

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra zootechnických věd

Vedoucí katedry: doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza kvality pitné vody v Jižních Čechách

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.

Autor: Bc. Ivo Vránek

České Budějovice, duben 2016

ZADÁNÍ STRANA 1

ZADÁNÍ STRANA 2

Prohlášení:

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích dne 22.4. 2016

.....

Bc. Ivo Vránek

Děkuji vedoucímu své diplomové práce prof. Ing. Janu Trávníčkovi, CSc., za odborné vedení, trpělivost, zájem a čas, který mi věnoval. Další díky patří Ing. Starovi, za jeho drahocenný čas a pomoc, a také mé rodině, za pochopení a podporu.

Analýza kvality pitné vody v Jižních Čechách

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce bylo porovnání ukazatelů pitné vody ve vybraných oblastech jižních Čech. Sledovaným obdobím byl leden 2012 – prosinec 2014.

Sledovanými parametry byly **Mikrobiologické ukazatele** (Escherichia coli, koliformní bakterie, počty kolonií při 22°C, počty kolonií při 36°C), **Organoleptické ukazatele** (barva, zákal, pach, chuť), **Fyzikální a chemické ukazatele** (amonné ionty, dusičnany, dusitany, chemická spotřeba kyslíku, chloridy, konduktivita, mangan, pH, sírany, vápník a hořčík, železo).

Z celkového souboru 1165 dat překračovalo limit 23 hodnot (1,97%), při vyhodnocení všech sledovaných ukazatelů jakosti (mikrobiologické, organoleptické, fyzikální a chemické).

Při hodnocení mikrobiologických ukazatelů, překročilo limity 6 hodnot (1,97%), z celkových 304 údajů.

U organoleptických ukazatelů překročila limit 1 hodnota (0,44%), z celkových 227 údajů.

Při hodnocení fyzikálních a chemických ukazatelů, překročilo limit celkem 16 hodnot (2,52%), z celkového počtu 634 údajů.

Celkem tedy 23 hodnot nevyhovuje stanoveným limitům uvedených Vyhláškou č. 252/2004 Sb. a předpisům EU. Jedná se o hodnoty ukazatelů - počty kolonií při 22°C, počty kolonií při 36°C, zákal, mangan, vápník a železo.

Klíčová slova: kvalita vody, Escherichia coli, koliformní bakterie, počty kolonií při 22°C, počty kolonií při 36°C

Analysis of potable water quality in the south Bohemia areas

ABSTRAKT

The goal of diploma thesis was a comparison of potable water indicators in representative areas of the south Bohemia. Monitored period had been from January 2012 till December 2014.

Monitored parameters were **microbiological indicators** (Escherichia coli, coliform microbes, number of colonies at 22°C, number of colonies at 36°C, organoleptic indicators (color, turbidity, smell, taste). **Physical and chemical indicators** (ammonium ions, nitrates, nitrites, chemical consumption of oxygen, chlorides, conductivity, manganese, pH, sulphates, calcium and magnesium, iron).

From the total complex of 1165 data, there were 23 values over the limit (1,97%) of evaluation of all monitored quality indicators (microbiological, organoleptic, physical and chemical).

In evaluation of microbiological indicators, there were 6 values (1,97%) over the limit, from total 304 data.

In organoleptic indicators, there was 1 value (0,44%) over the limit, from total 227 data.

In evaluation of physical and chemical indicators, there were 16 values (2,52%) over the limit, from total 634 data.

In total, there are 23 values which don't meet determined limits from The Regulation No. 252/2004 and EU directives. There are these values of limits - number of colonies at 22°C, number of colonies at 36°C, turbidity, manganese, calcium and iron.

Keywords: water quality, Escherichia coli, coliform bacteria, number of colonies at 22°C, number of colonies at 36°C

OBSAH

1. ÚVOD	10-11
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	12-45
2.1 Legislativa	12-14
2.1.1 Legislativa pitné vody	13-14
2.2 Zdroje pitné vody	15-18
2.2.1 Povrchové vody	15-16
2.2.2 Podzemní vody	16-17
2.2.3 Pitná voda v ČR	18
2.3 Kvalita vody	18-26
2.4 Tvrdost vody	26-28
2.5 Úprava pitné vody	28-38
2.5.1 Úprava povrchové vody	29-31
2.5.1.1 Koagulace	30
2.5.1.2 Filtrace	30-31
2.5.2 Úprava podzemní vody	31-36
2.5.2.1 Stabilizace vody – odkyselování	31-32
2.5.2.2 Odželezování a odmanganování	32
2.5.2.3 Odstraňování amonných iontů	32-36
2.5.3 Hygienické zabezpečení	36-38
2.5.3.1 Fyzikálně-chemické metody	37-38
2.5.3.2 Chemické metody	38
2.6 Odpadní voda	39-43
2.6.1 Splaškové odpadní vody	40
2.6.2 Průmyslové odpadní vody	41

2.6.3 Zemědělské znečištění	41-42
2.6.4 Balastní odpadní vody	42
2.6.5 Dešťové odpadní vody	42-43
2.7 Spotřeba vody	43-45
3. MATERIÁL A METODIKA	46-50
3.1 Charakteristika oblastí	46-48
3.2 Sběr a sumarizace dat	49-50
4. VÝSLEDKY A DISKUSE	51-63
4.1 Mikrobiologické ukazatele	57-58
4.1.1 Počty kolonií při 22°C	57
4.1.2 Počty kolonií při 36°C	58
4.2 Organoleptické ukazatele	58-59
4.2.1 Zákal	58-59
4.3 Fyzikální a chemické ukazatele	59-61
4.3.1 Dusičnany	59-60
4.3.2 Vápník a hořčík	60-61
4.4 Finanční analýza	61-63
5. SOUHRN A ZÁVĚR	64-65
6. LITERATURA	66-71

1. ÚVOD

Pitná voda je nenahraditelnou a nezastupitelnou denní potřebou člověka. Je definována jako voda, která má po celý rok stálé chemické a fyzikální vlastnosti, neohrožuje zdraví lidí ani zvířat obsahem škodlivých chemických látek nebo patogenních organismů a má vyhovující smyslové vlastnosti, odpovídající oprávněným nárokům na osvěžující a nutričně hodnotný nápoj. V tomto smyslu se používá jako nápoj k přípravě jiných nápojů a k přípravě pokrmů, event. při výrobě potravinářského ledu. Posouzení kvality pitné vody ze zdravotního hlediska zahrnuje hodnocení jejího chemického složení, mikrobiologického spektra, fyzikálních vlastností a organoleptické (smyslové) kvality [Müllerová a kol., 2014].

Tuček a kol. (2012) uvádějí, že voda patří mezi tekutiny uspokojující základní fyziologické a hygienické potřeby člověka. Povrch naší planety je tvořen z více než 70% vodou. Přesto zásoby především pitné vody klesají. Podle propočtů švédského hydrobiologa Falkenmarka bude v roce 2025 trpět nedostatkem pitné vody kolem tři miliard lidí. O dalších dvacet let později se bude tento velký problém týkat již 40% celkové světové populace. Kromě dostatečného množství pitné vody je z hlediska lidského zdraví důležitá i její kvalita a zdravotní nezávadnost.

Kvalitu povrchových a podzemních vod a v důsledku toho i pitných vod negativně ovlivňuje velké množství škodlivin, přičemž podstatnou část tvoří odpadní vody průmyslové a komunální, vypouštěné přímo do toků. K nepřímému znečištění dochází odplavováním tekutých nebo tuhých odpadů dešťovou vodou po jejich aplikaci na půdu [Sasáková a kol., 2008].

Podle způsobu používání se vyčleňují a z hlediska hygienických požadavků definují další kategorie vod, např. vody provozní, vody pro rekreační využívání, vody pro zemědělské závlahy aj. Přísné zdravotní požadavky jsou kladeny také na

vodu užitkovou, která se svou povahou blíží kvalitě pitné vody nejvíce. Užitková voda může mít – na rozdíl od pitné vody – širší mikrobiální kontaminaci (avšak, výhradně nepatogenní) a může vykazovat mírně zhoršené smyslové vlastnosti, např. zbarvení, zákal a pachut'. Nehodí se proto k přímému konzumu (ale používá se k napájení zvířat), její použití je přípustné při zavlažování, očištění a úklidu, praní prádla apod. [Müllerová a kol., 2014].

Dnes, kdy je voda dražší, celosvětově pitné vody pravděpodobně ubývá, zdroje minerálních hnojiv se zmenšují a je strach z nedostatku ropy, se stále více lidí zamýšlí nad udržitelným způsobem žití, tedy nad tím, jak se postavit jinak k odpadním vodám. Po letošním suchém létě je i v našich podmínkách na místě přemýšlet o úsporách vody a o jejím možném znovuvyužití [Beránková, 2016].

2. LITERÁRNÍ PŘEHLED

2.1 Legislativa

Ochrana vod je komplexní činností spočívající v ochraně množství a jakosti povrchových i podzemních vod, a to v souladu s požadavky českého práva i práva EU. Základním právním předpisem Evropského parlamentu a Rady ustavujícím rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky členských států je směrnice 2000/60/ES z 23. října 2000 [Anonymus 3, 2016].

Ochranu vod, jejich využívání a práva k nim upravuje zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). Stanovuje podmínky hospodárného využívání vodních zdrojů. Cílem je zajištění trvale udržitelného využívání těchto vod a ochrana před účinky povodní a sucha. Zákon dále stanovuje povinnost platby poplatků za odebrané množství vody a za vypouštění odpadních vod do vod povrchových. Některá jeho paragrafová ustanovení jsou upřesněna či rozvedena tzv. podzákonými předpisy (nařízení vlády, vyhlášky). Ministerstvo životního prostředí společně s Ministerstvem zemědělství každoročně předkládá vládě Zprávu o stavu vodního hospodářství v České republice, která popisuje a hodnotí stav jakosti a množství povrchových a podzemních vod i související legislativní, ekonomické, výzkumné a integrační aktivity [Sbírka zákonů, 2001].

Zákon č. 275/2013 Sb., kterým se mění zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), ve znění pozdějších předpisů. Tento zákon upravuje vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících pro veřejnou potřebu a působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů v této oblasti [Sbírka zákonů, 2013].

2.1.1 Legislativa pitné vody

Legislativa ČR, která se týká hygieny vody, je obsažena především v zákoně o ochranně veřejného zdraví č. 258/2000 Sb. (v platném znění), v jeho novele č. 253/2005 Sb. a k tomuto zákonu se vztahujících vyhlášek (především vyhlášek č. 238/2011 Sb. pro koupací vody, č. 252/2004 Sb. pro pitnou vodu, resp. č. 187/2005 Sb. a 293/2006 Sb., 83/2014 Sb. a č. 409/2005 Sb. pro výrobky ve styku s pitnou vodou). V těchto předpisech jsou zahrnuty požadavky evropských směrnic pro pitnou a koupací vodu (98/83/ES a 2006/7/ES) [Anonymus 1, 2016; Müllerová a kol., 2014]. Podkladem pro hodnocení radiologických ukazatelů je vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně č. 307/2002 Sb. ve znění pozdějších předpisů [Weyessa, Kožíšek, 2014].

Zákon 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví stanoví, že „pitnou vodou je veškerá voda v původním stavu nebo po úpravě, která je určena k pití, vaření, přípravě jídel a nápojů, voda používaná v potravinářství, voda, která je určena k péči o tělo, k čištění předmětů, které svým určením přicházejí do styku s potravinami nebo lidským tělem, a k dalším účelům lidské spotřeby, a to bez ohledu na její původ, skupenství a způsob jejího dodávání“ [Anonymus 2, 2016].

Weyessa a Kožíšek (2014) uvádějí, že podle tohoto zákona mohou být do IS PiVo (Informačního systému pitné vody) vloženy výsledky rozborů vzorků pouze v tom případě, že jejich analýza byla provedena v laboratoři, která má platné osvědčení o akreditaci, autorizaci nebo o správné činnosti laboratoře. Průběžnou kontrolu zajištění systému QA/QC v těchto laboratořích provádí orgán vydávající osvědčení (ČIA, SZÚ, ASLAB). Orgán ochrany veřejného zdraví (územní pracoviště KHS) ověřuje, zda laboratoř má předepsané platné osvědčení.

Tuček a kol. (2012) uvádějí, že požadavky na kvalitu pitné vody jsou dány vyhláškou č. 252/2004 Sb., která stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou

vodu, dále četnosti a rozsah kontroly kvality pitné vody. Za pitnou vodu lze označit vodu, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví fyzických osob a jejich potomstva, jejíž smyslově postižitelné vlastnosti a jakost nebrání jejímu požívání a užívání pro hygienické potřeby fyzických osob. Vyhláška pak doplňuje, že „pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví“ [Sbírka zákonů, 2014].

Tato vyhláška nahradila vyhlášku č. 376/2000 Sb., která blíže definovala, že pitná voda „je zdravotně nezávadná voda, která ani při trvalém požívání nevyvolá onemocnění nebo poruchy zdraví přítomností mikroorganismů nebo látek ovlivňujících akutním, chronickým či pozdním působením zdraví fyzických osob a jejich potomstva, jejíž smyslově postižitelné vlastnosti a jakost nebrání jejímu používání pro hygienické potřeby fyzických osob“ [Anonymus 2, 2016].

Rozlišujeme dva základní typy zásobování pitnou vodou :

- Veřejné zásobování pitnou vodou, kdy jde o dodávání pitné vody z veřejného vodovodu, odběr z veřejné studny označené jako zdroj pitné vody. Za veřejné zásobování pitnou vodou se považuje i zajištění náhradního odběru pitné vody.
- Individuální zásobování pitnou vodou z jednoho zdroje (například z domovní studny) s denní produkcí menší než 10m³ vody a s uzavřeným počtem uživatelů [Tuček a kol., 2012].

2.2 Zdroje pitné vody

Pitná voda se získává úpravou surové vody. Surová voda se získává z podzemních nebo povrchových zdrojů. Z některých zdrojů – zejména podpovrchových – je možné získat pitnou vodu bez úpravy. Ke shromažďování povrchové vody slouží vodárenská nádrž (přehrada), v níž se nachází odběrová věž s několika odběrovými šachtami v různých hloubkách. Odebírá se podle příkazu z úpravny vody, která bývá v blízkosti přehrady. Vhodná teplota pro odběr je méně než 12°C. Surová voda se odvádí do úpravny vod. Tam se upravuje (mechanické předčištění, chemické česání, filtrace přes pískové filtry, odstranění iontů železa a manganu, někdy i částečné odstranění dusičnanů a dusitanů, dezinfekce). Pak směřuje do vodojemů a z nich se vodovody dopravuje ke spotřebitelům [Kravčík, 2008].

Pitná voda se v České republice v naprosté většině případů získává buď úpravou vody ze studní, vrtů či pramenišť, nebo úpravou vody povrchové – z potoků, řek, rybníků či vodovodních nádrží. První ze jmenovaných zdrojů nám dávají podzemní vodu zpravidla stabilní kvality, která většinou vyžaduje méně náročnou úpravu, než v případě úpravy vod povrchových. Aby se zachovala maximální čistota vodních zdrojů, je kolem nich vyhlášováno pásmo hygienické ochrany, které vymezuje a reguluje činnosti v jejich území prospěchu [Anonymus 4, 2016].

2.2.1 Povrchové vody

Monitorování povrchový vod v roce 2014 probíhalo podle návrhu jednotlivých podniků povodí. Podle jejich rozhodnutí byla do ČHMÚ poslána data z jednotlivých profilů i vybrané ukazatele [Freisleben a kol, 2015].

Povrchové vody se podle jakosti a normy ČSN 75 7221 dělí do pěti tříd :

- I. Třída – velmi čistá voda
- II. Třída – čistá voda
- III. Třída – znečištěná voda
- IV. Třída – silně znečištěná voda
- V. Třída – velmi silně znečištěná voda [Velíšek, 2002].

Jednotlivé ukazatele jsou rozděleny do skupin podle charakteru. V normě jsou definovány následující skupiny :

- obecné, fyzikální a chemické ukazatele (např. konduktivita, rozpuštěný kyslík, BSK₅, CHSK_{Mn}, chloridy, vápník atd.),
 - specifické organické látky (např. chlorbenzen, tetrachlorethen, trichlorethen, atd.),
 - kovy a metaloidy (chrom, rtuť, mangan, železo, kadmium atd.),
 - mikrobiologické a biologické ukazatele (termotolerantní koliformní bakterie, enterokoky, chlorofyl atd.),
 - radiologické ukazatele (celková objemová aktivita, uran, tritium atd.)
- [Freisleben a kol, 2015].

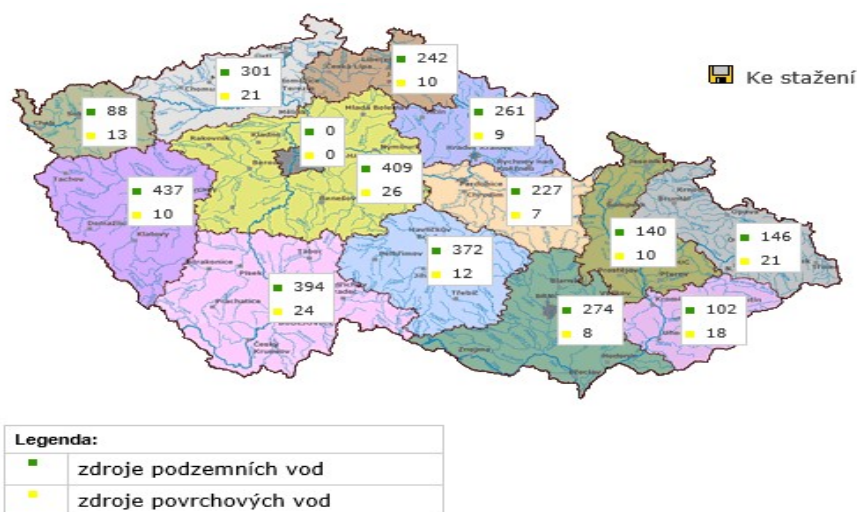
2.2.2 Podzemní vody

Systematický Monitoring jakosti podzemních vod byl postupně zaváděn od roku 1984. V současné době na území ČR tvoří monitorovací síť 174 objektů pramenů, 224 mělkých kvartérních vrtů a 268 hlubokých vrtů. Jejich lokalizace je přehledně prezentována v mapě na podkladu útvarů podzemních vod, kterých vymezení vycházelo z hydrogeologických rajónů. Struktury s hlubším oběhem reprezentují objekty pramenů, které jsou celkem pravidelně rozmístěny po celém území ČR a dále hluboké vrty ve významných vodohospodářských oblastech ČR (severočeská křída, moravské úvaly, jihočeské pánve a východočeské synklinály).

Mělké vrty sledují podzemní vody v převážně kvartérních, zpravidla velmi propustných sedimentech, ve kterých se však velmi rychle šíří znečištění, způsobené většinou průmyslovou, zemědělskou nebo jinou antropogenní činností. V roce 2014 bylo v podzemních vodách stanovovaných celkem 293 ukazatelů, a to jednou až dvakrát ročně v jarním a podzimním monitorovacím cyklu [Freisleben a kol, 2015].

Výsledkem úsilí, které vynaloží pracovníci provozovatele při výrobě vody, je pitná voda akumulovaná ve vodojemech a dopravovaná vodovodní sítí do domovních vodovodních přípojek. Domácnosti a ostatní odběratelé tak získávají nejehospodárnější trubní cestou kvalitní vodu ke svému užití a prospěchu [Anonymus 4, 2016].

Obr. č.1 Zdroje pitné vody



Zdroj: [Anonymus 5, 2016]

2.2.3 Pitná voda v ČR

Weyessa a Kožíšek (2014) uvádějí, že podle údajů z IS PiVo, v roce 2014 bylo v České republice pitnou vodou z veřejného vodovodu zásobováno 9 868 899 obyvatel, tj. 93,65% z celkového počtu obyvatel. Zdrojem dat pro tuto zprávu je informační systém PiVo (IS PiVo) provozovaný Ministerstvem zdravotnictví ČR. Díky zákonu o ochraně veřejného zdraví, podle kterého výsledky všech rozborů pitné vody, provedených podle tohoto zákona, musí být vloženy do IS PiVo, jsou ve zprávě zpracovány údaje popisující jakost pitné vody v celé České republice.

Podle údajů Českého statistického úřadu se v roce 2014 na vyrobené vodě podílely podzemní zdroje celkově 50,87% a povrchové zdroje 49,13%.

Z údajů získaných v rámci standardního chodu celostátního monitoringu jakosti vod v letech 2004 až 2014 lze konstatovat, že v tomto období docházelo k postupnému mírnému zlepšování jakosti pitné vody distribuované veřejnými vodovody. Toto konstatování platí pro celorepublikové zpracování výsledků a nevylučuje, že v některých vodovodech nemohlo dojít k výraznému zhoršení nebo (spíše) zlepšení stavu [Anonymus 6, 2016].

2.3 Kvalita vody

Kožíšek (2016) uvádí, že zatímco dříve hygieniky především zajímalo, jakou vodu vyrábí vodárna, dnes společnost logicky více zajímá, jakou vodu spotřebitel skutečně pije. S tím souvisí i způsob výběru vzorkovacích míst – výrobce vody již nemůže vzorky vody na kontrolu odebírat pouze na několika málo vybraných, obvykle dobře známých a snadno přístupných místech, ale od roku 2004 musí nejméně 25% (a od roku 2008 pak už 50%) odběrových míst každý rok obměňovat a vybírat je metodou náhodného výběru nebo jinou vhodnou metodou, která zaručí, že žádný ze zásobovaných objektů nebude vyloučen z možnosti kontroly. Účelem této nové úpravy je postihnout maximum odběrových míst a to nejen těch, kde je dodávána voda veřejnosti (úřady, školy, nemocnice apod.), ale i obytných domů.

Podle výsledků studie International Food Policy Research Institute (IFPRI) a společnosti Veolia se kvalita vody v mnoha zemích světa rychle zhoršuje. Unikátní studie se zaměřuje na globální vývoj kvality vody s výhledem do roku 2050. Z výsledků spolupráce International Food Policy Research Institute (IFPRI) a společnosti Veolia je zřejmé, že klíčovým může být dopad zvýšeného množství dusíku a fosforu na vodní zdroje. Dusík a fosfor jsou ve vodě přirozeně přítomné a jsou základními živinami pro růst rostlin a vodních ekosystémů. Nicméně, v přebytku mohou být škodlivé nejen životnímu prostředí, ale mají neblahý vliv také na lidský organismus. Vzhledem k současným klimatickým změnám předpovídá studie do roku 2050 vodu znečištěnou fosforem a dusíkem každému třetímu obyvateli planety [Anonymus 9, 2016].

Pitná voda je definována jako voda, která prošla procesem úpravy a vyhovuje stanoveným požadavkům. Užitková voda je obecně vzato voda, která není upravena jako pitná, proto je levnější a je jí možno využívat pro úklid, ohřev atd. V průmyslu se pro tuto vodu může využívat i pojem provozní voda. Požadavky na její kvalitu se různí v závislosti na jejím využití a často musí být upravována, např. filtrací či změkčením [Anonymus 7, 2016].

Duda (2015) informuje, že monitorování jakosti pitné vody ve vodovodech pro veřejnou potřebu se uskutečňuje v rámci subsystému II programu „Zdravotní důsledky a rizika znečištění pitné vody“, který je součástí „Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí“. Pravidelné vyhodnocení od roku 1993 zajišťuje Ministerstvo zdravotnictví na základě usnesení vlády ČR č.369/1991.

Kontrola dodržování hygienických limitů ve vodovodní síti je prováděna akreditovanou laboratoří. Četnost závisí na dodávaném množství vody a počtu zásobovaných obyvatel. Výsledky analýz jsou v elektronické podobě neprodleně předávány orgánu o ochraně veřejného zdraví. Celkem je v pitné vodě sledováno zhruba 50 ukazatelů [Anonymus 8, 2016].

Hygienické limity ukazatelů pitné i teplé vody musí být dodrženy na všech místech, kam je voda dodávána – v kohoutech, sprchách apod. V případě balené pitné vody (nikoli balené minerální, kojenecké či pramenité, pro které platí jiný předpis) musí být limity dodrženy v místě stáčení, dále musí být hygienické limity dodrženy po dobu minimální trvanlivosti do otevření originálního obalu s výjimkou ukazatelů počty kolonií při 22°C a 36°C, pro které platí mezní hodnoty 500 kolonií tvořících jednotku/ml (dále jen „KTJ/ml“) pro ukazatel počty kolonií při 22°C a 100 KTJ/ml pro ukazatel počty kolonií při 36°C [Anonymus 2, 2016].

Vyhláška č. 252/2004 Sb., stanoví hygienické limity pro jednotlivé ukazatele jakosti pitné vody, tedy pro mikrobiologické, biologické, chemické, fyzikální a organoleptické ukazatele. Ty všechny lze rozdělit dle zdravotního rizika, které by mohly představovat pro uživatele.

Typy limitů:

- **Mezní hodnota (MH)** je hodnota, jejímž překročením ztrácí pitná voda vyhovující jakost v ukazateli, jehož hodnota byla překročena. Tyto ukazatele mají funkci indikační a při jejich překročení je nutno přijmout příslušná opatření, vedoucí k jejich změně (snížení). Jedná se o zdravotně méně závažné ukazatele, např. železo, hořčík či amonné ionty. Jejich překročení nepředstavuje většinou akutní zdravotní riziko.
- **Nejvyšší mezní hodnota (NMH)** je hodnota, jejíž překročení vylučuje užití vody jako pitné. Jde o zdravotně závažné ukazatele, jejich překročení by znamenalo možnost ohrožení zdraví uživatelů. Jako příklad lze uvést množství *Escherichia coli*, enterokoků, dusičnanů, dusitanů, arzenu či fluoridů.
- **Doporučená hodnota** je hodnota, která znamená dosažení optimální koncentrace dané látky z hlediska biologické hodnoty pitné vody. Jedná se o

doporučené, tedy nezávazné hodnoty a týkají se především vápníku a hořčíku v pitné vodě.

Celkový počet všech ukazatelů při úplném rozboru vody je okolo 60. Úplný rozbor se provádí s různou četností – ve vodárnách několikrát ročně (v závislosti na velikosti zásobované oblasti), u individuálních zdrojů při vybudování nové studny a dále 1x za dva roky. Vyhláška zmiňuje také krácený rozbor vody (23 ukazatelů), který je zaměřen především na indikátory fekálního znečištění. Je levnější a provádí se častěji [Tuček a kol., 2012].

V zemích s vyspělým vodárenstvím je totiž péče o spokojeného zákazníka považována za nezbytnost. Klíčový požadavek Mezinárodní asociace pro vodu (IWA), která sdružuje tisíce odborníků, firem a organizací z více než 100 zemí světa, je, aby spotřebitel měl důvěru ve vodárenský produkt (pitnou vodu), protože to, jak veřejnost vnímá kvalitu vody, je nutno považovat za nedílnou součást kvality samotné. Proto by se výrobci pitné vody měli maximálně snažit o pozitivní prezentaci svého výrobku spotřebitelům. K tomu je mimo jiné nezbytné, aby voda měla příjemnou chuť, pach a vzhled, protože jde o vlastnosti vody, se kterými se spotřebitel denně setkává a je schopen je sám hodnotit – a přirozeně si podle nich dělat úsudek o kvalitě a bezpečnosti vody. Vodárenské společnosti nemohou nikdy považovat za vyhovující stav, kdy pitná voda sice odpovídá všem hygienickým požadavkům, ale spotřebiteli nechutná. Pitná voda musí být „pleasant to drink“ čili příjemná k pití. I to je jeden z hlavních důvodů, proč mnoho velkých vodárenských společností v Nizozemí, Německu, Švýcarsku i jiných zemích opustilo chemickou dezinfekci vody [Kožíšek, 2016].

Chemické látky nemusí vždy vodu kontaminovat uměle, může se jednat i o přirozeně vysoký výskyt v důsledku bohatého zastoupení v podloží (podzemní voda získávaná z větších hloubek). Nejvíce diskutované jsou dusičnany a dusitany. Jejich vyšší množství ve vodě je důsledkem fekálního znečištění nebo nadměrného užívání hnojiv v zemědělství, dále znečištění povrchových toků odpadními vodami.

Toxické kovy (např. Pb, Hg, Cd) mohou být ve vodě obsaženy v důsledku chemizace životního prostředí. U nás zjišťované hodnoty jsou však ve velmi malých podprahových množstvích.

Organické látky se v pitné vodě vyskytují obvykle také v nízkých koncentracích, jejich výskyt souvisí opět s chemizací prostředí (pesticidy a ostatní agrochemikálie, chemická výroba).

Mikrobiální kontaminace – fekálním znečištěním se do vody mohou dostat mnohé podmíněně patogenní a patogenní střevní mikroorganismy, vylučované močí a stolicí nemocných zvířat, nemocných lidí a bacilonosičů. Při vzniku infekčního onemocnění z vody hrají podstatnou roli infekční dávka nutná k vyvolání onemocnění, schopnost mikroorganismu ve vodním prostředí přežít či se dokonce množit a jeho resistance na běžně používané dezinfekční postupy.

Z mikrobů patří k významným původcům infekčních onemocnění z vody *Escherichia coli*, enteropatogeny *Shigella*, *Vibrio cholerae*, *Campylobacter*, *Leptospiry*, *Legionelly*. Průkaz virů ve vodě patří ke složitým stanovením a není rutinně prováděn. Z virů patří k nejvýznamnějším z hlediska přenosu vodou enteroviry a virus hepatitidy A. Riziko mohou představovat i někteří prvoci a parazité jako *Cryptosporidium*, *Giardia*, *Naegleria Fowleri*, *Ascaris lumbricoides*. Ne vždy ohrožuje mikrobiálně kontaminovaná voda člověka při konzumaci, někdy se může jednat o inhalaci vodního aerosolu při sprchování či kontaktem se spojivkami při koupání [Tuček a kol., 2012].

Zdravotní význam vybraných ukazatelů pitné vody:

- **pH vody** nemá přímý vliv na zdraví. Je však velmi důležitým provozním parametrem, protože ovlivňuje funkci procesů při úpravě vody. Ovlivňuje rovněž korozivní vlastnosti vody a účinnost dezinfekce. V pitné vodě je pH uváděno v rozmezí hodnot 6,5 – 9,5. Nižší hodnoty bývají typické pro měkké a málo mineralizované vody. Vyšší hodnoty pH mohou být výsledkem přírodních nebo umělých způsobů ztvrdování vody.

- **dusičnany** jsou běžnou součástí přírodních vod, jejich obsah však bývá zvýšen v důsledku lidské činnosti (nejčastěji hnojením půd dusíkatými hnojivy a odpadními vodami). Vyšší koncentrace dusičnanů v pitné vodě mohou při dlouhodobém užívání vyvolávat zdravotní potíže. Dusičnany se v lidském těle mohou přeměňovat na látky podezřelé z karcinogenního účinku (tzv. N-nitro sloučeniny) a u kojenců (zejména do 3 měsíců věku) způsobovat riziko vnitřního dušení (tzv. methemoglobinemie). V pitné vodě jsou dusičnany limitovány nejvyšší mezní hodnotou 50 mg/l, pro kojence se doporučuje hodnota do 15 mg/l.
- **tvrdost vody** označuje celkový obsah solí vápníku a hořčíku ve vodě. Oba prvky jsou součástí přírodních vod, jejich obsah lze uměle zvyšovat rozpuštěním dolomitického vápence nebo vápněním. Doporučená hodnota tvrdosti vody (Ca + Mg) je stanovena Vyhláškou ministerstva zdravotnictví č. 252/2004 Sb. v rozmezí 2 – 3,5 mmol/l. Doporučená hodnota je optimální koncentrace z hlediska zdravotního, nikoliv technického. Jednotkou tvrdosti vody (Ca + Mg) je milimol na litr (mmol/l) [Anonymus 8, 2016].

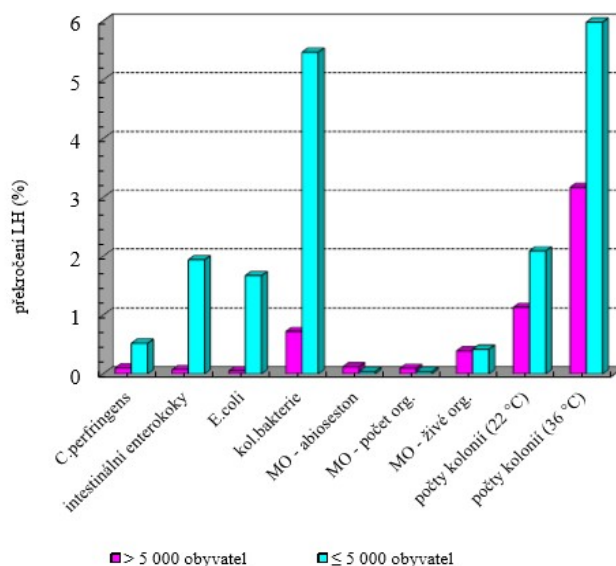
Tab. č. 1 Optimální hodnoty minerálních látek (v litru vody) dle SZÚ

Ukazatel	Optimální obsah
RL – rozpuštěné látky (ukazatel celkového obsahu minerálních látek)	150 až 400 mg/l
Ca ⁺⁺ - vápník	40 až 70 (minimálně 30) mg/l
Mg ⁺⁺ - hořčík	20 až 30 (minimálně 10) mg/l
Na ⁺ - sodík	5 až 25 mg/l
K ⁺ - draslík	1 až 5 mg/l
Cl ⁻ - chloridy (*)	Méně než 50 mg/l
SO ₄ ⁻ - sírany (*)	Méně než 50 mg/l
HCO ₃ ⁻ - hydrogenuhličitan (**)	100 až 300 mg/l
F ⁻ - fluoridy	0,1 až 0,3 mg/l
NO ₃ ⁻ - dusičnany	Méně než 10 mg/l

*dostupné údaje neumožňují zatím pro chloridy a sírany definovat jejich optimální obsah. Jejich určitá minimální koncentrace je žádoucí z chuťových důvodů, jejich horní hranice je odhadnuta vzhledem k optimu všech rozpuštěných látek.

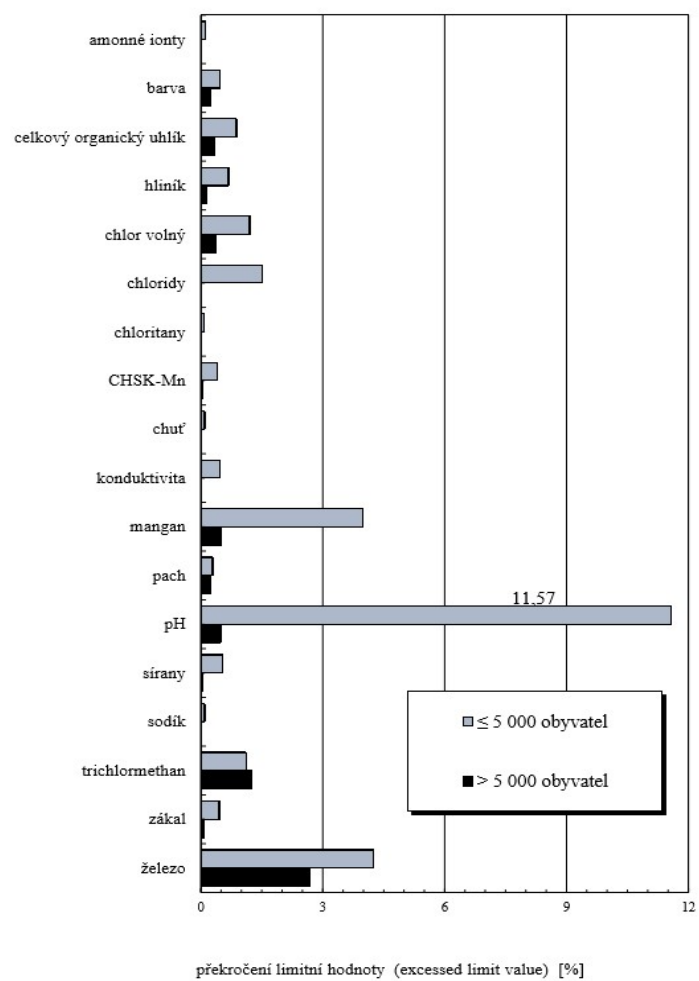
**dolní hranice hydrogenuhličitanů je stanovena na základě senzoryckých vlastností vody, nikoliv na základě zdravotního účinku. Uvedené hodnoty byly odvozeny z různých epidemiologických a experimentálních studií. Čím více se voda odchylovala od uvedeného složení, tím vyšší byl v zásobovaných populacích výskyt sledovaných chorob [Tuček a kol., 2012].

Obr. č. 7 Mikrobiologické a biologické ukazatele jakosti pitné vody, rok 2014



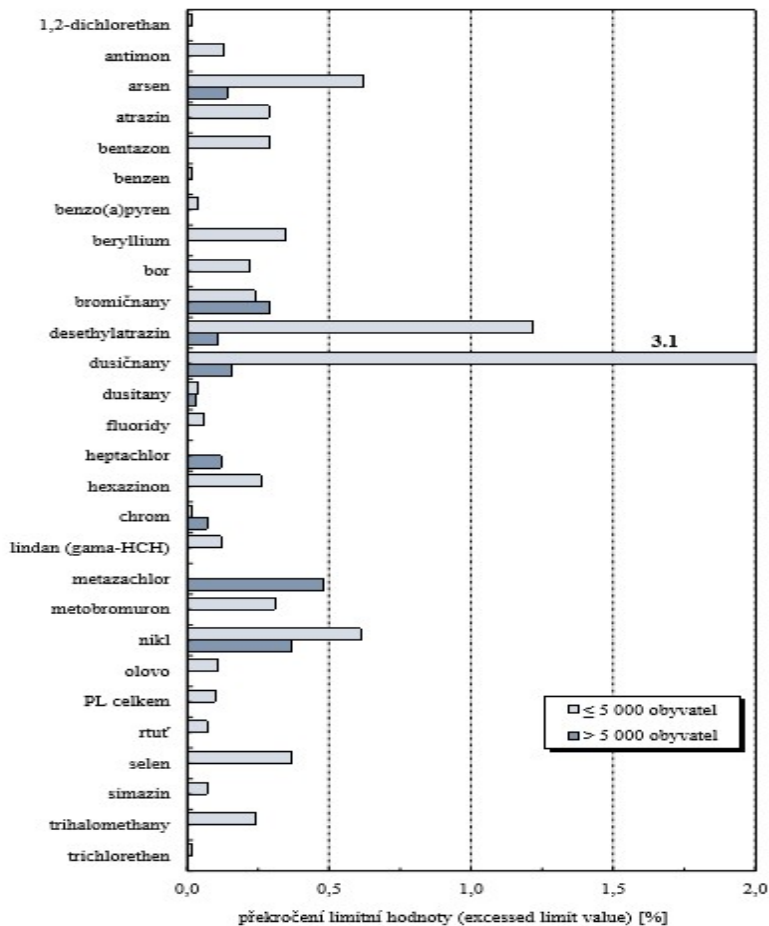
Zdroj: [Weyessa, Kožíšek, 2014]

Obr. č. 8 Chemické a fyzikální ukazatele jakosti pitné vody s MH, rok 2014



Zdroj: [Weyessa, Kožíšek, 2014]

Obr. č. 9 Chemické a fyzikální ukazatele jakosti pitné vody s NMH, rok 2014



Zdroj: [Weyessa, Kožíšek, 2014]

2.4 Tvrдость vody

Kravčík a kol. (2008) uvádějí, že tvrdost vody je veličina, nejčastěji udávající koncentraci kationtů vápníku a hořčíku ve vodě. Definice tvrdosti vody je však nejednotná, někdy se tak označuje koncentrace dvojmocných kationtů vápníku, hořčíku, stroncia a barya, nebo všech kationtů s nábojem větším než jedna. Vzhledem k této nejednotnosti se moderní hydrochemie termínu tvrdost vody snaží vyhýbat.

Obsah vícemocných kationtů kovů alkalických zemin je zodpovědný za tvrdost vody. V podstatě jde tedy o obsah vápníku (Ca) a hořčíku (Mg) vyjádřený v mmol/l, ale přispět mohou též další prvky: hliník, mangan, zinek, baryum, stroncium, železo. Při dlouhodobé konzumaci je doporučované pít středně tvrdou až tvrdou vodu při celkové tvrdosti 2-4 mmol/l. Skutečnost, že pitná voda může být důležitým zdrojem minerálů jako je Ca a Mg, je známá dlouhou dobu, tento „nutriční“ význam připomíná ve svých publikacích z počátku 20. století i zakladatel české školy hygieny profesor Kabrhel. Obsah vápníku, hořčíku ve vodě závisí na složení podloží, kterým voda prostupuje. Při obsahu těchto prvků v horninách a vhodném pH vody, je jejich obsah v podzemní vodě zpravidla dostatečný. Nízkou tvrdost mají především vody povrchové. Při vodárenské úpravě může být tvrdost vody upravena průtokem vody přes mletý mramor či vápenec či dávkováním vápenného mléka [Tuček a kol., 2012]

Celkovou tvrdost můžeme rozdělit na přechodnou, tj. uhličitanovou a na stálou:

- ***Přechodnou (karbonátovou) tvrdost vody*** způsobují rozpustné hydrogenuhličitaný a to především hydrogenuhličitan vápenatý $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ a hydrogenuhličitan hořečnatý $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, tuto tvrdost vody lze odstranit převařením – dekarbonizací.
- ***Vařením se však nezbavíme tvrdosti trvalé (nekarbonátové)***, kterou způsobují především sírany, a to síran vápenatý CaSO_4 a síran hořečnatý MgSO_4 . K jejich odstranění používáme srážení působením hydroxidu vápenatého $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a uhličitanu sodného Na_2CO_3 [Kravčík a kol., 2008].

Tab. č. 2 Tabulka rozdělení vody podle tvrdosti

Voda	mmol/l
Velmi měkká	do 0,5
Měkká	0,5 – 1,25
Středně tvrdá	1,26 – 2,5
Tvrdá	2,51 – 3,75
Velmi tvrdá	nad 3,76

Zdroj: [Anonymus 8, 2016]

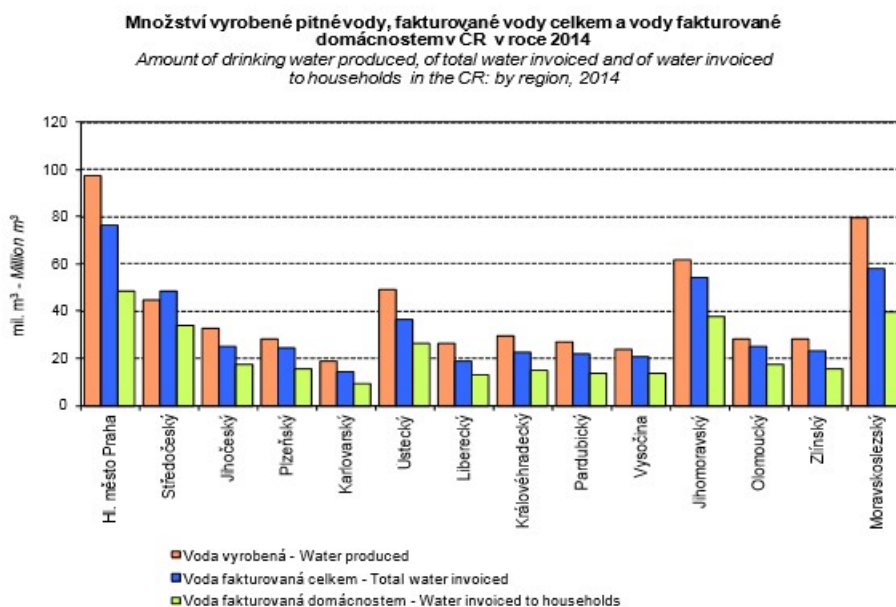
2.5 Úprava pitné vody

Pod pojmem úprava vody rozumíme soubor technologických procesů, kterými se mění vlastnosti vody na úroveň požadovanou spotřebitelem. Kvalita vody musí vyhovovat především způsobu použití. Jakost upravené vody závisí do značné míry na kvalitě vody ze zdroje, která se však v průběhu roku mění v závislosti na ročním období a meteorologických a hydrologických podmínkách.

Limitujícím faktorem pro způsob úpravy podzemních vod je zpravidla koncentrace železa, manganu a volné kyseliny uhličitě. Při úpravě povrchových vod je z technologického hlediska důležité především množství zákalotvorných a barvotvorných látek anorganického i organického původu [Biela, 2013].

V souladu s požadavky článku 8 Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ustavující rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky ustanovila Česká republika programy monitoringu vod pro zjišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod. Poslední aktualizace Rámcového programu monitoringu, byla schválena ke dni 31.1. 2013 [Anonymus 10, Anonymus 11, 2016].

Obr. č. 5 Množství vyrobené pitné vody, fakturované vody celkem a vody fakturované domácnostem v ČR v roce 2014



Zdroj: [Anonymus 13, 2016]

2.5.1 Úprava povrchové vody

V povrchových vodách jsou hlavními přirozenými znečišťujícími příměsími dva druhy nečistot: rozpuštěné vysokomolekulární organické látky a nerozpuštěné koloidní látky. Do první skupiny patří především látky humínového charakteru, které se dostávají do povrchových vod v horních částech toků z rašelinišť a slatin a v dolních částech toků z dnových sedimentů a biologickou činností organismů. Druhou skupinu tvoří koloidní a zákalotvorné hlinitokřemičitany a jíly, které se do povrchové vody dostávají především splachem v období zvýšené srážkové činnosti atd. [Strnadová, Janda, 2015].

2.5.1.1 KOAGULACE

Strnadová a Janda (2015) uvádějí, že se jedná o fyzikálně chemický proces, při kterém je do vody dávkovaný koagulant (chemická látka na bázi železa nebo hliníku, nejčastěji FeCl_3 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ nebo polyaluminium chlorid) a dochází ke koagulaci + flokulaci nečistot ve vodě. Koagulací (čiřením) se z vody odstraňují koloidní látky anorganického a organického původu. Cílem tohoto technologického postupu je vytvořit takové podmínky, aby se nečistoty přítomné ve vodě převedly do separovatelné formy, větších celků, které lze z vody odstranit například sedimentací či filtrací (tzv. koagulační filtrace). Koagulace spočívá v dávkování solí železa nebo hliníku, koagulantů, které hydrolyzou poskytují hydroxid železitý nebo hlinitý.

Na jeho povrchu pak dochází k adsorpci iontů a vznikají tak například kladně nabitě produkty částečné hydrolyzy železité či hlinité soli a sorbovaných iontů železa a hliníku, které koagulují, popřípadě reagují s nečistotami koloidní povahy ve vodě se záporným elektrickým nábojem. Produktem koagulace a flokulace (proces, při němž se srážejí vzniklé částice koagulace na větší grupy) jsou separovatelné částice – vločky, které se mohou odstranit sedimentací nebo filtrací. U malých úpravěn vod je využívaná filtrace vloček (např. koagulační písková filtrace), sedimentace na lamelách v čiricích blocích se využívá u velkých úpravěn vod pro zásobování obyvatelstva [Anonymus 15, 2016].

2.5.1.2 FILTRACE

je separační metoda oddělení pevné, nerozpuštěné fáze od fáze kapalné (vody). V technologii vod to mohou být různé hrubé mechanické nečistoty typu zbytky potravin, listí, kamenů, ale i vyflokulovaných vloček po čiření, sraženin po redox reakcích (oxidačně-redukčních reakcích) až po mikrobakteriální a viroidní znečištění [Strnadová, Janda, 2015].

Podle typu náplně filtru rozeznáváme typ filtrace:

- *Prostá (Koláčová) filtrace* - větší než přibližně 1 μm , často viditelné pouhým okem (kvasinky, mouka, sraženiny atd.). V praxi se používá náplň písku o různé zrnitosti nebo granulované aktivní uhlí, které je dobré i na odfiltrování zápachu ve vodě, chloru a některých organických látek. U kuchyňských úpraven vod často používaná v kombinaci s ionexem.
- *Mikrofiltrace* - přibližně od 0,1 μm do 1 μm (pigmenty, bakterie, asbest). Úpravny vod, nápojů.
- *Ultrafiltrace* - přibližně od 3 nm do 0,1 μm (bílkoviny, viry, želatina). Úpravny vod.
- *Nanofiltrace* - zde se už udává spíše rozmezí molekulárních hmotností filtrované látky a to přibližně od 200 g/mol do 15.000 g/mol, což odpovídá přibližně velikosti částic od 1 nm do 10 nm (barviva, pesticidy, herbicidy, cukry) [Anonymus 15, 2016].

2.5.2 Úprava podzemní vody

Úprava podzemních vod na vodu pitnou závisí na druhu „znečištění“. Mezi nejběžnější používané technologie úpravy podzemních vod patří odkyselování, odželezování a odmanganování, dále odstraňování dusíkatých látek a radonu. Výjimečně se při jejich úpravě na vodu pitnou používá čiření, a to většinou pouze v případě, kdy je třeba vodu zbavit železa vázaného v podzemní vodě ve formě organických komplexů [Strnadová, Janda, 2015].

2.5.2.1 STABILIZACE VODY – ODKYSELOVÁNÍ

Anonymus 16 (2016) uvádí, že odkyselování vod je technologický proces, při kterém se z přírodních vod odstraňuje agresivní oxid uhličitý. Mnohdy bývá provozně řešen s odželezováním a odmanganováním. Nadřazeným pojmem

odkyselení vody je stabilita vody, která je základním předpokladem nejen snížení korozivních projevů vod při dopravě potrubím, ale současně zamezuje výraznému zhoršení její kvality produkty koroze. Spolu s kyslíkem patří agresivní oxid uhličitý mezi rozpuštěné plyny, které se bezprostředně podílí na korozi trubních materiálů. Odstraňování agresivního oxidu uhličitého se provádí zejména z důvodu jeho korozivních účinků na kovové a betonové konstrukce, ale i z důvodů hygienických. Agresivní vody rozpouští železo, měď, zinek a olovo z vodovodního potrubí a tyto pak mohou být sekundární příčinou různých zdravotních potíží [Strnadová, Janda, 2015].

2.5.2.2 ODŽELEZOVÁNÍ A ODMANGANOVÁNÍ

Biela (2012) uvádí, že vyšší koncentrace železa a manganu v pitné vodě způsobují jednak senzorické závady (pitná voda má trpkou „svíravou“ chuť). Postupnou oxidací a hydrolyzou se vylučují v pitné vodě hydroxid železitý a hydratovaný oxid manganičitý. Voda je pak „rezavá“. K rychlé oxidaci dochází také za vyšší teploty a zvýšeného pH v pračkách. V neposlední řadě také dochází k zarůstání vodovodního potrubí vlivem činnosti železitých a manganových bakterií, které využívají energii, která se uvolňuje při oxidaci železnatých a manganatých iontů. Z výše uvedených důvodů je koncentrace železa a manganu v pitné vodě podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. limitována hodnotou $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ pro železo a $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ pro mangan [Strnadová, Janda, 2015].

2.5.2.3 ODSTRAŇOVÁNÍ AMONNÝCH IONTŮ

Janda (2008) uvádí, že koncentrace amonných iontů v pitné vodě je limitována podle vyhlášky č. 252/2004 Sb. hodnotou $0,5 \text{ mg.l}^{-1}$. Samotné amonné ionty nejsou v tomto koncentračním oboru pro člověka příliš toxikologicky významné, jejich zvýšená koncentrace, zvláště spojená s nálezem bakteriální kontaminace vody, je ale indikátorem fekálního znečištění. Při vyšší koncentraci amonných iontů v pitné vodě v distribuční síti ale existuje jiné další reálné

nebezpečí: za přítomnosti kyslíku rozpuštěného ve vodě (norma pro pitnou vodu předepisuje nejméně 50% nasycení) může ve vodovodních řadech docházet k biologické nitrifikaci přítomných amonných iontů. To se týká především vodovodních sítí s dlouhou dobou zdržení pitné vody mezi úpravnou a spotřebitelem. Za oxidaci amonných iontů jsou zodpovědné autotrofní nitrifikační bakterie [Strnadová, Janda, 2015].

Zavedení chemické dezinfekce pitné vody v první polovině 20. století, spolu s úpravou pískovou filtrací a vybudováním kanalizací, výrazně přispělo v průmyslově vyspělých zemích k omezení výskytu vodou přenosných chorob. Jejimi dalšími pozitivy jsou jednak oxidace nežádoucích látek v rámci úpravy vody, a dále inhibice sekundárního pomnožování bakterií v distribuční síti [Kožíšek a kol., 2014].

Technologický proces úpravy vody zahrnují širokou škálu fyzikálně-chemických metod (např. koagulace, flokulace, sedimentace, filtrace, membránové procesy, včetně nanofiltrace a reverzní osmózy, ionexové technologie, dealkalizace, adsorpce, užití aktivního uhlí, odplynění, oxidace, redukce, chlorace, ozonizace, ultrafialové záření pro snížení mikrobiálního oživení atd.) prospěchu [Anonymus 4, 2016].

Separáčn

- ***Mechanické***, při kterých se odstraňují suspendované látky (sedimentace, zahušťování, flotace, filtrace),
- ***Chemické***, ke kterým patří především odstraňování koloidních látek organického a anorganického původu při čiření,
- ***Fyzikálně-chemické a mikrobiologické***, kde se jedná o odstranění a následnou separaci anorganických a organických látek z vody srážením (následná sedimentace), výměnou iontů, adsorpcí, reverzní osmózou, elektrodiálýzou, oxidací či některou z biologických metod [Strnadová, Janda, 2015].

Kožíšek a kol. (2014) uvádějí, že přidání chloru či jiného oxidantu do vody vyvolává řadu nežádoucích chemických a biologických reakcí:

- a) Oxidaci zbytkového rozpuštěného železa a manganu v síti,
- b) Vznik toxických vedlejších produktů oxidace (dezinfekce),
- c) Pachové a chuťové problémy (vliv samotného oxidantu nebo vzniklých sloučenin),
- d) Přeměnu vysokomolekulárních přírodních organických látek na jednodušší látky s nižší molekulovou hmotností, které jsou využitelné bakteriemi jako zdroj potravy a energie. Snižování biologické stability vody, podpora sekundárního pomnožování bakterií v distribuční síti,
- e) Úplnou inaktivaci indikátorových, ale jen částečnou inaktivaci některých patogenních mikroorganismů, což poskytuje falešně negativní obraz o nezávadnosti vody.

Státní zdravotní ústav (SZÚ) již řadu let propaguje distribuci (a pokud to je možné i výrobu) pitné vody bez chloru, což je praxe široce rozšířená a mezi spotřebiteli velmi oblíbená v řadě zemí, např. v Nizozemí (kde je bez použití chloru či jiného oxidantu vyráběno více než 95% pitné vody), Švýcarsku, Rakousku, Německu atd. V České republice se naopak ještě deset let poté, co legislativa již žádnou přítomnost chloru ve vodě nevyžaduje, stále setkáváme s překvapenými reakcemi provozovatelů, zda je to vůbec z právního hlediska možné [Kožíšek a kol., 2014].

Postupy úpravy vody [Biela, 2013]:

- **Číření** – po přidání chemikálií – koagulačních činidel (síran hlinitý, chlorid železitý, skalice zelená) probíhá vložkování (flokulace). Vložky mají záporný náboj a váží na sebe mikrobiologické látky. Tento krok zvětšuje velikost částic a umožňuje lepší filtraci.

- **Filtrace:**
 - Pomalé filtry - obsahují vrstvu z říčního písku a křemeliny, na jejich povrchu se tvoří tzv. filtrační pokožka – vosková vrstva z nefiltrovaných řas, která zvyšuje účinnost filtru a nemá se hned odstraňovat.
 - Rychlé filtry – filtrace probíhá pod tlakem, což zkracuje čas nutný k filtrování a umožňuje takto očistit daleko větší objem vody. Je však méně účinná.

- **Sorpce** - sorpcí je možné z vody odstranit nízkomolekulární přirozené organické látky, nízkomolekulární ropné látky, tenzidy, pesticidy, fenoly, chlorované uhlovodíky atd. Probíhá v aktivních materiálech (záchyt zbytků na aktivním uhlí). Sorbent se dávkuje přímo do vody nebo je voda filtrována přes sorbent granulovaný. Tento způsob úpravy je nákladný a není využíván ve všech úpravárnách.

- **Oxidace a dezinfekce** je postup použitelný pro částečné rozrušení přítomných organických látek oxidací některých anorganických složek (NH_4 , NO_2 , Fe^{2+} , Mn^{2+} atp.). Ke chloraci se používá chlór, chloramin B, chloran sodný nebo chloroxin. Chlorace ničí bakterie, spóry a viry. Mikroorganismy nejsou likvidovány samotným chlórem, nýbrž molekulárním kyslíkem, který (spolu s kyselinou chlorovodíkovou) vzniká při reakci chlóru s molekulou vody. UV záření a ozonizace také dezinfikují, odstraňují zápach a na rozdíl od chlóru nemění chuť vody. Lze je však použít jen tam, kde je nová a kvalitní vodovodní potrubí, zaručující, že se voda po cestě ke spotřebiteli nekontaminuje.

- **Provzdušňování (aerace)** slouží k nasycení vody kyslíkem a odstraňování zápachajících látek (amoniaku a sulfanu). Další důležitou funkcí aerace je oxidace železnatých kationtů na železité (které jsou nerozpustné) a jejich následné vysrážení.

- **Odželezování a odmanganování** slouží k odstraňování železa a manganu s využitím provzdušňování, alkalizace, oxidace.
- **Mikrobiologické a biologické způsoby úpravy vody** - pomalá biologická filtrace a mikrobiologická denitrifikace slouží k odstraňování organických látek, živin a bakteriálního znečištění.
- **Ostatní způsoby úpravy vody** – iontová výměna, deionizace, dekarbonizace, demineralizace, dezinfekce – chlorem a ozonem [Anonymus 14, 2008].

2.5.3 Hygienické zabezpečení

Strnadová, Janda (2015) uvádějí, že se jedná o proces, při kterém se chemickou, fyzikálně-chemickou nebo fyzikální metodou separují nebo zahubí patogenní mikroorganismy a viry ve vodách. Právě mikrobakteriální a virové znečištění vod je nejčastější příčinou vzniku „nemoci z vody“. Ve většině případů jsou „nemoci z vody“ způsobené mikrobakteriálním znečištěním vody, menšinové procento je způsobeno viry nebo chemickými polutanty (znečišťujícími látkami), které jsou často kumulativní a projevují se negativně na lidském organismu až po dlouhé době expozice. Na této myšlence je založená velká část outdoorových úpraven vod a definice pojmu „bezpečná voda“. Voda se zde primárně dezinfikuje (oprošťuje) od mikrobakteriálního znečištění. Chemické znečištění není tak přísně sledované, jelikož jeho koncentrace ve většině případů není nebezpečná pro lidský organismus. Je to dáno i tím, že vybrané sledované chemické látky do sebe dostáváme i prostým dýcháním nebo potravinami. Nejčastější způsob dezinfekce vody je prostřednictvím dávkování chemických látek na bázi chlóru (NaClO, chloramin, oxid chloričitý), ultrafialového záření skrze UV lampu nebo například ozonizací. Bakterie se také dají ve vodě zahubit elektrolýzou (při elektrokoagulaci) nebo převařením vody [Anonymus 15, 2016].

Dezinfekci na úpravně vody je zapotřebí provádět v případě, že má výrobce k dispozici mikrobiologicky znečištěnou surovou vodu. Většina vodárenských společností v ČR však vedle toho provádí ještě tzv. bezpečnostní chlorování vody. Dochází k němu po úpravě nebo v podobě následné dezinfekce v síti. Cílem má být usmrcení nežádoucích bakterií, které by mohly do vody proniknout např. při prasknutí potrubí a poklesu tlaku, a dále zamezit zvyšování počtů kolonií během distribuce vody. Pokud se jedná o první účel, bylo již dříve ukázáno, že kdyby skutečně došlo k masivnímu vniknutí znečištěné vody do potrubí, nemůže být používaná koncentrace chloru (do 0,3 mg/l) v žádném případě účinná a zabezpečit potřebnou dezinfekci [Kožíšek a kol., 2014].

Kravčík (2008) uvádí, že chemické znečištění vody nelze převařením odstranit. Bakteriologické znečištění odstraníme povařením alespoň 5 minut (viry jsou usmrceny až po 30 minutách). Bakterie legionella může způsobit zdravotní komplikace včetně těžkého a život ohrožujícího zápalu plic. Nejohroženější jsou lidé s oslabenou imunitou [Anonymus 12, 2016].

V roce 1892 byla definována koncepce indikačních organismů, která se stala základem pro většinu kritérií mikrobiologické kvality vody, a je používána dodnes. Jelikož nelze patogenní organismy detekovat jednoduchým způsobem a běžná kultivace u nich není doporučována, byly namísto toho vyvinuty metody na zjištění přítomnosti dalších fekálních organismů. V případě, že se tyto organismy nevyskytují, s určitou pravděpodobností se nevyskytují i patogenní organismy. Při nedostatku vhodných indikačních organismů nelze předpokládat přítomnost či nepřítomnost příležitostných bakterií, virů, parazitických prvoků jako např. Giardia či Cryptosporidium, které jsou odolné vůči dezinfekci [Ambrožová, 2004].

2.5.3.1 FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÉ METODY

Stloukal (2006), uvádí, že tyto metody (teplo, ultrafialové záření, oligodynamické působení iontů těžkých kovů) jsou využívány, kromě ultrafialového

záření, pro menší výkony nebo pro domácnostní doúpravu. Při všech fyzikálně chemických způsobech hygienického zabezpečení není voda zabezpečena proti další možné mikrobiologické kontaminaci ve vodovodním potrubí. Pokud se tedy nejedná o individuální zdroj nebo domácnostní úpravu, je nutné vodu ještě dále zabezpečit chemickým činidlem.

2.5.3.2 CHEMICKÉ METODY

Strnadová a Janda uvádějí, že chemické metody (chlor a jeho sloučeniny, ozon, další oxidační činidla) jsou založeny na oxidačním působení desinfekčního činidla na bakterie, popřípadě na viry. Při centrální úpravě pitné vody chemické metody naprosto převládají. Ze všech chemických metod hygienického zabezpečení zase naprosto převládají různé metody chlorace pitné vody.

Chlorování je nejčastější způsob dezinfekce vody v ČR, ale i v zahraničí. Důvodem častého využívání chloru je jeho velká baktericidní účinnost, kterou si zachovává i v malých koncentracích. Další plus je jednoduché použití i kontrola a rovněž i silné oxidační účinky. Použití chloru v průběhu úpravy vody na pitnou je však možné jen tehdy, když surová voda neobsahuje organické látky, které tvoří s chlorem chlorované sloučeniny, v případě huminových látek trihalogenmethany. V úpravnách vody je v současné době využíván především plynný chlor, oxid chloričitý (chlordioxid) a v menších úpravnách i chlornan sodný [Biela, 2013].

Pokud je hygienické zabezpečení vody provedeno chlorovými přípravky, pak je doporučováno, aby koncentrace aktivního chloru byla v pitné vodě u spotřebitele v koncentračním rozmezí 0,05 až 0,3 mg.l⁻¹.

Ozon je nejsilnějším oxidačním činidlem s nejvyšším redox potenciálem ze všech používaných desinfekčních činidel. Působí nejen na bakterie, ale i na viry. Při použití ozonu nebyly také zjištěny v takové míře vedlejší účinky jeho působení na organické látky jako u chlorace [Strnadová, Janda, 2015].

2.6 Odpadní voda

Odpadní voda je voda, jejíž kvalita byla zhoršena lidskou činností. Při procesu čištění odpadní vody dochází k oddělení vody, která je ještě dále přečišťována od kalů a dnových sedimentů. Kaly z čištění odpadních vod se označují jako aktivovaný kal a podle kvality se mohou dále využívat (např. výroba bioplynu), nebo se skládkují (např. kvůli obsahu těžkých kovů) [Anonymus 7, 2016].

Každodenním používáním vody např. v domácnostech, školách, úřadech či v průmyslové výrobě se voda znečišťuje a stává se vodou odpadní. Odpadní voda je odváděna kanalizačními stokami mimo sídelní území a čištěna na čistírně odpadních vod. Vyčištěná odpadní voda je vypouštěna do vodního toku (tzv. recipientu). Kvalita vyčištěné odpadní vody je stanovena rozhodnutím vodoprávního úřadu a kontrolována Českou inspekcí životního prostředí [Anonymus 8, 2016].

Beránková (2016) uvádí, že Česká republika podporuje posilování principů oběhového hospodářství. Kromě dalšího považuje za důležité, aby návrh legislativy týkající se oběhového hospodářství podpořil bezpečné a nákladově efektivní opětovné využívání odpadní vody a přispěl ke stanovení pravidel pro využívání vyčištěných odpadních vod jako druhotné suroviny.

Druhy odpadních vod:

- splaškové odpadní vody
- průmyslové odpadní vody
- zemědělské znečištění
- balastní odpadní vody
- dešťové odpadní vody [Dohányos, 2004].

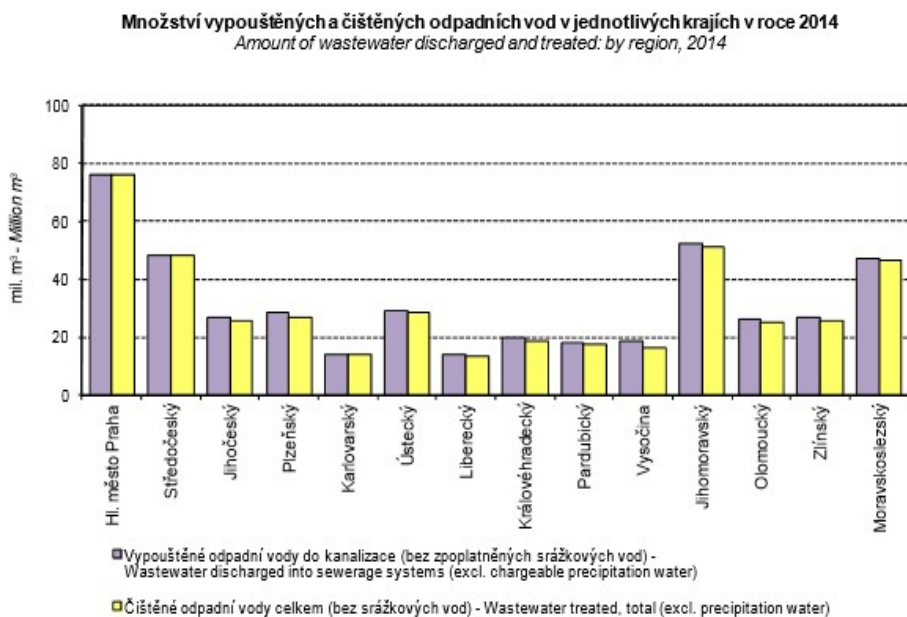
Beránková (2016) uvádí, že odpadní vody jsou děleny na vody černé (voda z toalet, tedy moč, fekálie, toaletní papír a splachovací voda) a šedé (ostatní voda z domácnosti, tedy voda z kuchyně – dřez, myčka, voda ze sprch, umyvadel a

praček). Šedou vodu dále dělíme na vhodnou a podmíněně použitelnou pro recyklaci. Černé vody se dále dělí na vody žluté (moč) a hnědé (fekálie) [Palmquist, Hanaeus, 2005].

2.6.1 Splaškové odpadní vody

Jako splaškové odpadní vody jsou definovány odpadní vody vypouštěné obyvatelstvem z bytů a obytných domů. Do této kategorie spadají i odpadní vody z obecní, resp. městské vybavenosti (školy, úřady, restaurace a hotely apod.), které mají obdobný charakter jako odpadní vody z domácností [Groda a kol., 2007].

Obr. č. 4 Množství vypouštěných a čištěných odpadních vod v jednotlivých krajích v roce 2014



Zdroj: [Anonymus 13, 2016]

2.6.2 Průmyslové odpadní vody

Jedná se o odpadní vody vypuštěné do veřejné kanalizace z průmyslových závodů. Tyto vody musí být před vypuštěním ze závodu do veřejné kanalizace upraveny tak, aby vyhovovaly provoznímu řádu kanalizace, respektive byly čistitelné technologií komunální ČOV. Obecně však platí, že by průmyslové odpadní vody měly být odděleny a čištěny na samostatných průmyslových ČOV. Bohužel v minulosti byly takové vody, často s obsahem toxických látek (např. těžké kovy, pesticidy apod.), běžně vypouštěny do kanalizace, a to často bez ohledu na možnosti koncové ČOV. V současnosti je vyvíjen odborný, ale i ekonomický tlak na oddělení takovýchto vod od veřejné kanalizace [Groda a kol., 2007].

V rámci čištění průmyslových odpadních vod využíváme kombinaci několika dílčích technologií a způsobů čištění. Jedná se zpravidla o kvalitní mechanické předčištění, homogenizaci odpadních vod v akumulacích nádrží, chemickou předúpravu, flotační nebo sedimentační proces separace znečištění z odpadní vody a kalové hospodářství. Rovněž tak je možno zařadit i další technologie dočištění, které se u konkrétního provozu požadují, a to například čištění zápachu, dezinfekce vyčištěných vod, biologické dočištění nebo další sorpční procesy, odvodňovací zařízení na minimalizaci odpadů apod. [Šrámek, 2015].

2.6.3 Zemědělské znečištění

Statkovými hnojivy a dalšími látkami vznikajícími v zemědělství mohou být do vodního prostředí vnášeny látky organické a minerální povahy a mikrobiální společenstva charakteristická pro fekální znečištění. Jakost vod je poškozována celou škálou rozkladných produktů organických látek z těchto materiálů. Škodlivé pro vody jsou zejména sloučeniny dusíku (nitráty a amoniak) a sloučeniny fosforu. Organické látky v různých fázích rozkladu mění barvu vody, způsobují její zápach a mění její užitné vlastnosti. Hlavním zdrojem fekálního znečištění vod jsou statková hnojiva, která mohou být také zdrojem přenosu choroboplodných zárodků pro

člověka a zvířata. Nebezpečím pro zvířata může být kontaminovaná napájecí voda, ve které jsou obsaženy látky a mikroorganismy ze statkových hnojiv [Groda a kol., 2007].

Odpady ze zemědělství můžeme rozdělit dle vzniku :

- odpadní vody z rostlinné výroby
- odpadní vody z živočišné výroby
- splaškové odpadní vody
- odpadní vody z oplachů strojů a zařízení
- dešťové vody
- údržba a úklid [Groda a kol., 2007].

2.6.4 Balastní odpadní vody

Jedná se především o podzemní vody, které se dostávají netěsnostmi do kanalizace. Bohužel dosti často se jedná i o povrchové toky zaústěné do kanalizačního systému (v minulosti se běžně různé potůčky zaústěovaly do kanalizace bez ohledu na to, že se jedná v zásadě o čistou vodu). Balastní vody nemají negativní vliv, protože naředí splašky a odpadní vody jen ochlazují. Balastní vody bohužel představují značné procento celkových odpadních vod, což platí hlavně u starších systémů stavěných často s nedostatečnou projektovou dokumentací [Groda a kol., 2007].

2.6.5 Dešťové odpadní vody

Pírek (2011) uvádí, že základním principem koncepce přírodě blízkého hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném prostředí je v maximální možné míře napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací. Základem hospodaření s dešťovými vodami je tzv. decentralizovaný způsob odvodnění, jehož podstatou je zabývat se srážkovým odtokem v místě jeho vzniku a

vracet ho do přirozeného koloběhu vody.

Jedná se o vody odváděné z intravilánu obce veřejnou kanalizací, nebo z výrobního závodu či jiných ploch. Veřejné kanalizace mohou být jednak oddílné, které odvádějí odděleně (samostatným potrubím) vody splaškové a jiným samostatným potrubím vody dešťové (dešťovou kanalizací) a jednak jednotné, jimiž je odváděna jak splašková, tak i dešťová voda, jednou stokou na ČOV [Groda a kol., 2007].

2.7 Spotřeba vody

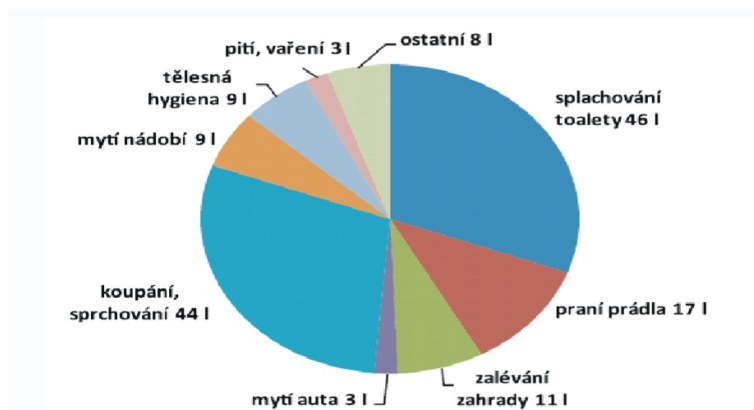
Podle odhadu Organizace pro výživu a zemědělství (FAO) klesly zásoby vody v Evropě o třetinu, v Asii o tři čtvrtiny a v Africe o dvě třetiny. Rozdíly mezi zásobami vody a její spotřebou se neustále prohlubují a lze přitom předpokládat, že spotřeba vody bude v následujících letech stále stoupat. Značná část znečištění životního prostředí pochází ze zemědělství (pesticidy, hnojiva i zvířecí exkrementy) a zasahuje i vodní zdroje. Pitná voda se stává strategickou surovinou a do intenzivně využívaných zemědělských oblastí se musí přivádět z velkých vzdáleností [Kravčík, 2008].

V důsledku rostoucí ceny vody po roce 1989 spotřeba vody v ČR klesla, v letech 2002 a 2003 se pokles zastavil, ale potom spotřeba opět mírně poklesla. Zatímco v roce 1989 činilo specifické množství vody fakturované pro domácnost 171 l/osobu/den, v letech 2002 a 2003 to bylo 103 l/osobu/den, v roce 2007 98,5 l/osobu/den, v roce 2012 88,1 l/osobu/den a v roce 2013 87,1 l/osobu/den.

Každá osoba, která má přístup ke zdroji vody z veřejného vodovodu, vyprodukuje ročně odpadní vodu v rozmezí 20 000 až 100 000 l. Podle údajů vodohospodářské společnosti Pražské vodovody a kanalizace byla průměrná denní spotřeba vody v Praze v roce 2014 na osobu 106 l, tedy 39 m³ za rok (v ostatních regionech je spotřeba vody na osobu a den nižší) [Beránková, 2016].

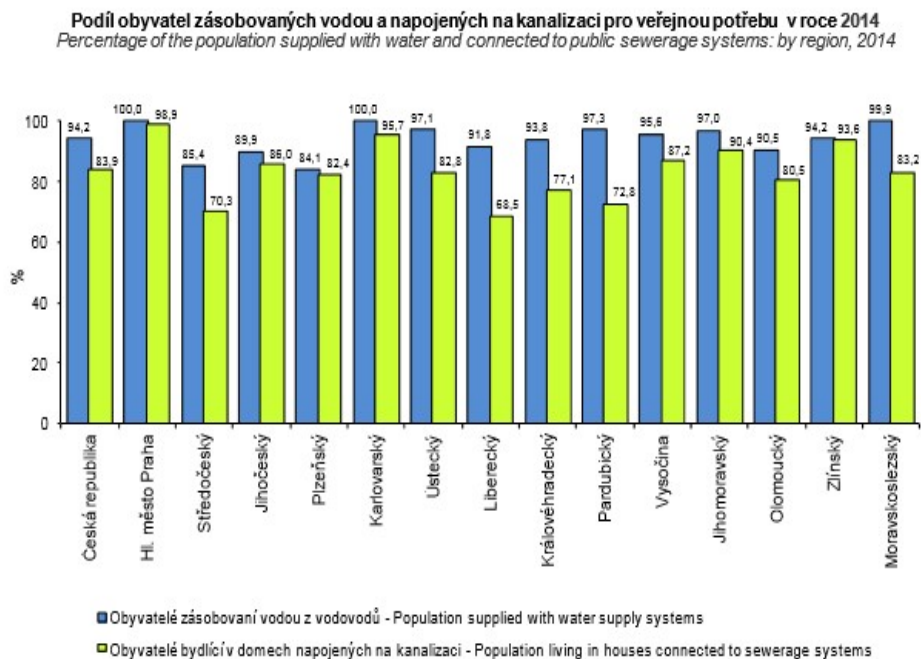
Přestože je v ČR dlouhodobě monitorován pokles odběrů vody a zvyšování podílu čištěných odpadních vod, zaslouhuje si tato problematika zvýšenou pozornost. Podle údajů MŽP bylo v roce 2013 odebráno celkem 1 649,8 mil. m³ vody, přičemž mezi hlavní odběratele patřila energetika (43,2%), vodovody pro veřejnou potřebu (37,5%) a průmysl (15,1%). V evropských statistikách jsou energetika a průmysl zodpovědné za odběr přibližně 40% veškeré vody. V některých zemích (např. Německo, Nizozemí, Maďarsko) toto číslo přesahuje hranici 80%. Oba sektory jsou zároveň významnými znečišťovateli vody. Pouze 60% odpadní vody z energetiky a průmyslu před vypuštěním upravováno. V ČR množství vody vypouštěné z energetických závodů kolísá v závislosti na aktuálně připojených provozech a v roce 2013 představovalo 31,9% všech odpadních vod. Průmyslové odpadní vody bylo ve stejném období registrováno 282,4 mil. m³, tedy zhruba 15,3% z celku. Hlavními sektorovými znečišťovateli jsou chemický, papírenský, těžební a potravinářský průmysl. Tato odvětví zatěžují vodní zdroje zejména organickými látkami a těžkými kovy. Objemově méně významným (0,4% odpadních vod), ale přesto výrazným emitentem znečišťujících látek je zemědělství. Hlavním problémem tohoto odvětví není vypouštění z bodových zdrojů, ale vliv zemědělské činnosti na tzv. plošné znečištění, které se do povrchových a podzemních vod dostává splachem hnojiv a pesticidů ze zemědělské půdy [Vondra a kol., 2015].

Obr. č. 2 Průměrná spotřeba vody v domácnosti za rok



Zdroj: [Memon, Ward, 2014]

Obr. č. 3 Podíl obyvatel zásobovaných vodou a napojených na kanalizaci pro veřejnou potřebu v roce 2014



Zdroj: [Anonymus 13, 2016]

3. MATERIÁL A METODIKA

Cílem diplomové práce bylo porovnání ukazatelů pitné vody ve vybraných oblastech jižních Čech.

Sledovanými parametry byly:

- **Mikrobiologické ukazatele** – Escherichia coli, koliformní bakterie, počty kolonií při 22°C, počty kolonií při 36°C.

- **Organoleptické ukazatele** – barva, zákal, pach, chuť.

- **Fyzikální a chemické ukazatele** – amonné ionty, dusičnany, dusitany, chemická spotřeba kyslíku, chloridy, konduktivita, mangan, pH, sírany, vápník a hořčík, železo.

Sledování proběhlo od ledna 2012 do prosince 2014. Odběrová místa byla zvolena náhodně, podle tvrdosti vody.

3.1 Charakteristika oblastí

Černá v Pošumaví – Muckov je oblast, kde je velmi tvrdá voda.

Muckov je vesnice v nadmořské výšce 728 m n. m. a o výměře 44,67 km². Jedná se o část obce Černá v Pošumaví v okrese Český Krumlov.

Zdrojem pitné vody jsou 2 studny o celkové vydatnosti 0,35 – 0,68 l/s. Na studny je napojená čerpací stanice, kterou se surová voda čerpá do vodojemu o objemu 100 m³. Součástí čerpací stanice je hygienické zabezpečení formou automatického dávkování chlornanu sodného.

Uváděné průměrné hodnoty :

celková tvrdost	3,79 mmol/l
pH	7,2
dusičnany	32 mg/l
hořčík	23,1 mg/l
vápník	114 mg/l

Čimelice, oblast, kde je tvrdá voda.

Čimelice jsou obec v nadmořské výšce 400 m n. m. a o výměře 10,29 km². Nachází se na severu okresu Písek, v Jihočeském kraji. Katastrem protéká říčka Skalice, která se vlévá do Otavy.

První etapa vodovodu v roce 1972 spočívala ve vybudování prameniště s vrty. Nad těmito vrty byla vybudována čerpací studna, osazená ponorná čerpadla čerpala vodu do stanice a následně do rozvodných řadů. Voda vykazovala vysoký obsah Fe a po hygienickém zabezpečení chlornanem sodný tato nešla používat jako pitná. Z tohoto důvodu byla v 80. a 90. letech zdrojová část vodovodu rekonstruována, respektive vybudována nová úprava vody, včetně odradonovacího zařízení.

Úprava vody spočívá v provzdušnění vody (odstranění radonu) a dále filtrace vody za účelem odstranění nadlimitního železa. V současné době je odstraňován i uran, který je v surové vodě přítomen. Pro jeho eliminaci je dávkován koagulant (PAX XL19) a polymerní flokulant, následuje filtrace na společném filtru pro Fe a Mn.

Uváděné průměrné hodnoty :

celková tvrdost	2,89 mmol/l
pH	7,9
dusičnany	20 mg/l
hořčík	23 mg/l
vápník	78 mg/l

Jindřichův Hradec je oblast s měkkou vodou.

Jindřichův Hradec je okresní město v Jihočeském kraji, severovýchodně od Českých Budějovic. Město se nachází v nadmořské výšce 475 m n. m. o rozloze 74,27 km² a protéká jím řeka Nežárka.

Zdrojem pitné vody je skupinový vodovod Pleše – Hradec. Do vodojemu Pleše je dopravována voda z Vodárenské soustavy JČ a z úpravny vody Bukovsko (podzemní voda). V jeho akumulaci je přiváděná voda smíchána a odtud čerpána do vodojemu Děbolín. Z vodojemu Děbolín je voda gravitačně dopravována do spotřebišť.

<u>Uváděné průměrné hodnoty :</u>	celková tvrdost 0,68 mmol/l
	pH 7
	dusičnany 12,5 mg/l
	hořčík 5 mg/l
	vápník 19 mg/l

Lipno nad Vltavou je oblast s velmi měkkou vodou.

Lipno nad Vltavou je jihočeská obec v nadmořské výšce 776 m n. m., ležící poblíž hráze na levém břehu údolní nádrže Lipno na řece Vltavě o výměře 19,49 km².

Zdrojem pitné vody je rozsáhlé prameniště podzemní vody nad osadou Slupečná (pramenní a sběrné jímky s ponornými čerpadly) a prameniště Plískov (dvě studny a dva vrty s ponornými čerpadly). Množství vody je v letních měsících nedostatečné, kvalita vody po odkyselení a hygienickým zabezpečením chlornanem sodným vyhovuje vyhlášce č. 376/2000 Sb. – Pitná voda.

Voda pocházející z vrtů Plískov je bez úpravy, voda z prameniště Slupečná je odkyselována na zemním filtru s vápencovou drtí. Obě vody jsou po smíchání ve vodojemu dezinfikovány chlornanem sodným.

<u>Uváděné průměrné hodnoty :</u>	celková tvrdost 0,43 mmol/l
	pH 6,9
	dusičnany 8 mg/l
	hořčík 3,2 mg/l
	vápník 12 mg/l

3.2 Sběr a sumarizace dat

Veškerá data byla získána z evidence podniku ČEVAK a.s. Do souboru byly zařazeny všechny zkoumané oblasti. Data byla zpracována pomocí programu Microsoft Excel 2010 a Statsoft Statistica 10. Pro vyhodnocení byl použit dvouvýběrový t-test.

Hladina významnosti byla posuzována jako:

$P \leq 0,05$ statisticky pravděpodobně významná 95% (*)

$P \leq 0,01$ statisticky významná 99% (**)

$P \leq 0,001$ statisticky vysoce významná 99,9% (***)

U jednotlivých ukazatelů byly vyhodnoceny následující výsledky.

Základní statistické ukazatele:

- počet (n)
- minimum (min)
- maximum (max)
- aritmetický průměr (\bar{x})
- směrodatná odchylka (s_x)

Vybrané jednotky mikrobiologických, organoleptických, fyzikální a chemických ukazatelů:

- *Escherichia coli*, koliformní bakterie, počty kolonií při 22°C, počty kolonií při 36°C
- užívané jednotky KTJ/ml = kolonie tvořících jednotek na ml (určuje limit povoleného obsahu bakterií ve vodě).

- *zákal* – užívané jednotky ZFn = nefelometrické jednotky zákalu (pomocí nefelometrie) a ZFt (pomocí turbidimetrie).

- *pach* – smyslová zkouška při teplotě 20°C a 60°C, stupnice 0-5; 0 = žádný stupeň pachu (zemitý pach), 1 = velmi slabý zápach (fekální pach), 2 = slabý stupeň pachu (hnilobný pach), 3 = znatelný stupeň pachu (plísňový pach), 4 = zřetelný pach (rašelinový pach), 5 = velmi silný stupeň pachu (pach po jednotlivých chemikáliích).

- *chut'* – smyslová zkouška, stupnice 0-6; 0 = žádná intenzita, 1 = sotva znatelná intenzita na jazyce, 2 = znatelná intenzita na jazyce, 3 = dobře znatelná intenzita, 4 = silná intenzita, 5 = extrémní intenzita. Hodnotí se 4 druhy chuti (slaná, sladká, hořká, kyselé) a také příchuť (mýdelná, louhovitá, kovová, svíravá, železitá atp.).

Získané ukazatele byly porovnávány ve sledovaných oblastech s mezními hodnotami a mezi sebou. Jednotlivé ukazatele byly dále porovnávány s jinou lokalitou v ČR.

4. VÝSLEDKY A DISKUSE

Pitná voda patří k základním životním potřebám člověka i hospodářských zvířat. Využívá se ve výrobě potravin, ovlivňuje kvalitu výsledných surovin a potravinářských produktů. Pokud její kvalita neodpovídá hygienickým požadavkům, může způsobit různé zdravotní problémy.

Cílem diplomové práce bylo porovnání ukazatelů pitné vody ve vybraných oblastech jižních Čech.

Základní statistické údaje 19-ti sledovaných ukazatelů pitné vody za sledované období uvádí Tab. č.3. Z celkového počtu hodnocených ukazatelů kvality pitné vody, přesahovalo limit maximální hodnoty, předepsaný Vyhláškou č. 252/2004 Sb., která stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, celkem 6 ukazatelů.

Z celkového souboru 1165 dat překračovalo limitní hodnoty podle vyhlášky 23 hodnot (1,97%), při hodnocení všech sledovaných ukazatelů jakosti (mikrobiologické, organoleptické, fyzikální a chemické).

Při hodnocení mikrobiologických ukazatelů překročilo limitní hodnoty z celkových 304 údajů, údajů 6 (1,97%).

U organoleptických ukazatelů překročila limit, z celkových 227 ukazatelů, 1 hodnota (0,44%).

Při hodnocení fyzikálních a chemických ukazatelů, z celkového počtu 634 hodnot, překročilo limitní hodnoty celkem 16 ukazatelů (2,52%).

Celkem 23 hodnot tedy nevyhovuje stanoveným limitům uvedených Vyhláškou č. 252/2004 Sb. a předpisům EU. Jedná se o hodnoty ukazatelů - počty kolonií při 22°C, počty kolonií při 36°C, zákal, mangan, vápník a železo.

Jak uvádí Anonymus 2 (2016), hygienické limity ukazatelů pitné i teplé vody musí

být dodrženy na všech místech, kam je voda dodávána. Vyhláška pak doplňuje, že „pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví“ [Sbírka zákonů, 2014].

Ostatní hodnoty sledovaných ukazatelů odpovídají hodnotám ve vyhlášce.

Tab. č. 3 Statistický přehled ukazatelů jakosti pitné vody ve všech sledovaných oblastech

Mikrobiologické ukazatele						
	n	\bar{x}	min	max	S_x	Hyg. limit
Escherichia coli KTJ/100ml	67	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Koliformní bakterie KTJ/100ml	81	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Počty kolonií při 22°C KTJ/1ml	71	33,3	0,0	300,0	73,86	200,0
Počty kolonií při 36°C KTJ/1ml	85	8,5	0,0	180,0	27,15	40,0
Organoleptické ukazatele						
	n	\bar{x}	min	max	S_x	Hyg. limit
Barva mg/l Pt	68	6,41	4,0	20,0	3,47	20,0
Chuť	45	1,0	1,0	1,0	0,0	2,0
Pach	45	1,0	1,0	2,0	1,0	2,0
Zákal ZF (t,n)	69	1,0	0,2	11,0	1,44	5,0
Fyzikální a chemické ukazatele						
	n	\bar{x}	min	max	S_x	Hyg. limit
Amonné ionty mg/l	68	0,0	0,0	0,1	0,02	0,50
Dusičnany mg/l	69	11,3	0,5	43,8	7,2	50,0
Dusitany mg/l	68	0,0	0,0	0,0	0,003	0,50
Chem. spotřeba kyslíku – manganistanem mg/l	68	0,9	0,6	1,6	0,3	3,00
Chloridy mg/l	13	15,2	1,8	35,0	13,59	100,0
Konduktivita mS/m	68	27,3	6,5	73,7	22,24	125,0
Mangan mg/l	71	0,0	0,0	0,3	0,04	0,050
pH	82	7,2	6,1	8,0	0,45	6,5-9,5
Sírany mg/l	13	33,2	9,0	100,0	34,19	250,0
Vápník mg/l	15	39,5	12,0	114,0	35,68	40,0-80,0
Hořčík mg/l	15	13,3	2,0	40,0	11,31	10,0-30,0
Železo mg/l	84	0,1	0,0	1,6	0,2	0,20

Mikrobiologické ukazatele

Escherichia coli - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako nejvyšší mezní hodnota (MH) = 0 KTJ/100 ml. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 67 vzorků (100%).

E. coli patří ke střevní mikrofloře teplokrevných živočichů, včetně člověka. Z tohoto důvodu je její přítomnost v pitné vodě indikátorem fekálního znečištění [Anonymus 18, 2016].

Koliformní bakterie - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 0 KTJ/100 ml. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 81 vzorků (100%).

Koliformní bakterie jsou v trávicích ústrojích různých živočichů včetně člověka. Jsou hlavním signálem fekálního znečištění vody [Třeška, 2014].

Počty kolonií při 22°C - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako doporučená hodnota (DH) = 200 KTJ/ml. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 68 vzorků (95,8%) a nadlimitní hodnoty byly u 3 vzorků (4,2%).

Počty kolonií při 22°C představují indikátor obecné kontaminace. Přinášejí informaci o celkovém bakteriálním znečištění vody, jejich zvýšené počty signalizují průnik znečištění z okolí nebo poruchy úpravy vody nebo dezinfekce [Kožíšek, 2003].

Počty kolonií při 36°C - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako doporučená hodnota (DH) = 40 KTJ/ml. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 82 vzorků (96,5%), nadlimitní hodnoty byly u 3 vzorků (3,5%).

Kožíšek (2003) uvádí, že počty kolonií při 36°C také představují indikátor obecné kontaminace. Jejich teplotní optimum růstu (36°C) vykazuje návaznost na teplokrevné organismy, čímž je i dán jejich poněkud vyšší hygienický význam oproti počtu kolonií s optimem růstu okolo 22°C.

Organoleptické ukazatele

Barva - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 20 mg/l Pt. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 81 vzorků (100%).

Barva je pro spotřebitele významný ukazatel jakosti vody. Barvu vody působí přítomné barvotvorné organické látky, např. huminové kyseliny (z rozkladu listů, rostlin a půdní organické hmoty), dále sloučeniny kovů (např. železa, manganu nebo mědi), barevné částice planktonu či nerozpuštěných látek, vzácně i průmyslové chemikálie). Voda by měla být bezbarvá [Kožíšek, 2003].

Chut' - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 2. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 45 vzorků (100%).

Pach - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 2. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 45 vzorků (100%)
Čistá voda nevyvolá ani pachový, ani chuťový vjem. Zdrojem pachu a chuti mohou být četné organické i anorganické látky původu jak přírodního, tak i antropogenního [Třeška, 2014].

Zákal - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 5 ZFn. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 68 vzorků (98,6%), nadlimitní hodnoty byly u 1 vzorku (1,4%).

Vysoký zákal tvoří vodu nepitnou z estetických důvodů, snižuje účinnost případné dezinfekce a jeho náhlá změna je významným signálem kontaminace povrchovou vodou [Kožíšek, 2003].

Fyzikální a chemické ukazatele

Amonné ionty - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 0,50 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 68 vzorků (100%).

Ukazatel sloužící jako indikátor možného fekálního znečištění podzemní vody [Kožíšek, 2003].

Dusičnany - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako nejvyšší mezní hodnota (NMH) = 50 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 69 vzorků (100%).

Dusitany - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako nejvyšší mezní hodnota (NMH) = 0,50 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 68 vzorků (100%)

Zvyšování koncentrace je vlivem nesprávného a nadměrného používání minerálních i statkových hnojiv, únikem odpadních vod z netěsnících žump a septiků, živočišných farem apod. Jejich zdravotní riziko spočívá v tom, že se v zažívacím traktu redukuje na toxické dusitany [Tuček a kol., 2012].

Chemická spotřeba kyslíku – manganistanem - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 3 50 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 68 vzorků (100%)

Dříve „oxidovatelnost“, slouží k odhadu organického znečištění ve studni organickými látkami živočišného nebo rostlinného původu [Kožíšek, 2003].

Chloridy - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 100 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 13 vzorků (100%).

Vyšší koncentrace mohou nepříznivě ovlivnit chuť a korozní schopnost vody [Kožíšek, 2003].

Konduktivita - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 125 mS/m. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 68 vzorků (100%).

Konduktivita, neboli měrná vodivost je přibližná míra koncentrace elektrolytů (iontově rozpuštěných látek) ve vodě. Vyjadřuje tedy nepřímě obsah minerálních látek ve vodě [Kožíšek, 2003].

Mangan - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 0,050 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 68 vzorků (95,8%), nadlimitní hodnoty byly u 3 vzorků (4,2%).

Železo - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 0,20 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 80 vzorků (95,2%), nadlimitní hodnoty byly u 4 vzorků (4,8%).

Mangan a železo jsou běžnou součástí přírodních vod, obsah v pitné vodě ale může zvyšovat korozi potrubí, barvit prádlo, železité bakterie mohou tvořit usazeniny v potrubí [Kožíšek, 2003].

pH - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 6,5-9,5. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 82 vzorků (100%) Vyjadřuje stupeň kyselosti nebo zásaditosti vody. Vyšší hodnota snižuje účinnost dezinfekce a může dát vodě nepříjemnou chuť [Kožíšek, 2003].

Sírany - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) = 250 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 13 vzorků (100%).

Významná součást přírodních vod, vyšší koncentrace mohou ovlivnit chuť vody a ve sloučenině s hořčíkem způsobit průjemy [Kožíšek, 2003].

Vápník - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako doporučená hodnota (DH) = 40-80 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 13 vzorků (86,7%), nadlimitní hodnoty byly u 2 vzorků (13,3%).

Hořčík - limit je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako doporučená hodnota (DH) = 10-30 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 14 vzorků (93,3%), nadlimitní hodnoty byly u 2 vzorků (6,7%).

Jedná se o prvky ve vodě žádoucí, mající příznivý vliv na srdečně-cévní systém. Vysoká tvrdost, způsobuje tvorbu vodního kamene [Anonymus 8, 2016].

4.1 Mikrobiologické ukazatele

4.1.1 Počty kolonií při 22°C

Weyessa a Kožíšek (2015) uvádějí, že limit pro mikrobiologický ukazatel počty kolonií při 22°C je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako doporučená hodnota (DH) ≤ 200 KTJ/ml. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 68 vzorků (95,8%), nadlimitní hodnoty byly u 3 vzorků (4,2%).

Tab. č. 4 Počty kolonií při 22°C

oblast	n	min	max	\bar{x}	s_x
Muckov	7	40	140	98,0	37,58
Čimelice	18	0	30	10,8	9,41
Jindřichův Hradec	33	0	30	2,8	6,62
Lipno nad Vltavou	78	0	280	57,6	92,67

Při porovnání jednotlivých oblastí mezi sebou, statistickým dvouvýběrovým t-testem, dojdeme k závěru, že oblasti:

Muckov:Lipno a Čimelice:Jindřichův Hradec jsou statisticky nevýznamné, $P > 0,05$.

Muckov:Čimelice, Muckov:Jindřichův Hradec a Čimelice:Lipno jsou statisticky pravděpodobně významné, $P \leq 0,05$.

Jindřichův Hradec:Lipno jsou statisticky vysoce významné, $P \leq 0,001$.

4.1.2 Počty kolonií při 36°C

Weyessa a Kožíšek (2015) uvádějí, že limit pro mikrobiologický ukazatel Počty kolonií při 36°C je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako doporučená hodnota (DH) ≤ 40 KTJ/ml. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 82 vzorků (96,5%), nadlimitní hodnoty byly u 3 vzorků (3,5%).

Tab. č. 5 Počty kolonií při 36°C

oblast	n	min	max	\bar{x}	s_x
Muckov	7	0	19	12	7,13
Čimelice	18	0	19	3,1	5,87
Jindřichův Hradec	33	0	17	1	3,14
Lipno nad Vltavou	78	0	180	20,4	45,14

Při porovnání jednotlivých oblastí mezi sebou, statistickým dvouvýběrovým t-testem, dojdeme k závěru, že oblasti:

Muckov:Čimelice, Muckov:Lipno a Čimelice:Lipno jsou statisticky nevýznamné, $P > 0,05$.

Muckov:Jindřichův Hradec, Čimelice:Jindřichův Hradec a Jindřichův Hradec:Lipno jsou statisticky pravděpodobně významné, $P \leq 0,05$.

4.2 Organoleptické ukazatele

4.2.1 Zákal

Ve Sbírce zákonů (2014) uvedený limit pro organoleptický ukazatel zákal je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako mezní hodnota (MH) ≤ 5 ZFm. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 68 vzorků (98,6%), nadlimitní hodnoty byly

u 1 vzorku (1,4%).

Tab. č. 6 Zákaly

oblast	n	min	max	\bar{x}	S_x
Muckov	4	0,2	0,7	0,4	0,19
Čimelice	13	0,2	1,8	0,4	0,44
Jindřichův Hradec	33	1,0	3,9	1,2	0,55
Lipno nad Vltavou	19	0,2	11,0	1,2	2,55

Při porovnání jednotlivých oblastí mezi sebou, statistickým dvouvýběrovým t-testem, dojdeme k závěru, že oblasti:

Muckov:Čimelice, Muckov:Lipno, Čimelice:Lipno a Jindřichův Hradec:Lipno jsou statisticky nevýznamné, $P > 0,05$.

Muckov:Jindřichův Hradec jsou statisticky významné, $P \leq 0,01$.

Čimelice:Jindřichův Hradec jsou statisticky vysoce významné, $P \leq 0,001$.

4.3 Fyzikální a chemické ukazatele

4.3.1 Dusičnany

Weyessa a Kožíšek (2015) uvádějí, že limit pro chemický ukazatel dusičnany je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako nejvyšší mezní hodnota (NMH) ≤ 50 mg/l. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit všech 69 vzorků (100%).

Tab. č. 7 Dusičnany

oblast	n	min	max	\bar{x}	S_x
Muckov	7	19	32	25,8	4,17
Čimelice	18	7,8	43,8	18,1	8,90
Jindřichův Hradec	33	6,5	13	9,8	1,65
Lipno nad Vltavou	78	0,5	11	5,9	3,40

Při porovnání jednotlivých oblastí mezi sebou, statistickým dvouvýběrovým t-testem, dojdeme k závěru, že oblasti:

Muckov:Čimelice a Muckov:Lipno jsou statisticky nevýznamné, $P > 0,05$.

Čimelice:Jindřichův Hradec a Čimelice:Lipno jsou statisticky významné, $P \leq 0,01$.

Muckov:Jindřichův Hradec a Jindřichův Hradec:Lipno jsou statisticky vysoce významné, $P \leq 0,001$.

4.3.2 Vápník a hořčík

Ve Sbírce zákonů (2014) uvedený limit pro chemický ukazatel vápník a hořčík je stanovený vyhláškou č. 252/2004 Sb. jako doporučená hodnota (DH) = 40-80 mg/l vápníku a 10-30 mg/l hořčíku. V našem sledovaném souboru splnilo tento limit 13 vzorků vápníku (86,7%), nadlimitní hodnoty byly u 2 vzorků (13,3%). Uvedený limit také splnilo 15 vzorků hořčíku (100%).

Tab. č. 8 Vápník

oblast	n	min	max	\bar{x}	S_x
Muckov	2	110	114	112	2
Čimelice	3	64	78	69,3	6,18
Jindřichův Hradec	4	18	26	21,8	3,35
Lipno nad Vltavou	6	12	13	12,2	0,37

Při porovnání jednotlivých oblastí mezi sebou, statistickým dvouvýběrovým t-testem, dojdeme k závěru, že všechny oblasti jsou statisticky významné, $P \leq 0,01$.

Tab. č. 9 Hořčík

oblast	n	min	max	\bar{x}	s_x
Muckov	2	22,5	23,1	22,8	0,3
Čimelice	3	23	40	30,3	7,13
Jindřichův Hradec	4	2	5	3,3	1,30
Lipno nad Vltavou	6	3,1	15	8,4	5,18

Při porovnání jednotlivých oblastí mezi sebou, statistickým dvouvýběrovým t-testem, dojdeme k závěru, že oblasti:

Muckov:Čimelice a Jindřichův Hradec:Lipno jsou statisticky nevýznamné, $P > 0,05$.

Muckov:Jindřichův Hradec, Čimelice:Jindřichův Hradec a Čimelice:Lipno jsou statisticky pravděpodobně významné, $P \leq 0,05$.

Muckov:Lipno jsou statisticky významné, $P \leq 0,01$.

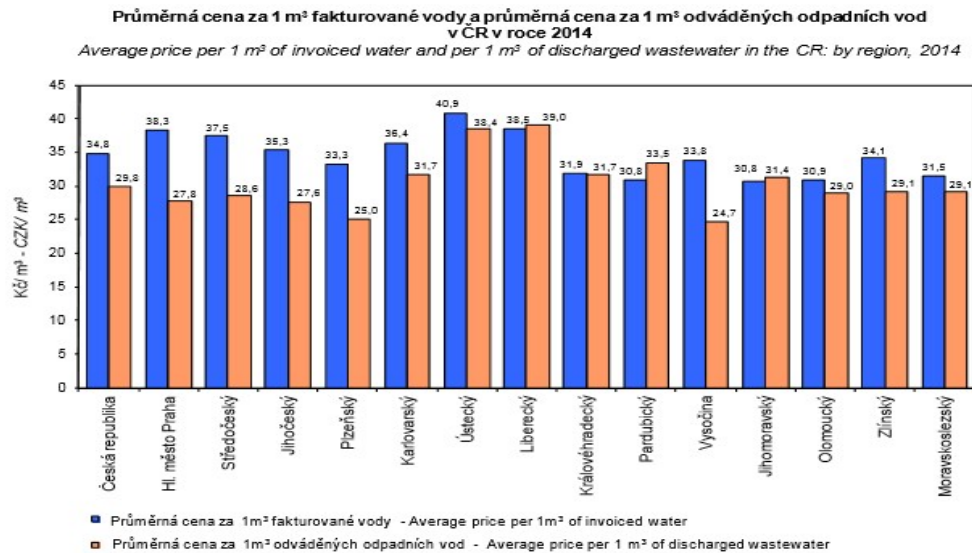
4.4 Finanční analýza

Voda předaná – je voda pitná dodávaná do vodovodní sítě pro veřejnou potřebu jiné osobě, než je přímý odběratel. Cena vody předané patří také do kategorie věcně usměrňovaných cen, to znamená, že obsahuje pouze ekonomicky oprávněné a doložené náklady a přiměřený zisk. Cena je každoročně vyhodnocována. Ceny jsou kalkulovány v souladu s cenovým výměrem MF ČR č. 01/2016 z 27. 11. 2015.

Voda převzatá – je odpadní voda převzatá z kanalizačních sítí provozovaných jinými společnostmi. Cena vody převzaté patří do kategorie věcně usměrňovaných cen, to znamená, že obsahuje pouze ekonomicky oprávněné a doložené náklady a přiměřený zisk. Cena je každoročně vyhodnocována. Ceny jsou kalkulovány

v souladu s cenovým výměrem MF ČR č. 01/2016 z 27. 11. 2015.

Obr. č. 6 Průměrná cena za 1 m³ fakturované vody a průměrná cena za 1 m³ odváděných odpadních vod v ČR v roce 2014 (podle krajů)



Zdroj: [Anonymus 13, 2016]

V důsledku rostoucí ceny vody po roce 1989 spotřeba vody v ČR klesla, v letech 2002 a 2003 se pokles zastavil, ale potom spotřeba opět mírně poklesla. Zatímco v roce 1989 činilo specifické množství vody fakturované pro domácnost 171 l/osobu/den, v letech 2002 a 2003 to bylo 103 l/osobu/den, v roce 2007 98,5 l/osobu/den, v roce 2012 88,1 l/osobu/den a v roce 2013 87,1 l/osobu/den.

Tab. č. 10 Přímé provozní náklady

Nákladové kategorie	Čimelice	Muckov	Lipno n./Vlt.	J. Hradec
Poplatky za surovou vodu	32 906	91 084	281 180	24 986
Platba za upravenou vodu	0	0	131 052	15 229 191
Chemikálie	11 706	4 553	14 421	18 969
Materiál	38 177	2 582	108 861	0
Spotřeba energií	108 624	20 072	173 337	0
Osobní náklady	76 388	2 902	108 569	0
Opravy a údržba	4 666	0	0	4 440
Rozbory vody	14 599	15 105	15 892	3 070
Nakupované služby	0	9 949	15 398	0
Celkem	287 066	146 247	848 710	15 280 656
Množství realizované vody (m ³ /rok)	15 186	39 055	97 355	1 493 274
Jednotkové náklady na úpravu vody realizované (Kč/m ³)	18,90	3,74	8,72	10,23

Cena vody (vodné + stočné) ve sledovaných oblastech byla v roce 2015:

Lipno nad Vltavou 57,43 Kč/m³

Jindřichův Hradec 61,94 Kč/m³

Čimelice 50,17 Kč/m³ (jen vodné)

Pro porovnání, v Praze se pohybovala cena v roce 2015 77,65 Kč/m³.

5. SOUHRN A ZÁVĚR

Přestože zásoby pitné vody se snižují a cena stoupá, nároky spotřebitelů na kvalitu pitné vody se neustále zvyšují. Při celostátním monitoringu jakosti vod bylo zjištěno postupné zlepšování jakosti pitné vody ve veřejných vodovodech.

Dnes společnost nezajímá, jakou vodu vyrábí vodárna, ale jakou vodu spotřebitel pije. Výrobci vody se tedy musí snažit, aby voda měla příjemnou chuť, pach a vzhled. Proto se pomalu začíná upouštět od chemické dezinfekce vody.

Hygienické limity kontrolují pouze akreditované laboratoře. Mikrobiologické ukazatele jsou jedny z nejcitlivějších signálů znečištění vody. Počet mikroorganismů se zvyšuje, zatímco ještě základní chemické ukazatele vyhovují normám.

Ve většině případů jsou nemoci „z vody“ způsobené mikrobakteriálním znečištěním vody, menší procento způsobují viry nebo chemické látky (polutanty).

Cílem diplomové práce bylo porovnání jednotlivých ukazatelů kvality vody v jižních Čechách. Sledované mikrobiologické ukazatele kvality pitné vody byly hodnoceny z hlediska vlivu oblasti.

Escherichia coli a *Koliformní bakterie* - jsou indikátory fekálního a všeobecného znečištění vody. U těchto ukazatelů nebyla v průběhu sledovaného období překročena ani jedna hodnota v žádné z oblastí.

Počty kolonií při 22°C – jsou indikátorem mikrobiálního znečištění vody. U tohoto ukazatele byly překročeny limity celkem 3x za sledované období, a to v oblasti Lipno nad Vltavou 2x v roce 2013 a 2014. Nejnižší naměřené hodnoty byly v Jindřichově Hradci.

Počty kolonií při 36°C – jsou také indikátorem mikrobiálního znečištění vody. U tohoto ukazatele byly překročeny limity celkem 3x za sledované období, a to v oblasti Lipno nad Vltavou 1x v roce 2013 a 2x v roce 2014. Nejnižší naměřené hodnoty byly v Jindřichově Hradci.

Výsledky mikrobiologické analýzy kvality pitné vody ve sledovaných oblastech

poukazují na velmi dobrou kvalitu vody.

Zákal – náhlá změna je signálem kontaminace povrchovou vodou. Tento limit byl překročen pouze u 1 vzorku, a to v Lipně nad Vltavou.

Mangan – může zvyšovat korozi v potrubí. Tento limit byl překročen u 3 vzorků, a to v Čimelicích.

Železo - může také zvyšovat korozi v potrubí. Tento limit byl překročen u 4 vzorků, a to v Lipně nad Vltavou.

Vápník – je prvek ve vodě žádoucí, vysoká tvrdost způsobuje vznik vodního kamene. Doporučená hodnota byla překročena u 2 vzorků, a to v Muckově.

Hořčík - je prvek ve vodě žádoucí, vysoká tvrdost způsobuje vznik vodního kamene. Doporučená hodnota byla překročena u 1 vzorku v Čimelicích.

Dusičnany - jejich zdravotní riziko spočívá v tom, že se v zažívacím traktu redukují na toxické dusitany. Limit nebyl překročen v žádné oblasti, jen Muckov a Čimelice obsahují vyšší množství dusičnanů než ostatní oblasti, nicméně jsou stále v limitních hodnotách.

V porovnání s dílčím povodím Horního a středního Labe, je kvalita vody v jižních Čechách jednoznačně lepší. Například limit ukazatele dusičnany byl na Labi překročen ve 12,1% vzorků. Např. na Berounce byly překročeny hodnoty ukazatele dusičnany u 19,3% vzorků a ukazatel amonné ionty byl překročen u 4,5% vzorků.

Vyhláška stanoví, že „pitná voda musí mít takové fyzikálně-chemické vlastnosti, které nepředstavují ohrožení veřejného zdraví“.

6. LITERATURA

1. AMBROŽOVÁ, J.: *Mikrobiologie v technologii vod*. Vysoká škola chemicko-technologická. Praha: 2004. 244 s. ISBN 80-7080-534-X
2. BERÁNKOVÁ, M., *Odpadní voda – odpad nebo poklad? Odborný dvouměsíčník Vodohospodářské technicko-ekonomické informace. SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací číslo 3/2008*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Státní zdravotní ústav Praha: 2008. ISSN 0322-8916.
3. DOHÁNYOS, M., *Čištění odpadních vod*. Vysoká škola chemicko-technologická Praha: 2004. ISBN 80-7080-316-9
4. DUDA, J., a kol., *Vodovody a kanalizace ČR*, Ministerstvo zemědělství, Praha: 2015. ISBN 978-80-7434-264-6
5. FREISLEBEN, J., a kol., *Hydrologická ročenka České republiky 2014*, Český hydrometeorologický ústav. Praha: 2015. ISBN 978-80-87577-57-8
6. GRODA, B., a kol., *Čištění odpadních vod jako nástroj k ochraně životního prostředí v zemědělské praxi a na venkově*. Ministerstvo zemědělství. Brno: 2007.
7. JANDA, V., *Odstraňování anorganických sloučeniny dusíku při úpravě pitné vody*, Sborník konference Pitná voda 2008, s. 177-188. WaET Team, Č. Budějovice 2008. ISBN 978-80-254-2034-8.
8. KOŽÍŠEK, F., a kol., *Distribuce pitné vody bez zbytkové chemické dezinfekce: zdůvodnění, strategie a případová studie*. SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací číslo 12/2014. Státní zdravotní ústav Praha: 2014.

9. KRAVČÍK, M., a kol., *Water for the recovery of the climate*. Praha: 2008. ISBN 978-80-89089-71-0
10. MEMON, F. A., WARD, S., *Alternative Water Supply Systems*, IWA Publishing: 2014. 496 s. ISBN 1780405502, 9781780405506
11. MÜLLEROVÁ, D., a kol., *Hygiena, preventivní lékařství a veřejné zdravotnictví*. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. Karolinum: 2014. ISBN 978-80-246-2510-2
12. PALMQUIST, H., HANAEUS, J., *Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households*, Science of the Total Environment 348. ELSEVIER: 2005
13. SASÁKOVÁ, N., a kol., *Ekológia a veterinárna medicína VII. Zborník prednášok*. Univerzita veterinárskeho lekárstva, Košice: 2008. ISBN 978-80-8077-084-6
14. *Sbírka zákonů ČR, č. 83, ročník 2014*. Tiskárna ministerstva vnitra, Praha: 2014. ISSN 1211-1244
15. STLOUKAL, P., *Ochrana vod*. Univerzita Tomáše Bati, Zlín: 2006.
16. STRNADOVÁ, N., JANDA, V., *Pitná voda – Výroba a distribuce. Kurz celoživotního vzdělávání, Technologie vody*. Ústav technologie vody a prostředí VŠCHT. Praha: 2015.
17. TUČEK, M., SLÁMOVÁ, A., a kol., *Hygiena a epidemiologie pro bakaláře*, učební texty Univerzity Karlovy v Praze. Karolinum: 2012. ISBN 978-80-246-2136-4

18. VELÍŠEK, J., *Chemie potravin 2*. Osis, Tábor: 2002, 303 s. ISBN 80-86659-01-1

19. VONDRA, M., a kol., *Využití odpadního tepla k úpravě odpadních vod z průmyslových procesů. Odborný dvouměsíčník Vodohospodářské technicko-ekonomické informace číslo 10/2015*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. Státní zdravotní ústav Praha: 2015. ISSN 0322-8916

20. WEYESSA, G., KOŽÍŠEK, F., *Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2014, Výsledky Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí*. Státní zdravotní ústav Praha: 2015. ISBN 978-80-7071-339-6

Internetové zdroje:

21. Anonymus 1. Dostupný z www:

<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/novela-vyhlasky-c-252-2004-sb>, 12.1. 2016

22. Anonymus 2. Dostupný z www:

https://cs.wikipedia.org/wiki/Pitn%C3%A1_voda#Parametry_pitn.C3.A9_vody, 5.12. 2015.

23. Anonymus 3. Dostupný z www: http://www.mzp.cz/cz/ochrana_vod, 2.1. 2016.

24. Anonymus 4. Dostupný z www: <https://www.cevak.cz/cs/vodovody/odkud-se-voda-bere>, 3.2. 2016.

25. Anonymus 5. Dostupný z www:

<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/zdroje-pitne-vody.html>, 3.3. 2016.

26. Anonymus 6. Dostupný z www:
27. Anonymus 7. Dostupný z www:
28. Anonymus 8. Dostupný z www:
29. Anonymus 9. Dostupný z www:
30. Anonymus 10. Dostupný z www:
31. Anonymus 11. Dostupný z www:
32. Anonymus 12. Dostupný z www:
33. Anonymus 13. Dostupný z www:
34. Anonymus 14. Vodárenská úprava pitné vody. WikiSkripta (online). 2008. ISSN 18046517. Dostupný z www:

35. Anonymus 15. Dostupný z www:
<http://www.aquacon.cz/Technologievody/#filtracemikrofiltraceultrafiltrace,22.2>.
2016
36. Anonymus 16. Dostupný z www:
<http://www.uprava-vody.com/odkyselovani-vody>, 18.3. 2016
37. Anonymus 18. Dostupný z www:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli#Literatura, 5.4. 2016.
38. BIELA, R. *Odstraňování železa a manganu ze zdrojů pitné vody*. Ústav vodního hospodářství, Vysoké učení technické v Brně: 2013. Dostupný z www:
<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/9320-odstranovani-zeleza-a-manganu-ze-zdroju-pitne-vody>, 3.2. 2016.
39. BIELA, R. *Tradiční a nové technologie úpravy vody*. Ústav vodního hospodářství, Vysoké učení technické v Brně: 2013. Dostupný z www:
<http://www.asio.cz/cz/173.tradicni-a-nove-technologie-upravy-vody>, 9.4. 2016.
40. KOŽÍŠEK, F., *Pitná voda a práva spotřebitele*. Informační servis, Praha. Dostupný z www: <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/pitna-voda-a-prava-spotrebitele>, 15.2. 2016.
41. PÍREK, O., *Hospodaření s dešťovou vodou*. Dostupný z www:
<http://www.asio.cz/cz/96.hospodareni-s-destovou-vodou-hdv>, 3.3. 2016.
42. *Sbírka zákonů, 2001*. Dostupný z www:
http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-2001-254-viceoblasti.html

43. *Sbírka zákonů, 2013*. Dostupný z www:
http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_zakon-2013-275-novela-274-2001.html, 5.4. 2016.
44. ŠRÁMEK, M. *Průmyslové vody a jejich praktická řešení*. Dostupný z www:
<http://www.asio.cz/cz/435.prumyslove-vody-a-jejich-prakticka-reseni>, 19.3. 2016.
45. TŘEŠKA, M., *Jaké problémy vody se řeší nejčastěji?* Dostupný z www:
<http://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/11321-jake-problemy-vody-se-resi-nejcasteji>, 12.2. 2016