod na etiketách většinou není aktuální, protože jejich rozbor se dělá ve větších časových intervalech a kvantitativní znaky vod se mohou měnit v závislosti na mnoha faktorech jako je např. sucho, teplota, úhrny srážek, vliv průmyslu a zemědělství. Všechny naměřené hodnoty vápníku byly větší než údaje uváděné na etiketách v průměru o 17 %. To v souvislosti s malou směrodatnou odchylkou může svědčit o možném vnesení systémové chyby přístrojem či postupem u jeho měření. Velmi nepřesně v poměrech vyšly obsahy chloridů. Tento fakt lze vysvětlovat větším promítnutím chyb na průměrný poměr, kvůli nízkým obsahům chloridů ve vzorcích. Také výsledkem vzorku Jana, jež vyšel velmi rozdílně od hodnoty etikety a tím, že podle Horáková et al. (2003) je rozmezí pro argentometrické měření koncentrace 4 - 40 mg/l. Ostatní měřené parametry přibližně odpovídaly hodnotám uváděných na etiketách. Pozornost upoutává vzorek Jana, u kterého vyšel obsah chloridů 39,2 mg/l, přestože etiketa uvádí koncentraci 2,8 mg/l. U tohoto vzorku je také podezření z nižšího obsahu rozpustných látek, z důvodu nízké hodnoty vodivosti, která přibližně odpovídá hodnotám vzorku Rajec, přičemž udávaná hodnota rozpustných látek pro Rajec je 300 mg/l a pro Janu 487 mg/l, toto tvrzení se opírá o studie Versari et al. (2002) Platikanov et al. (2013), jež uvádějí téměř dokonalou pozitivní lineární závislost vodivosti s obsahem rozpuštěných látek.

Poslední nepřesnost je u vzorku Hanácká kyselka v obsahu hydrogenuhličitanů, kde vzorek obsahoval o dost menší množství hydrogenuhličitanů, než bylo uváděno na etiketě, toto lze vysvětlit vysokou přírodní syceností vody a provedeným odplyněním pomocí ultrazvuku před vlastním měřením.

Senzorická analýza prokázala, že existují statisticky významné rozdíly v hodnocení chuti mezi některými vzorky, nicméně vzorky se střední hodnocením je například nemožné statisticky odlišit od všech ostatních, i když jsou z výsledků rozdíly v hodnocení vod na pohled patrné. To lze přičítat tomu, že statistika nezhodnocuje fakt, že hodnocení se účastnily proškolení hodnotitelé, z nichž každý hodnotil jen 5 z celkových 15 vzorků.

Teoreticky by bylo možné dosáhnout počtu 56 hodnocení pro každý vzorek, ale hodnocení bylo méně přesné a výsledky by byly zatíženy velkou chybou. Studie Platikanov et al. (2013) měla pro své dva testy k dispozici 13 a 17 hodnotitelů a hodnotila 20 a 25 vzorků vod, pro navýšení objemu výsledků používala opakované hodnocení přiněmž každý hodnotitel hodnotil 5 vzorků, v nichž byla obsažena jedna totožná dvojice vzorků. U hodnocených vzorků, které byly ve skupinách o uváděném množství rozpuštěných látek 450 – 600 mg/l a větším než 600 mg/l, je patrný rapidní pokles v hodnocení a to z části i statisticky prokazatelný. Tento fakt je v souladu se stanoviskem WHO (2008), které uvádí, že u vod které obsahují více než 600 mg/l rozpuštěných látek se se zvyšující koncentrací významně snižuje chutnost. Také Bruvold et Daniels (1990), že mezi dobře chutnající vody většinou patří ty, jejichž obsah rozpuštěných látek je do 450 mg/l. Platikanov et al. (2013) ještě uvádí, že vody s koncentrací rozpuštěných látek pod 30 mg/l jsou také hodnoceny z hedonického hlediska negativně. Tuto skutečnost bohužel tato práce nemůže ověřit, neboť se zabývala pouze balenými vodami dostupnými na domácím trhu a hodnota vzorku s nejnižším udávaným podílem ve vodě rozpustných látek byla 98 mg/l. Pro příští práci by bylo dobré použít i vody o nižších koncentracích rozpuštěných látek, například některé kohoutkové vody, či vodu destilovanou, tento fakt by ale musel být zohledněn, protože ve studiích Platikanov et al. (2013) je patrný rozdíl v hodnocení mezi balenou a kohoutkovou vodou, přičemž kohoutková voda vychází s horším hodnocením.

Protože shluková analýza a analýza hlavních komponent, ukazovala velké rozdíly u vzorků Magnesie a Hanácké kyselky od ostatních vzorků a zároveň ukázala i provázání a ovlivňování jednotlivých parametrů, při kterých vzorek Magnesie výrazně ovlivňoval parametry obsahu hořčíku a hydrogenuhličitanů a vzorek Hanácké kyselky parametry obsahu sodíku a chloridů, bylo nutné, při hodnocení závislosti měřených parametrů, provést dva statistické výstupy, jeden se všemi vzorky a druhý bez dvou výše jmenovaných. Obecně lze říci, že vodivost je pozitivně závislá se všemi stanovenými obsahy látek. Při redukovaném počtu vzorků, vodivost vykazovala velmi silnou závislost s obsahem hydrogenuhličitanů. Zároveň silná pozitivní korelace byla u obsahu hydrogenuhličitanu s obsahem vápníku a obsahu sodíku s obsahem draslíku. V obou statistických šetřeních se objevuje silná pozitivní korelace chuti s pH a její negativní korelace s vodivostí. Negativní korelace sodíku a draslíku na pH byla pozorována v obou šetřeních, nicméně v neredukovaném šetření nebyla tolik

patrná závislost sodíku. Údaje závislostí mohou být zkresleny, kvůli nerovnoměrnému zastoupení jednotlivých paramterů ve vybraných vzorcích, nebo kvůli nelinearitě závislostí. Například lze očekávat změnu závislosti s chutí u velmi vysokého pH. Versari et al. (2002) uvádí pozitivní závislosti mezi obsahy všech měřených látek a jejich negativní korelaci s pH.

Co se týče vztahu chutnosti vody s ostatními parametry je patrná určitá pozitivní závislost s pH, alespoň co se týče rozsahu u běžných balených vod. WHO (2008) uvádí, že nižší pH má větší korozivní účinky, tím by se mohlo do vod dostávat více látek z například z potrubí, které by pak více negativně ovlivňovali výslednou chutnost. Vodivost ovlivňovala chuť negativně. Je otázkou jak moc by vztah s vodivostí ovlivnila přítomnost vod s velmi nízkou mineralizací, kde lze také předpokládat zhoršení chuťových vlastností. Další významné parametry, které negativně ovlivňují faktor chuti, jsou obsahy sodíku a draslíku. Nicméně lze předpokládat, že v případě draslíku, díky jeho nízkým koncentracím ve vodách, by jeho promítnutí do chuti nemělo být významné a jde spíše o promítnutí jeho závislosti se sodíkem. U sodíku bylo patrná negativní závislost s hutí i v analýze hlavních faktorů pro regulovaný počet vzorků, kdy je patrné, že ve všech promítnutích svírá s parametrem chuti nejvyšší úhel. U ostatních prvků lze také pozorovat negativní vazbu na chutnost, ale je pravděpodobné, že za ně může silnější vztah s vodivostí, tudíž nelze s určitostí tyto vztahy popsat. Platinakov et al. (2013) také uvádí, že chuť pozitivně ovlivňuje pH, ale na rozdíl od této práce přisuzuje pozitivní efekt i obsahu hořčíku, vápníku a hydrogenuhličitanů. Dále říká, že k negativnímu ovlivnění dochází při vyšším množství obsahu sodíku, draslíku a chloridů, což se shoduje s touto prací. Jako ideální obsah rozpustných látek udává Vingerhoeds et al. (2016) i Platinakov et al. (2013) rozmezí 200 – 400 mg/l Vingerhoeds et al. (2016).

Příští výzkum by se mohl zabývat bližším popsáním užší oblasti obsahu rozpuštěných látek například 200 – 400 mg/l, kde lze předpokládat lineárnější vztahy parametrů na celkovou chutnost. Otázkou je jaké množství různých balených vod lze sehnat na českém, popřípadě zahraničním trhu, a zároveň jaké množství by bylo potřeba na kvalitní popsání systému.

## 7 Závěr

- Hypotéza, že sensorické vlastnosti závisí jen na chloridech a sodíku byla vyvrácena.
- Výsledky sensorické analýzy naznačují, že chutnost vody by mohla být pozitivně závislá na pH, a v negativní závislosti s vodivostí, obsahem sodíku a pravděpodobně i s obsahem hydrogenuhličitanů, pokud jeho dopad na analýzu nebyl ovlivněn vodivostí. Další prvky vykazují také menší negativní závislost s chutností, nicméně kvůli malému obsahu ve vzorcích, nebo zastínění jinými faktory, nelze tuto závislost potvrdit.
- Z testu bylo patrné, že u vod, které mají přes 450 mg/l celkových rozpuštěných látek, prudce klesá chutnost.
- Údaje na etiketách nejsou úplně přesné, kvůli neaktuálnosti, avšak uváděné hodnoty většinou přibližně odpovídaly hodnotám naměřeným.

## 8 Seznam literatury

Al-Ghamdi, S. M., Cameron, E. C., Sutton, R. A. 1994. Magnesium deficiency: pathophysiologic and clinical overview. *American Journal of Kidney Diseases*. 24. p. 737–754

APHA. 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater, 17th ed. Washington, DC, American Public Health Association.

Appel, L. J., Brands, M. W., Daniels, S. R., Karanja, N., Elmer, P. J., Sacks F. M. 2006. Dietary approaches to prevent and treat hypertension: A scientific statement from the American Heart Association. *Hypertension*. 47. 296–308

Ashurst, P a Hargitt, R. 2009. Soft Drink and Fruit Juice Problems Solved. Hardbound: Woodhead Publishing, 208 s. ISBN 978-1-84569-326-8

Assadi, F. 2010. Hypomagnesemia An Evidence-Based Approach to Clinical Cases. *Iranian journal of kidney diseases*. 4 (1). p. 13-19.

Bartoš, M., Šrámková, J., Staněk, V. 2011. Analytická chemie I. Pardubice. Univerzita Pardubice. p. 203. ISBN 978 80 7395 408 6.

Breibart, S., Lee, J. S., McCoord, A., Forbes, G. B. 1960. Relation of age to radiomagnesium in bone. *Proceedings of the Society of Experimental Biology and Medicine*. SAGE Journals. 105. p. 361–363.

Brink, E. J., Beynen, A. C. 1992. Nutrition and magnesium absorption: A review. *Progress in Food & Nutrition Science*. 16. p. 125–162.

Bruvold, W.H., Daniels, J.I., 1990. Standards for mineral content in drinking water. *Journal of American Water Works Association* 82 (2), p. 59.

Bruvold, W.H., Ongerth H.J. 1969. Taste quality of mineralized water. *Journal of the American Water Works Association*, p. 61 – 170

Elin.R. J. 1987. Assessment of magnesium status. *Clinical Chemistry*. 33. p. 1965–1970.

Greger, J. L., Smith S. A., Snedeker S.M. 1981. Effect of dietary calcium and phosphorus levels on the utilization of calcium, phosphorus, magnesium, manganese, and selenium by adult males. *Nutrition Research*. 1. p. 315–325.

HARTMAN, P., PŘIKRYL, I., ŠTĚDRONSKÝ, E., 2005: *Hydrobiologie*. Informatorium, Praha, ISBN: 80-7333-046-6

Holbrook, J.T., Patterson, K. Y., Bodner, J. E., Douglas, L.W., Veillon, C., Kelsay, J. L., Mertz, W., Smith, J. C. 1984. Sodium and potassium intake and balance in adults consuming self-selected diets. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 40. 786-93.

Horáková M. a kol. 2003. *Analytika vody*. 2. vydání. Praha. Vysoká škola chemicko – technologická v Praze, p. 335. ISBN 80 7080 520 X

Hunt, M. S., Schofield, F. A. 1969. Magnesium balance and protein intake level in adult human female. *American Journal of Clinical Nutrition*. 22, p. 367–373.

Institute of Medicine. 1997. *Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride*. Washington (DC). National Academies Press (US). p. 341. ISBN: 0 309 06403 1

Jahnen-Dechent, W., Ketteler, M. 2012. Magnesium basics. *Clinical Kidney Journal*. 5. p. 3-14.

John T. Hansen; Bruce M. Koeppen. 2002. *Netter's Atlas of Human Physiology*. Teterboro, N.J: Icon Learning Systems. ISBN 1-929007-01-9

Kalavská, D., Holoubek, I. 1989. *Analýza vôd*. Bratislava Alfa. 262 s. ISBN 80 05 00065 0

Kožíšek, F. 2011. Balená voda: Zdravotní a hygienická hlediska. Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 84 s. ISBN 978-80-02-02324-1

Krishna, G. G., Kapoor, S. C. 1991. Potassium depletion exacerbates essential hypertension. *Annals of Internal Medicine*. 115. 77–83

Kvasničková, A. 1998. Minerální látky a stopové prvky: esenciální minerální prvky ve výživě. 1. vyd. Praha. ÚZPI - Ústav zemědělských a potravinářských informací. p. 127. ISBN 80-851-2094-1

Mahalko, J. R., Sandstead, H. H., Johnson, L. K., Milne, D. B. 1983. Effect of a moderate increase in dietary protein on the retention and excretion of Ca, Cu, Fe, Mg, P, and Zn by adult males. *American Journal of Clinical Nutrition*. 37. p. 8–14.

Mizéhoun-Adissoda, C., Houinato, D., Houehanou, C., Chianea, T., Dalmay, F., Bigot A., Aboyans, V., Preux, P.M., Bovet, P., Desport, J. C. 2017. Dietary sodium and potassium intakes: Data from urban and rural areas. *Nutrition*. 33. P. 35 – 41.

*Palmer, B. F. 2010. A physiologic-based approach to the evaluation of a patient with hyperkalemia. American Journal of Kidney Diseases. 56. 387–393.*

Palmer, B. F. 2015. Regulation of Potassium Homeostasis. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. 10. 1050 – 1060. (Palmer 2015)

PITTER, P., 2009: Hydrochemie. Vydavatelství VŠCHT, Praha, ISBN 978-90-7080-701-9

Platikanov, S., Garcia, V., Fonseca, I. 2003. Influence of minerals on the taste of bottled and tap water: A chemometric approach. *Water Research*. 47. p. 693 - 704

Racek, J. 2006. *Klinická biochemie*. Praha. Galén. p. 329 . ISBN 978-80-247-2256-6.

Schelling, J. R. 2000. Fatal hypermagnesemia. *Clinical nephrology*. 53 (1), p. 61- 65.

Schorr U., Distler A., Sharma A. M. 1996. Effect of sodium chloride- and sodium bicarbonate-rich mineral water on blood pressure and metabolic parameters in elderly normotensive individuals: a randomized double-blind crossover trial. *Journal of Hypertension*. 14. p. 131 – 135

Schwartz, R., Spencer, H., Welsh, J. H. 1984. Magnesium absorption in human subjects. *American Journal of Clinical Nutrition*. 39. p. 571–576.

Schwartz, R., Walker, G., Linz, M. D., MacKellar, I. 1973. Metabolic responses of adolescent boys to two levels of dietary magnesium and protein. I. Magnesium and nitrogen retention. *American Journal of Clinical Nutrition*. 26. p. 510–518.

Siener, R., Hesse, A. 1995. Influence of a mixed and a vegetarian diet on urinary magnesium excretion and concentration. *The British Journal of Nutrition*. 73. p. 783–790.

Spencer, H., Lesniak, M., Gatza, C. A., Kramer, L., Norris, C., Coffey, J. 1978. Magnesium calcium interrelationships in man. *Trace Substances Environmental in Health*. 12. p. 241–247.

Versari, A. Parpinelli G, Galassi S. 2002 Chemometric survey of Italian bottle mineral waters by means of their labelled physico-chemical and chemical composition. *Food Composition and Analysis*, 15, p. 251–264

Wanga, p., M. S. Degerc, M. S., H. Kangd, H., Ikizlerc, T. A. Titzee, J., Gorea, J. C. 2017. Sex differences in sodium deposition in human muscle and skin. *Magnetic Resonance Imaging*. p. 93 - 97 (1) (Wanga et al. 2017)

Watson. P., Watson I. D., Batt, R. D. 1980. Total body water volumes for adult males and females estimated from simple anthropometric measurements. 1980. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 33.p. 27-39

Webber JS, Covey JR, King MV.1989. Asbestos in drinking water supplied through grossly deteriorated A-C pipe. *Journal of the American Water Works Association*, 81(2):80–85.



WHO. 1979. Sodium, chlorides and conductivity in drinking water. Copenhagen, WHO Regional Office. p. 63. ISBN 929020141X

WHO. 2003. Sodium in Drinking-water. World Health Organization. Geneva. p. 6. WHO/SDE/WSH/03.04/15

WHO. 2003b. Chloride in Drinking-water. World Health Organization. Geneva. p. 3. WHO/SDE/WSH/03.04/03

WHO. 2004. Vitamin and mineral requirements in human nutrition. Bangkok, Thailand. 341. ISBN 92 4 154612 3

WHO. 2008. Guidelines For Drinking-Water Quality, fourth ed. WHO, Geneva, Switzerland. p. 505. ISBN 978 92 4 154761 1

WHO. 2009. Calcium and magnesium in drinking-water: public health significance. Spain. p. 170. ISBN 978 92 4 156355 0

WHO. 2009. Potassium in drinking-water. World Health Organization (WHO). Geneva. p. 6. ISBN 978 92 4 156355 0

WHO. 2012. Guideline: Potassium intake for adults and children. World Health Organization (WHO). Geneva. p. 42. ISBN: 978 92 4 150482

Internetové:

Kožíšek, F. 2005. Rady spotřebitelům balených vod. Státní zdravotní ústav [online]. [cit. 2015-04-12]. Dostupné z: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/rady-spotrebitelum-balenych-vod>

WEBMASTER. 2009. Sedimentation Processes. IWA Water Wiki. [online]. [cit. 2015-04-13]. Dostupné z: <http://www.iwawaterwiki.org/xwiki/bin/view/Articles/SedimentationProcesses>